

О СВЯЗИ СОВРЕМЕННЫХ МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ
ВОДЫ В МИРОВОМ ОКЕАНЕ С ОСОБЕННОСТЯМИ ПОВТОРЯЮЩИХСЯ
ИЗМЕНЕНИЙ В ДИНАМИКЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Шерстюков Б.Г., Шерстюков А.Б.

Колебания климата происходили во все времена и продолжают в настоящее время.

Установлено, что длительные атмосферные процессы формируются под действием внешних по отношению к атмосфере источников энергии, главным образом тепловой. Для климата атмосферы океан является важнейшим внешним источником энергии. Теплоёмкость и тепловая инерционность океана многократно превосходят теплоёмкость и инерционность атмосферы, поэтому в системе океан–атмосфера океан является определяющим в поддержании долгопериодных колебаний потоков тепла, которые находят своё отражение в колебаниях климата.

В колебаниях климата известны интенсивные нерегулярные составляющие: глобальные колебания с периодами от недель до месяцев, межгодовые колебания с периодами 2–5 лет, явления Эль-Ниньо, 35 –летние колебания северной части Гольфстрима и др. [1]. Краткосрочные процессы (до 1–2 недель) развиваются под действием начальных условий - исходного распределения энергии в атмосфере [2,3].

Обусловленность колебаний климата по аналогии с краткосрочными процессами часто тоже описывают начальными условиями во всей климатической системе, полагая, что при неизменных внешних условиях начальное состояние климатической системы полностью определяет её эволюцию, а колебания определяются исходным распределением энергии во всех составляющих климатической системы. При такой трактовке допускается, что причина колебаний кроется в самой климатической системе как результат сложных нелинейных взаимодействий между элементами климатической системы без внешних влияний.

Но в любой реальной системе существует диссипация энергии колебаний, которая неизбежно приводит к их затуханию. Возникает вопрос: если внешние условия неизменны, если существует диссипация, а пополнения энергии нет, то почему колебания климата существуют и не затухают миллионы лет?

1.Диссипация энергии колебаний и ее пополнение в климатической колебательной системе.

Не смотря диссипацию энергии колебания климата действительно не затухают. Поэтому климатическую систему необходимо признать открытой, однако возникает проблема из-за отсутствия источников внешних воздействий по энергии сопоставимых с энергией внутренних процессов в климатической системе.

Решение проблемы найдено. До сих пор считалось аксиомой утверждение о том, что количество энергии каждого импульса внешнего воздействия должно быть не меньше, чем количество энергии последовавшего за ним изменения в климатической системе. Представление о достаточности или недостатке энергии внешних воздействий на состояние климата принципиально изменяется, если учесть, что **климатическая система обладает свойствами колебательной системы. Колебания в параметрах климатической системы являются основным свойством климатической системы.**

Космические воздействия на климат тоже циклически повторяются. Энергии каждого отдельного внешнего воздействия может быть недостаточно для вынужденного изменения состояния климата, но **в любой колебательной системе (и в климатической тоже) повторяющиеся внешние импульсы энергии могут оказаться в резонансном соотношении со свободными колебаниями системы. Многократные повторяющиеся даже очень слабые, но резонансные воздействия могут раскачать колебательную систему на её собственных частотах до колебаний с заметной амплитудой.** Кроме простого накопления передающейся импульсной внешней энергии в нелинейной колебательной системе резонансы могут вызывать изменения, по своей энергии многократно превосходящие приток энергии от внешнего фактора. В нелинейной колебательной системе в моменты наступления резонанса колебания могут усиливаться за счёт высвобождения внутренней энергии системы. Именно такой сложной и нелинейной является климатическая система, резонансы с внешними воздействиями и с выделением внутренней энергии в ней возможны.

