



ПОЧЕМУ ИЗМЕНЯЕТСЯ КЛИМАТ?

**Доктор географических наук Борис ШЕРСТЮКОВ,
Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеоро-
логической информации — Мировой центр данных Росгидромета.**

Потепление климата, начавшееся в последней четверти XX века, и возрастающее количество экстремальных погодно-климатических явлений стали заметно влиять на жизнедеятельность человека, безопасность его проживания. Периоды потепления были и раньше, например в 1930—1940-х годах, но со временем по-

тепления сменялись похолоданиями и климат возвращался к привычному. Отличие потепления последней четверти XX века от более ранних — беспрецедентная скорость повышения глобальной температуры.

Первые предположения о связи изменения климата с хозяйственной деятельностью человека высказывались ещё в XIX



● ГИПОТЕЗЫ, ПРЕДПОЛОЖЕНИЯ, ФАКТЫ

Глобальное потепление ярко проявляется в высоких широтах: в Северном Ледовитом океане значительно сократилась площадь ледового покрытия — лёд или полностью отступает, или теряет сплошность.

ния климата, то в других — как причина его переувлажнения. Михаил Александрович Боголепов — русский и советский географ — приводит высказывание Эдуарда Брюкнера, немецкого географа и климатолога (Eduard Brückner, 1862—1927): «Какая-то психологическая загадка является перед нами, когда сильнейшие представители науки шаг за шагом утверждают изменения климата (в историческое время) в одной и той же стране, но друг друга исключают; и не менее важной психологической загадкой является то обстоятельство, что при самых разнообразных и часто противоречащих изменениях лес оказывается козлом отпущения, который должен брать каждый раз всю вину на себя»¹.

Пришли другие времена, и теперь не вырубки леса, а его сжигание и сжигание любого другого топлива — угля, газа, нефтепродуктов — рассматриваются как причина изменений современного климата. Почему?

Солнце — источник тепла на Земле. Воздух беспрепятственно пропускает видимое солнечное излучение к поверхности Земли, которое нагревает её. Температура воздуха при этом не изменяется, но затем тепло от поверхности Земли уже в виде более длинноволнового теплового (инфракрасного) излучения уходит в атмосферу. Однако не всё инфракрасное излучение может беспрепятственно пройти через атмосферу и уйти в космос. Водяной пар, углекислый газ и некоторые другие газы обладают свойством поглощения тепловых лучей. Уходящие тепловые лучи, частично поглощаясь в воздухе, повышают его температуру — это парниковый эффект накопления тепла. От концентрации CO_2 в атмосфере зависит её способность поглощать уходящее тепло. Чем больше CO_2 в атмосфере, тем сильнее парниковый эффект, который теоретически должен задерживать уходящее тепло и повышать температуру воздуха. Но достаточно ли этого дополнительного тепла для заметного изменения климата? →

веке. Тогда это вмешательство усматривали в изменении человеком растительности: именно в том столетии были вырублены огромные лесные территории. Одни исследователи утверждали, что из-за вырубки лесов климат Европы стал суше, а другие, основываясь на данных, полученных на территории Америки, Индии и некоторых других стран, приходили к совершенно другим выводам. То есть если в одних работах истребление леса рассматривалось как причина иссуше-

¹ Боголепов М. А. Периодические возмущения климата. // Периодические процессы и биосфера. Т. 5, 2006, № 1. С. 32—68.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ИХ ДОСТОВЕРНОСТЬ

Атмосфера — лишь часть климатической системы, в которую также входят взаимодействующие между собой океан, суша, снег, лёд. Малая теплоёмкость атмосферы по сравнению с другими составляющими климатической системы не позволяет заметно измениться температуре воздуха раньше, чем нагреется океан. Для проверки гипотезы о влиянии человека на климат потребовалось создать физико-математическую модель взаимодействий климатической системы и попытаться воспроизвести наблюдаемые изменения климата XX века. Такие модели создали во многих ведущих климатических центрах мира. Сначала попытались воспроизвести климат XX века без привлечения космических факторов и антропогенных парниковых газов (углекислого газа, метана и др.), предполагая, что климатическая система замкнутая, без внешнего влияния, а все отклонения от нормального состояния климата определяются исключительно её внутренними особенностями

и взаимодействиями. Добавили в модели только влияние выбросов пепла вулканами при их извержениях: вулканический пепел в атмосфере задерживает проходящее солнечное излучение и способствует временному понижению температуры воздуха в нижнем слое атмосферы.

Насколько такие модели оказались жизнеспособными, можно понять из графиков изменения глобальной температуры по данным наблюдений и вычисленных модельных оценок той же температуры по годам (рис. 1). Модельные оценки глобальной температуры на Земле получены осреднением для каждого года значений, вычисленных по ансамблю из пяти лучших моделей проекта климата (CMIP5 — Coupled Model Intercomparison Project — Phase 5, международный проект сравнения моделей — фаза 5). На рисунке видно, что, по данным наблюдений, температура во второй половине XX века повышалась, а вычисленные по моделям значения температуры не возрастают. То есть одними природными процессами внутри замкнутой

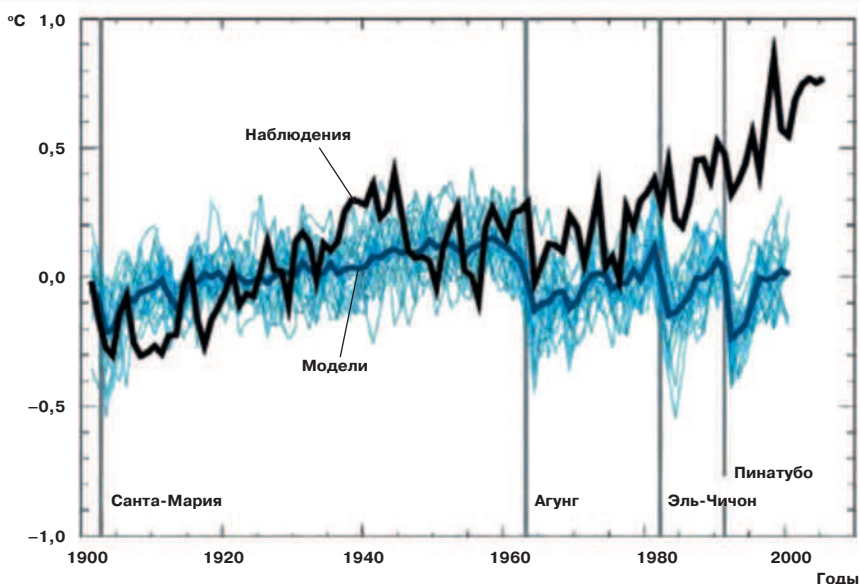


Рис. 1. Изменение по годам глобальной температуры по данным наблюдений и модельные оценки изменения температуры по данным пяти моделей из проекта CMIP5 в предположении отсутствия влияния на атмосферу антропогенных парниковых газов. Вертикальными линиями помечены годы сильных извержений вулканов Санта-Мария, Агунг, Эль-Чичон и Пинатубо.

