

УДК: 327+502

ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ И «ПОЛИТИКА» ЕГО ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ

К.С. Демирчян¹, К.Я. Кондратьев, К.К. Демирчян²

¹Московский энергетический институт (Технический университет) и ²Институт проблем безопасности ядерной энергетики, Москва, Россия

Эл. почта: abrie89@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 14.10.2010, принята к печати 11.11.2010

Обсуждены необоснованность рекомендаций Киотского протокола о сокращении выбросов парниковых газов в атмосферу и надуманность «гибких механизмов» (в том числе «торговли выбросами») предотвращения прогнозируемых опасных изменений глобального климата в XXI веке. Анализ имеющихся данных наблюдений и неопределенность результатов численного моделирования климата с целью его прогнозов приводят к выводу о необходимости коренной ревизии Рамочной конвенции ООН по проблеме изменений климата и отказа от Киотского протокола.

Ключевые слова: глобальное потепление, моделирование климата, геополитика.

GLOBAL WARMING AND THE "POLICY" OF ITS PREVENTION

K.S. Demirchian¹, K.Ya. Kondratyev and K.K. Demirchian²

¹Moscow Energy Institute (Technical University) and ²Institute of Safety Problem in Nuclear Energetics, Moscow, Russia

E-mail: abrie89@rambler.ru

The paper addresses the issue of poor justifications of the Kyoto Protocol on greenhouse gas emissions and of farfetched "flexible mechanisms", including trade in quota for emissions, intended to prevent the foreseeable adverse climatic changes in XXI century. An analysis of available data and the ambiguity of the numerical modelling of climate changes suggest the need for a radical revision of the UN Convention on Climate Changes and for refuting the Kyoto Protocol.

Keywords: global warming, climate modelling, geopolitics.

Введение

Беспрецедентно возросшее за последние десятилетия внимание политических деятелей к проблемам климата, подогреваемое средствами массовой информации, стимулировало развитие как чисто научных, так и прикладных разработок, что обеспечило достижение значительного прогресса в понимании причин современных изменений климата, закономерностей палеоклимата. Однако до сих пор отсутствует обоснованное видение возможных изменений климата в будущем. Возможности различных сценариев и всевозможных прогнозов будущих изменений климата остаются сомнительными [1–97]. К сожалению, слишком большую роль в росте внимания к проблемам климата сыграли именно различного рода спекулятивные преувеличения и апокалипсические прогнозы последствий воздействия человечества на климат. По этой причине проблематика изменений климата, сформулированная в форме концепции антропогенного происхождения глобального потепления, стала действенным предметом геополитики [4, 7, 9, 25, 59]. Принятие принципа «избежать наихудшего» в качестве руководящего превратило процедуру прогнозирования в выбор наиопаснейшего из сценариев. Этому способствовала изначальная убежденность руководства МГЭИК (Межправительственной группы экспертов по проблеме изменений климата) в недопустимом характере влияния людей на климат и на окружающую среду.

МГЭИК старалась представлять результаты научных исследований в наиболее привлекательной для обывателя и полезной для себя и средств массовой информации форме. Требование отобрать объективную информацию один из ведущих деятелей МГЭИК С. Шнейдер еще в 1989 г. трактовал следующим образом: «Чтобы захватить воображение общественности, мы должны предложить ей некоторые страшные сценарии, сделать упрощенные драматические утверждения и небольшие ссылки на сомнения, которые имеют место. Каждый из нас должен найти правильный баланс между эффективностью и честностью». Такому характеру отбора сценариев способствовало также стремление руководства МГЭИК и отдельных политиков использовать средства массовой информации для оказания давления на общественность.

По меньшей мере парадоксальной является ситуация, когда президенты и премьер-министры различных стран вступают в дискуссию о том, следует ли считать Киотский протокол научно обоснованным документом, как это произошло, например, в США [33]. Запутанность ситуации усугубляется, в частности, отсутствием достаточно четкой и согласованной терминологии. Если отвлечься от очень сложного положения с определением понятия климата, которое требует отдельного обсуждения, следует напомнить, что в Киотском протоколе понятие «изменение климата» определялось как антропогенным образом обусловлен-

ное изменение климата. Несмотря на несомненность наличия антропогенного воздействия на климат, в Обзорах МГЭИК нерешенной остается главная проблема, а именно отсутствие убедительных количественных оценок вклада именно антропогенных факторов в формирование глобального климата. При этом в составлении международных документов значительную роль играют чиновники от политики. Влияние этих обстоятельств на содержание и анализ современных представлений о климате приводит к использованию неприемлемого с научной точки зрения понятия «консенсус» (единодушие) для формулирования выводов и рекомендаций, содержащихся в подобных документах. Такой способ принятия решений противоречит научному подходу, где истина определяется не путем голосования по тем или иным конкретным вопросам, а сопоставлением различных взглядов, основанных на наблюдениях, и теорий в ходе дискуссий. А они необходимы вследствие не только отсутствия достаточно точных и полных исходных данных и не только для выяснения причин изменения климата, но даже для обоснованного утверждения его антропогенного происхождения. Нечеткие и подчас двусмысленные определения употребляемых терминов, а также размыты и неопределенны концептуальные оценки, касающиеся различных аспектов климатической проблематики.

Три глобальные экологические проблемы обоснованно привлекают в настоящее время главное внимание: замкнутость глобальных биохимических круговоротов в концепции биотической регуляции окружающей среды; вызывающие тревогу изменения в атмосфере; изменения климата, вызванные «глобальным потеплением». Парадокс состоит в том, что, несмотря на обоснованную в научной литературе первичность первой из этих проблем и вторичность двух других, документы МГЭИК демонстрируют отсутствие должного понимания основополагающего значения последовательности их приоритетов. В проблеме глобального изменения климата антропогенного происхождения важны последствия следующего: 1) социально-экономическое развитие с учетом роста численности населения; 2) антропогенное воздействие на биосферу; 3) действие этих факторов на окружающую среду (климат, атмосфера и т.п.). Такого рода непонимание является следствием целенаправленных усилий политиков, преследующих свои узкие эгоистические цели, и научных кругов, которые их поддерживают. Их результатом стало принятие крайне неудачной, дезориентирующей и несправедливой в целом и особенно по отношению к развивающимся странам «Рамочной конвенции ООН по проблеме изменений климата» (РКИК). Именно благодаря таким усилиям проблема глобального потепления необоснованно сфокусирована только на антропогенном происхождении наблюдаемых изменений климата и на рекомендуемом сокращении выбросов в атмосферу парниковых газов, прежде всего углекислого газа.

Можно подумать, что описанная ситуация является следствием недостаточной разработанности научных основ проблематики глобальных изменений. Подобный вывод справедлив лишь отчасти, поскольку еще в 1990 г. в монографиях [2, 6, 58–62], посвященных ключевым аспектам глобальной экологии, была выдвинута и обоснована основополагающая концепция биотической регуляции окружающей среды и продемонстри-

рована непродуктивность концентрации внимания только на «парниковом» аспекте глобального потепления. Эти работы показали необходимость изучения климатической системы «атмосфера – океан – суша – ледяной покров – биосфера» с учетом всей сложности обратных связей между ее компонентами. Особо серьезному анализу подверглась проблема глобальной системы наблюдений [5–9, 18–59, 72].

