

АТМОСФЕРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ И КЛИМАТ

УДК 551.324.61

АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ХРОНОЛОГИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ В ВЕРХНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ И ГОЛОЦЕНЕ

В. М. Федоров

Московский государственный университет, географ. ф-т, 119899, Москва, Воробьевы горы, Россия

Предпринята попытка описания колебательных гляциальных процессов глобального масштаба с использованием астрономической системы отсчета, физическую основу которого составляет гравитационное взаимодействие. Сравнение глобальных климатических событий на Земле в верхнем плейстоцене и голоцене с кардинальными фазами в динамике орбитальных параметров Земли (линий узлов и апсид) свидетельствует о синхронности рассматриваемых астрономических и природных событий, возможности создания аналоговых моделей, отражающих проявление гравитационных факторов глобального масштаба в гляцио- и криосферах Земли.

Элементы орбиты Земли, афелий, перигелий, прецессия, максимум оледенения, климатический оптимум

ASTRONOMIC CHRONOLOGY OF GLOBAL CLIMATIC EVENTS IN THE UPPER PLEISTOCENE AND THE HOLOCENE

V. M. Fyodorov

Moscow State University, Department of Geography, 119899, Moscow, Vorobjovy Gory, Russia

An attempt to describe fluctuating natural processes of global scale is undertaken by means of astronomical reference system, whose physical essence is represented by gravitational interaction within the Solar system. Global climatic events on the Earth in the Upper Pleistocene and the Holocene are compared with cardinal phases in the dynamics of the Earth's orbital parameters (knot lines and apses). The astronomic and natural events under investigation are found out to be synchronous. This permits creation of analogous models simulating manifestation of gravitation factors of a global scale in the Earth's glaciosphere and cryosphere.

Elements of the Earth's orbit, aphelion, perohelion, precession, glaciation climax, climatic optimum

Цикличность является одним из наиболее общих свойств природных процессов. Если в пространстве изменчивость природных процессов и систем распределяется главным образом зонально, то во времени их развитие имеет в основном ритмичный характер. Сопоставление колебательных природных процессов с динамикой астрономических параметров представляется перспективным в плане выделения вероятных аналогов, определения характера связи (корреляционные или причинно-следственные) между ними и создания соответствующих аналоговых моделей. Основу создания подобных моделей может составлять корреляционная или причинно-следственная зависимость между указанными параметрами природных и астрономических процессов. Причинно-следственная зависимость может определяться (в определенных диапазонах рассматриваемых спектров колебаний) на основе фундаментального физического взаимодействия — гравитационного [Берри, 1986, 1991,

1992; Романчук, 1980, 1996, Федоров, 1997; Поповнин, Федоров, 1998].

На научную перспективность, в том числе и мировоззренческую, подобных исследований указывали еще А. Гумбольдт, В. И. Вернадский, а позднее А. В. Шнитников, Г. К. Тушинский, А. И. Шеко и другие исследователи [Гумбольдт, 1866; Вернадский, 1965, 1994; Шнитников, 1964, 1969; Тушинский, 1966; Шеко, 1980]. А. Л. Чижевский на основании сравнительного анализа эмпирических данных по динамике различных биосферных показателей и параметров солнечной активности (числа Вольфа) определил корреляционную зависимость циклических изменений в биосфере с ритмичностью солнечной активности в диапазоне колебаний со средним периодом около 11 лет [Чижевский, 1976].