Рисунок из статьи: Hegerl, G.C., F. W. Zwiers, P. et al. 2007: Understanding and Attributing Climate Change. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

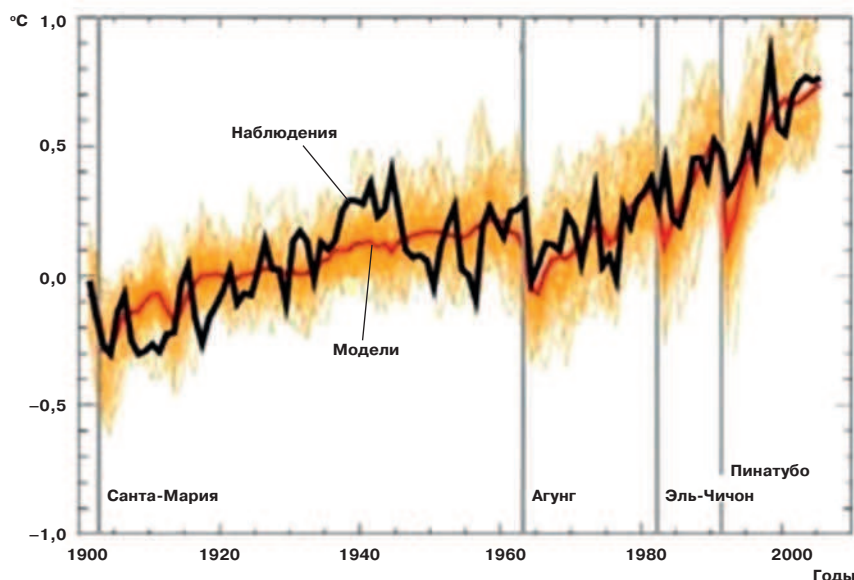


Рис. 2. Изменение по годам глобальной температуры по данным наблюдений и модельные оценки изменения температуры после эмпирической настройки с учётом предполагаемого влияния антропогенного парникового эффекта. Для модельных оценок использовался ансамбль из 14 лучших моделей климата проекта СМIP5. Вертикальными линиями помечены годы сильных извержений вулканов Санта-Мария, Агунг, Эль-Чичон и Пинатубо. Рисунок из статьи: Hegerl, G.C., F. W. Zwiers, P. et al. 2007: Understanding and Attributing Climate Change. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

климатической системы не удаётся описать наблюдаемое в последней четверти XX века потепление климата.

Внешние по отношению к климатической системе факторы — это и космические воздействия, и парниковый эффект от выбросов углекислого газа человеком. Однако в дальнейшем задача учёта всех возможных внешних факторов влияния на климат многими исследователями была сужена до проверки антропогенной гипотезы, то есть причины глобального потепления в конце XX века априори связали только с деятельностью человека. Другие внешние факторы сочли несущественными.

Антропогенная гипотеза основывается на том, что потепление в конце XX века совпало с ускорением развития промышленности, активного роста объёмов сжигаемого топлива и с увеличением выбросов углекислого газа в атмосферу. Но достаточно ли было тепла от антропогенного CO_2 для того, чтобы в конце XX века изменить глобальную температуру? На этот вопрос модели ответить не могли, поэтому их пришлось настраивать экспериментально путём подбора настро-

ечных коэффициентов так, чтобы приблизить модельные изменения глобального климата в XX веке к фактическим данным наблюдений. По этому пути пошли авторы всех моделей климата.

Модели климата содержат более ста настроечных коэффициентов, поэтому вариантов настройки очень много, а физически правильный вариант только один и он неизвестен.

Введение в модели парникового эффекта, вызванного антропогенным углекислым газом, и количественная настройка каждой модели по данным наблюдений позволила эмпирически добиться сходства изменений модельного глобального климата с реальными изменениями по данным наблюдений в XX веке (рис. 2).

Научных обоснований для подобранных коэффициентов нет. Авторы моделей признают, что подбор коэффициентов — это не наука, а искусство. Не исключено, что при такой настройке ошибки в одних блоках модели нейтрализуются ошибками в других блоках, а вместе модель построена физически неправильно. →

Если модель физически правильно построена и все экспериментальные коэффициенты настройки подобраны верно, то она должна описывать не только многолетнее изменение средней глобальной температуры, но и особенности изменений температуры в разных регионах Земли. Однако ошибки оценок региональной температуры по ансамблю из 16 лучших климатических

моделей оказались в интервале $\pm 4^{\circ}\text{C}$ севернее 40° с. ш. в Северном полушарии и южнее 70° ю. ш. в Южном полушарии, а также около $\pm 2^{\circ}\text{C}$ в средних и приэкваториальных широтах. Эти оценки приведены на картах ошибок (рис. 3). Тем не менее авторы этих 16 моделей сочли возможным сделать вывод о пригодности этих моделей для доказательства антропогенной природы

