

КОЛЕБАНИЯ ИНСОЛЯЦИИ И ПОВТОРЯЮЩИЕСЯ ПРОЦЕССЫ НА ЗЕМЛЕ¹

Смульский Иосиф Иосифович
д-р физ.-мат. наук, г.н.с. ИКЗ ТюмНЦ СО РАН, г. Тюмень
jsmulsky@mail.ru

INSOLATION OSCILLATIONS AND REPEATING PROCESSES ON THE EARTH

Joseph J. Smulsky
Doctor of Phys.-Mat. Sciences,
Chief Researcher, IKZ Tyumen SC SB RAS, Tyumen

Аннотация. Целью статьи является сопоставление инсоляции с изменением палеоклимата. Изменение инсоляции получены в результате решения задач об орбитальном и вращательном движениях Земли. Показано, что колебания инсоляции совпадают с колебаниями палеоклимата. Поэтому изменения инсоляции являются причиной повторяющихся процессов на Земле.

Ключевые слова: инсоляция, изменение, палеоклимат, причина.

Abstract. The aim of the paper is to compare insolation with paleoclimate change. The change in insolation was obtained as a result of solving problems about the orbital and rotational motions of the Earth. It is shown that insolation oscillations coincide with paleoclimate fluctuations. Therefore, changes in insolation are the cause of repetitive processes on Earth.

Keywords: insolation, change, paleoclimate, cause.

Введение. В результате исследований палеоклиматологов в течение последних 150 лет установлено, что на протяжении последней сотни тысяч лет происходили колебания палеоклимата, при котором не однократно ледниковые периоды чередовались с теплыми. В начале XX в. Милутином Милановичем была создана Астрономическая теория изменения климата, в которой была предпринята попытка объяснить изменения палеоклимата колебаниями количества солнечного тепла, т. е. инсоляции, поступающей на Землю. Однако колебания инсоляции в ней были небольшие, а периоды наступления максимумов и минимумов не совпадали с известными колебаниями палеоклимата. В XXI в. нами была создана новая Астрономическая теория изменения климата [5], в которой эти колебания инсоляции совпали с изменением палеоклимата. В отличие от прежней теории в этой теории была решена задача об эволюции вращательного движения Земли. Колебания оси Земли оказали более существенное влияние на климат, чем колебания параметров орбиты Земли.

Основной период колебания инсоляции. На верхнем графике рис. 1 синей линией показано изменение за 1 млн. лет назад (м.л.н.) инсоляции за летнее 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) были введены 13 инсоляционных периодов изменения палеоклимата

¹ Работа выполнялась в Институте криосферы Земли, Тюм. НЦ СО РАН, ФНИЦ по теме 121041600047-2. Задачи решались на суперкомпьютерах Центра коллективного пользования Сибирского суперкомпьютерного центра Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Новосибирск.

$O_I, I_1, 2I_1, \dots, 12I_1$. (Смутьский, 2016). Как видим, колебания инсоляции Q_s^{65N} неравномерные. Максимальные потепления и похолодания следуют не регулярно. Однако, почти все колебания согласуются с гармоникой Q_{shar}^{65N} (1), показанной тонкой красной линией. Эта гармоника определяется так:

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

где $Q_0 = (Q_s^{65N}_{max} + Q_s^{65N}_{min})/2 = 6.099$ ГДж/м²; $Q_a = (Q_s^{65N}_{max} - Q_s^{65N}_{min})/2 = 1.2711$ ГДж/м²; $\varphi_0 = 0$; $P_{prm} = -25.74$ тыс. лет — средний период прецессии оси Земли. Знак “-” означает, что ось Земли вращается (прецессирует) по часовой стрелке, т.е. обратно суточному и орбитальному движениям Земли.

