

Концептуальные положения науки о древних климатах земли

Борисовец А.И.

Белорусский национальный технический университет

Введение

Вопрос об изменениях климата привлекал внимание многих исследователей, работы которых были посвящены главным образом сбору и изучению данных о климатических условиях различных эпох. Исследования этого направления содержат обширные материалы о климатах прошлого.

Меньше результатов было получено при изучении причин изменений климата, хотя эти причины уже давно интересовали специалистов, работающих в данной области. Из-за отсутствия точной теории климата и недостатка, необходимых для этой цели материалов специальных наблюдений при выяснении причин изменений климата возникли большие трудности, не преодоленные до последнего времени. Сейчас не существует общепринятого мнения о причинах изменений и колебаний климата, как для современной эпохи, так и для геологического прошлого.

Между тем вопрос о механизме изменений климата приобретает в настоящее время большое практическое значение, которое он еще недавно не имел. Установлено, что хозяйственная деятельность человека начала оказывать влияние глобальные климатические условия, причем это влияние быстро возрастает. Поэтому возникает необходимость в разработке методов прогноза изменений климата для того, чтобы предотвратить опасное для человека ухудшение природных условий.

Очевидно, что такие прогнозы нельзя обосновать только эмпирическими материалами об изменениях климата в прошлом. Эти материалы могут быть использованы для оценки климатических условий будущего путем экстраполяции наблюдаемых сейчас изменений климата. Но этот метод прогноза пригоден лишь для очень ограниченных интервалов времени из-за нестабильности факторов, влияющих на климат.

Для разработки надежного метода прогноза климата будущего в условиях возрастающего влияния хозяйственной деятельности человека на атмосферные процессы необходимо использование физической теории изменений климата. Между тем, имеющиеся численные модели метеорологического режима являются приближенными и их обоснования содержат существенные ограничения.

Очевидно, что эмпирические материалы об изменениях климата имеют очень большое значение, как для построения, так и для проверки приближенных теорий изменений климата. Аналогичное положение имеет место в изучении последствий воздействий на глобальный климат, осуществление которых, по-видимому, возможно в ближайшем будущем.

1. Климаты прошлого

Характерной чертой последнего (четвертичного) геологического периода была большая изменчивость климатических условий, в особенности в умеренных и высоких широтах. Природные условия этого времени изучены гораздо подробнее по сравнению с более ранними периодами, но, несмотря на наличие многих выдающихся достижений в изучении плейстоцена, ряд важных закономерностей природных процессов этого времени известен еще недостаточно. К их числу относится, в частности, датировка эпох похолоданий, с которыми связаны разрастания ледяных покровов на суше и океанах. В связи с этим оказывается неясным вопрос об общей длительности плейстоцена, характерной чертой которого было развитие крупных оледенений. [4]

Существенное значение для разработки абсолютной хронологии четвертичного периода имеют методы изотопного анализа, к числу которых относятся радиоуглеродный и калиево-аргонный методы. Первый из указанных методов дает более или менее надежные результаты только для последних 40-50 тыс. лет, то есть для заключительной фазы четвертичного периода. Второй метод применим для гораздо более продолжительных интервалов времени. Однако точности результатов его использования заметно меньше, чем радиоуглеродного метода.

Плейстоцену предшествовал длительный процесс похолодания, особенно заметный в умеренных и высоких широтах. Этот процесс ускорился в последнем отделе третичного периода - плиоцене, когда, по-видимому, возникли первые ледяные покровы в полярных зонах северного и южного полушарий.

Из палеографических данных следует, что время образования оледенений в Антарктиде и Арктике составляет не менее нескольких млн. лет. Площадь этих ледяных покровов вначале была сравнительно невелика, однако постепенно возникла тенденция к их распространению в более низкие широты с последующим отсутствием. Время начала систематических колебаний границ ледяных покровов по ряду причин определить трудно. Обычно считают, что перемещения границы льдов начались около 700 тыс. лет тому назад. [1]

Наряду с этим к эпохе активного развития крупных оледенений часто добавляют более длительный интервал времени – эоплейстоцен, в результате чего длительность плейстоцена возрастает до 1,8 – 2 млн. лет.

Общее число оледенений, по-видимому, было довольно значительным, поскольку установленные еще в прошлом веке главные ледниковые эпохи оказались состоящими из ряда более теплых и холодных интервалов времени, причем последние интервалы можно рассматривать как самостоятельные ледниковые эпохи.