Согласно теории колебательных систем [4], **малая величина циклических внешних сил воздействия на колебательную систему не является препятствием для модуляции в ней резонансных колебаний на соизмеримых частотах.** Соизмеримыми называют такие частоты, которые имеют малые целочисленные соотношения между собой, например 1:2, 1:3, 2:3, 3:2 и т.д. Резонанс может возникнуть даже при предельно слабой связи между объектами, если слабость сил компенсируется многократным их воздействием.

Теория взаимодействия колебательных систем снимает требование о необходимости энергетического соответствия космических вариаций и наблюдаемых колебаний климата.

2. Региональные различия отклика климатической системы на внешние воздействия. Резонансный отклик климатической системы на циклическое внешнее воздействие может возникнуть только там, где совпадут частота воздействий и частота собственных колебаний параметров климатической системы в регионе. Собственные частоты колебаний параметров климата в каждом регионе определяются своими местными физико-географическими условиями (географической широтой, размерами континентов и океанов вблизи региона, рельефом поверхности континента и дна океана и т.д.), а также плотностью воды и другими параметрами.

Колебательная климатическая система в каждом регионе Земли избирательно по частоте воспринимает повторяющиеся внешние воздействия независимо от силы их воздействия. Важна не столько величина энергии воздействия, сколько частота повторения таких воздействий.

При изучении эволюции нелинейных колебательных систем следует принимать во внимание всегда существующие в реальных условиях слабые силы взаимодействия. Эти силы направлены на погашение взаимодействующих колебаний, которые случайны по отношению друг к другу. Но эти же силы приводят к резонансному усилению колебаний, находящихся между собой в рациональных соотношениях.

А.С. Монин и Д.М. Сонечкин еще в 2005 году [5] предлагали появление колебаний и циклов в климатической системе рассматривать как реакцию системы на внешнее воздействие – прямую резонансную раскачку на собственных частотах на основе параметрического резонанса.

3. Выбор параметров космического воздействия и отклика на него в климатической системе

Многофакторное космическое влияние накладывается на сложнейшую климатическую систему со своими внутренними прямыми и обратными нелинейными связями. Возникает два главных вопроса: какой выбрать показатель внешнего фактора и в каких параметрах климатической системы следует искать его первичный отклик? Необходимо найти первичные локальные возмущения на Земле, которые далее будут распространяться в климатической системе по ее внутренним законам и будут проявляться в самых разных взаимозависимых параметрах климата. Важно так же учитывать инерционность многих процессов на Земле, ответственных за климат, и учитывать возможные задержки проявления отклика изменений в климате на внешнее воздействие.

Самой общей и самой устойчивой в веках особенностью космических изменений является небесная механика. А самой общей особенностью небесной механики является барицентрическое вращение Солнечной системы (вращение Солнца и планет вокруг их общего центра масс). Земля и все планеты вращаются не вокруг Солнца, а планеты и само Солнце вращаются вокруг их общего центра масс, смещенного относительно центра Солнца в зависимости от конфигурации больших планет на расстояния, превышающие часто радиус Солнца. Часто центр масс выходит за пределы Солнца в космическое пространство. В результате неравномерного барицентрического вращения возникают силы, приложенные к Солнцу.

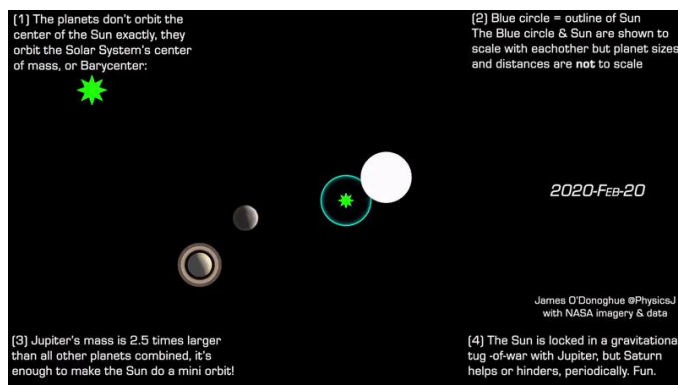


Рис.1 Барицентрическое вращение Солнечной системы

Земля – маленькая планета, она не влияет на барицентр, но орбита Земли привязана к Солнцу, поэтому Земля вместе со всей своей орбитой вовлечена в дополнительное неравномерное движение в космическом пространстве вместе с Солнцем и испытывает воздействие на себе тех же сил барицентрического вращения. Но в системе координат, привязанных к Земле этих сил не существует, сама геоцентрическая система координат участвует во вращении вокруг общего центра масс Солнца и планет. Математические модели, построенные в геоцентрических координатах, упускают фактор барицентрического воздействия небесной механики на Землю.