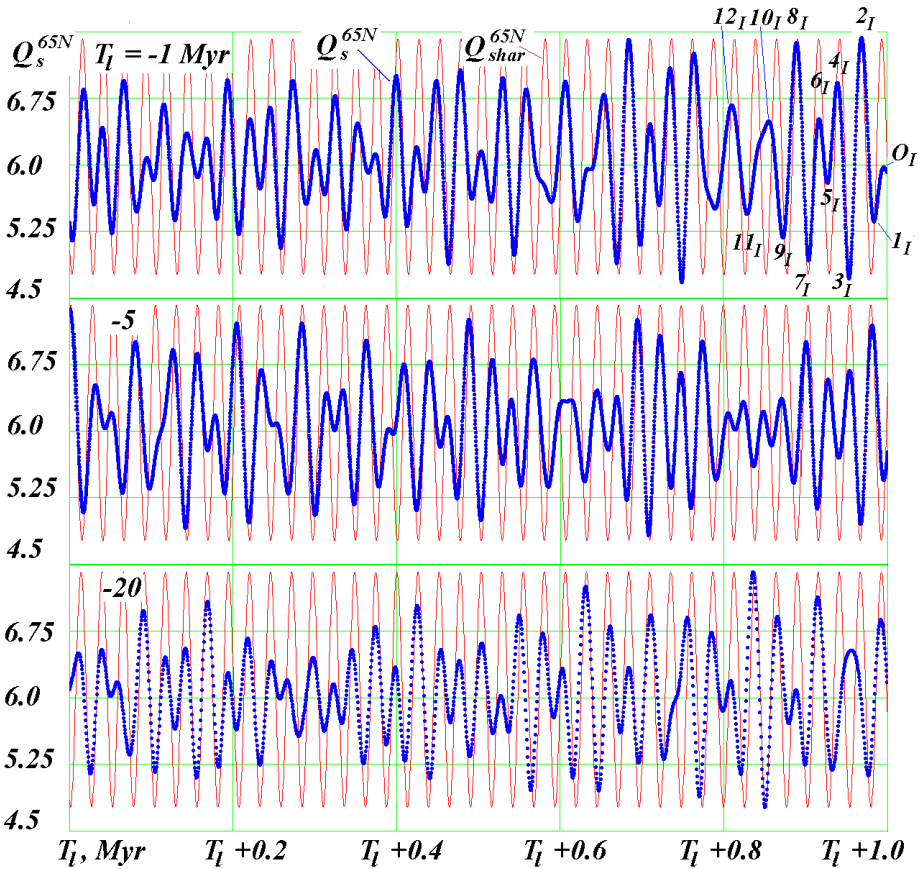


Рис. 1. Колебания летней инсоляции Q_s^{65N} в ГДж/м² на трех миллионных интервалах времени за $T_1 = -1$ Милр, -5 Милр и -20 Милр: T_1 — левый отсчет оси времени в млн лет, приведенный в левом углу каждого графика; -1 Милр — 1 млн лет назад; Q_{shar}^{65N} — гармоника (1); $O_I, 1I_1, 2I_1, \dots, 12I_1$ — экстремумы инсоляционных периодов изменения климата за 200 т.л.н.

На рис. 1 (средний график) изменения инсоляции Q_s^{65N} показаны за 5-й м.л.н., а на нижнем графике — за 20-й м.л.н. Из сравнения инсоляции с гармоникой Q_{shar}^{65N} видно, что период прецессии P_{prm} оси Земли является основным периодом изменения климата Земли.

Очень теплые периоды изменения климата, такие как 2_I , и очень холодные периоды, такие как 3_I , следуют неравномерно (рис. 1). За 20 млн лет очень теплых и очень холодных было 122 [3], т.е. средний период их смены составляет 164 тыс. лет. За это время было 777 колебаний, обусловленных периодом прецессии P_{pm} . Поэтому в среднем очень холодные периоды сменяются очень теплыми за 6.4 колебания гармоника Q_{shar}^{65N} . Такие теплые, как 4_I , и холодные периоды, как 1_I , происходят в 4 раза чаще.