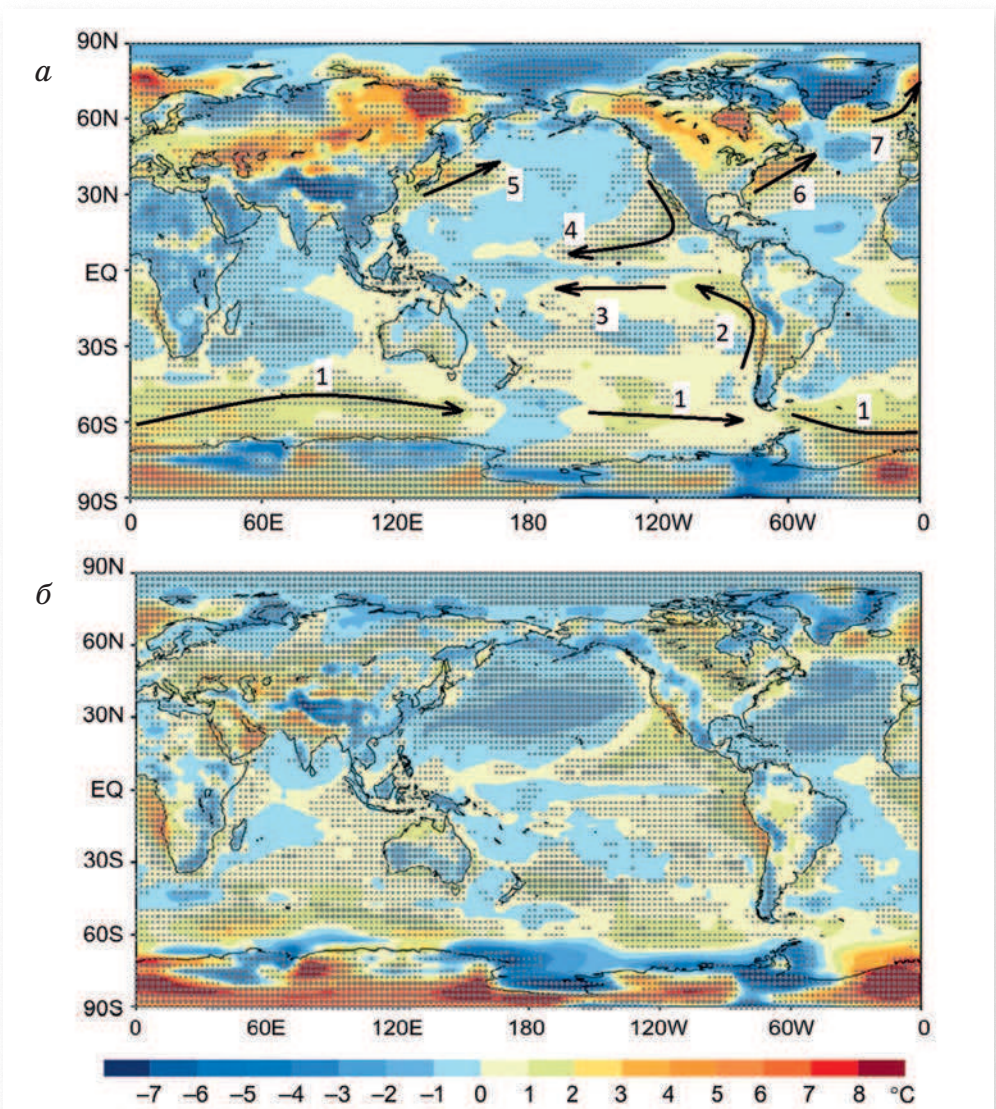


Рис. 3. Ошибки средней температуры за 1980—1999 годы в узлах географической сетки по ансамблю из 16 лучших моделей СМIP5: а — зима; б — лето. Траектории океанических течений: 1 — Антарктическое циркумполярное; 2 — Перуанское; 3 — Южно-Пассатное; 4 — Калифорнийское и Северо-Пассатное; 5 — Кюросио; 6 — Гольфстрим; 7 — Норвежское. Цветовая шкала внизу отвечает величине ошибок (в градусах).

Рисунок из статьи: Мелешко В. П., Говоркова В. А. Успешность расчёта современного регионального климата с помощью ансамбля моделей СМIP3 и СМIP5. Труды Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова. вып. 568, С.-Петербург, 2013, с. 26—50.

современного потепления климата на десятки доли градуса.

Наибольшие ошибки в описании температуры, которые дают модели для Мирового океана, оказались в районах вдоль траекторий основных океанических течений: Антарктического (вокруг Антарктиды), Перуанского (вдоль побережья Перу), Северного и Южного пассатных течений в приэкваториальной части Тихого океана, Калифорнийского (у побережья Калифорнии) и Северо-Атлантического в Атлантике. Это заметно на рис. 3 при сравнении цветных полей ошибок с траекториями течений.

Наилучшая проверка надёжности существующих моделей — сравнение прогнозов климата, составленных ранее, с фактическими данными современных наблюдений. Сравним прогнозы климата ведущего климатического центра мира — The Meteorological Office (сокращённо Met Office — Метеорологическое бюро Великобритании), опубликованных ранее, с современными данными наблюдений. (В Великобритании прогноз климата делают по своей собственной модели, которая признана одной из лучших в мире.) В 2003 году предполагалось, что дальнейшее потепление будет усиливаться возрастающими темпами по экспоненте, но этого не случилось, обнаружилась пауза в потеплении климата, хотя накопление CO_2 в атмосфере продолжалось. При составлении нового прогноза в 2011 году учли ошибку модели, скорректировали начальные условия и опять спрогнозировали интенсивный рост температуры на несколько ближайших лет. Но уже в 2012 году предположили, что пауза в потеплении может затянуться, поэтому в новом прогнозе от декабря 2012 года прогностическую температуру понизили. В прогнозе 2016 года от стабилизации отказались и опять спрогнозировали интенсивное потепление до 2020 года (рис. 4). Необходимость частой подстройки вызывает ещё большее недоверие к прогностическим моделям, по которым делается судьбоносный вывод о доминирующей роли человека в современном глобальном потеплении климата.

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА В 1800—2019 ГОДЫ И КОЛИЧЕСТВО АНТРОПОГЕННЫХ ВЫБРОСОВ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

Охват всех регионов Земли инструментальными метеорологическими наблюдени-

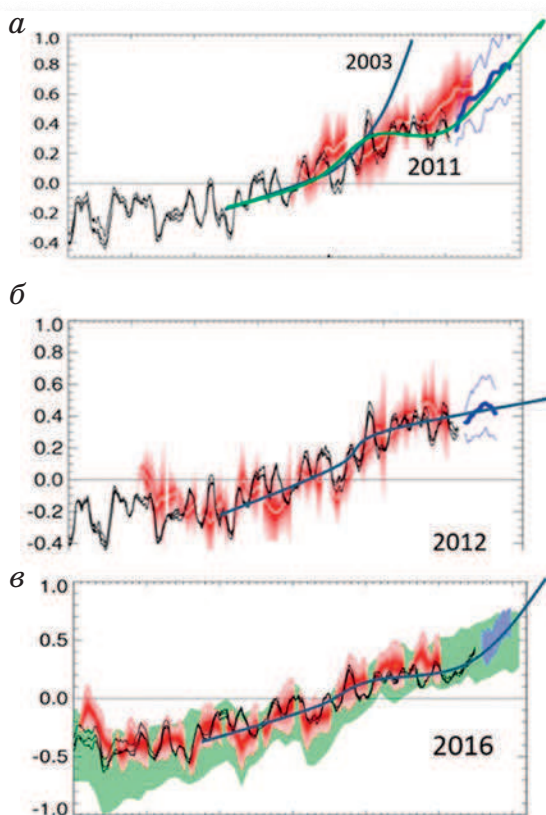


Рис. 4. Наблюдаемая (чёрный цвет) и прогнозируемая (синий цвет) глобальная среднегодовая аномалия температуры относительно нормы за 1850—1900 годы. Красным цветом показаны предыдущие прогнозы по 22 моделям проекта CMIP5. В прогнозе 2016 года зелёным цветом показан интервал, в котором находятся 90% всех прогнозных значений температуры: а) прогноз составлен в декабре 2003-го и в декабре 2011 года; б) прогноз от декабря 2012 года; в) прогноз от декабря 2016 года.

Рисунок с изменениями из источника: www.metoffice.gov.uk/ "Weather and climate change - Met Office/OGL-UK-3.0. Сглаженные кривые построены автором.