Масштабы оледенений различных ледниковых эпох значительно отличались. При этом заслуживает внимания мнение ряда исследователей, что эти масштабы имели тенденцию к возрастанию, то есть что оледенение в конце плейстоцена были крупнее первых четвертичных оледенений.

Лучше всего изучено последнее оледенение, которое происходило несколько десятков тыс. лет назад. В эту эпоху заметно возросла засушливость климата. [2]

Возможно, это объяснялось разным уменьшением испарения с поверхности океанов из-за распространения морских льдов в более низкие широты. В результате понижалась интенсивность влагооборота, и уменьшалось количество осадков на суше, на которые влияло увеличение площади материков вследствие изъятия воды из океанов, израсходованной при образовании материкового, ледяного покрова. Не подлежит

сомнению, что в эпоху последнего оледенения произошло громадное расширение зоны вечной мерзлоты. Это оледенение закончилось 10 – 15 тыс. лет тому назад, что обычно считают концом плейстоцена и началом голоцена – эпохи, в течение которой на природные условия начала оказывать влияние деятельность человека.

2. Причины изменений климата

Своеобразные климатические условия четвертичного времени, по-видимому, возникли из-за содержания углекислого газа в атмосфере и в результате процесса перемещения континентов и подъема их уровня, что привело к частичной изоляции Северного полярного океана и размещению антарктического материка в полярной зоне южного полушария.

Четвертичному периоду предшествовала обусловленная изменениями поверхности Земли длительная эволюция климата в сторону усиления термической зональности, что выражалось в снижении температуры воздуха в умеренных и высоких широтах. В плиоцене на климатические условия начало оказывать влияние уменьшения концентрации атмосферной углекислоты, что привело к снижению средней глобальной температуры воздуха на 2 – 3 градуса (в высоких широтах на 3 – 5). После чего появились полярные, ледяные покровы, развитие которых привело к снижению средней глобальной температуры.

По-видимому, по сравнению с изменениями астрономических факторов, все другие причины оказывали меньшее влияние на колебания климата в четвертичное время.

3. Дочетвертичное время

По мере отдаления от нашего времени количество сведений о климатических условиях прошлого уменьшается, а трудности интерпретации этих сведений возрастают. Наиболее надежную информацию о климатах отдаленного прошлого мы имеем из данных о непрерывном существовании на нашей планете живых организмов. Маловероятно, чтобы они существовали вне пределов узкого интервала температуры, от 0 до 50 градусов С, который в наше время ограничивает активную жизнедеятельность

большинства животных и растений. На этом основании можно думать, что температура поверхности Земли, нижнего слоя воздуха и верхнего слоя водоемов не выходила из указанных пределов. Фактические колебания средней температуры поверхности Земли за длительные интервалы времени были меньше указанного интервала температур и не превосходили нескольких градусов за десятки млн. лет.

Из этого можно сделать вывод о трудности исследования изменений термического режима Земли в прошлом по эмпирическим данным, так как погрешности определения температуры, как методом анализа изотопного состава, так и другими известными сейчас методами составляют обычно не меньше нескольких градусов. [3]

Другая трудность изучения климатов прошлого обусловлена неясностью положения различных областей по отношению к полюсам в результате движения континентов и возможностью перемещения полюсов.

Климатические условия мезозойской эры и третичного периода характеризовались двумя основными закономерностями:

– на протяжении этого времени средняя температура воздуха у земной поверхности была значительно выше современной, в особенности в высоких широтах. В соответствии с этим разность температур воздуха между экватором и полюсами была гораздо меньше современной;

– течение большей части рассматриваемого времени преобладала тенденция к снижению температуры воздуха, в особенности в высоких широтах.

Эти закономерности объясняются изменением содержания углекислого газа в атмосфере и изменением положения континентов. Более высокая концентрация углекислого газа обеспечивала повышение средней температуры воздуха примерно на 5 градусов по сравнению с современными условиями. Низкий уровень континентов повышал интенсивность меридионального теплообмена в океанах, что увеличивало температуру воздуха в умеренных и высоких широтах.

Повышение уровня континентов уменьшало интенсивность меридионального теплообмена в океанах и приводило к

постоянному снижению температуры в умеренных и высоких широтах.

При общей высокой устойчивости термического режима в мезозойское и третичное время, обусловленной отсутствием полярных льдов, в течение сравнительно редко коротких интервалов могли происходить резкие понижения температуры воздуха и верхних слоев водоемов. Эти понижения были обусловлены совпадением во времени ряда вулканических извержений взрывного характера.