Колебания инсоляции Q_s^{65N} подобны колебаниям оси Земли относительно оси ее орбиты. Колебание эксцентриситета орбиты и движение ее перигелия также отражаются на инсоляции, но оно в несколько раз меньше. А в прежней теории Миланковича они оказывали основное влияние на инсоляцию. Поэтому она не могла отразить изменения палеоклимата.

Инсоляционные периоды и изменение палеоклимата

Оптимум инсоляции в голоцене O_I . Характеристики инсоляционных периодов (рис. 1) приведены в табл. 2 [4]. Рассмотрим, как они согласуются с данными по изменению палеоклимата.

Инсоляционный период O_I имеет границы $6.86 \div 0$ т.л.н. Оптимум голоцена однозначно проявляется в интервале $9 - 3.3$ т.л.н. (Васильчук, 1982; Ершов, 1989) [4]. По результатам полиноλογических исследований следует, что потепление в нем было выражено более слабо, чем в предыдущее межледниковье (Ершов, 1989). После оптимума голоцена происходят формирование новой современной террасы и пойменных террас в долинах рек (Ломанченков, 1966; Сакс, 1953). Верхняя толща многолетнемерзлых пород в Западной Сибири сформировалась за последние $5 - 6$ т.л.н. (Баулин, 1959; Некрасов, 1990). Формирование бугристых торфяников началось примерно 3 т.л.н. (Шполянская и Евсеев, 1970; Некрасов и др. 1990) [4].

Последний холодный период 1_I имел границы $22.08 \div 6.86$ т.л.н. Последнюю ледниковую эпоху в Западной Сибири связывают с сартанским горизонтом (Архипов и др. 1980; Архипов, 2000) [4]. Его радиометрический возраст находится в пределах $23-10$ т.л.н. (Архипов, 1997). В этот период сформировался ледниковый рельеф Западной Сибири, в том числе краевые морены в зоне $65.5^\circ-67^\circ$ с.ш. по южному подножию Салехардских увалов и Хадатейским грядам Тазовского полуострова. Севернее их расположены Ямало-Гыданские пояса морен на широте около 68° с.ш. от озера Ярро-то на Ямале к востоку вдоль Гыданской гряды. Севернее расположены морены, которые являются самыми молодыми.

Это оледенение в Скандинавии характеризуют горизонтом позднего Вейхелия (Svendsen et al, 1999) [4]. В Архангельском регионе максимум оледенения относят к 17 т.л.н. и дегляциацию — к 16 т.л.н. Восточнее озера Онега дегляциация относится к $14.4-12.9$ т.л.н. На Таймыре возраст ледника относится к $18-7.5$ т.л.н.

Образовавшееся в Сартанский период Мансийское озеро имеет примерно такой же возраст $20-10$ т.л.н. (Архипов, 1997; Пятосина, 2005) [4]. Причем оно занимало меньшие площади, чем более древнее. Отложения более древнего озера перекрыты отложениями с остатками мамонтов, возраст которых примерно 18 т.л.н. (Пятосина, 2005).

Очень теплый период 2_I $39.5 \div 22.08$ т.л.н. Существовавший ранее Баренцево-Карский ледниковый щит к 40 т.л.н. полностью исчез (Svendsen et al, 1999) [4]. Во многих долинах Печорской низменности: Шапкиной, Хвостовой Созьвы и Соймы древесина и торф из-под рельефообразующих морен имеет возраст от 25 до 40 т.л.н. (Гросвальд, 2009). Под распространенной к северу от Сибирских увалов мореной расположены озерно-болотные отложения, возрастом от 25 до 40–50 т.л.н. (Арсланов и др. 1983). Раковины на восточном Баренцево-Карском побережье и берегах Таймыра и Северной Земли имеют возраст от 24 до 38 т.л.н. (Гросвальд, 2009).