ями начинается с середины XX века. В более ранние годы наблюдения не проводились в удалённых незаселённых регионах планеты, поэтому надёжные данные о средней глобальной температуре существуют примерно с 1950 года. Модели климата настраивались на коротких рядах, в этом отчасти их недостаток. Но по некоторым метеорологическим станциям наблюдения имеют двухвековую историю. Ряды длительных наблюдений по отдельным станциям позволяют анализировать особенности климата в эпоху до начала интенсивных выбросов CO_2

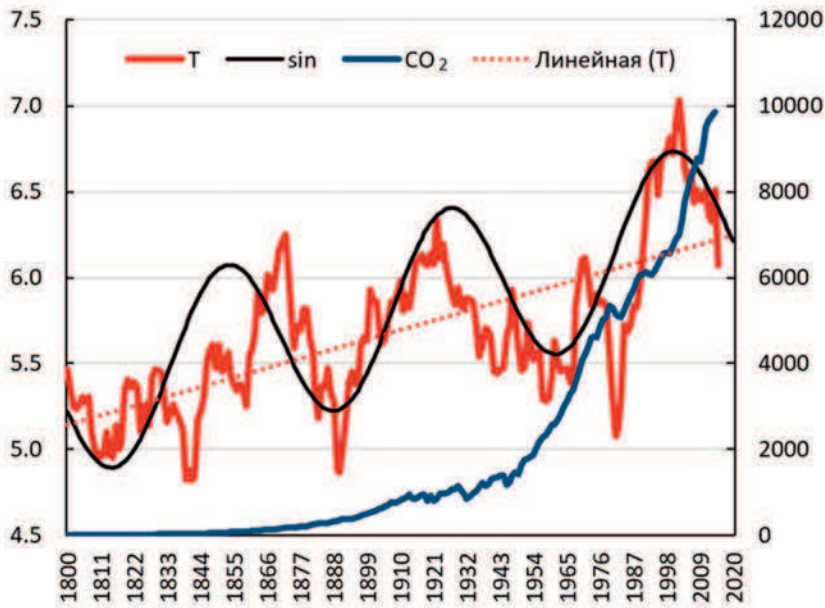


Рис. 5. Зимняя температура (красная линия) в центральной Англии (по данным Met Office/OGI-UK-3.0 — <https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcet/cetm11659on.dat>) и количество углекислого газа (синяя линия), поступившего в атмосферу в результате сжигания топлива по годам (по данным Met Office — https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/ftp/ndp030/global.1751_2014.ems). Синусоида с периодом 73 года (чёрная линия) дана для сравнения с графиком колебаний температуры с таким же периодом и таким же трендом. Пунктирная линия показывает линейный тренд температуры.

в атмосферу и сравнивать их с особенностями изменений климата во второй половине XX века. Такое сравнение — дополнительная проверка правомерности антропогенной гипотезы.

В изменениях температуры на рис. 5 виден линейный тренд медленного потепления на всём интервале от 1800 года до настоящего времени. На него накладываются колебания температуры с периодом 73 года. (Подобные колебания обнаружены во многих районах Земли с периодами примерно от 60 до 80 лет, их природа неизвестна.) Рисунок показывает, что медленное потепление началось на полтора столетия раньше, чем появились антропогенные выбросы CO₂ в атмосферу, и, следовательно, эта двухвековая тенденция потепления не может быть результатом усиления парникового эффекта от интенсивного сжигания топлива человеком в конце XX века.

Волны потепления-похолодания с периодом 73 года повторялись три раза за последние 220 лет. На рис. 5 видно, что каждая новая волна тепла поднималась на

более высокий уровень, следуя более чем вековой тенденции потепления. Последняя, третья волна потепления в Центральной Англии началась в 1970-х годах. Наблюдения с 1800 года не оставляют сомнений в том, что третья волна — это следствие единого колебательного процесса, который обеспечил появление первой волны в начале XIX века, затем второй волны, произошедшей в конце XIX века, и этой последней волны. Но только третьей волне потепления некоторые климатологи приписали антропогенное происхождение. Волны тепла в XIX и в на-

² Climate Change (2013). The Physical Science Basis. Working Group I. Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Edited by Thomas F. Stocker, Dahe Qin et al. Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, Sro Paolo, Delhi, Mexico City. 1535 p.

³ Шерстюков Б. Г. Колебательная система климата, резонансы, дальние связи, прогнозы. — Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2021. 222 с. В электронном виде монография на сайте института: www.meteo.ru (Публикации/Монографии сотрудников).

чале XX веков в антропогенную гипотезу не вписываются, поэтому их отнесли к так называемой естественной (случайной) изменчивости.

Межправительственная группа экспертов по климату в каждом своём докладе на основе обзора модельных оценок делает вывод о доминирующей роли антропогенного парникового эффекта в современном глобальном потеплении². Но с каждым годом всё больше климатологов склоняется к объяснению причин потепления природными факторами.

Неслучайно в программе фундаментальных исследований президиума РАН «Изменение климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования» на 2018—2020 годы ставились задачи уточнения роли антропогенного фактора в наблюдаемом изменении климата, углублённого изучения механизмов колебания климата, более детального учёта его внутренней изменчивости. Неопределённость причин изменения климата сохраняется, исследования продолжаются.

Предположения о влиянии космических факторов на изменение климата обычно не принимаются во внимание по причине недостаточной энергии их воздействия на Землю. Вопрос о достаточности или недостаточности всегда решается на основе предполагаемых механизмов влияния космоса на климатическую систему. Но проблема в том, что эти механизмы пока не совсем понятны или непонятны совсем. Поэтому поспешные выводы о невозможности космических влияний на климат нуждаются в тщательной проверке с привлечением более широких знаний об околоземном космосе и о всей Солнечной системе.

ВОЗДЕЙСТВИЕ КОСМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА КЛИМАТ

В лаборатории исследования последствий изменений климата Всероссийского НИИ гидрометеорологической информации — Мирового центра данных Росгидромета (г. Обнинск) мы предложили новый подход к изучению механизмов влияния космоса на климатическую систему. Основу этого подхода составляют следующие положения: 1) слабые космические воздействия на климатическую систему передаются по законам взаимодействия колебательных систем; 2) изменения в Мировом океане —

первое звено в восприятии космических воздействий с последующей передачей возмущений во все другие составляющие климатической системы (атмосфера, суша, снег и лёд); 3) проявление повторяющихся космических воздействий в параметрах климатической системы возникает с многолетней задержкой, связанной с тепловой и динамической инерционностью океана и всей климатической системы³.

Главная особенность космических воздействий на Землю — их цикличность, существующая столько лет, сколько существует наша планета. Климатическая система Земли обладает собственными частотами колебаний, обусловленными свойствами её составляющих, физико-географическими условиями каждого региона на Земле. Возникло предположение о том, что повторяющиеся космические воздействия могут влиять на состояние климата на основе резонансов циклов космических воздействий с колебаниями в климатической системе на собственных частотах.