В проблематике глобальных изменений климата, происходящих в результате человеческой деятельности, и их ограничения самыми важными источниками неопределенностей являются: 1) недостаточная полнота и надежность данных наблюдений не только для количественной оценки антропогенной составляющей «глобального потепления», но и, в конечном счете, для научно обоснованного количественного определения «чувствительности глобальной климатической системы» к изменению антропогенной доли атмосферных газов; 2) неопределенности, связанные с учетом климатообразующей роли атмосферного аэрозоля, и оценка роли введения так называемых «поточковых поправок» при численном моделировании климата, которые иногда намного превышают исходные данные по величине и достигают десятков и даже сотен Вт/м² [59, 60] и намного более значимы по сравнению с усилением на -4 Вт/м² парникового эффекта атмосферы, обусловленного предполагаемым удвоением концентрации CO₂ в атмосфере; 3) результаты численных расчетов климатических процессов при помощи моделей глобальных циркуляций в атмосфере и в океанах не воспроизводимы, не проверяемы и не способны обосновать гипотезу антропогенного характера «глобального потепления», при том что адекватность этих расчетов и данных наблюдений достигается путем целенаправленной подгонки; 4) даже полная реализация рекомендаций Киотского протокола способна обеспечить лишь такое снижение среднегодовой среднеглобальной приземной температуры воздуха (ПТВ), которое не превосходит нескольких сотых градуса¹. В такой ситуации рекомендуемые сокращения выбросов парниковых газов (ПГ) лишены смысла, а их реализация может иметь далеко идущие негативные социально-экономические последствия.

В контексте проблематики общих глобальных изменений вопросы, связанные с оценками происходящих в настоящее время и возможных в будущем изменений глобального климата, несомненно, занимают центральное место [62]. Хотя до сих пор в этих оценках сохраняется доминирование концепции «глобального потепления», о чем свидетельствуют и Третий, и Четвертый обзоры МГЭИК [52], есть основания думать, что это не более чем инерция развивавшихся ранее спекулятивных представлений, мотивация которых была далекой от науки, как это было убедительно проанализировано в [2]. Наглядной иллюстрацией противоречивости оценок, касающихся климата, могут служить радикально противоположные суждения на этот счет, высказанные кандидатами на пост президента США во время предвыборной избирательной кампании [33]. Если А. Гор давно известен как горячий сторонник концепции «глобального потепления» и Протокола Киото, то мнение Д. Буша характеризуется следующими суждениями: «Я возражаю против (экологической) поли-

¹ По данным Т. Уигли [96].

тики, соответствующей Киотскому протоколу, которая привела бы к радикальному повышению цен на бензин, нефтепродукты для отопления жилых домов, природный газ и электричество. Такого рода соглашение сильно повысило бы нагрузку на экономику США, не обеспечивая защиты от нежелательных изменений климата. Киотский протокол неэффективен, неадекватен и несправедлив по отношению к Америке, поскольку он исключает 80% мира из участия в выполнении рекомендаций Протокола, включая такие основные центры концентрации населения, как Китай и Индия». Согласно позиции Д. Буша, главное значение имеет разработка новых экологически чистых технологий и использование рыночных механизмов, включая свободу от регулирования рынков электричества и природного газа, налогообложение, а также «торговлю выбросами». Д. Буш полагает, что природный газ и атомная энергия будут играть важную роль в снижении опасной зависимости США от иностранной нефти и обеспечении энергоресурсов страны в XXI веке. Новый президент-демократ Б. Обама вынужден маневрировать между политикой демократов Клинтона и Гора и республиканца Буша и занимает весьма неопределенную позицию относительно подписания Киотского протокола (КП). Соглашаясь с радикальной критикой протокола КП, заметим, однако, что суждения Д. Буша о рыночных механизмах специфичны для США, а в случае «торговли выбросами» являются спорными.

Еще более убедительной иллюстрацией несостоятельности КП является неудача Шестой конференции (СОР-6) представителей государств, подписавших Рамочную конвенцию ООН по проблеме изменений климата (РКИК), состоявшейся 13–24 ноября 2000 г. в Гааге. 7000 участников этой конференции представляли 182 правительства, 323 межправительственных и неправительственных организации и 443 средства массовой информации. В целом отношение большинства политиков к проблеме глобального потепления характеризует заявление представителя республиканцев в Конгрессе США Д. Бартона. Он заявил, что если Д. Буш победит на выборах (что тогда и произошло), то он будет рекомендовать ему, чтобы США отказались от Киотского протокола и начали переговоры с целью освободить экономику от необоснованных экологических ограничений. Он считает, что «то, что мы видим здесь (в СОР-6), представляет собой в высшей степени бесполезное упражнение или, в лучшем случае, упражнение в фантазировании, а поэтому ничто обсуждавшееся в течение этой недели не должно найти поддержки голосованием в положительном смысле». Важной особенностью дискуссий в Гааге и далее была определенная конфронтация между США и странами Европейского Союза, которые отклонили американское предложение учитывать в балансе углерода использование различных возможностей, включая меры по восстановлению лесов как стока углерода, и потребовали от США подчинения общим рекомендациям об уменьшении выбросов углекислого газа в атмосферу.

Для обоснования политики руководства Российской Федерации при президиуме Российской академии наук (РАН) был организован специальный семинар, возглавляемый Ю.А. Израэлем, который в течение многих лет входил в руководящий состав МГЭИК. На этом семинаре в течение двух лет обсуждалась степень научной обоснованности точки зрения МГЭИК и целесообраз-

ность выполнения рекомендаций, изложенных в протоколе Киото. Рекомендации семинара были изложены на специально созванной международной конференции по климату, где основным докладчиком по научным проблемам выступил К.Я. Кондратьев. После публикации Четвертого обзора в 2007 г. выявилось заметное влияние на содержание этого Обзора проведенной с 29 сентября по 3 октября 2003 г. в Москве Всемирной конференции по изменению климата. Эта конференция была организована по предложению президента Российской Федерации В. Путина в ответ на давление на него со стороны западноевропейских политиков, в связи с тем, что Россия отказывается подписать Киотский протокол по ограничению выбросов CO₂ в атмосферу по причине неубедительности доказательств его необходимости. Руководство МГЭИК придавало большое значение этой конференции, о чем свидетельствовало участие в ней его главных идеологов и руководящих персон, а также министров энергетики ряда стран. Один из авторов настоящей работы (К.С.Д.) принимал участие в работе этой конференции и на заключительном заседании выступил с обвинением руководства МГЭИК в искажении сути научных материалов Второго обзора в 1996 г. в части его выводов для лиц, принимающих политические решения. Это обвинение было высказано в связи с тем, что при окончательной редакции Второго обзора составители отчета изменили утвержденных экспертами текст в угоду определенным политическим силам. Нам представлялось, что публичное осуждение такого образа действий, особенно в процессе работы экспертов по подготовке Четвертого обзора, предотвратит его повторение. По поручению президента Российской Федерации В. Путина на открытии конференции выступил советник президента А. Илларионов. Он обосновывал отказ России подписать Киотский протокол не только тем, что отсутствует научно доказанная необходимость сокращения выбросов углекислого газа в атмосферу, но и отрицательными последствиями для экономического развития России в случае реализации требований Киотского протокола. К сожалению, вследствие упорного и продолжительного политического давления, оказываемого ведущими политиками Европейского Союза на президента Российской Федерации, и несмотря на рекомендации специального научного семинара, созванного РАН, обсуждавшего эту проблему в течение почти двух лет и обосновавшего нецелесообразность подписания Россией этого протокола, В. Путин принял решение о присоединении Российской Федерации к Киотскому протоколу, вследствие чего решения протокола вступили в действие.

Главное в проблеме изменений глобального климата состоит не в том, что имеет место потепление глобального климата в XX веке. Оно не вызывает сомнений, особенно потепление в течение последних 30 лет. Предметом острых научных дискуссий остаются причины потепления и количественные оценки вкладов различных факторов в изменения глобального климата. В еще большей степени это относится к прогнозам климата с учетом антропогенных воздействий. В этой связи симптоматично, что авторские коллективы и МГЭИК-2001, и МГЭИК-2007 отказались от принятого в РКИК определения понятия «изменение климата» как обусловленного лишь антропогенными факторами, и в новых Обзорах «изменения климата» связываются

как с природными, так и с антропогенными причинами. Такое изменение содержания термина «изменения климата» делает бессмысленным Киотский процесс по ограничению выбросов для предотвращения нежелательных изменений, поскольку изменение климата происходит непрерывно и по многим причинам. Следует к этому добавить, что такое изменение противоречит также и традиционному определению климата как явления, характеризуемого значениями его параметров, усредненными за 30 лет. Обратимся теперь к вопросу о том, насколько изменились представления о причинах изменения климата в свете выхода в свет Третьего и Четвертого обзоров МГЭИК [52, а и б].