4. Современные изменения климата

Наиболее крупное изменение климата за время инструментальных наблюдений началось в конце 19 века. Оно характеризовалось постепенным повышением температуры воздуха на всех широтах северного полушария во все сезоны года, причем наиболее сильное потепление происходило в высоких широтах и в холодное время года. Потепление ускорило в 10-х годах 20 века и достигло максимума в 30-х годах, когда средняя температура воздуха в северном полушарии повысилась приблизительно на 0,6 градусов по сравнению с концом 19 века. В 40-х годах процесс потепления сменился похолоданием, которое продолжается до настоящего времени. Это похолодание было довольно медленным и пока еще не достигло масштабов предшествующего ему потепления.

Хотя данные о современном изменении климата в южном полушарии имеют менее определенный характер по сравнению с данными для северного полушария, есть основания считать, что в первой половине 20 века в южном полушарии также происходило потепление.

В северном полушарии повышение температуры воздуха сопровождалось сохранением площади полярных льдов, отсутствием границы вечной мерзлоты в более высокие широты, продвижением к северу границы леса и тундры и другими изменениями природных условий.

Существенное значение имело отмечавшееся в эпоху потепления изменение режима атмосферных осадков. Количество осадков в ряде районов недостаточного увлажнения при

потеплении климата уменьшилось, в особенности в холодное время года. Это привело к уменьшению стока рек и падению уровня некоторых замкнутых водоемов.

Особую известность получило произошедшее в 30-х годах резкое снижение уровня Каспийского моря, обусловленное главным образом уменьшением стока Волги. Наряду с этим в эпоху потепления во внутриконтинентальных районах умеренных широт Европы, Азии и Северной Америки возросла частота засух, охватывающих большие территории.

Потепление, достигшее максимума в 30-х годах, по-видимому, определялось увеличением прозрачности стратосферы, повысившим поток солнечной радиации, поступающей в тропосферу (метеорологическую солнечную постоянную). Это привело к возрастанию средней планетарной температуры воздуха у земной поверхности.

Изменения температуры воздуха на различных широтах и в различные сезоны зависели от оптической толщины стратосферного аэрозоля и от перемещения границы морских полярных льдов. Обусловленное потеплением отступление морских арктических льдов привело к дополнительному, заметному повышению температуры воздуха в холодное время года в высоких широтах северного полушария.

Представляется вероятным, что изменения прозрачности стратосферы, произошедшие в первой половине 20 века, были связаны с режимом вулканической деятельности и, в частности, с изменением поступления в стратосферу продуктов вулканических извержений, включая в особенности сернистый газ. Хотя этот вывод основан на значительном материале наблюдений, он, однако, является менее очевидным по сравнению с приведенной выше основной частью объяснения причин потепления.

Следует указать, что это объяснение относится только к главным чертам изменения климата, которое произошло в первой половине 20 века. Наряду с общими закономерностями процесса изменения климата этот процесс характеризовался многими особенностями, относящимися к колебаниям климата за более короткие периоды времени и к колебаниям климата в отдельных географических районах.

Но такие колебания климата были в значительной мере обусловлены изменениями циркуляций атмосферы и гидросферы,

которые имели в некоторых случаях случайный характер, а в других случаях были следствием автоколебальных процессов.

Есть основания думать, что в последние 20-30 лет изменения климата начали в известной мере зависеть от деятельности человека. Хотя потепление первой половины 20 века оказало определенное влияние на хозяйственную деятельность человека и явилось наиболее крупным изменением климата за эпоху инструментальных наблюдений, его масштабы были незначительны по сравнению с теми изменениями климата, которые имели место в течение голоцена, не говоря уже о плейстоцене, когда развивались крупные оледенения.

Тем не менее, изучение потепления, произошедшего в первой половине 20 века, имеет большое значение для выяснения механизма изменений климата, освещенным массовыми данными надежных инструментальных наблюдений.