Одной из важнейших характеристик неравномерного вращения тел является момент инерции. Этот показатель можно вычислить. По высокоточным эфемеридам движения планет нами вычислено изменение по годам момента инерции барицентрического вращения Солнца и изменение кинетической энергии этого движения за 1800-2070гг. (рис.2)

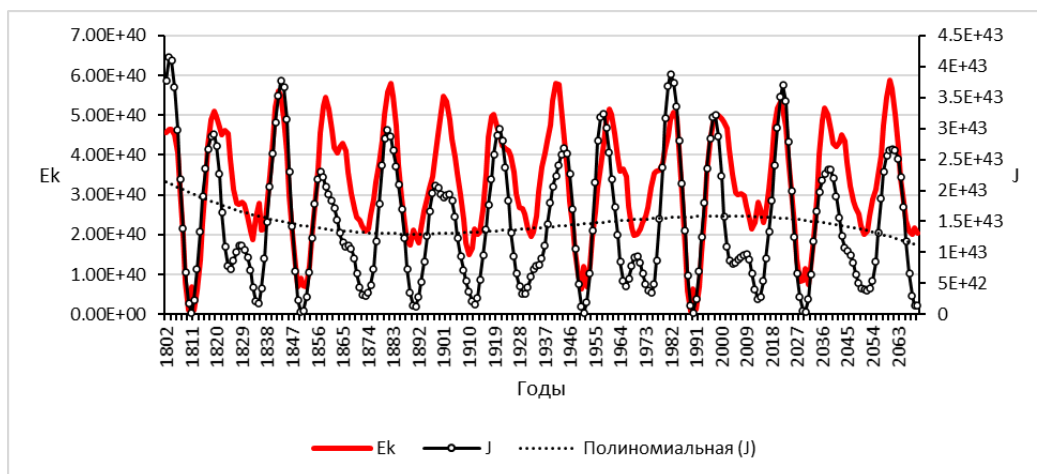


Рис.2 . Изменения среднегодовых значений кинетической энергии E_k и момента инерции J барицентрического вращения Солнца

Рис. 2 показывает, что изменения кинетической энергии барицентрического вращения Солнца происходят синхронно с колебаниями момента инерции. В дальнейшем корреляционном анализе использовались значения E_k .

4. Изменения скорости осевого вращения Земли при барицентрическом вращении Солнечной системы

В работе [6] было показано, что неравномерное барицентрическое вращение создает дополнительный вращательный момент осевого вращения Земли. Скорость осевого вращения Земли является одним из основных факторов циркуляции атмосферы и океана. Проверим связь ТПО с изменениями скорости вращения Земли по данным наблюдений.

Скорость вращения Земли характеризуется продолжительностью суток LOD – это величина обратная скорости вращения Земли. А в качестве характеристики возмущений от барицентрического вращения возьмем значения момента инерции барицентрического вращения Солнечной системы J . Искать будем отклик изменений LOD на воздействия колебаний J . Из LOD и J уберём их полиномиальные тренды 2-й степени. Коэффициент наилучшей асинхронной корреляции между полученными отклонениями от трендов LOD и J оказался -0.57 при сдвиге на 43 года.