Барицентрическое вращение Солнечной системы

В Солнце сосредоточено более 99% всей массы Солнечной системы, но на него приходится менее 2% момента количества движения, остальные 98% принадлежат планетам. Поэтому в поисках истоков повторяющихся внешних воздействий на климатическую систему Земли в нашей лаборатории уделено особое внимание движениям планет. Общеизвестно, что воздействия эти слабые по сравнению с энергией внутренних процессов на Земле. Но если учесть, что климатическая система представляет собой колебательную систему, то всё меняется. Воздействие на неё возможно на основе резонансов. Резонансный механизм работает на слабых взаимодействиях двух колебательных систем на равных, близких или соизмеримых частотах. Соизмеримыми называют такие частоты, которые соотносятся между собой как 1:2, 1:3, 2:3, 3:2 и т. д. Не существует нижнего предела величины воздействия, способного раскачать колебательную систему на резонансной собственной частоте. Даже слабые повторяющиеся воздействия могут оказаться эффективными. В резонансном механизме космических влияний на климат порог необходимых энергетических соотно-

Квазипериодические силы — силы, величины которых повторяются через не совсем равные промежутки времени.

Гелиоцентрическая долгота — угол положения Земли на плоскости её орбиты, отсчитываемый от некоторого начального заданного фиксированного направления.

Индекс *aa* — планетарный индекс напряжённости магнитного поля Земли, получаемый на основании усреднённых данных со станций наблюдений, расположенных по всему миру.

Кольцевые электрические индукционные токи — это токи, возникающие в океане при возмущениях магнитного поля Земли во время магнитных бурь так же, как индукционные токи возникают в любом кольцевом проводнике при изменении магнитного поля внутри него.

шений воздействия и конечного результата полностью снимается. Роль резонанса можно понять на примере маятника — груза, подвешенного на нити.

Собственная частота маятника определяется только длиной его нити. Его невозможно раскачать на другой частоте, независимо от силы воздействия. Слабыми повторяющимися толчками можно очень сильно раскачать маятник, если частота подталкиваний маятника совпадёт с собственной его частотой. Аналогично космические повторяющиеся воздействия могут раскачивать параметры климатической системы на её собственных частотах.

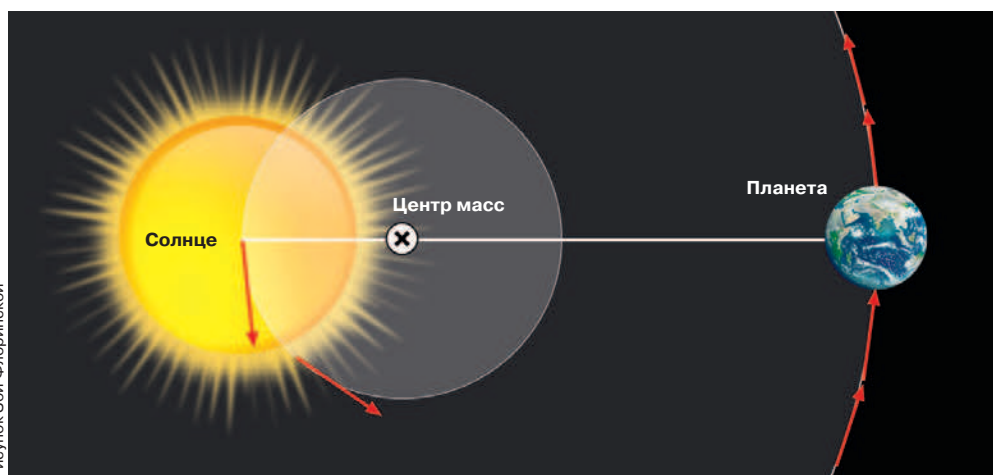
Колебательная система климата — многочастотная система, обладающая разными собственными частотами разных её составляющих (океан, атмосфера) в разных регионах Земли. Это означает, что космические повторяющиеся воздействия разных частот (гравитационные взаимодействия вращающихся планет, циклическая солнечная активность, магнитные бури и т. д.) могут находить отклик в разных районах Земли — там, где сложатся благоприятные условия для резонансов частот космического воздействия и собственных частот параметров климатической системы. В каждом регионе Земли собственные частоты и периоды колебаний, например температуры, определяются длинами волн атмосферной циркуляции, свойственных данной географической широте в пределах местного рельефа, и в зависимости от рас-

стояния до океана, а также особенностями циркуляции самого океана в зоне его влияния и т. д. Поэтому крайне важно сначала найти район восприимчивости того или иного космического воздействия, а затем проследить распространение по планете результата этого воздействия.

Как уже сказано выше, согласно нашей концепции, Мировой океан — первое звено в передаче космических воздействий на климатическую систему, вызывающих изменения (колебания) климатических параметров атмосферы. В концепции впервые учитывается многолетняя инерционность климатической системы, определяющая скорость передачи первичных возмущений из одних районов океана в другие и от океана в атмосферу.

Одной из предполагаемых внешних сил, воздействующих на климат Земли, может быть сила, возникающая при вращении Солнца и планет вокруг их общего центра масс (барицентрическом вращении). Этот центр не совпадает с центром Солнца (то есть не совсем верно говорить, что планеты вращаются вокруг Солнца), он может выходить за его пределы на расстояние более двух радиусов Солнца от его центра (рис. 6).

Солнце совершает квазикруговое движение в космическом пространстве по траектории, похожей на кардиоиду⁴. Движение его неравномерное. Основную роль в отклонении центра Солнца от центра масс играют планеты-гиганты (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун). Земля — малая планета, она следует за Солнцем. Вся орбита Земли, как единое целое, также перемещается в космосе по кардиоиде. В системе координат с Солнцем в центре (гелиоцентрическая система) не учитываются квазипериодические силы, возникающие на Земле при барицентрическом вращении Солнечной системы. Чтобы представить, о каких силах идёт речь, можно вспомнить гимнастку, которая вращает вокруг своей талии хулахуп (обруч). Стоя на месте, гимнастка запускает руками вращение обруча вокруг талии, но для того чтобы поддерживать вращение обруча, она начинает совершать вращательные движения своим телом так, чтобы подталкивать его вращение на каждом обороте с частотой, характерной для этого размера обруча. Так же как у маятника, частота вращения обруча зависит только от его размеров. Нельзя заставить его вращаться



быстрее или медленнее, чем с собственной частотой.

Аналогично Земля, вовлечённая Солнцем в барицентрическое неравномерное вращение, совершает квазикруговые движения в космическом пространстве с переменной скоростью, и всё, что на ней (океан, атмосфера) и внутри неё (магма), получает импульсы сил для движения в направлении вдоль широтных кругов. Скорость осевого вращения Земли при этом тоже должна изменяться. На каждом обороте Солнца вокруг барицентра импульсы будут раскачивать на Земле изменения скорости движения океанических и воздушных масс вдоль широт. Но наиболее благоприятные условия для раскачивания квазипериодических изменений в движении океанических и воздушных масс сложатся в тех районах Земли, где частоты сил воздействия совпадут с собственными частотами океана или атмосферы. Колебания в параметрах движения океанических и воздушных масс с другими частотами не получают резонансного усиления.

Подобно тому, как маятник можно раскачать только на его собственной частоте, в климатической системе можно раскачать колебания её параметров только на её собственных предпочтительных частотах. Слабость внешних сил каждого воздействия

Рис. 6. Схема вращения Солнца и планеты вокруг их общего центра масс.

