**Обзор нынешнего глобального изменения климата**

Изменение климата — колебания климата Земли в целом или отдельных её регионов с течением времени, выражающиеся в статистически достоверных отклонениях параметров погоды от многолетних значений за период времени от десятилетий до миллионов лет. Учитываются изменения как средних значений погодных параметров, так и изменения частоты экстремальных погодных явлений. Изучением изменений климата занимается наука палеоклиматология. Причиной изменения климата являются динамические процессы на Земле, внешние воздействия, такие как колебания интенсивности солнечного излучения, и, по одной из версий, с недавних пор, деятельность человека. В последнее время термин «изменение климата» используется как правило (особенно в контексте экологической политики) для обозначения изменения в современном климате (см. глобальное потепление).

**Факторы изменения климата**

Изменения климата обусловлены переменами в земной атмосфере, процессами, происходящими в других частях Земли, таких как океаны, ледники, а также эффектами, сопутствующими деятельности человека. Внешние процессы, формирующие климат, — это:

изменения солнечной радиации и орбиты Земли.

изменение размеров и взаимного расположения материков и океанов,

изменение светимости солнца,

изменения параметров орбиты Земли,

изменение прозрачности атмосферы и ее состава в результате изменений вулканической активности Земли,

изменение концентрации парниковых газов (СО2 и CH4) в атмосфере,

изменение отражательной способности поверхности Земли (альбедо),

изменение количества тепла, имеющегося в глубинах океана.

**Климатические изменения на Земле**

Погода — это ежедневное состояние атмосферы. Погода является хаотичной не линеарной динамической системой. Климат — это усредненное состояние погоды и он, напротив, стабилен и предсказуем. Климат включает в себя такие показатели как средняя температура, количество осадков, количество солнечных дней и другие переменные, которые могут быть измерены в каком-либо определенном месте. Однако на Земле происходят и такие процессы, которые могут оказывать влияние на климат.

**Оледенения**

Ледники признаны одними из самых чувствительных показателей изменения климата. Они существенно увеличиваются в размерах во время охлаждения климата (т. н. «малые ледниковые периоды») и уменьшаются во время потепления климата. Ледники растут и тают из-за природных изменений и под влиянием внешних воздействий. В прошлом веке ледники не были способны регенерировать достаточно льда в течение зим, чтобы восстановить потери льда во время летних месяцев.

Самые значительные климатические процессы за последние несколько миллионов лет — это гляциальные и интергляциальные циклы текущего ледникового периода, обусловленные изменениями орбиты Земли. Изменение состояния континентальных льдов и колебания уровня моря в пределах 130 метров являются в большинстве регионов ключевыми следствиями изменения климата.

**Изменчивость мирового океана**

В масштабе десятилетий климатические изменения могут быть результатом взаимодействия атмосферы и мирового океана. Многие флуктуации климата, включая наиболее известную южную осцилляцию Эль-Ниньо, а также североатлантическую и арктическую осцилляции, происходят отчасти благодаря возможности мирового океана аккумулировать тепловую энергию и перемещению этой энергии в различные части океана. В более длительном масштабе в океанах происходит термохалинная циркуляция, которая играет ключевую роль в перераспределении тепла и может значительно влиять на климат.

**Климатическая память**

В более общем аспекте изменчивость климатической системы является формой гистерезиса, т. е. это значит, что настоящее состояние климата является не только следствием влияния определенных факторов, но также и всей историей его состояния. Например, за десять лет засухи озера частично высыхают, растения погибают, и площадь пустынь увеличивается. Эти условия вызывают, в свою очередь, менее обильные дожди в последующие за засухой годы. Т. о. изменение климата является саморегулирующимся процессом, поскольку окружающая среда реагирует определенным образом на внешние воздействия, и, изменяясь, сама способна воздействовать на климат.

**Парниковые газы**

Принято считать, что парниковые газы являются главной причиной глобального потепления. Парниковые газы имеют также значение для понимания климатической истории Земли. Согласно исследованиям, парниковый эффект, возникающий в результате нагревания атмосферы тепловой энергией, удерживаемой парниковыми газами, является ключевым процессом, регулирующим температуру Земли.

В течение последних 600 млн лет концентрация диоксида углерода в атмосфере варьировались от 200 до более чем 5 000 чнм из-за воздействия геологических и биологических процессов. Однако в 1999 г. Вейзер и др. показали, что на протяжении последних десятков миллионов лет нет строгой корреляции между концентрацией парниковых газов и изменением климата и что более важная роль принадлежит тектоническому движению литосферных плит. Позднее Ройер и др. использовали корреляцию СО2 — климат, чтобы вывести значение «чувствительности климата». Есть несколько примеров быстрых изменений концентрации парниковых газов в земной атмосфере, имеющих строгую корреляцию с сильным потеплением, среди которых термальный максимум палеоцена — эоцена, вымирание видов перми — триаса и конец варяжской «Земли — снежка» (snowball earth event).