В связи с этим всякая количественная теория изменений климата должна быть, прежде всего, проверена по материалам, относящимся к потеплению первой половины 20 века. [4]

5. Климат будущего

При изучении климатических условий будущего следует сначала остановиться на тех изменениях, которые могут произойти вследствие естественных причин. Эти изменения могут зависеть от следующих причин:

1. вулканическая деятельность. Из изучения современных изменений климата следует, что колебания вулканической активности могут влиять на климатические условия для периодов времени, равных годам и десятилетиям. Возможно, также влияние вулканизма на изменения климата за периоды порядка столетий и за длительные интервалы времени;

2. астрономические факторы. Изменение положения поверхности Земли по отношению к Солнцу создает изменения климата с временными масштабами в десятки тысяч лет;

3. состав атмосферного воздуха. В конце третичного и в четвертичное время, определенное влияние на климат оказывало убывание содержания углекислого газа в атмосфере. Принимая во внимание скорость этого убывания и соответствующие ему

изменения температуры воздуха, можно заключить, что влияние естественных изменений содержания углекислоты на климат существенно для интервалов времени более ста тысяч лет;

4. строение земной поверхности. Изменение рельефа и связанные с ними изменения положения берегов морей и океанов могут заметно изменить климатические условия на больших пространствах за периоды времени, не меньше сотен тысяч - миллионов лет;

5. солнечная постоянная. Оставляя в стороне вопрос о существовании влияющих на климат короткопериодических колебаний солнечной постоянной, следует принять во внимание возможность медленных изменений солнечной радиации, обусловленных эволюцией солнца. Также изменения могут существенно влиять на климатические условия за периоды не менее ста миллионов лет.

Наряду с изменениями, обусловленными внешними факторами, климатические условия меняются в результате автоколебательных процессов в системе атмосфера – океан - полярные льды. Также изменения относятся к периодам времени порядка годов – десятилетий и, возможно, также к периодам в сотни и даже тысячи лет. Указанные в этом перечне временные масштабы действия различных факторов на изменения климата в основном согласуются с аналогичными оценками Митчелла и других авторов. Сейчас существует проблема предсказания изменений климата в результате деятельности человека, которая существенно отличается от проблемы прогноза погоды. Ведь для нее необходимо принять во внимание изменение во времени показателей хозяйственной деятельности человека. В связи с этим задача предсказания климата содержит два основных элемента – прогноз развития ряда аспектов хозяйственной деятельности и расчет тех изменений климата, которые соответствуют изменению соответствующих показателей деятельности человека.

6. Проблема регулирования климата

Для предотвращения неблагоприятных изменений климата, возникающих под влиянием хозяйственной деятельности человека, осуществляются различные мероприятия; наиболее широко ведется борьба с загрязнением атмосферного воздуха. В результате

применения во многих развитых странах различных мер, включающих очистку воздуха, используемого промышленными предприятиями, транспортными средствами, отопительными устройствами и так далее, в последние годы достигнуто снижение уровня загрязнения воздуха в ряде городов. Однако во многих районах загрязнение воздуха усиливается, причем, имеется тенденция к росту глобального загрязнения атмосферы. Это указывает на большие трудности предотвращения роста количества антропогенного аэрозоля в атмосфере.

Еще труднее были бы задачи (которые пока еще не ставились) предотвращения увеличения содержания углекислого газа в атмосфере и роста тепла, выделяемого при преобразованиях энергии, используемой человеком. Простых технических средств решения этих задач не существует, кроме ограничений потребления топлива и потребления большинства видов энергии, что ближайшие десятилетия несовместимо с дальнейшим техническим прогрессом.

Таким образом, для сохранения существующих климатических условий в близком будущем окажется необходимым применение метода регулирования климата. Очевидно, что при наличии такого метода он мог быть использован также для предотвращения неблагоприятных для народного хозяйства естественных колебаний климата и в дальнейшем, соответствующем интересам человечества.

Имеется ряд работ, в которых рассматривались различные проекты воздействия на климат. Один из крупнейших проектов имеет целью уничтожение арктических льдов для значительного повышения температуры в высоких широтах. При обсуждении этого вопроса был выполнен ряд исследований связи режима полярных льдов с общими климатическими условиями. Влияние исчезновения полярных льдов на климат будет сложным и не во всех отношениях благоприятным для деятельности человека. Далеко не все последствия разрушения полярных льдов для климата и природных условий различных территорий можно сейчас предсказать с достаточной точностью. Поэтому, при наличии возможности уничтожить льды это мероприятие осуществлять в ближайшем будущем нецелесообразно.

Из других путей воздействия на климатические условия заслуживает внимание возможность изменения атмосферных движений большого масштаба. Во многих случаях атмосферные

движения неустойчивы, в связи с чем возможны воздействия на них с затратой сравнительно небольшого количества энергии.