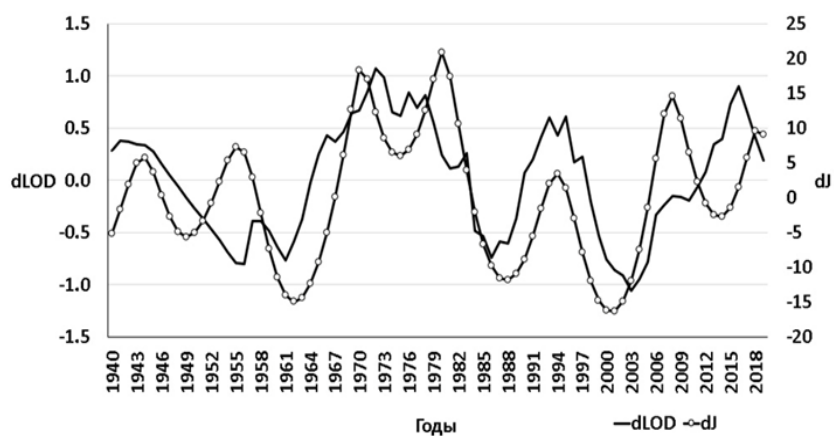


Рис.3. Изменения момента барицентрического вращения Солнечной системы (с обратным знаком) dJ и продолжительность суток $dLOD$ с запаздыванием на 43 года.

Линейные тренды удалены.

Изменения продолжительности суток LOD запаздывают на 43 года относительно изменений момента инерции J . На рис.3 отклонения LOD от тренда обозначены $dLOD$, а отклонения J от тренда (dJ) сдвинуты на рисунке вправо на 43 года (т.е. на величину запаздывания отклика) и показаны с обратным знаком для более удобного визуального сопоставления.

Обнаруженная связь показывает, что увеличению момента инерции барицентрического вращения соответствует увеличение скорости осевого вращения Земли с запаздыванием на 43 года. Земля имеет большую массу и раскручивается с опозданием на 43 года.

5. Изменение температуры поверхности океана при изменении скорости осевого вращения Земли

Изменение скорости вращения Земли может отразиться на изменении параметров климата. Вычислены асинхронные коэффициенты корреляции между продолжительностью суток LOD и изменениями ТПО в узлах географической сетки Земли $2 \times 2^\circ$ по данным за 1935–2020 годы (ERSST V5). Значения LOD были предварительно сглажены по скользящим 3-м годам. Возможное запаздывание (сдвиг) колебаний ТПО задавался от 0 до 10 лет. В каждом узле из ансамбля асинхронных коэффициентов корреляции выбирался максимальный по модулю коэффициент и фиксировался сдвиг, при котором он был получен. На карте рис.4 показаны поля коэффициентов корреляции $R > 0.6$ и $R < -0.6$. Цифрами показаны сдвиги, при которых они были получены.