Растущий уровень диоксида углерода считается главной причиной глобального потепления, начиная с 1950 года. Согласно данным Межгосударственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) от 2007 года, концентрация СО2 в атмосфере в 2005 году составила 379 чнм3, в доиндустриальный период она составляла 280 чнм3.

Чтобы предотвратить резкое потепление в ближайшие годы, концентрация углекислоты должна быть снижена до уровня, существовавшего до индустриальной эпохи - до 350 частей на миллион (0,035%) (сейчас - 385 частей на миллион и увеличивается на 2 миллионные доли (0,0002%) в год, в основном из-за сжигания ископаемого топлива и вырубки лесов). [1]

Ученым уже давно известны способы приостановления или даже прекращения массовых вырубок леса. Ещё в начале прошлого века американские исследователи прогнозировали, что выращивание конопли в промышленных масштабах способно остановить вырубку лесов, потому что урожай конопли с 10 тысяч гектаров пашни даёт столько же бумаги, сколько и лес, поваленный на площади 40 тысяч гектаров. Это связано с тем, что один гектар конопли даёт 5-6 кубометров древесины в год, а один гектар лесных угодьев – вдвое меньше. [2]

Имеется скептическое отношение к геоинженерным методам изъятия углекислоты из атмосферы, в частности, к предложениям захоранивать углекислый газ в тектонических трещинах или закачивать его в породы на океанском дне: изъятие 50 миллионных долей газа по этой технологии будет стоить, по меньшей мере, 20 триллионов долларов, что в два раза больше национального долга США. [1]

**Тектоника литосферных плит**

На протяжении длительных отрезков времени тектонические движения плит перемещают континенты, формируют океаны, создают и разрушают горные хребты, т. е. создают поверхность, на которой существует климат. Недавние исследования показывают, что тектонические движения усугубили условия последнего ледникового периода: около 3 млн лет назад северо- и южноамериканская плиты столкнулись, образовав Панамский перешеек и закрыв пути для прямого смешивания вод Атлантического и Тихого океанов.

**Солнечное излучение**

Изменение солнечной активности на протяжении последних нескольких столетий

Солнце является основным источником тепла в климатической системе. Солнечная энергия, превращённая на поверхности Земли в тепло, является неотъемлемой составляющей, формирующей земной климат. Если рассматривать длительный период времени, то в этих рамках Солнце становится ярче и выделяет больше энергии, так как развивается согласно главной последовательности. Это медленное развитие влияет и на земную атмосферу. Считается, что на ранних этапах истории Земли Солнце было слишком холодным для того, чтобы вода на поверхности Земли была жидкой, что привело к т. н. «парадоксу слабого молодого Солнца».

На более коротких временных отрезках также наблюдаются изменения солнечной активности: 11-летний солнечный цикл и более длительные модуляции. Однако 11-летний цикл возникновения и исчезновения солнечных пятен не отслеживается явно в климатологических данных. Изменение солнечной активности считается важным фактором наступления малого ледникового периода, а также некоторых потеплений, наблюдаемых между 1900 и 1950 годами. Циклическая природа солнечной активности ещё не до конца изучена; она отличается от тех медленных изменений, которые сопутствуют развитию и старению Солнца.

**Изменения орбиты**

По своему влиянию на климат изменения земной орбиты сходны с колебаниями солнечной активности, поскольку небольшие отклонения в положении орбиты приводят к перераспределению солнечного излучения на поверхности Земли. Такие изменения положения орбиты называются циклами Миланковича, они предсказуемы с высокой точностью, поскольку являются результатом физического взаимодействия Земли, ее спутника Луны и других планет. Изменения орбиты считаются главными причинами чередования гляциальных и интергляциальных циклов последнего ледникового периода. Результатом прецессии земной орбиты являются и менее масштабные изменения, такие как периодическое увеличение и уменьшение площади пустыни Сахара.

**Вулканизм**

Одно сильное извержение вулкана способно повлиять на климат, вызвав похолодание длительностью несколько лет. Например, извержение вулкана Пинатубо в 1991 году существенно повлияло на климат. Гигантские извержения, формирующие крупнейшие магматические провинции, случаются всего несколько раз в сто миллионов лет, но они влияют на климат в течение миллионов лет и являются причиной вымирания видов. В начале ученые полагали, что причиной похолодания является эмитированная в атмосферу вулканическая пыль, поскольку она препятствует достигнуть поверхности Земли солнечному излучению. Однако измерения показывают, что большая часть пыли оседает на поверхности Земли в течение шести месяцев.

Вулканы являются также частью геохимического цикла углерода. На протяжении многих геологических периодов диоксид углерода высвобождался из недр Земли в атмосферу, нейтрализуя тем самым количество СО2, изъятого из атмосферы и связанного осадочными породами и другими геологическими поглотителями СО2. Однако этот вклад не сравнится по величине с антропогенной эмиссией оксида углерода, которая, по оценкам Геологической службы США, в 130 раз превышает количество СО2, эмитированного вулканами.