Данные наблюдений

Главная причина противоречивости разработок по изучению современного климата и его изменений состоит в неадекватности имеющегося глобального архива данных наблюдений с точки зрения его полноты и качества наблюдений. Известно, что климат характеризуется многими параметрами, такими как: температура и влажность воздуха вблизи земной поверхности и в свободной атмосфере; осадки (жидкие и твердые); количество, высота нижней и верхней границ, микрофизические и оптические характеристики облаков; радиационный баланс и его компоненты; микрофизические и оптические параметры атмосферного аэрозоля; компоненты химического состава атмосферы и многое другое. Между тем, эмпирический анализ данных о климате, как правило, ограничивается оперированием результатами наблюдений приземной температуры воздуха (ПТВ), поскольку лишь в этом случае имеются ряды данных за 100–150 лет. Однако даже и эти ряды далеки от однородности, особенно когда дело касается глобального массива данных, который служит основным источником информации для попыток обоснования концепции «глобального потепления». При этом надо иметь в виду также и тот факт, что получаемый при глобальном осреднении вековой ход среднегодовых значений ПТВ опирается главным образом на использование весьма далеких от совершенства данных наблюдений температуры поверхности океана (ТПО).

Основное внимание в контексте диагностики данных наблюдений климата должно быть обращено на анализ его изменчивости, основополагающее значение для которого имеет рассмотрение не средних величин, а моментов более высоких порядков. К сожалению, до сих пор не было предпринято даже попыток подобного подхода. Это замечание относится к оценкам внутренней коррекции рядов наблюдений. Р. Маккитрик [67], проанализировав вековой ход ПТВ, показал, что если отфильтровать вклад в изменение температуры за последние несколько десятилетий за счет внутренней корреляции (т.е. определяемый инерцией климатической системы), то оказывается, что изменение температуры практически отсутствовало. Это исследование указывает лишь на наличие возможности изменения температуры за счет природных факторов. Однако основной проблемой остается выделение ее антропогенной составляющей. Она важна потому, что только на основе ее выделения говорить о доминировании антропогенного вклада в повышение среднеглобальной ПТВ за 20–30 последних лет.

Температура воздуха. Согласно одному из рядов наблюдений приземной температуры воздуха за период

с 1860 г., ее среднегодовое среднеглобальное значение повысилось на $0,6 \pm 0,2^\circ\text{C}$. Это повышение превосходит значение, приведенное в Обзоре МГЭИК-1996, примерно на $0,1^\circ\text{C}$ (см. [9]). В Обзоре-2007 дальнейшее повышение температуры увязывается, аналогично Обзору-2000, с высоким уровнем приповерхностной температуры воздуха (ПТВ) в период 1995–2005 гг. Данные наблюдений указывают на наличие весьма сильной пространственно-временной изменчивости среднегодовой ПТВ на земном шаре. Например, изменение среднеглобальной ПТВ показывает, что потепление климата в XX веке происходило главным образом в течение двух периодов времени: 1910–1945 гг. (причем модельные данные свидетельствуют, что без учета влияния биосферных процессов температура поднялась на $0,1^\circ\text{C}$, а с их учетом примерно на $0,54^\circ\text{C}$), и 1976–2000 гг., когда температура без учета влияния биосферных процессов повысилась на $0,34^\circ\text{C}$, а с их учетом примерно на $0,5^\circ\text{C}$. Данные блочного моделирования за время с 1910 по 2000 г. показывают рост температуры примерно на $0,65^\circ\text{C}$ без учета влияния биосферных процессов, а с их учетом – примерно на $0,68^\circ\text{C}$. Из данных исследований непосредственного влияния биосферы на изменение приповерхностной температуры следует ее значительность. В Обзорах-2001 и -2007, при сравнении с прежними версиями из среднеглобальной ПТВ Северного полушария, исключены период потепления в 900–1200 гг. и период похолодания 1550–1900 гг. Следует отметить, что только такой способ подбора фактов дал составителям Обзоров основание утверждать, что потепление климата в Северном полушарии в XX веке было самым сильным за последние десять веков, а десятилетия 1990–2000 гг. было самым теплым с наиболее теплым 1998 годом. И именно эти утверждения создают впечатление, что причиной появления таких экстремальных температур является заметный рост именно концентрации CO_2 в последние три десятилетия. Исключение этих обусловленных природой явлений, не воспроизводимых в численных моделях, позволяет достичь некоторой адекватности модельных и наблюдаемых температур. Вызывает недоумение и подозрение в необъективности также и тот факт, что такой поворот в Обзоре-2001 обоснован результатами опубликованной в 1999 г. работы одного из авторов Обзора, но в Обзоре-2007 она не была деавторизована в явном виде. Важная особенность динамики климата состояла в том, что в среднем скорость повышения ночных (минимальных) значений ПТВ на суше примерно вдвое превосходила скорость роста дневных (максимальных) значений ПТВ, начиная с 1950 г. ($0,2^\circ\text{C}$ против $0,1^\circ\text{C}$ за 10 лет). Это способствовало росту продолжительности безморозного периода во многих регионах умеренных и высоких широт. В Обзорах-2001 и -2007 не упомянуто о предполагавшемся ранее усилении потепления климата в высоких широтах Северного полушария как характерного признака антропогенно обусловленного глобального потепления. Из анализа данных прямых измерений ПТВ на станциях «Северный Полюс» за 35 лет и дендроклиматических косвенных данных за последние два-три столетия [1] следует, что усиление потепления в Арктике не наблюдалось, а изменения температуры в течение последнего столетия и десятилетия характеризовались сильной пространственно-временной неоднородностью. В Арктике непрерывно формируются области, где происхо-

дят потепления или похолодания климата [85]. Начиная с 1950 по 1990 гг., в условиях, когда сеть аэрологических наблюдений стала многочисленной, от 3426 (1950 г.) до 5442 (1965 г.), и снова малочисленной – 1798 (1990 г.), тренды среднеглобальной ПТВ и температуры нижней тропосферы были почти одинаковыми (около $0,1^{\circ}\text{C}/10$ лет) [20–22]. Согласно данным спутникового дистанционного СВЧ-зондирования (с 1979 по 2000 гг.), имело место повышение среднеглобальной температуры нижней тропосферы, составившее около $0,036^{\circ}\text{C}/10$ лет [28], значительно уступающее росту ПТВ (примерно $0,24^{\circ}\text{C}/10$ лет). Это различие становится еще более ощутимым, если исключить влияние резкого повышения температуры в 1998 г. вследствие необычайно сильного явления Эль-Ниньо. Об этом свидетельствуют низкие значения трендов для интервала 1979–1997 гг. – $0,012^{\circ}\text{C}/10$ лет в тропосфере (т.е. охлаждение по СВЧ-зондированию), и $0,158^{\circ}\text{C}/10$ лет для ПТВ. Подобные различия в трендах, которые не наблюдаются в моделях глобальных циркуляций, этих основных инструментов МГЭИК, порождают серьезные сомнения в их состоятельности. Попытки свести разночтение этих двух способов измерения температуры, предпринятые в Обзоре-2007, выглядят малоубедительными.