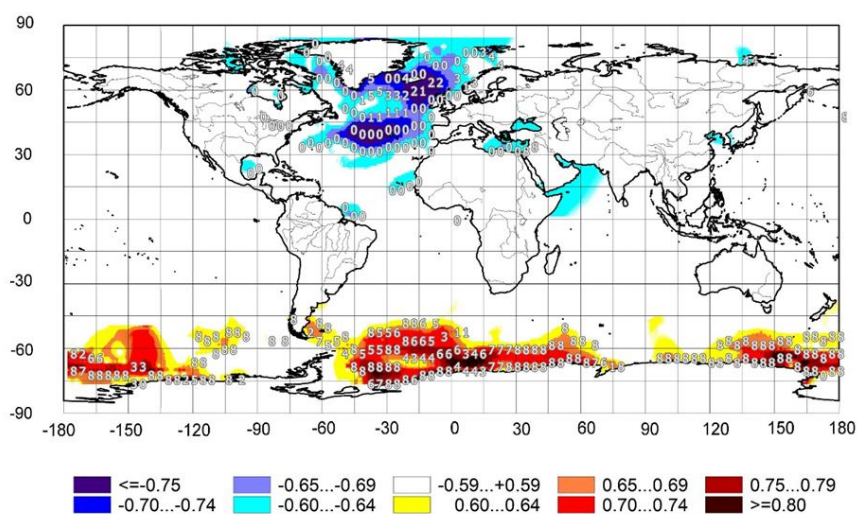


Рис. 4. Асинхронные коэффициенты корреляции между ТПО и LOD

В Северном полушарии наилучшими отрицательными связями LOD с ТПО ($R < -0.75$) оказались на тёплом течении Гольфстрим – на его квази-зональном участке траектории при прохождении Гольфстрима над Серединно-Атлантическим хребтом (сдвиг 0). И второй очаг наилучших отрицательных корреляций ($R < -0.75$) оказался на Северо-Атлантическом течении вблизи Исландии (сдвиг 1–2 года). Указанные районы наилучших связей приходятся на районы с особыми геологическими условиями. Об этом будет сказано позднее.

В Южном полушарии наилучшими асинхронными положительными связями LOD и ТПО ($R > 0.75$) оказались на квази-зональном циркумполярном холодном Антарктическом течении над Африканско-Антарктической котловиной в Атлантическом и Индийских

океанах, а также в западной и центральной частях юга Тихого океана в местах пересечения Антарктическим течением Австрало-Антарктического поднятия и Южно-Тихоокеанского поднятия. Это районы с особыми геологическими условиями. О них тоже будет сказано позднее. В Южном океане изменения ТПО отстают от изменений LOD на 3–5 лет в узлах с корреляцией $R > 0.7$. Запаздывание изменений ТПО на 3–5 лет на Антарктическом течении предположительно связано с большой массой воды, вовлечённой в Антарктическое течение (глубина от 2000 до 4000 метров и более) и её динамической и тепловой инерционностью.

6. Изменения температуры поверхности океана при барицентрическом вращении Солнечной системы

Изменения в неучтенном ранее движении Земли вслед за Солнцем при его барицентрическом вращении вызывают силы на Земле, приложенные ко всему, имеющему массу, например к океану. Рассмотрим изменения температуры поверхности океана в узлах географической сетки Мирового океана при изменениях момента инерции J , в каждом узле вычислим асинхронные коэффициенты корреляции между ТПО и J со сдвигами от 0 до 40 лет (изменения ТПО отстают от изменения J). В каждом узле выделялся максимальный по модулю коэффициент корреляции R и при нём фиксировалась величина L запаздывания колебаний ТПО относительно колебаний J .

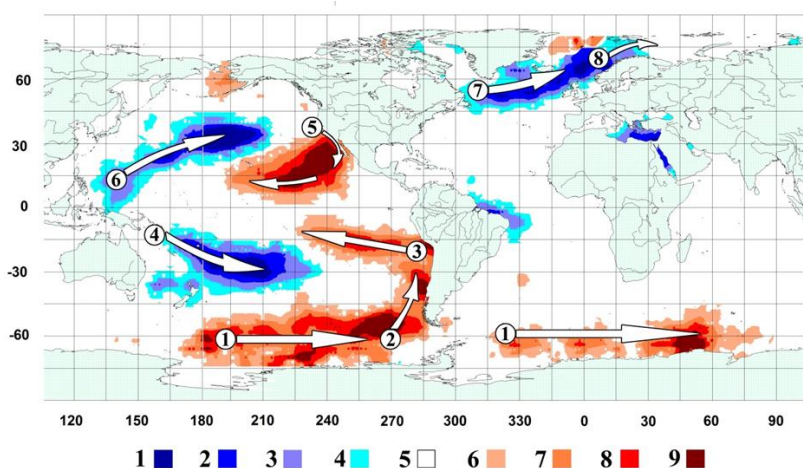


Рис.5. Поля значимых асинхронных положительных и отрицательных коэффициентов корреляции между J и ТПО со сдвигами 32–37 лет. Градации коэффициентов на карте: 1) ≤ -0.70 ; 2) $-0.60 \div -0.69$; 3) $-0.50 \div -0.59$; 4) $-0.40 \div -0.49$; 5) $-0.39 \div +0.39$; 6) $+0.40 \div +0.49$; 7) $+0.50 \div +0.59$; 8) $+0.60 \div +0.69$; 9) $\geq +0.70$.