**Антропогенное воздействие на изменение климата**

Антропогенные факторы включают в себя деятельность человека, которая изменяет окружающую среду и влияет на климат. В некоторых случаях причинно-следственная связь прямая и недвусмысленная, как, например, при влиянии орошения на температуру и влажность, в других случаях эта связь менее очевидна. Различные гипотезы влияния человека на климат обсуждались на протяжении многих лет. В конце 19-го века в западной части США и Австралии была, например, популярна теория «дождь идёт за плугом» (англ. rain follows the plow).

Главными проблемами сегодня являются: растущая из-за сжигания топлива концентрация СО2 в атмосфере, аэрозоли в атмосфере, влияющие на её охлаждение, и цементная промышленность. Другие факторы, такие как землепользование, уменьшение озонового слоя, животноводство и вырубка лесов, также влияют на климат.

**Сжигание топлива**

Начав расти во время промышленной революции в 1850-х годах и постепенно ускоряясь, потребление человечеством топлива привело к тому, что концентрация СО2 в атмосфере возросла с ~280 чнм до 380 чнм. При таком росте спроецированная на конец 21-го века концентрация будет составлять более 560 чнм. Известно, что сейчас уровень СО2 в атмосфере выше, чем когда-либо за последние 750 000 лет. Вместе с увеличивающейся концентрацией метана эти изменения предвещают рост температуры на 1.4-5.6°С в промежутке между 1990 и 2040 годами.

**Аэрозоли**

Считается, что антропогенные аэрозоли, особенно сульфаты, выбрасываемые при сжигании топлива, влияют на охлаждение атмосферы. Полагают, что это свойство является причиной относительного «плато» на графике температур в середине XX века.

**Цементная промышленность**

Производство цемента является интенсивным источником выбросов СО2. Диоксид углерода образуется, когда карбонат кальция(CaCO3) нагревают, чтобы получить ингредиент цемента оксид кальция (СаО или негашёная известь). Производство цемента является причиной приблизительно 2.5 % выбросов СО2 индустриальных процессов (энергетический и промышленный сектора). При затворении цемента то же количество СО2 поглощается из атмосферы при протекании обратной реакции СаО + СО2 = СаСО3. Поэтому производство и потребление цемента изменяет только локальные концентрации СО2 в атмосфере, не изменяя среднее значение.

**Землепользование**

Существенное влияние на климат оказывает землепользование. Орошение, вырубка лесов и сельское хозяйство коренным образом меняют окружающую среду. Например, на орошаемой территории изменяется водный баланс. Землепользование может изменить альбедо отдельно взятой территории, поскольку изменяет свойства подстилающей поверхности и тем самым количество поглощаемого солнечного излучения. Например, есть причины предполагать, что климат Греции и других средиземноморских стран поменялся из-за масштабной вырубки лесов между 700 лет до н. э. и началом н. э. (древесина использовалась для строительства, кораблестроения и в качестве топлива), став более жарким и сухим, а те виды деревьев, которые использовались в кораблестроении, не растут больше на этой территории.

Согласно исследованию 2007 года Лаборатории реактивного движения (Jet Propulsion Laboratory) средняя температура в Калифорнии возросла за последние 50 лет на 2°С, причём в городах этот рост намного выше. Это является в основном следствием антропогенного изменения ландшафта.

**Скотоводство**

Согласно отчету ООН «Длинная тень скотоводства» от 2006 года скот является причиной 18% выбросов парниковых газов в мире. Это включает в себя и изменения в землепользовании, т. е. вырубку леса под пастбища. В тропических лесах Амазонки 70% вырубки лесов производится под пастбища, что послужило основной причиной, почему Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (англ. Food and Agriculture Organization, FAO) в сельскохозяйственном отчёте за 2006 год включила землепользование в сферу влияния скотоводства. В дополнение к выбросам СО2, скотоводство является причиной выброса 65% оксида азота и 37% метана, имеющих антропогенное происхождение.

**Взаимодействие факторов**

Влияние на климат всех факторов, как естественных, так и антропогенных, выражается единой величиной – радиационным прогревом атмосферы в Вт/м2.

Извержения вулканов, оледенения, дрейф континентов и смещение полюсов Земли – мощные природные процессы, влияющие на климат Земли. В масштабе нескольких лет вулканы могут играть главную роль. В результате извержения вулкана Пенатубо в 1991 года на Филиппинах на высоту 35 км было заброшено столько пепла, что средний уровень солнечной радиации снизился на 2,5 Вт/м2. Однако эти изменения не являются долгосрочными, частицы относительно быстро оседают вниз. В масштабе тысячелетий определяющим климат процессом будет, вероятно, медленное движение от одного ледникового периода к следующему.

В масштабе нескольких столетий на 2005 год по сравнению с 1750 годом имеется комбинация разнонаправленных факторов, каждый из которых значительно слабее, чем результат роста концентрации в атмосфере парниковых газов, оцениваемый как прогрев на 2,4–3,0 Вт/м2. Влияние человека составляет менее 1% от общего радиационного баланса, а антропогенное усиление естественного парникового эффекта – примерно 2%, с 33 до 33,7 град С. Таким образом, средняя температура воздуха у поверхности Земли увеличилась с доиндустриальной эпохи (примерно с 1750 года) на 0,7 °С.