Еще ранее получила развитие астрономическая теория климата, целью которой являлось объяснение динамики оледенений в масштабах четвертичного периода астрономическими фак-

торами, т. е. теоретическое определение возможной причинно-следственной зависимости между глобальными климатическими событиями и астрономическими факторами (Ж. А. Адемар, Д. Кроль). Апофеозом астрономической теории вероятно можно считать известные графические результаты расчетов (учитывающих возмущающее действие планет) инсоляции, выполненные М. Миланковичем [Имбри, Имбри, 1988; Миланкович, 1939]. Однако при всей математической корректности проведенных расчетов, ограничения, принятые Миланковичем, вызывают определенные сомнения в географической привлекательности полученных им результатов. Вероятно, что значения изменения летней инсоляции на верхней границе атмосферы с учетом корректной на то время теории расчетов возмущающего действия планет в масштабах четвертичного периода адекватно отражают имевшие место в прошлом изменения солярного климата. Но при этом в астрономической теории солярный фактор признается единственным в климатообразовании Земли, а следовательно, и представленная теоретическая модель климата является однофакторной и вряд ли может даже при несомненно ведущей роли солярного фактора в глобальном масштабе времени адекватно отражать происходящие на Земле общепланетарные климатические изменения. Кроме того, реализация солярного фактора в климатообразовании связана в теории М. Миланковича с постулированием таких положений как отсутствие циркуляции в атмосфере Земли, отсутствие гидросферы; поверхность Земли (верхняя часть литосферы) принимается структурно и гипсометрически однородной. Таким образом собственно географическая оболочка Земли (атмосфера, гидросфера и литосфера) — предмет изучения географической науки, в модели М. Миланковича не представлена (и, значит, не отражены происходящие в ней общепланетарные процессы тепло- и влагообмена). В связи с этим астрономическую теорию климата вряд ли можно считать географически в полной мере обоснованной. Это также относится к расчетам, выполненным в конце 1960-х гг. в институте теоретической астрономии Ш. Г. Шарафом и Н. А. Будниковой [Шараф, Будникова, 1967, 1968, 1969]. На основе современной теории возмущений (теории вековых возмущений Бауэра и Вуркома и теории прецессии Ньюкома) ими был существенно расширен временной диапазон приложения методики М. Миланковича со всеми отмеченными выше допущениями и построены графики инсоляции на геологические эпохи — кайнозойскую и мезозойскую. При вероятной математической состоятельности расчетов возможность геогра-

фических приложений модели в масштабах геологического времени представляется сомнительной.

В связи с этим вполне корректными могут оказаться сравнительные исследования вполне достоверных (квазиэмпирических) природных и астрономических событий и определение возможной связи между ними. Причинно-следственная связь природных и астрономических явлений в отдельных диапазонах частот (периодов) вполне очевидна. Так суточный цикл в природе Земли обусловлен периодом ее осевого обращения. Годовой цикл в природе детерминирован периодом эклиптического обращения Земли вокруг Солнца. Также можно отметить подобную зависимость природных процессов от соотношения конфигураций Луны, Земли и Солнца, образующего лунный цикл с кардинальными фазами — новолунием, полнолунием и квадратурами. С особой очевидностью лунный цикл проявляется в гидросфере Земли в виде приливных явлений (сизигийные и квадратурные приливы). Таким образом, основные временные категории, использующиеся для хронологии природных событий в диапазоне с периодичностью день—месяц—год, имеют в своей основе астрономический и физический смысл — причинную обусловленность, связанную с синхронным изменением параметров земной орбиты и солнечной инсоляции, поступающей на земную поверхность, а также гравитационным взаимодействием.

Рассмотрим теперь возможные астрономические аналоги глобальных климатических событий позднего плейстоцена и голоцена, которые находятся за пределами наблюдаемой инструментально области спектра колебательных природных процессов. В качестве климатических параметров мы принимаем события, достоверность которых можно считать установленной [Марков и др., 1965а,б; Чеботарева, Макарычева, 1974; Гросвальд, 1983; Пуннинг, Раукас, 1985]. К этим событиям относятся:

- максимум последнего оледенения (около 18 тыс. лет назад);
- деградация последнего оледенения (11—12 тыс. лет назад);
- климатический оптимум в голоцене (5—7 тыс. лет назад);
- глобальное похолодание в субатлантический период (XIII век).