Площадь снежного и ледяного покровов. МГЭИ придает этим характеристикам климата большое значение в качестве косвенного показателя наличия глобального потепления. В Обзорах отмечается, что начиная с конца 1960-х гг. наблюдается уменьшение площади снежного покрова примерно на 10%. В XX веке в средних и высоких широтах Северного полушария ежегодная продолжительность покрытия ледяным покровом озер и рек сократилась примерно на две недели, а в неполярных регионах происходило отступление горных ледников. Отмечается также уменьшение площади морского ледяного покрова в Северном полушарии весной и летом в пределах 10–15% с начала 1950-х гг. Весьма вероятно, что в периоды с конца лета по начало осени за последние десятилетия произошло уменьшение толщины морского ледяного покрова в Арктике, составившее около 40%. Но следует отметить, что это уменьшение было гораздо менее существенным зимой. За период регулярных спутниковых наблюдений (начиная с 1979-х гг.) ни в Арктике, ни в Антарктике не было обнаружено заметного тренда площади ледяного покрова. В сочетании с фактом незначительных температурных трендов можно прийти к выводу, что в изменении ледяного покрытия в Арктике большую роль играют изменения океанических течений и интенсивность Североатлантических колебаний.

Уровень поверхности и теплосодержание верхнего слоя океана. Эти характеристики также важны для МГЭИК, поскольку большие опасения относительно глобальных последствий вызывает повышение уровня Мирового океана. С учетом исключительно фрагментарного, непродолжительного и ненадежного характера измерений в Обзорах фактически приводятся результаты, скорректированные расчетным путем. Согласно этим расчетным данным оказывается, что за XX столетие уровень Мирового океана повысился на $0,1–0,2$ м, причиной чего было обусловленное глобальным потеплением тепловое расширение морских вод и таяние льда на суше. В Обзорах утверждается, что скорость подъема уровня Мирового океана превзошла примерно в 10 раз наблюдавшуюся за последние 3000 лет, и именно с конца 1950-х гг. повышение температу-

ры поверхности океана привело к увеличению теплосодержания верхнего слоя океана.

Другие параметры климата. Из данных наблюдений осадков следует, что в течение XX столетия на большей части суши в средних и высоких широтах Северного полушария наблюдалось увеличение осадков на $0,5–1\%$ за 10 лет, и на большей части суши субтропических широт наблюдалось уменьшение осадков (примерно $0,3\%$ за 10 лет). Однако осадки ослабились в самые последние годы, что является предметом более детальных исследований причин, вызывающих это явление. Что касается Мирового океана, то отсутствие адекватных данных наблюдений не позволяет выявить достоверные тренды осадков. Начиная с середины 1970-х гг. более частыми, устойчивыми и интенсивными стали явления Эль-Ниньо/Южное колебание (ЭНЮК). Подобная динамика ЭНЮК отобразилась в особенностях региональных вариаций осадков ПТВ в большей части зон тропиков и субтропиков. Пока еще остающиеся разрозненными и неадекватными данные наблюдений интенсивности и частоты повторяемости тропических и внетропических циклонов, а также местных штормов не позволяют прийти к определенным выводам о каких-либо трендах [5].

Концентрация парниковых газов и антропогенного аэрозоля в атмосфере. В Обзорах отмечается, что с 1750 г. по 2008 г. концентрация углекислого газа в атмосфере выросла до $385,6$ ppm (миллионных долей), и это наибольший за последние 420 тыс. лет (и, возможно, за последние 20 млн лет) уровень, о чем свидетельствуют данные ледяных кернов [52]. Примерно на три четверти рост концентрации CO_2 обусловлен выбросами в атмосферу за счет сжигания ископаемых топлив и выбросами цементной промышленности (остальные 20% приходятся на долю вкладов от биосферы). Интересно, что к концу 2008 г. выбросы CO_2 в США на $\sim 13\%$ превысили уровень 1990 г. [92]. Согласно Обзорам в настоящее время как Мировой океан, так и суша являются глобальными стоками CO_2 , причем в океане это обусловлено различием температур поверхности океана в высоких и низких широтах, а также химическими и биологическими процессами, тогда как на суше это связано с усилением «фертилизации» растительности за счет возрастающей концентрации CO_2 и азота, а также с изменениями землепользования. Подходы МГЭИК в части углеродного цикла фактически остались на уровне начала 1990 гг., и, несмотря на появление целой главы в Обзоре-2001, обоснования для определения круговорота углерода в Обзорах отсутствуют. С самого начала своей деятельности ложно оценивая процесс лесопользования и землепользования, МГЭИК в качестве основных причин повышения CO_2 принял сжигание ископаемых топлив и обезлесивание. Попытки при помощи балансовых расчетов замыкать углеродный цикл привели к введению неопределимого «фертилизационного стока», затуманивающего проблему углеродного цикла.

Из перечня источников выбросов CO_2 полностью вычеркнуты выбросы, связанные с «сжиганием углерода» самим человеком в процессе дыхания². А эти выбросы для 7 млрд населения составляют около $0,95$ Гт, что намного больше перекачиваемых из одного Обзора в другой выбросов цементной промышленности.

² По данным [11], в среднем около 135 кг углерода в год.

В [11, 99–104] показано, что дополнительный, сверх 270 ppm, антропогенный (K_a) рост концентрации CO_2 в ppm линейно зависит от глобальной численности населения. Согласно этой закономерности текущая концентрация CO_2 в атмосфере определяется формулой $K \approx 270 + K_a = 270 + 15P$ ppm, где P – численность населения в миллиардах (рис. 1). Например, в 2007 г. при численность населения около 7 млрд человек расчетная концентрация углекислого газа в атмосфере равна $K \approx 270 + 15 \cdot 7 = 375$ ppm, что отличается от данных станции наблюдения на острове Мауна Лоа 383,7 ppm на 2,9% (рис. 1). Однако, с учетом влияния температуры, а также изменения продуктивности биосферы, особенно в средних широтах Северного полушария вследствие крупных извержений вулканов Кракатау в 1883 г, Агунг в 1962 г. и Пинатубо в 1991 г., $K_{стВ} = 386,2$ ppm, что отличается от наблюдаемого всего на 0,65%. Эти погрешности сопоставимы с таковыми для величин P и K .

Приведенные ниже численные данные свидетельствуют о значительном влиянии биосферы на концентрацию углекислого газа в атмосфере. К примеру, в отсутствие влияния биосферы в атмосфере концентрация CO_2 была бы выше примерно на 70%.

В связи с темпами роста концентрации углекислого газа в атмосфере, при учете влияния биосферы на эту скорость, можно выделить степень воздействия вулканических извержений на биологические процессы, ответственные за баланс концентрации CO_2 в атмосфере (рис. 2, 3). В период с 1980 по 2005 г. вышли в свет четыре Обзора по изменению климата с 1980 по 1984 г., с 1985 по 1989 г., с 1999 по 2000 г. и с 2001 по 2005 г. Отфильтрованные быстрым преобразованием Фурье с периодом 10 лет средние по пятилетним периодам изменения результатов натурных наблюдений концентрации CO_2 для этого промежутка времени, указанных в этих Обзорах, приведены в табл. 1.

Существенное влияние биосферы заметно в периоды 1990–2000 гг. и 2001–2005 гг. Изменения концентрации углекислого газа за счет только углеродного цикла, начиная уже с начала нового века, проявляют тенденцию к снижению темпов роста, в то время когда последствия извержений вулканов на биосферные процессы и изменения температуры искажают процесс роста. Для иллюстрации изложенного выше рис. 3 содержит кривые годового прироста концентрации углекислого газа (ΔK) в атмосфере и обработанные при помощи преобразования Фурье $fft(1850-XX)$ ряды кривых $\Delta K(t)$, где внутри скобки указаны начало и конец рядов. Здесь же приведены кривые $dKcTdV$ и dKc , по которым составлена табл. 1.