В других работах упоминаются некоторые методы воздействия на микроклимат в связи с агрометеорологическими задачами. К их числу относятся различные способы защиты растений от заморозков, затенение растений с целью защиты их от перегрева и излишнего испарения влаги, посадки лесных полос и другие. [1]

В некоторых публикациях упоминаются другие проекты воздействия на климат. К их числу относятся идеи воздействия на некоторые морские течения путем строительства гигантских плотин. Но ни один проект такого рода не имеет достаточного научного обоснования, возможное влияние их осуществления на климат остается совершенно неясным.

Другие проекты включают предложения о создании крупных водоемов. Оставляя в стороне вопрос о возможности осуществления такого проекта, следует отметить, что связанные с ним изменения климата изучены очень мало.

Можно думать, что некоторые из выше перечисленных проектов воздействия на климат ограниченных территорий будут доступны для техники близкого будущего, или целесообразность их осуществления будет доказана.

Из различных источников путей воздействия на климат, по-видимому, наиболее доступен для современной техники метод, основанный на увеличении концентрации аэрозоля в нижней стратосфере. Осуществление этого воздействия на климат имеет целью предотвратить или ослабить изменения климата, которые могут возникнуть через несколько десятилетий под влиянием хозяйственной деятельности человека. Воздействия такого масштаба могут быть необходимы в 21 веке, когда в результате значительного роста производства энергии может существенно повыситься температура нижних слоев атмосферы. Уменьшение прозрачности стратосферы в таких условиях может предотвратить нежелательные изменения климата.

Заключение

Из выше перечисленных материалов можно сделать вывод, что в современную эпоху глобальный климат уже в некоторой мере

изменен в результате хозяйственной деятельности человека. Эти изменения обусловлены главным образом увеличением массы аэрозоля и углекислого газа в атмосфере.

Современные антропогенные изменения глобального климата сравнительно невелики, что частично объясняется противоположным влиянием на температуру воздуха роста концентрации аэрозоля и углекислого газа. Тем не менее, эти изменения имеют определенное практическое значение, в основном в связи с влиянием режима осадков на сельскохозяйственное производство. При сохранении современных темпов хозяйственного развития антропогенные изменения могут быстро возрасти достигнуть масштабов, превышающих масштабы естественных колебаний климата, происходивших в течение последнего столетия.

В дальнейшем при этих условиях изменения климата будут усиливаться, причем в 21 веке они могут стать сравнимыми с естественными колебаниями климата. Очевидно, что столь значительные изменения климата могут оказать громадное влияние на природу нашей планеты и многие стороны хозяйственной деятельности человека.

В связи с этим возникают задачи предсказания антропогенных изменений климата, которые возникнут при различных вариантах хозяйственного развития, и разработки методов регулирования климата, которые должны предотвратить его изменения в нежелательном направлении. Наличие этих задач существенно изменяет значение исследований изменений климата и особенно изучения причин этих изменений. Если раньше такие исследования имели в значительной мере познавательные цели, то сейчас выясняется необходимость их выполнения для оптимального планирования развития народного хозяйства.

Следует указать на международный аспект проблемы антропогенных изменений климата, который приобретает особенно большое значение при подготовке крупномасштабных воздействий на климат. Воздействие на глобальный климат приведет к изменению климатических условий на территориях многих стран, причем характер этих изменений в разных районах будет различным. В связи с этим в работе Е. К. Федорова неоднократно указывалось, что осуществление любого крупного проекта

воздействия на климат возможно только на основе международного сотрудничества.

Сейчас есть основания для поставки вопроса о заключении международного соглашения, запрещающего осуществление несогласованных воздействий на климат. Такие воздействия должны разрешаться только на основе проектов, рассмотренных и одобренных ответственными международными органами. Это соглашение должно охватывать как мероприятия по направленному воздействию на климат, так и те виды хозяйственной деятельности человека, которые могут привести к непреднамеренным применениям глобальных климатических условий.

Литература

1. Будыко М.И. Изменения климата. - Ленинград: Гидрометеоиздат, 1974. - 279 с.
2. Будыко М.И. Климат в прошлом и будущем. - Ленинград: Гидрометеоиздат, 1980.- 350 с.
3. Лосев К.С. Климат: вчера, сегодня ... и завтра?- Ленинград, Гидрометеоиздат, 1985. 173 с.
4. Монин А.С., Шишков Ю.А. История климата. - Ленинград: Гидрометеоиздат, 1974. 407 с.