Отмеченные события имели безусловно сложную структуру, но в рассматриваемом временном масштабе они могут быть представлены как нерасчлененные, единые и целостные события. В таком же масштабе времени эти события сопоставляются с такими астрономическими явлениями как динамика оси апсид

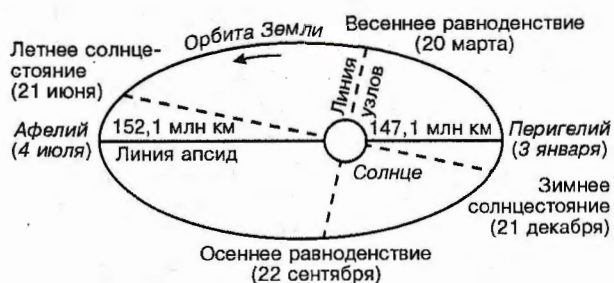


Рис. 1. Соотношение линии апсид и линии узлов земной орбиты в современную эпоху.

(афелий—перигелий) и оси узлов (точек равноденствия). Рассмотрим подробнее динамику осей и связанные с этим климатические следствия (рис. 1, 2).

ЛИНИЯ УЗЛОВ

Известно, что ось вращения Земли не сохраняет своего положения в пространстве, а под действием гравитационных возмущений испытывает периодические колебания (например, прецессионные и нутационные периодические колебания земной оси, возникающие вследствие разности гравитационного воздействия Луны и Солнца на экваториальную поверхность земного сфероида, наклоненную к плоскости эклиптики на угол около 23°). Создаваемый результирующий момент силы стремится совместить экваториальную плоскость с плоскостью эклиптики (при этом воздействие Луны в 2,17 больше, чем воздействие Солнца из-за большей удаленности последнего). Поскольку Земля обладает большой массой и подобно „волчку“ быстро вращается, то такого поворота не происходит, но ориентация оси вращения (а значит, оси мира) в пространстве периодически изменяется; она описывает вокруг оси эклиптики коническую поверхность с углом около 23° . Северный и южный полюсы описывают окружности на небесной сфере. Такое прецессионное движение происходит по часовой стрелке с востока на запад со скоростью $50,3''$ в год. Поэтому полный период прецессии земной оси составляет (360° деленные на $50,3''$) приблизительно 25 800 лет. Соответственно изменяется и ориентация плоскости земного экватора по отношению к эклиптике (ось вращения перпендикулярна плоскости земного экватора). С вращением оси и плоскости земного экватора связано смещение точек пересечения плоскости небесного экватора с эклиптикой (весеннего и осеннего равноденствий) в западном направле-



Рис. 2. Кардинальные соотношения линии апсид и линии узлов земной орбиты в верхнем плейстоцене и голоцене.

нии со скоростью $50,3''$ в год [Маров, 1981; Рябов, 1962; Струве и др., 1964].

ЛИНИЯ АПСИД

Орбита, по которой Земля движется вокруг Солнца, имеет форму эллипса, в одном из фокусов которого находится Солнце. Минимальное расстояние (перигелий) от Земли до Солнца составляет 147,1 млн км, максимальное (афелий) — 152,1 млн км. Разница определяется примерно в 5 млн км. В настоящее время долгота перигелия составляет 102° от точки осеннего равноденствия (против часовой стрелки). За год перигелий смещается на $1,03'$ (относительно точки осеннего равноденствия, но при этом смещается положение и самой точки осеннего равноденствия).

Таким образом в результате прецессии с периодом 25 800 лет кардинальные точки испытывают медленное смещение по орбите. Одновременно с этим движением и независимо от него

сама эллиптическая орбита также вращается, причем гораздо медленнее (период около 41 000 лет) и в той же плоскости, но в противоположном направлении. Так что фактическое смещение кардинальных точек по орбите (смещение оси аписид относительно оси узлов) представляет собой результат сложения этих двух движений. Полный цикл смещения точек равноденствия по орбите составляет 22 000 лет.

Рассмотрим важнейшие географические следствия изменения наклона земной оси (точнее ее ориентации) — линии узлов и линии аписид.