Привязанная к линейной зависимости K_a от P , модель углеродного цикла [99–103] оказывается более адекватной не только в смысле воспроизведения наблюдаемых процессов в углеродном цикле но, что важнее, позволяет более точно связывать прогнозы будущих концентраций CO_2 с единственной переменной, каковой служит численность населения. На рис. 4 пред-

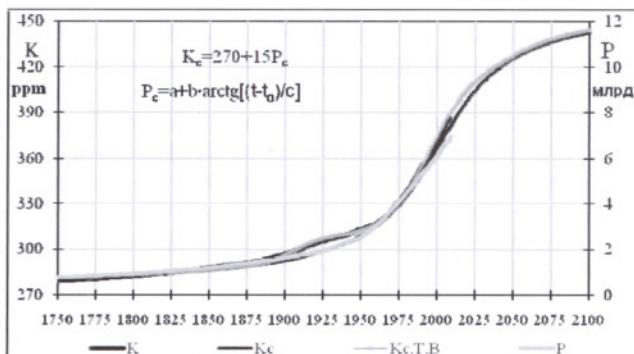


Рис. 1. Связь между концентрацией CO_2 в атмосфере и глобальной численностью населения:

K – концентрация CO_2 (K_c – расчетная, $K_{стВ}$ – расчет с учетом биосферы и роста температуры), P – численность населения.

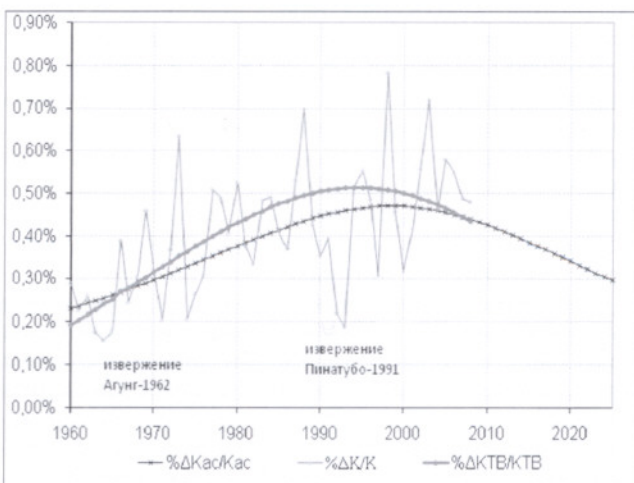


Рис. 2. Учет влияния биосферы и извержений вулканов на климат (dK_c, T, dB).

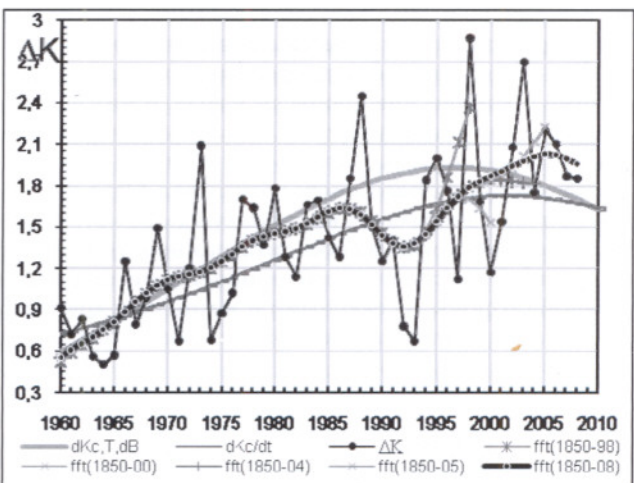


Рис. 3. Годовые изменения концентрации CO_2 в атмосфере: антропогенные (dKc/dt), с учетом влияния биосферы и извержений вулканов (dKc, T, dB), а также кривые $D K$, сплаженные преобразованием Фурье: $fft(1850-xx)$, где xx годы в числе, например 2008.

Табл. 1.

Влияние учета эффектов биосферы на оценки изменений концентрации CO_2 в атмосфере в последовательные пятилетние периоды времени

Период	1980–1984	1985–1989	1990–1995	1996–2000	2001–2005
С учетом биосферы	0,15153	0,0972	-0,173068	0,345362	0,20288
Без учета биосферы	1,34606	0,13857	0,1048458	0,0342675	-0,04091

ставлены рассчитанные при использовании этой закономерности зависимости от времени для выбросов углерода в атмосферу (J_c , тонны в год) доли углерода оставшейся в атмосфере (J_a), доли стекающей из нее, (J_b), и долей J_b стекающих в океан (J_o) и в биосферу (J_b). Согласно этой модели, при прогнозируемом росте численности населения к 2100 г. до 11,5 млрд можно ожидать, что рост концентрации углекислого газа в атмосфере в 2100 г. будет соответствовать $K_a = 15 \cdot 11,5 = 172,5$ и $K = 270 + 172,5 = 442$ ppm.

Более того, модель углеродного цикла $J_c = J_a + J_b = J_a + J_o + J_b = 2,13 \cdot dP/dt + 15 \cdot P/51 + 15 \cdot P/37$, предложенная в [11], позволяет рассчитать все стоки и истоки в основные резервуары углерода на планете, представленные в виде кривых на рис. 4. Например, в 2005 г. выбросы углерода в атмосферу с учетом таковых из биосферы и океанов составили 8,58 Гт. Из этого количества в атмосфере осталось $J_a = 3,59$ Гт, стекло в океан $J_o = 2,9$ Гт, поглощено биосферой $J_b = 2,09$ Гт. Количество углерода, поглощенное океаном, биосферой и оставшееся в атмосфере, равно таковому, выброшенному в атмосферу. Таким образом, соблюдается баланс стока и истока, т.е. имеет место равенство $3,9 + 2,9 + 2,09 = 8,58$ Гт. Кроме того, модель позволяет определить и много других обстоятельств, важных для понимания нюансов и особенностей круговорота углерода.

Не вызывает сомнений, что главным фактором роста концентрации CO_2 в XXI веке является человеческая деятельность. Согласно модельным данным, в Обзорах утверждается, что роль биосферы и океана как барьера для роста концентрации будет со временем ослабляться. В этой связи, например, в Обзорах почти неизменно подтверждается вероятный интервал значений концентрации CO_2 к концу столетия в 540–970 ppm, при доиндустриальном и современном (2008 г.) значениях, равных 280 и 385,6 ppm соответственно. В моделях углеродного цикла, учитываемых в Обзорах, преимущественную роль в стоке углерода в океан играют диффузные и химические процессы в воде. В них неадекватно учитываются процессы, связанные с переносом углекислого газа океаническими течениями, особенно в областях с образованием холодных вод. Однако главная причина дисбаланса выброса углерода в атмосферу и его стока в океанах состоит в разнице температур между тропическими и субтропическими широтами с одной стороны и северными и южными с другой. С учетом этих факторов, способность океана поглощать

углекислый газ выглядит намного оптимистичнее. Об этом свидетельствуют и приведенные в Обзорах данные о растущих стоках в океан. В процессах землепользования характер и интенсивность стока зависят от совокупной хозяйственной деятельности, которые и создают сток углерода. Точно так же обезлесивание не обязательно приводит к уменьшению стока. Введя в сельскохозяйственный оборот части лесного массива в бассейне Амазонки с нулевым балансом стоков и истоков для углерода, можно увеличить сток. Такую же роль играли лесопромышленные комплексы в СССР, которые, заготавливая древесину, параллельно создавали новые плантации лесов со стоком, интенсивно растущим со временем. Эти и другие особенности экономической деятельности играют определяющую роль в установленной линейной зависимости роста антропогенно обусловленной концентрации углекислого газа в атмосфере (K_a) от численности населения. При составлении прогнозов даже в виде «сказок» о них («storylines») очень важно учитывать уже наблюдаемые тенденции выбросов углерода. По наблюдаемым и модельным данным выбросы углерода на душу населения, достигнув уровня 1,3–1,38 тС/год, к концу прошлого столетия стали уменьшаться, и этот процесс вполне закономерен в свете всего комплекса обстоятельств, связанных с развитием мировой экономики.