На карте рис.5 видны обширные поля положительных и отрицательных значимых корреляций. Стрелками показаны океанические течения: 1 – Антарктическое циркумполярное; 2 – Перуанское; 3 – Южно-Пассатное; 4 – Восточно-Австралийское; 5 – Калифорнийское и Северо-Пассатное; 6 – Кюросио и Северо-Тихоокеанское; 7 – Северо-Атлантическое; 8 – Норвежское.

В Южном полушарии от широт 45–50° ю.ш. и южнее до самой Антарктиды почти всё пространство в Тихом океане от его западной до восточной границы занимает на карте поле положительных корреляций. Здесь положительные корреляции покрывают область (фрагмент) самого мощного на Земле холодного Антарктического течения. Запаздывание изменений ТПО относительно J в южной части Тихого океана составляет 32–35 лет. Затем поле положительных корреляций с запаздыванием 35–36 лет распространяется в сторону умеренных южных широт и вдоль западного побережья Южной Америки охватывает

область холодного Перуанского течения, которое является ответвлением от Антарктического течения. Ещё ближе к экватору с запаздыванием 37 лет поле положительных корреляций охватывает область Южно-Пассатного течения. Перечисленные течения составляют часть круговорота течений южной половины Тихого океана по направлению против часовой стрелки. Замыкает этот круговорот тёплое Восточно-Австралийское течение, вдоль которого на рис. 2.5 вытянулось обширное поле отрицательных корреляций от берегов Австралии на юго-восток до 240° в.д. Запаздывание изменений ТПО относительно J составляет 35 лет вблизи Австралии и 36 лет на долготах 180–225° в.д.

В Северном полушарии в Тихом океане область положительных корреляций совпадает с районом холодного Калифорнийского течения вдоль западного побережья Северной Америки, направленного на юго-запад, которое затем переходит в Северо-Пассатное течение. Запаздывание здесь составляет 35 лет. А поле отрицательных корреляций вытянулось от Филиппинского моря на северо-восток вдоль тёплого Северо-Американского течения до центральной части северной половины Тихого океана. Запаздывание здесь составило 35–37 лет. Перечисленные течения составляют северный круговорот течений Тихого океана по направлению часовой стрелки.

По знакам корреляций делаем выводы, что при увеличении момента инерции барицентрического вращения повышается поверхностная температура в области холодных течений и понижается температура в области тёплых течений, т.е. ослабляется вынос холодных вод из приполярных широт северной и южной половин океана в сторону тропиков и ослабляется вынос тёплых вод из тропиков в приполярные районы северной и южной половин Тихого океана – при увеличении момента барицентрического вращения ослабляется круговая циркуляция в каждой половине океана, а при уменьшении момента вращения круговая циркуляция усиливается.

Полученные результаты показывают, что с изменениями момента инерции барицентрического вращения Солнечной системы, связаны изменения глобальной океанической циркуляции, видимые на поверхности. Эти изменения наилучшим образом проявляются вдоль траекторий основных океанических течений Мирового океана.

7. Изменения температуры воды у океанского дна как индикатор выхода в океан внутреннего тепла Земли на границах литосферных плит

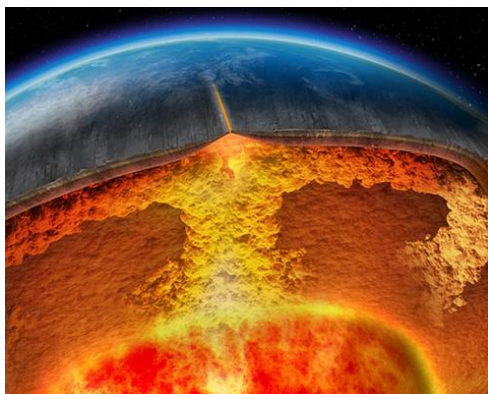


Рис.6. Эндогенное тепло Земли.