компенсируется длительным временем резонансной раскачки. Резонансное согласование усиливает колебания каждого компонента климатической системы на избранных его собственных частотах. В разных регионах Мирового океана собственные частоты несколько отличаются.

Степень изменения неучтённых сил при барицентрическом движении Солнца можно оценить по изменению суммарного момента инерции орбитального вращения планет-гигантов. Изменение суммарного момента инерции орбитального вращения планет-гигантов соответствует изменению положения центра масс Солнечной системы.

Момент инерции J орбитального вращения планет i массой m_i , находящихся на расстоянии r_i от оси вращения, вычислялся по формуле:

$$J = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2,$$

где m — масса планеты; r — векторное расстояние от барицентра до планеты с учётом её гелиоцентрической долготы, характеризующей в каждый момент направление вектора момента инерции, i — индекс планеты, по которому идёт суммирование, n — число планет. Координаты орбитального движения Земли заведомо вычисляются.

На рис. 7 приведены вычисленные по годам значения суммарного момента инерции вращения планет-гигантов (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун) относительно центра

⁴ Кардиоида (греч. καρδιά — сердце, греч. εἶδος — вид) — траектория, которую описывает фиксированная точка окружности, катящейся по неподвижной окружности с таким же радиусом. Своё название получила за схожесть с изображением сердца.

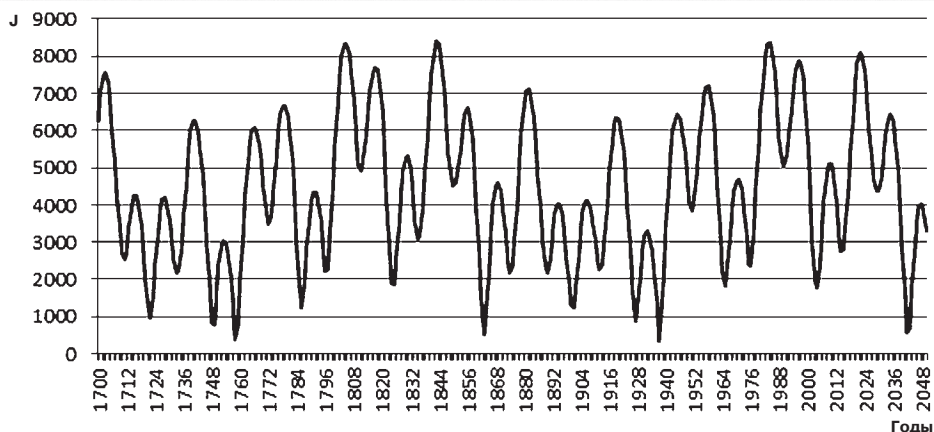


Рисунок Бориса Шерстюкова

Рис. 7. Суммарный момент инерции вращения планет-гигантов относительно центра масс Солнечной системы в условных единицах. Для того чтобы не работать с огромными величинами, расстояния от Солнца до планет были выражены в астрономических единицах (астрономическая единица — это расстояние от Солнца до Земли в метрах), а массы планет — в долях массы Земли (масса Земли — в килограммах). Поэтому момент инерции (J) выражен во внесистемных условных единицах. Для корреляционных исследований это приемлемо. Данные о координатах планет получены из Института прикладной астрономии.

масс Солнечной системы. Видны повторяющиеся циклы момента вращения длительностью около 12—13 и 37—39 лет.

В колебаниях климата известны межгодовые колебания с периодами 2—5 лет, явления Эль-Ниньо с периодами от 3 до 8 лет, 35-летние колебания⁵, 60—80-летние, вековые и сверхвековые⁶. Периоды (частоты) этих колебаний соизмеримы с циклами (частотами) изменений момента инерции барицентрического вращения. В каждом регионе Земли разные физико-географические условия создают различия в собственных частотах колебаний параметров климатической системы, поэтому возникают региональные различия ответной реакции климата в разных районах. Там, где частоты внешних воздействий соизмеримы с собственными частотами, могут появиться резонансные колебания в климатической системе.

Так как масса гидросферы Земли почти в 300 раз больше массы атмосферы, то влияние неучтённых ранее сил должно

проявляться прежде всего в изменениях циркуляции океана.

По полученным значениям момента инерции и данным о среднегодовой температуре поверхности Мирового океана в узлах географической сетки $2^\circ \times 2^\circ$ широты и долготы за 1960—2019 годы были вычислены коэффициенты корреляции между моментом инерции планет-гигантов и температурой поверхности океана по годам для каждого узла. Предполагалось, что может быть запаздывание отклика температуры относительно изменений момента инерции. Коэффициент корреляции здесь является мерой зависимости изменения температуры от изменения момента инерции барицентрического вращения. В каждом узле из всех вычисленных коэффициентов корреляции выбирался наилучший (то есть максимальный по абсолютной величине) и фиксировалось время сдвига (запаздывания), для которого он был найден. Наилучшие коэффициенты корреляции оказались при сдвигах 32—37 лет (то есть изменения температуры отстают от изменений внешнего фактора на 32—37 лет) (рис. 8).

Почти всё пространство в Тихом океане от его западной до восточной границ южнее широт 45° — 50° ю. ш. до самой Антарктиды занимает область положительных корреляций.

⁵ Монин А. С. Введение в теорию климата. — Л.: Гидрометеоиздат, 1982. 243 с.

⁶ Логинов В. Ф. Космические факторы климатических изменений. — Минск: 2020. 168 с.

Здесь положительные корреляции покрывают область (фрагмент) самого мощного на Земле холодного Антарктического течения. Запаздывание изменений температуры поверхности океана относительно изменения момента инерции (J) в южной части Тихого океана составляет 32—35 лет. Поле положительных корреляций с запаздыванием в 35—36 лет распространяется в сторону умеренных южных широт и вдоль западного побережья Южной Америки и охватывает область холодного Перуанского течения, представляющего собой ответвление от Антарктического течения. Ещё ближе к экватору с запаздыванием в 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 вытянулось об-

ширное поле отрицательных корреляций от берегов Австралии на юго-восток до 240° в. д. Запаздывание изменений температуры поверхности океана относительно момента инерции 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.