Следует заметить, что этот спад является естественным и не потребовал реализации каких-либо административных мер типа Киотского протокола. С учетом всех указанных выше обстоятельств, прогнозные значения концентрации углекислого газа выше 450–460 ppm маловероятны. На рис. 5 даны соотношения между рассчитанными по методике [101, 102, 103] значениями отношений расчетных J_c и учтенных J выбросов углерода в глобальном масштабе и численностью населения расчетного (P_c) или по полевым данным (P). Четыре кривые на рис. 5 соответствуют четырем различным комбинациям отношения J/P , т.е. выбросам на душу населения, а пятая кривая представляет усредненные значения четырех вариантов годовых выбросов углерода на душу населения. Такие же кривые, но построенные согласно Обзорам МГЭИК, представлены жирными точками под названием IPCC. Более чем удивительно то, что на фоне почти полного совпадения между данными настоящей работы о количестве выбросов углерода на душу населения и таковыми, представленными МГЭИК в период с 1990 по 2005 г., это количество во втором случае резко возрастает в 2010 г.

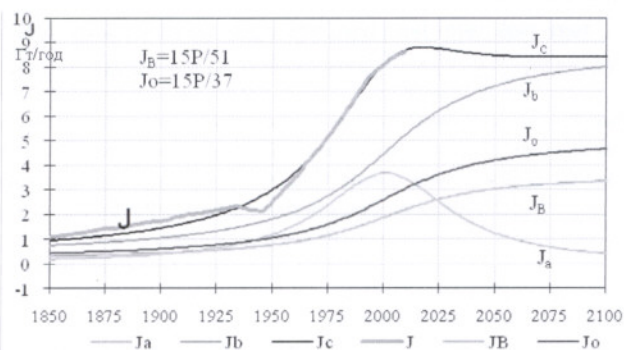


Рис. 4. Изменение по годам: расчетных (J_c) и сглаженных натуральных (J) годовых выбросов углерода в атмосферу; долей этих выбросов, остающихся в атмосфере (J_a), стекающих в океан (J_o) и биосферу (J_b) и их суммы $J_b = J_o + J_b$.

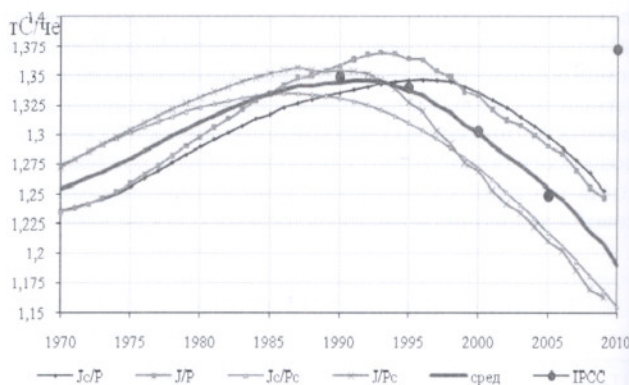


Рис. 5. Изменение соотношений между расчетными J_c и натуральными величинами выбросами углерода J_c с одной стороны и P_c и P с другой, их среднее значение и данные по IPCC.

Очевидно, что тенденция сокращения глобальных выбросов углерода на душу населения к концу 2100 г. до не более чем 0,75–0,85 тонны углерода в год на человека (С/год) обусловлена главным образом замедлением темпа роста численности населения планеты (рис. 6). А учет дальнейшего повышения эффективности использования не только ископаемых топлив, но и возобновляемых источников энергии гарантирует невероятность апокалипсических предсказаний МГЭИК.

Концентрация метана в атмосфере возросла по сравнению с наблюдавшейся (по косвенным данным) в 1750 г. в 2,5 раза и продолжает увеличиваться. Но ежегодное ускорение возрастания концентрации CH_4 снизилось почти до нулевого уровня и стало более изменчивым в 1990-е гг. по сравнению с 1980 гг. С учетом замедления темпов роста новых земель для выращивания риса в Китае и Индии, а также снижения темпов открытия новых крупных месторождений природного газа, не следует ожидать существенного уменьшения роста концентрации метана в дальнейшем в связи с освоением и эксплуатацией новых месторождений.

За время с 1750 г. произошло увеличение концентрации закиси азота на 16%. В результате осуществления рекомендаций Монреальского протокола и последующих дополнений к нему концентрации целого ряда галогенуглеродных соединений, функционирующих как парниковые и одновременно разрушающие озоновый слой газы, либо возрастали медленнее, чем раньше, либо начали убывать. Однако, с другой стороны, начался быстрый рост концентрации их заменителей и некоторых других синтетических соединений (например, перфторуглеродных соединений и шестифтористой серы). Что касается прогностических оценок концентрации других ПГ к 2010 г., то они изменяются в очень широких пределах. Так, например, из некоторых оценок следует, что роль тропосферного озона как парникового газа может сравниться с вкладом метана и окажется существенной так же, как фактор снижения качества воздуха над большей частью Северного полушария.

Оценки изменения радиационного возмущающего воздействия (РВВ), характеризующего усиление парникового эффекта атмосферы и обусловленного ростом концентрации хорошо перемешанных в атмосфере малых газовых компонентов (МГК), дали суммарное значение, равное 2,42 Вт/м², при следующих вкладах различных МГК: CO_2 – 1,46 Вт/м², CH_4 – 0,48 Вт/м², галогенуглеродные соединения – 0,33 Вт/м², N_2O – 0,15 Вт/м². Наблюдавшееся за последние два десятилетия уменьшение общего содержания озона могло привести к отрицательному РВВ, составляющему

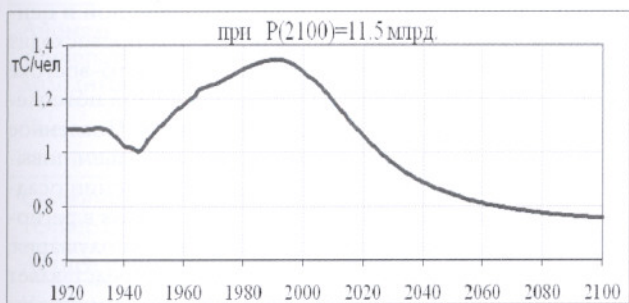


Рис. 6. Тенденция ежегодных выбросов углерода в атмосферу в тоннах на человека при условии естественного роста численности населения мира.

0,15 Вт/м², которое может снизиться до нуля в текущем столетии, если меры по защите слоя озона окажутся успешными. Произшедший с 1750 г. рост содержания тропосферного озона (примерно на одну треть) мог породить положительный РВВ около 0,33 Вт/м².

Со времени Обзора МГЭИК-1996 существенно изменились оценки РВВ, обусловленного не только сульфатным аэрозолем, рассмотренным ранее, но и другими видами аэрозоля, особенно углеродного (сажевого). Радиационные возмущающие воздействия характеризуются значительным поглощением солнечной радиации, а также органического морского солевого и минерального аэрозоля. Сильная пространственно-временная изменчивость содержания аэрозоля в атмосфере и его свойств серьезно осложняет оценки воздействия аэрозоля на климат [60]. Однако это обстоятельство имеет значение и для специалистов по численному моделированию, поскольку при соответствующем подборе состава аэрозолей и их РВВ оказывается возможным адекватно моделировать наблюдаемые явления. Классическим примером может служить «альтернативная стратегия», предложенная Д. Хансеном и др. [45]. Авторы, пользуясь неопределенностью РВВ-аэрозолей, высказывают предположение о приближенной взаимной компенсации потепления климата, обусловленного ростом концентрации CO_2 , и похолодания, обусловленного сульфатным аэрозолем. В этих условиях более важная роль отводится изменениям, обусловленным выбросами антропогенного по происхождению метана (главным образом за счет рисовых чеков) и углеродного (поглощающего) аэрозоля. Эта «стратегия» приемлема хотя бы потому, что исключает необходимость в Киотском протоколе, но, к сожалению, она открывает широкое поле для политических игр теперь уже вокруг метана и углеродного аэрозоля.

Требующим учета климатообразующим фактором являются изменения внеатмосферной солнечной радиации. Вклад этих изменений в РВВ за период с 1750 г. мог достигать примерно 20% по сравнению с вкладом CO_2 , что обусловлено главным образом усилением внеатмосферной инсоляции во второй половине XX века (важное значение имеет учет 11-летнего цикла инсоляции). Отрицание в Обзоре-2001 наличия средневекового этапа потепления и малого ледового периода показывает, что специалисты в области климата все еще далеки от понимания возможных механизмов усиления воздействий солнечной активности на климат [4, 59].