Радиус Земли 6370км. Толщина земной коры составляет около 100км, а под ней мантия с температурой около 6000°C.

Изменения в движении Земли вслед за Солнцем при его барицентрическом вращении вызывают силы на Земле, приложенные ко всему, имеющему массу, включая жидкий верхний слой мантии – астеносферу. Предполагается, что в результате таких воздействий на раскаленную астеносферу в ней могут модулироваться возмущения с выходом тепловой энергии на поверхность земной коры. В недрах Земли сосредоточена огромная тепловая энергия, которая в очень явном виде

иногда вырывается в виде вулканов на континентах. Еще больше извержений вулканов происходит на дне Мирового океана. В настоящей работе ставилась задача проверки гипотезы о циклической активизации выхода эндогенного тепла в океан при извержениях вулканов под управлением циклических возмущений Земли от барицентрического вращения Солнечной системы.

Большинство вулканов находится в Мировом океане, поэтому слежение за выделением эндогенного тепла осуществлялось по изменениям температуры воды у океанского дна в узлах географической сетки $1 \times 1^\circ$ Мирового океана за 1960-2022 гг. Методами корреляционного анализа обнаружено, что при усилении внешнего воздействия усиливались выходы эндогенного тепла Земли в Мировой океан преимущественно в регионах прохождения границ литосферных плит Земли в зонах спрединга, субдукции и вблизи островов вулканического происхождения.

Литосферная плита – это огромный по площади целостный блок земной коры, отделенный от других подобных блоков зонами разломов с активными сейсмическими и тектоническими явлениями. На границах между литосферными плитами происходят различные явления: плиты могут раздвигаться, сдвигаться с погружением одной плиты под другую или могут скользить одна относительно другой. Границы плит являются зонами максимальной сейсмической и вулканической активности. При раздвижении океанических литосферных плит образуются открытые трещины в земной коре, по которым происходит поднятие ее базальтовых магм на поверхность морского дна с выносом эндогенного тепла в океан.

Наибольшее количество узлов с выходами эндогенного тепла (рис.7а) оказалось в Тихом океане во всей полосе Тихоокеанского вулканического огненного кольца (рис.7б). Это районы с условиями рельефа океанического дна наиболее благоприятными для выхода мантийного тепла на поверхность.