MacDonald et all [7], изучая проблему вымирания мамонтов, проанализировали работы, выполнявшиеся в 1970–2000-х гг. на территории Сибири и в Северной Америке, и пришли к выводу, что 40–25 тысяч лет назад был сравнительно теплый, а 25–12 тысяч лет назад — сравнительно холодный. Макеев и др. [3] также исследовали мамонтовую фауну на острове Октябрьской Революции в архипелаге Северная Земля и пришли к выводу, что 25–19 т.л.н. был теплый период, который сменился холодным 19–12 т.л.н. Слои холодного периода перекрыты торфом с возрастом 9950 ± 100 . Таким образом, эти две группы исследователей подтверждают инсоляционные периоды 2_I , 1_I и 0_I , соответственно.

Очень холодный период 3_I $53.8 \div 39.5$ т.л.н. Большая часть исследователей считает, что на севере Западной Сибири на шельфе Баренцева и Карского морей и на островах неоднократно образовывался ледниковый щит (Гросвальд, 2009) [4]. Последняя максимальная стадия Баренцево-Карского щита была около 50 тыс. лет назад (Svendsen et al, 1999). После максимальной стадии в Печорском Бассейне этот щит растаял к 40 т.л.н.

В определенный момент сток рек бассейнов Оби и Енисея в ледовитый океан прекращается (Гросвальд, 2009). Исследователи отмечают образование Хантыйского, Енисейского и Пуровского озер (Волков, Архипов, 1978; Волков и др., 1969) [4], которые в последующем соединялись между собой и образовывали озеро-море Западной Сибири. Сток ледникового щита на юг отмечен Сибирскими увалами в Западной Сибири и их продолжениям в Восточной Сибири. Эту границу Гросвальд назвал линией Волкова. Моренный пояс вдоль возвышенности Сибирские Увалы является самым южным (Архипов и др., 1980; Архипов, 2000).

Остальные инсоляционные периоды $4_I - 14_I$. Перед Ермаковским ледниковым периодом 3_I отмечают одно из самых теплых в плейстоцене Казанцевское межледнековье (Архипов, 1997) [4]. В современной южно-таежной зоне наряду с хвойными породами произрастали липа, вяз, дуб и орешник. В лесостепной зоне формировались черноземные почвы (Волкова, 1991; Архипов и др., 1995). Начиная с экстремума 3_I похолоданий не было (рис. 1). Были два небольших потепления 60.8 т.л.н. (4_I) и 83.16 т.л.н. (6_I). Это подтверждается двумя слоями торфа, возрастом 65 т.л.н. и 80 т.л.н. в отложениях Белогорской возвышенности по правому берегу нижней Оби (Архипов, 1997) [4]. Эти слои с включением торфа перекрывают морену возрастом 100 т.л.н., что совпадает с пиком похолодания 7_I во время 96 т.л.н. (рис. 1). В долине средней Оби, в разрезе Кирьяс, нижние озерно-ледниковые отложения подстилаются палеопочвами 120 т.л.н. (Архипов, 1997), что согласуются с пиком потепления 8_I , который наступил 110.8 т.л.н.

После 120 т.л.н., выделены ледниковый тазовский, теплый ширтинский, ледниковый самаровский и теплый тобольский региональные горизонты [1, 2]. С учетом характеристик этих горизонтов [2] можно убедиться, что ледниковый тазовский горизонт совпадает с инсоляционным минимумом 9_I , теплый ширтинский — с максимумом 10_I , ледниковый самаровский — с минимумом 11_I , а теплый тобольский — с 12_I . Согласно Гусеву и др. [2] на северном берегу озера Долган образцы с возрастом $214,5 \pm 17$ и $217,3 \pm 16,6$ т.л.н. содержат споры и пыльцу, которые говорят о теплом периоде осадконакопления. С учетом погрешности возраста ± 17 тыс. лет это приходится на теплый период 14_I с максимумом 239 т.л.н.

Рассмотренные сопоставления показывают, что на интервале 0–250 т.л.н. инсоляционные периоды отражают изменение палеоклимата. Поэтому можно рекомендовать всем палеоклиматологам использовать инсоляционные периоды для интерпретации палеоданных и реконструкции палеоклимата.