→

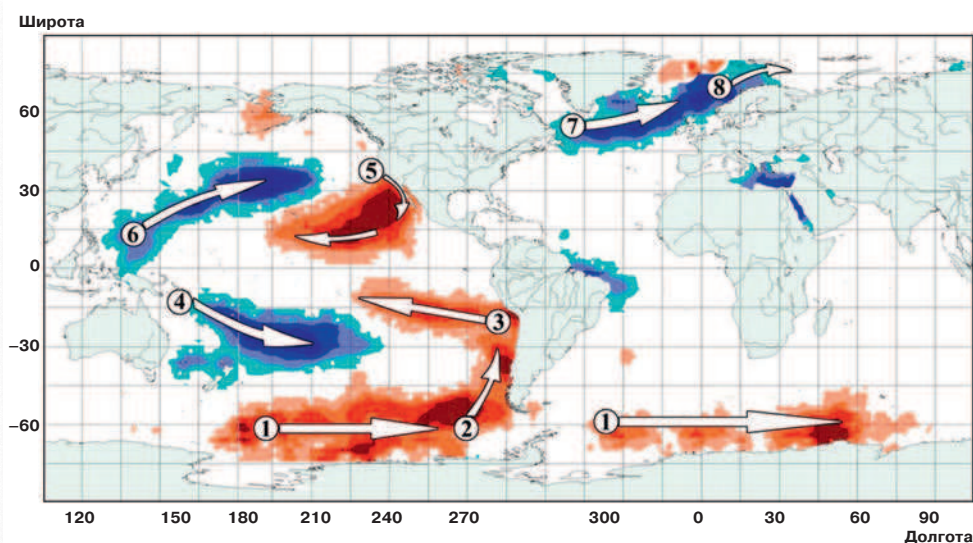


Рис. 8. Коэффициенты корреляции между моментом инерции и температурой поверхности океана, модули которых оказались максимальными, отвечают временным сдвигам 32—37 лет. На карте видны обширные поля положительных и отрицательных коэффициентов корреляций. Красные и оранжевые поля отвечают положительным коэффициентам (прямая связь), синие и голубые поля — отрицательным коэффициентам (обратная связь). Цветные поля на карте показывают районы тесной связи изменения температуры поверхности Мирового океана с переменными силами, возникающими при барицентрическом вращении Солнечной системы. На этой карте максимальный положительный коэффициент составил $R = 0,73$, а максимальный по модулю отрицательный коэффициент корреляции оказался $R = -0,71$. Стрелками с номерами показаны океанические течения: 1 — Антарктическое; 2 — Перуанское; 3 — Южно-Пассатное; 4 — Восточно-Австралийское; 5 — Калифорнийское и Северо-Пассатное; 6 — Кюросио и Северо-Тихоокеанское; 7 — Северо-Атлантическое; 8 — Норвежское.

В Атлантическом и Индийском океанах положительные корреляции между моментом инерции и температурой поверхности океана наблюдаются только в Южном полушарии и опять в области Антарктического течения с запаздыванием изменений температуры поверхности океана на 35 лет.

Отрицательные корреляции между моментом инерции и температурой поверхности океана в Атлантике наблюдаются в Северном полушарии в области Северо-Атлантического течения с запаздыванием 35 лет, и в области Норвежского течения — с запаздыванием 36—37 лет.

То есть 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. Изменения температуры поверхности океана приводят к колебаниям глобального климата.

В ходе наших исследований подтвердилась и связь скорости вращения Земли вокруг своей оси с моментом инерции барицентрического вращения Солнечной системы. Оказалось, что увеличению момента инерции барицентрического вращения соответствует увеличение скорости осевого вращения Земли с запаздыванием на 43 года. А изменение скорости вращения Земли неизбежно вызывает дополнительные изменения в океанических течениях и температуре поверхности океана в сопряжённых районах.

Геомагнитная и солнечная активность

Другим внешним фактором влияния на климат может быть солнечная и геомагнитная активность. Под солнечной активностью понимается комплекс явлений, происходящих в недрах Солнца и на его поверхности, а также модулированные Солнцем явления в межпланетном пространстве, в магнитосфере и в других оболочках Земли. Из активных областей Солнца выбрасываются заряженные частицы, которые в случае попадания в магнитную оболочку Земли (магнитосферу) вызывают магнитные бури. Траектории потоков заряженных частиц не всегда пересекаются с Землёй, и поэтому не каждый поток частиц попадает на Землю.

Появление геомагнитных возмущений — гарантия того, что энергия корпускулярных потоков из Солнца достигла Земли. Геомагнитная активность оценивается планетарным индексом *aa*. По значениям этого индекса можно судить о силе появляющихся магнитных бурь.

По вычисленным коэффициентам корреляции между рядами индекса *aa* и температурой поверхности океана в каждом узле сетки Мирового океана при разных временных сдвигах мы определили время запаздывания изменений температуры поверхности океана в ответ на воздействие магнитных бурь и наилучшее (максимальное по абсолютной величине) значение коэффициента корреляции в каждом географическом узле. Затем была построена карта наилучших корреляций. Оказалось, что максимальные по модулю значимые корреляции обнаруживаются при сдвигах от 20 до 44 лет. А все обширные поля наилучших корреляций вновь оказались расположены вдоль траекторий основных океанических течений. В Северном полушарии преобладают отрицательные корреляции на тёплых течениях: в Атлантическом океане — в районе Гольфстрима, Северо-Атлантического течения, Норвежского течения; в Тихом океане — вдоль Куроисио, Северо-Тихоокеанского течения. В Южном полушарии значимые положительные корреляции обнаруживаются в районе холодных течений, главное и самое мощное из которых — Антарктическое течение, проходящее по южным районам Тихого, Атлантического и Индийского океанов.

Высокие корреляции — доказательство не случайной связи изменений температуры поверхности океана с изменениями геомагнитного индекса *aa*. Механизм этой связи можно представить на основе явления электромагнитной индукции.

Земля — это большой магнит, при изменении её магнитного поля в моменты магнитных бурь возникают индукционные токи во всех проводящих средах планеты — в магнитосфере, ионосфере, в океане.

Долгое время предполагалось, что энергия солнечных заряженных частиц, приходящая к Земле, не может повлиять на состояние нижней атмосферы, так как все частицы поглощаются высоко за пределами атмосферы. При этом не учитывалось, что

возникающие возмущения магнитного поля Земли беспрепятственно передают свою энергию электрическим токам в океане. Предстоит ещё изучить, в какой мере эти токи влияют на нагрев океана и на отклонение течений от их обычных траекторий, однако связь изменений температуры поверхности океана с возмущениями магнитного поля Земли установлена.

Что касается влияния на климат солнечной активности, то в поиске связей между числами Вольфа (показатель солнечной активности) и температурой поверхности океана мы обнаружили особые районы на Земле, в которых выявили изменения температуры поверхности океана при изменениях солнечной активности с запаздыванием на 28—37 лет. Связи оказались наиболее тесными в приполярных районах Южного полушария.

ВНУТРЕННЕЕ ТЕПЛО ЗЕМЛИ

Силы барицентрического вращения Солнечной системы и изменения скорости вращения Земли затрагивают внутренние её слои. Выход внутреннего тепла наружу в результате вулканической деятельности тоже может оказывать влияние на климат.

Наша планета на две трети покрыта океанами, поэтому большая часть вулканов скрыта под водой, но их тепло может влиять на глубинные океанические течения, которые являются частью глобальной океанической циркуляции и в которую входят и поверхностные течения.

⁷ Хизен Б., Фокс П. Д. Срединно-океанический хребет. В кн.: «Океанографическая энциклопедия». — Л.: Гидрометеиздат, 1974. С. 495—505.