С периодом ~25 800 лет ось меняет свое положение по отношению к линии, соединяющей центры Земли и Солнца и лежащей в плоскости эклиптики, а вместе с тем и по отношению к направлению солнечных лучей. Наклон оси определяет различия в количестве тепла, поступающего к различным широтным зонам Земли в течение года, т. е. создает широтную зональность климата и является одной из важнейших причин существования на Земле сезонов года.

Поток лучистой энергии, поступающий к Земле от Солнца, изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния до Солнца. Так, если в афелии Земля получает F солнечного тепла, то инсоляция в перигелии составляет $1,07F$ [Полтараус, Кислов, 1986]. В данной статье не рассматривается влияние эксцентриситета земной орбиты на приход радиации, так как период его изменения составляет около 100 тыс. лет, т. е. по временному масштабу значительно превосходит рассматриваемые нами природные и астрономические события. Долгота перигелия определяет сезон, когда Земля расположена ближе всего к Солнцу. При этом (см. рис. 2) возможны варианты.

1. Земля находится в перигелии, когда в северном полушарии зима. Тогда зима менее прохладная и менее продолжительная, а лето менее теплое и более продолжительное, чем в южном.

Расчеты показывают, что подобная ситуация имела место около 700 лет назад. В этот период точка зимнего солнцестояния совпадала с перигелием земной орбиты, а точка летнего солнцестояния с афелием. Для этого периода отмечается климатическое похолодание в северном полушарии Земли (XIII век).

2. Земля находится в перигелии, когда в северном полушарии осень. Тогда осень более теплая и менее продолжительная, а весна менее теплая и более продолжительная, чем в южном.

Совпадение точки осеннего равноденствия с перигелием земной орбиты происходило примерно 6200 лет назад, что приблизительно соответствует климатическому оптимуму в голоцене.

3. Земля находится в перигелии, когда в северном полушарии лето. Тогда лето более теплое и менее продолжительное, а зима более холодная и продолжительная, чем в южном.

Совпадение точки летнего солнцестояния с перигелием земной орбиты отмечалось примерно 11 700 лет назад, т. е. примерно в то время, с которым связывается период деградации последнего оледенения. Ось вращения Земли в это время указывала не на Полярную звезду, как в настоящее время, а на звезду первой величины Вега из созвездия Лиры.

4. Земля находится в перигелии, когда в северном полушарии весна. Тогда весна более теплая и менее продолжительная, а осень более прохладная и продолжительная, чем в южном.

Совпадение точки весеннего равноденствия с перигелием земной орбиты имело место примерно 17 200 лет назад, что синхронно времени максимального развития последнего плейстоценового оледенения.

Таким образом сопоставление астрономических событий, связанных с динамикой осей аписид и узлов, и достоверно установленных глобальных климатических событий в верхнеплейстоцен-голоценовое время показывает их относительную синхронность. Между рассматриваемыми событиями устанавливается корреляционная связь. Следует отметить, что примерно через 4800 лет вновь наступит соединение точки весеннего равноденствия с перигелием земной орбиты. И в связи с отмеченной аналогией природных и астрономических событий можно предполагать прогрессивное с настоящего времени похолодание климата с вероятным экстремально низким температурным режимом в 7-м тысячелетии по христианскому летоисчислению. При этом мы не учитываем в отдельности роль факторов (тектонический, антропогенный и др.), а рассматриваем события в их обобщенной интегрированной форме, отражающей совокупное воздействие факторов климатообразования (кроме антропогенного).

Планета Земля окружена криогенной космической средой, поэтому исследование космо-земных связей в аспекте выявления синхронных событий в космосе и географической оболочке Земли представляется актуальным для географической науки и прежде всего таких ее разделов, как динамическая гляциология и криолитология.

Литература

Берри Б. Л. Синхронные процессы в оболочках Земли и их космические причины // Вестн. МГУ, сер. 5, 1991, № 1, с. 20—26.