Основные свойства инсоляционных периодов изменения климата. Очень сильные похолодания и потепления следуют неравномерно, и в среднем повторяются через 164 тыс. лет. В суровые ледниковые периоды в высоких широтах тепла за год и за летнее полугодие на 50% меньше по сравнению с современной эпохой. Годовая температура, например, на широте 80° понижается на $15,6^\circ\text{C}$, а на полюсе — на $24,4^\circ\text{C}$ [6]. Летом до широты $53,4^\circ$ тепла меньше, чем на широте 80° в современную эпоху [4]. Это означает, что выпавший за зиму снег, не тает, и до этой широты может распространяться ледниковый покров. Будут также увеличиваться ледники Гренландии и Антарктиды, а уровень мирового океана понизится.

В очень теплые периоды в высоких широтах тепла за год и за летнее полугодие на 50% больше по сравнению с современной эпохой. Годовая температура, например, на широте 80° повышается на $14,4^\circ\text{C}$, а на полюсе — на $21,5^\circ\text{C}$ [6]. Количество тепла за летнее полугодие становится на 12% больше, чем на экваторе в современную эпоху. Средняя летняя температура может достигнуть 35°C . Это означает, что ледники Антарктиды и Гренландии могут практически полностью растаять, и уровень мирового океана повысится.

Инсоляция и слои. Рассмотренные свойства инсоляционных периодов будут приводить к различным повторяющимся изменениям, которые отражаются в отложениях и в рельефе поверхности Земли. В возвышенных местах, которые не покрываются водой даже в критические весенние паводки, сохраняются следы прежних затоплений. Поэтому последствия этих оледенений и потеплений запечатлеваются в многочисленных слоях. Они имеются во многих местах Западной Сибири и на берегах морей во многих местах Земли. В них запечатлена история колебаний инсоляции Земли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

8. Волкова В. С. Палинostrатиграфия четвертичных отложений полуостровов Ямал и Тазовский (проблемы плиоцена) // Геология и геофизика. — 1999. — Т. 40, № 8. — С. 1119–1134.
9. Гусев Е. А., Молодьков А. Н., Кузнецов А. Б., Новихина Е. С., Аникина Н. Ю., Деревянко Л. Г., Четверова В. А., Крылов А. В. Опорные разрезы второй половины среднего неоплейстоцена енисейского севера // Арктика и Антарктика. — 2019. — № 2. — С. 112–125.

10. Макеев В. М., Арсланов Х. А., Гарутт В. Е. Возраст мамонтов Северной Земли и некоторые вопросы палеогеографии позднего плейстоцена // Доклады АН СССР. — 1979. — Т. 245, № 2. — С. 421–424.
11. Смульский И. И. Новые результаты по инсоляции Земли и их корреляция с палеоклиматом Западной Сибири в позднем плейстоцене // Геология и Геофизика. — 2016. — Т. 57, № 7. — С. 1393–1407. [электронный ресурс]. — URL: <http://www.ikz.ru/~smulski/Papers/NwChInP4J.pdf> (дата обращения 05.04.2023).
12. Смульский И. И. Новая Астрономическая теория ледниковых периодов. — Riga, Latvia: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. — 132 с. [электронный ресурс]. Режим доступа. — URL: <http://www.ikz.ru/~smulski/Papers/InfNwATLP.pdf> (дата обращения 05.04.2023).
13. Смульский И. И. Палеотемпературы поверхности Земли. 2. Определение среднеширотной приповерхностной теплоемкости Земли // ИФЖ. — 2022. — Т. 95, № 2. — С. 306–315.
14. MacDonald G. M., Beilman D. W., Kuzmin Y. V., Orlova L. A., Kremenetski K. V., Shapiro B., Wayne R. K., Van Valkenburgh B. Pattern of extinction of the woolly mammoth in Beringia. *Nature Communications*, 2012. — Vol. 3. article 893. — Pp. 1–8.