⁸ Деменицкая Р. М. Кора и мантия Земли. — М.: Недра, 1975. 255 с.

⁹ Осика Д. Г., Алишаев М. Г., Пономарёва Н. А., Отинова А. Ю. О роли сейсмичности и вулканизма в парадоксах современного климата. // Вестник Дагестанского научного центра. 2011. № 43. С. 27—32.

¹⁰ Смольков Г. Я., Базаржапов А. Д., Петрухин В. Ф., Щепкина В. А. Геофизические последствия гравитационного воздействия на Землю. // Солнечно-земная физика. Вып. 23 (2013). С. 129—135.

¹¹ Баркин Ю. В. Объяснение эндогенной активности планет и спутников и её цикличности. // Известия РАЕН. Секция наук о Земле. 2002. № 9. С. 45—97. Баркин Ю. В., Клите Р. К. Гравитационные воздействия гелиокосмических факторов на эндогенную активность Земли. // Современные глобальные изменения природной среды. Т. 3: Факторы глобальных изменений. — М.: Научный мир, 2012. С. 46—61.

Американские геологи Брюс Хизен и Пол Фокс⁷ в своих работах показали, что широкая средняя часть срединно-океанических хребтов характеризуется тепловым потоком из Земли в океан со значениями выше среднего и что имеются узкие зоны очень высоких значений теплового потока. Советский геолог, профессор Раиса Михайловна Деменицкая⁸ обнаружила, что помимо экстремальных значений потоков, связанных с отдельными хребтами, имеется аномальная геотермическая зона громадной протяжённости вдоль западной окраины Тихого океана. Аналогично Дмитрий Григорьевич Осика из Института геологии Дагестанского научного центра РАН считает, что определяющие факторы наблюдаемых климатических аномалий, вплоть до стихийных бедствий, — это громадные выбросы тепла и парниковых газов в связи с усилением сейсмической активности, начавшиеся в последней четверти XX века⁹. Сотрудники Института солнечно-земной физики СО РАН под руководством Геннадия Яковлевича Смолькова при исследовании региональных среднегодовых температур с 1830 по 2010 годы пришли к выводу о том, что изменения глобальной температуры связаны с внутренней активностью Земли и внутренним энергетическим обменом¹⁰. Основной механизм эндогенной активности Земли, по мнению этих исследователей, — это дополнительные циклические взаимодействия оболочек нашей планеты, а также их вынужденная относительная раскачка из-за гравитационного воздействия больших планет. Смещения жидкого ядра, мантии и других оболочек Земли, их циклические изменения в соответствии с периодами космических воздействий порождают вариации магнитного поля планеты, внутреннего теплового потока и других физических полей с теми же самыми периодами. Более того, сотрудники Геологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова считают, что силы взаимодействия оболочек Земли значительны и могут служить в качестве основного энергетического источника всех геодинамических и геофизических процессов, таких, как изменение скорости вращения Земли вокруг оси, смещения оси вращения и магнитных полюсов, изменение вулканической активности и тепловых потоков из мантии¹¹.

Д. Г. Осика и его коллеги пришли к выводу, что сейсмичность плюс синхронные

выбросы парниковых газов эндогенного происхождения — главные виновники увеличения тепла в атмосфере. Причём геотермальные выбросы от сейсмичности на два-три порядка больше, чем от вулканических процессов. Кроме того, выбросы геотермальной энергии в связи с сейсмичностью происходят не одномоментно, как в случае с вулканизмом, а длительно — в течение двух-трёх лет. Эти потоки аномального тепла постепенно распространяются на другие регионы, приводя к росту среднегодовых температур по всей планете. Тепло из недр, связанное с сейсмичностью, выносится парами воды, газами, термальными водами, распространяющимися по трещинам и мелким нарушениям осадочного чехла. Этим обуславливается высокая скорость и значительные площади распространения геотермальных и климатических аномалий.

При повышении сейсмичности из недр Земли выделяется дополнительное тепло в океан или в атмосферу, которое не связано с солнечной радиацией. Выходящие попутно из недр водяной пар и другие парниковые газы способствуют усилению природного парникового эффекта и дополнительному удержанию тепла в нижней атмосфере. Количественные оценки показали, что этого дополнительного тепла достаточно для усиления потепления климата.



Результаты исследования климата, по данным наблюдений и с помощью математических моделей, позволяют утверждать, что особенности и причины современного глобального потепления нельзя объяснить только внутренними процессами в климатической системе. Следовательно, потепление вызвано внешними причинами, к которым относятся как воздействие человека на климат, так и разного рода космические влияния. Главный вопрос заключается в количественном соотношении тех или иных внешних факторов современного потепления. Доказательства доминирования антропогенного фактора в изменении климата строятся на основе математического моделирования. Но существующие модели не годятся для такого доказательства, так как все они — эмпирические, в которые

антропогенная гипотеза была заложена изначально в процессе настройки.

В пользу природных внешних факторов глобального потепления говорит тот факт, что изменения климата, которые называют следствием интенсивного сжигания углеводородов во второй половине XX века, начались на много десятилетий раньше.

Физические механизмы космических воздействий на климат ещё недостаточно изучены и поэтому в математических моделях не использовались. Но закономерности многолетних колебаний климата и их статистические связи с повторяющимися космическими воздействиями разной природы позволяют по-новому подойти к изучению причины современного глобального потепления и многолетних колебаний климата, известных на протяжении всей истории наблюдений.

Космическое воздействие на климат необходимо изучать комплексно по многим параметрам и с учётом резонансной структуры Солнечной системы. Сначала требуется анализ данных наблюдений и выявление особенностей и закономерностей, а затем построение моделей для проверки предполагаемых физических механизмов.

Природные колебания климата всегда были и будут, их нельзя предотвратить, поэтому к ним необходимо заблаговременно подготовиться и адаптироваться.

«Наука и жизнь» о климате:

Абдусаматов Х. **Солнце определяет климат.** — 2009, № 1.

Будыко М. И. **Климат. Каким он будет?** — 1979, № 4.

Володин Е. **Чем грозит слабеющий Гольфстрим?** — 2021, № 6.

Груза Г., Ранькова Э. **Климат России: потепление продолжается.** — 2003, № 11.

Губарев В. **Академик Ю. А. Израэль: Какую погоду ждать на Земле?** — 2002, № 1.

Гулёв С. **Холодно... Теплее... Горячо! Или почему климатические прогнозы такие точные** (беседа ведёт Е. Вешняковская). — 2011, № 8.

Лысцов В. **Угрожающее потепление.** — 2005, № 2.

Понятов А. **Награда за новые подходы в физике сложных систем** (Нобелевские премии 2021 года). — 2021, № 11.

Хайкин С., Юшков В. **Водяной пар в стратосфере и загадки климата.** — 2011, № 10.

Чернокульский А. **Климат как отражение облаков.** — 2017, № 10.

Чижов О. **Ледники и колебания климата.** — 1978, № 4.