- Берри Б. Л. Синхронные изменения активности опасных явлений и их прогноз // Вестн. МГУ, сер. 5, 1986, № 3, с. 38—44.
- Берри Б. Л. Основные системы геосферно-биосферных циклов и прогноз природных условий // Биофизика, 1992, т. 37, вып. 3, с. 127—135.
- Вернадский В. И. Живое вещество и биосфера. М., Наука, 1994, 672 с.
- Вернадский В. И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М., Наука, 1965, 374 с.
- Гросвальд М. Г. Оледенение континентальных шельфов. М., ВИНТИ, 1983, 164 с.
- Гумбольдт А. Космос (опыт физического мироописания). М., Издание Братьев Салаевых, 1866, т. 1, 407 с.
- Имбри Д., Имбри К. П. Тайны ледниковых эпох. М., Прогресс, 1988, 263 с.
- Марков К. К., Лазуков Г. И., Николаев В. А. Четвертичный период. М., Изд-во МГУ, 1965а, т. I, 371 с.
- Марков К. К., Лазуков Г. И., Николаев В. А. Четвертичный период. М., Изд-во МГУ, 1965б, т. II, 428 с.
- Маров М. Я. Планеты Солнечной системы. М., Наука, 1981, 180 с.
- Миланкович М. Математическая климатология и астрономическая теория колебаний климата // М.-Л., ГОНТИ, 1939, 246 с.
- Полтараус Б. В., Кислов А. В. Климатология. М., Изд-во МГУ, 1986, 144 с.
- Поповнин В. В., Федоров В. М. Гравитационный фактор динамики гляциальных процессов // Криосфера Земли, 1998, № 2, с. 48—52.
- Пуннинг Я.-М. К., Раукас А. В. Палеогеография позднечетвертичного времени северной Европы. М., ВИНТИ, 1985, 214 с.
- Романчук П. Р. Резонансные явления конвективных движений под действием приливных сил планет // Вестн. Киев. ун-та, сер. астрон., 1980, № 22, с. 34—39.
- Романчук П. Р. К решению проблемы солнечно-земных связей, прогнозирования климата, погоды и вулканических извержений. Киев, Изд-во НАН Украины, 1996, 36 с.
- Рябов Ю. А. Движение небесных тел. М., Изд-во физ.-мат. лит-ры, 1962, 264 с.
- Струве О., Линдс Б., Пиллапс Э. Элементарная астрономия. М., Наука, 1964, 480 с.
- Тушинский Г. К. Космос и ритмы природы Земли. М., Просвещение, 1966, 120 с.
- Федоров В. М. Гравитационный аспект циклических изменений солнечной активности и природных оболочек Земли // Изв. РАН, сер. географ., 1997, № 6, с. 30—39.
- Чеботарева Н. С., Макарычева И. А. Последнее оледенение Европы и его геохронология. М., Наука, 1974, 216 с.
- Чижевский А. Л. Земное эхо солнечных бурь. М., Мысль, 1976, 367 с.
- Шараф Ш. Г., Будникова Н. А. Колебания солнечного облучения Земли вызванные вековыми изменениями элементов земной орбиты // Докл. АН СССР, 1968, т. 182, № 2, с. 291—293.
- Шараф Ш. Г., Будникова Н. А. Вековые изменения элементов орбиты Земли и астрономическая теория колебания климата // Тр. ин-та теоретической астрономии, вып. XIV. Л., Наука, 1969, с. 48—84.
- Шараф Ш. Г., Будникова Н. А. О вековых изменениях элементов орбиты Земли, влияющих на климаты геологического прошлого // Бюлл. ин-та теоретической астрономии, 1967, т. XI, № 4(127), с. 231—261.
- Шеко А. И. Закономерности формирования и прогноз селей. М., Недра, 1980, 296 с.
- Шнитников А. В. Внутренняя изменчивость компонентов общей увлажненности (очерки). Л., Наука, 1969, 245 с.
- Шнитников А. В. Приливообразующая сила как фактор изменчивости горного оледенения // Современные вопросы гляциологии и палеогляциологии, вып. XVII. М.-Л., Наука, 1964, с. 102—140.

Поступила в редакцию
9 ноября 1998 г.