Результаты численного моделирования климата и их достоверность

Проблемы численного моделирования климатических процессов были детально проанализированы, в частности, в работах [9, 11, 17, 24, 46, 47, 59, 76, 77, 79–81, 88, 97]. Они отражают достигнутые за последние годы значительные успехи в разработке более совершенных численных моделей климата с интерактивным учетом всех компонентов климатической системы «атмосфера – гидросфера – криосфера – биосфера». Особое внимание уделяется созданию дискретных моделей, способных адекватно воспроизводить процессы обмена веществ в биоте. Современные модели климатических процессов способны воспроизводить численные данные, близкие к наблюдаемым процессам в атмосфере, океане и биосфере. Однако все более зримо про-

являются и отрицательные последствия чрезвычайного усложнения моделей климата и многочисленности используемых в них схем эмпирической параметризации различных процессов, которые затрудняют анализ адекватности моделей, особенно с точки зрения их применения для прогноза климата будущего. Именно поэтому предпринятые до сих пор попытки сравнить результаты численного моделирования климата с данными наблюдений были весьма схематичными, противоречивыми и неубедительными. Современные интерактивные модели настолько сложны, а достижение конечного результата оказывается настолько длительным и затратным, что приходится отказываться от возможности определения величины T_{2x} в моделях. Вместо этого в практику моделирования введен новый параметр, определяемый через значение температуры в момент удвоения эквивалентной концентрации. Этот параметр настолько индивидуален для каждой модели, что не может быть использован для практических целей, поскольку реальное удвоение может и не произойти.

Приходится еще раз подчеркнуть, что, несмотря на все усовершенствования моделей и повышение вычислительных возможностей ЭВМ, они неадекватно отображают реальность. При условии существенного увеличения вычислительной мощности и усовершенствования численных моделей остается нерешенной самая важная проблема, а именно – невозможность количественно верифицировать адекватность данных, полученных в моделях. Более того, чем более детальным становится воспроизведение реальности, тем более недостижимой оказывается его верификация ввиду стохастичности процессов и в природе, и в моделях. По этой причине неубедительны, например, выводы о вековом ходе среднегодовой среднеглобальной ПТВ за последние полтора столетия. Если, согласно Обзору МГЭИК, имеет место хорошее согласие наблюдаемого и рассчитанного (с учетом роста концентрации CO_2 и сульфатного аэрозоля) хода ПТВ, то, следуя [45], необходимо считать более важным учет метана и углеродного аэрозоля. К сожалению, в обоих этих случаях выводы покоятся на произвольных суждениях, а согласие с наблюдениями является в действительности не более чем подгонкой. К тому же ясно, что содержательное сравнение теории с наблюдениями должно включать рассмотрение региональных изменений климата (не ограничиваясь ПТВ), и не только средних значений параметров климата, но и их изменчивости, характеризующейся моментами более высокого порядка.

В Обзоре МГЭИК-1996 содержится вызвавший острую дискуссию вывод: «Баланс имеющихся данных предполагает наличие различного влияния человека на глобальный климат» [59], а также утверждение, что «антропогенный сигнал» уже проявляется на фоне естественной изменчивости климата. В Обзоре-2001 [52] утверждается, что «Исследования по обнаружению и атрибуции данных наблюдений климата за последние 35–50 лет регулярно выявляют свидетельства наличия антропогенного сигнала». И далее: «Природно обусловленные воздействия могли играть роль в наблюдаемом потеплении в течение первой половины XX столетия, но не способны объяснить потепление во второй половине столетия». Однако здесь же содержится и такое суждение: «Реконструкция климата за последнюю 1000 лет и модельные оценки его природно обусловленных изменений свидетельствуют о

малой вероятности того, что наблюдавшееся во второй половине XX столетия потепление климата могло иметь полностью природное происхождение». Вслед за этим подчеркнута высокая степень неопределенности полученных количественных оценок антропогенного потепления, особенно с точки зрения вкладов различных факторов потепления (в первую очередь это относится к атмосферному аэрозолю) [52]. Противоречивость и неубедительность процитированных суждений и выводов настолько очевидны, что не требуют комментариев. Безусловно ведущую роль в обосновании прогнозов климата будущего должны играть интегральные модели, описывающие динамику взаимодействия социально-экономического развития и природы [9, 59, 92]. Однако остается неясным, какой степени реалистичности прогнозов можно достичь на основе использования подобных моделей за пределами сложности, при наличии неадекватной входной информации. Следует думать, что по крайней мере в обозримом будущем интегральные модели могут служить средством получения лишь весьма условных сценариев. Важным преимуществом подобных моделей является возможность отобразить картину региональных изменений климата. Однако эту картину можно получить, причем с неопределяемой величиной ее адекватности, лишь после многократного повторного воспроизведения климатических изменений в глобальном масштабе, что весьма проблематично.

По новым данным, при 1%-ном росте концентрации CO_2 в год для разнообразных сценариев развития экономики и состава аэрозолей повышение среднеглобальной среднегодовой ПТВ за период 1990–2100 гг. ожидается в пределах 1,4–4,8°C [59], тогда как согласно МГЭИК-1996 повышение за такой же интервал составляло 1–3,5°C. Симптоматично в этой связи, что совершенствование и увеличение числа моделей породило не сужение, а расширение расходимости этого процесса. Важно, что расхождения рассчитанных значений ПТВ, соответствующих различным моделям при задании одинакового сценария выбросов малых газовых компонентов (МГК), и одной модели с использованием различных сценариев выбросов, примерно одинаковы. Что касается прогнозов регионального климата, то они все еще не обладают статистической достоверностью, т.е. не заслуживают доверия. Однако можно, по всей видимости, считать достоверным вывод о том, что потепление во многих регионах суши окажется более быстрым, чем среднеглобальное, особенно в высоких широтах в холодную половину года. Особенно заметным оказалось предвычисленное потепление климата в северных регионах Северной Америки, а также в северной и центральной Азии, где оно примерно на 40% превосходит среднеглобальное. Напротив, на юге и юго-востоке Азии летом и на юге Южной Америки зимой потепление должно быть слабее среднеглобального. Численное моделирование свидетельствует о предстоящем повышении влагосодержания атмосферы и усилении осадков. В частности, возможно усиление осадков в регионах умеренных и высоких широт Северного полушария, а также в Антарктике зимой. Этот вывод представляет особый интерес в контексте проблемы динамики ледников. В низких широтах, в зависимости от выбора сценариев выбросов МГК, вероятно наличие регионов как усиления, так и ослабления осадков. В этой связи еще раз следует подчеркнуть то обстоятельство, что эти,

даже качественные, результаты могут меняться в зависимости от числа повторных моделирований. В этом смысле практическое значение этих выводов сводится к нулю.

В связи с большим интересом к возможным экстремальным событиям в Обзоре [59] содержатся соответствующие прогностические оценки, сопоставленные с данными современных наблюдений (табл. 2). Эта проблема детально обсуждена в монографиях [5, 57]. Расплывчатость содержащихся в табл. 2 выводов определяется дефицитом данных наблюдений и недостоверностью результатов численного моделирования.

Расчеты антропогенно обусловленных («парниковых») изменений климата свидетельствуют о возможности ослабления в будущем термохалинной циркуляции (ТХЦ) в океанах Северного полушария. Однако даже модели, выявляющие подобное ослабление, все еще отображают сохранение «парникового» потепления в Европе. Пока что остается неясным, может ли произойти необратимый коллапс ТХЦ, и какие пороговые условия соответствуют такого рода коллапсу. Ни одна из существующих моделей не предсказывает полного прекращения ТХЦ в течение ближайших 60 лет.