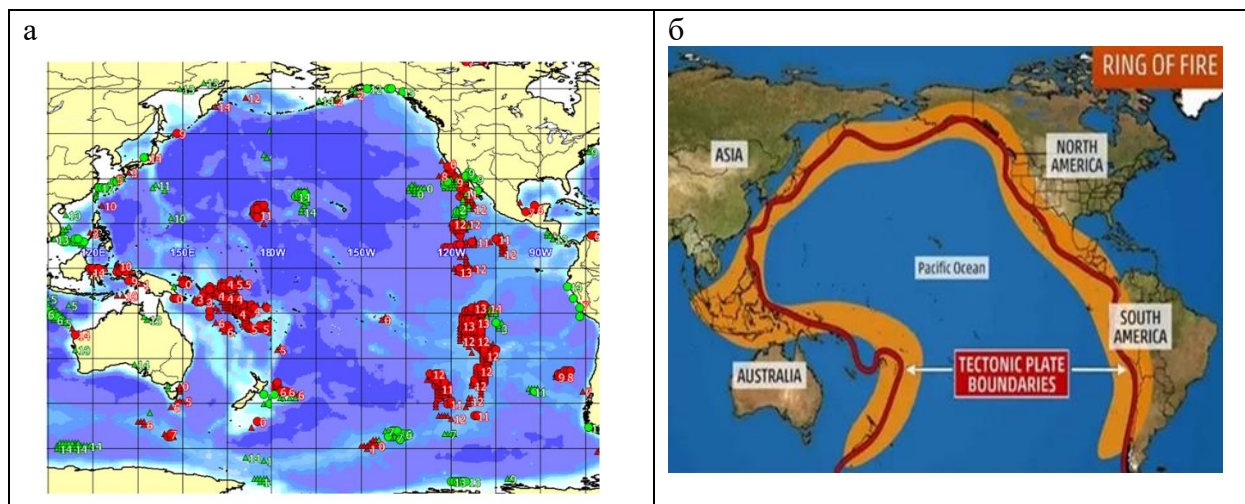


Рис. 7. А) Узлы тесных связей со значимыми ($P_{\text{сл}} < 5\%$) коэффициентами корреляции r между температурой воды на нижнем горизонте (ближайший ко дну горизонт) и индексом J. Тихий океан. Б) «Огненное кольцо» Тихого океана наиболее активной вулканической деятельности. *Обозначения:* кружки красные ($r > 0.65$), треугольники красные ($r > 0.60$), кружки зеленые ($r < -0.65$), треугольники зеленые ($r < -0.60$)

Наличие указанной зависимости подтверждает исходную гипотезу о заметном вкладе эндогенного тепла Земли в температуру воды у океанского дна. Тепло выходит циклически. Активизация выхода эндогенного тепла в океан регулируется небесной

механикой. Это означает, что *Солнце не единственный источник тепла в климатической системе. Эндогенное тепло циклически вносит свой вклад в изменения придонной температуры* [6].

Выводы:

1. Корреляционный анализ данных о параметрах климатической системы и внешних факторов показывает проявление многолетних циклических изменений энергии барицентрического вращения в изменениях скорости осевого вращения Земли, в изменениях температуры поверхности океана на основных океанических течениях и в изменениях придонной температуры воды в океанах на границах литосферных плит в районах активной вулканической деятельности.
2. Эндогенное тепло циклически вносит свой вклад в изменения придонной температуры. Солнце не единственный источник тепла в климатической системе.
3. Активизация выхода эндогенного тепла в океан управляется циклическими изменениями кинетической энергии и момента инерции барицентрического вращения Солнечной системы.
4. Климатическая система обладает свойствами колебательной системы. Многократные повторяющиеся даже очень слабые, но резонансные внешние воздействия могут раскачать колебательную систему климата на её собственных частотах до колебаний с заметной амплитудой.
5. Согласно теории колебательных систем, малая величина циклических внешних сил воздействия на колебательную систему не является препятствием для модуляции в ней резонансных колебаний на соизмеримых частотах. Теория взаимодействия колебательных систем снимает требование о необходимости энергетического соответствия космических вариаций и наблюдаемых колебаний климата.

Список литературы

1. Монин А.С. Введение в теорию климата. Гидрометеиздат. 1982, 243с.
2. Лоренц, Э.Н. Природа и теория общей циркуляции атмосферы. -Л.: Гидрометеиздат, 1970.-259 с.
3. Марчук, Г.И. Численное решение задач динамики атмосферы и океана. -Л.: Гидрометеиздат, 1974. -308 с.
4. Блехман И.И. Синхронизация динамических систем. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1971. 894с.
5. Монин А.С., Сонечкин Д.М. Колебания климата по данным наблюдений: тройной солнечный и другие циклы. Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН. М.: Наука, 2005. 191 с.
6. Шерстюков Б.Г. Колебательная система климата, резонансы, дальние связи, прогнозы. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2021, 222 с.
http://meteo.ru/wp-content/uploads/2024/03/sherstyukovb_-2021_print-m1.pdf
7. Шерстюков Б.Г., Шерстюков А.Б. Космос и тектоника Земли как регуляторы выхода эндогенного тепла в океан // Гидрометеорология и экология. 2024. № 75. С. 207—233. doi:10.33933/2713-3001-2023-75-207-233.

Сведения об авторах:

Шерстюков Борис Георгиевич, зав.лабораторией ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», д.г.н.
тел.8(484)39690, mail: boris_sher@mail.ru

Шерстюков Артем Борисович, старший науч. сотрудник ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», к.г.н