Согласно результатам численного моделирования «глобального потепления», должно произойти дальнейшее сокращение площади снежного и морского ледяного покрова в Северном полушарии. В XXI веке ожидается дальнейшее отступление ледников (за исключением ледовых щитов Гренландии и Антарктики, включая Западную Антарктику). При заданных сценариях роста концентрации ПГ в период 1990–2100 гг. может произойти подъем уровня Мирового океана в пределах 0,14–0,8 м (в среднем около 0,47 м), что в 2–4 раза превосходит скорость подъема уровня океана в XX веке. В табл. 2 приведены наблюдаемые и прогнозируемые аномальные изменения погоды и климата.

По мнению МГЭИК, последствия антропогенных воздействий на глобальный климат должны сохраняться на протяжении длительного времени, что определяет следующие, весьма спорные, специфические особенности соответствующих процессов:

Последствия выбросов углекислого газа для концентрации CO_2 в атмосфере являются долговременным. Даже через несколько столетий после прекращения выбросов доля углекислого газа, остающегося в атмосфере, может достигать 20–30% по отношению ко всему объему выбросов (в реальности – за 70–55 лет).

Предполагаемая стабилизация уровня концентрации CO_2 в атмосфере требует значительного сокращения выбросов углекислого газа в атмосферу, а также еще более существенного уменьшения выбросов других ПГ. (Это утверждение является следствием первого. На самом деле стабилизация концентрации достигается стабилизацией выбросов. На уровне постоянных выбросов углерода около 9 ГтС/год, стабильный уровень концентрации будет около 465 ± 15 ppm.)

Повышение среднглобальной ПТВ также продолжается на протяжении сотен лет после стабилизации уровня концентрации CO_2 ввиду гигантской тепловой инерции океана (это утверждение касается только 15–25% всего увеличения).

Реакция уровня океана и ледовых щитов на происшедшие ранее изменения климата способна продолжаться в течение тысячелетий после стабилизации климата. Согласно модельным расчетам, при локальном потеплении, составляющем $5,5^\circ\text{C}$ может произойти повышение уровня Мирового океана (за счет таяния гренландских льдов) на 3 м за 1000 лет. Прекращение дальнейшей деградации сети обычных метеорологических наблюдений.

Продолжение исследований в области диагностики глобального климата с целью получения длинных ря-

Табл. 2.

Сравнение наблюдаемых и прогнозируемых изменений погоды и климата

Явление	Наблюдения (вторая пол. XIX века)	Прогноз на 2050–2100 гг.
Аномальные максимумы температуры и аномально большое число необычно жарких дней	Почти все регионы суши	Подобные аномалии выявляются большинством моделей
Повышенный индекс тепла	Многие регионы суши	-
Аномально интенсивные осадки	Многие регионы в средних и высоких широтах Северного полушария	-
Аномально высокие минимумы температуры и сокращение числа холодных дней	Почти все регионы суши	-
Уменьшение числа дней с заморозками	-	Возможны с учетом повышения минимальных температур
Снижение амплитуды суточного хода температуры	Многие регионы суши	Почти все модели
Летнее иссушение континентов	Некоторые регионы	-
Усиление максимального ветра в тропических циклонах	Не наблюдалось, но число изученных случаев мало	Некоторые модели
Усиление средних и максимальных осадков в тропических циклонах	Недостаточно данных	-

дов данных наблюдений при более высоком пространственном и временном разрешении.

Достижение более адекватного понимания взаимодействия между компонентами климатической системы океана (в том числе его глубинных слоев) в их взаимодействии с атмосферой.

Более реалистическое понимание закономерностей долговременной изменчивости климата.

Более широкое применение «ансамблевого» подхода при численном моделировании глобального климата в контексте вероятностных оценок.

Разработки интегральной совокупности («иерархии») глобальных и региональных моделей при особом внимании к численному моделированию региональных воздействий и экстремальных изменений.

Обеспечение интерактивных физико-биологических моделей климата и моделей социально-экономического развития с целью анализа взаимосвязей динамики окружающей среды и общества.

Заключение

Основной вывод, который следует из рассмотрения Обзоров МГЭИК, косвенно обосновывающих необходимость всего процесса, связанного с принятием и реализацией Протоколов Киото, заключается в том, что они не могут быть основой для принятия решений ввиду исключительной сложности понимания закономерностей современной динамики климатической системы и, тем более, оценок возможных изменений климата в будущем и сохраняющегося до сих пор отсутствия достоверных оценок вклада антропогенных факторов в формирование современного климата. Бесспорным является понимание того, что антропогенно обусловленное усиление парникового эффекта атмосферы за счет роста концентрации парниковых газов в атмосфере должно порождать определенные изменения глобального климата. Однако недопустимо использовать этот факт для нагнетания паники и для решения политических задач. К сожалению, некоторые ведущие деятели МГЭИК руководствуются именно этими принципами.

Для оценки реалистичности прогнозов климата оказывается исключительно важным проверка адекватности моделей с точки зрения воспроизведения современных наблюдаемых изменений климата и палеодинамики климата (по косвенным данным). Что касается использования данных современных наблюдений, ситуация является довольно парадоксальной: опыт проверки адекватности почти полностью ограничивается использованием осредненных значений температуры при очевидной необходимости использования другой разнообразной информации. Парадоксальность ситуации характеризуется тем, что гигантская избыточность несистематизированных данных спутниковых наблюдений сочетается с уже упоминавшейся деградацией обычных (прямых) наблюдений.

Палеоданные свидетельствуют о наблюдавшихся в геологическом прошлом сильнейших и иногда очень быстрых изменениях климата. К. Алверсон и др. [19] отметили, например, что изменения уровня океана превосходили 100 м при устойчивой скорости изменений более 1 см за 10 лет. Подобные изменения намного больше предполагаемых антропогенно обусловленных изменений при удвоении концентрации CO_2 в атмосфере, что отображает необоснованность опасений по поводу антропогенных воздействий на климат. Проблема

состоит не столько в том, чтобы обеспечить детальный прогноз климата в будущем, сколько в необходимости проанализировать чувствительность современного общества и его инфраструктур к возможным изменениям климата. Стоит напомнить, что для многих стран, включая Россию и США (см. [13]), прогнозируемое потепление является скорее благом, чем опасностью. В этой связи ценность палеоданных как предиктора климата может быть более высокой, чем условных сценариев, полученных на основе численного моделирования.

Что касается прогнозов климата и содержащихся в Киотском протоколе рекомендаций о сокращении выбросов ПГ в атмосферу, то ясно, что первые нельзя интерпретировать иначе как условные сценарии и, соответственно, вторые следует рассматривать как лишённые реальных оснований. Таким образом, существует острая необходимость в ближайшее время осуществить ревизию Международной рамочной конвенции по проблеме изменений климата и отказаться от необоснованных, нереальных и опасных для социально-экономического развития рекомендаций, содержащихся в Киотском протоколе и его преамбуле. Провал конференций представителей стран, подписавших РКИК, свидетельствует о бесплодности этих дорогостоящих конференций и о необходимости серьезного научного обсуждения проблемы глобальных изменений климата, свободного от доминирования политиков и «научных» адептов концепции «глобального потепления». Реальность состоит в том, что выбросы ПГ в атмосферу по-прежнему возрастают, и этот процесс будет продолжаться, в частности, в США и Китае, а все рассуждения относительно важности «гибких рыночных механизмов», «торговли выбросами» и т.п. целиком принадлежат к сфере риторики.

М. Сорос [84] уместно напомнил, что в 2000 г. в США выбросы CO_2 превышают почти на 16% таковые в 1990 г., в странах Европейского Союза (в среднем) на 6%, в Японии примерно на 5%, а в Австралии примерно на 24%. Таким образом, период после 1990 г. был периодом не стабилизации, а повышения уровня выбросов углекислого газа в атмосферу. К тому же, нет никаких признаков того, что принимаются серьезные усилия для сокращения выбросов. Снижение выбросов CO_2 , наблюдавшееся в Германии и Великобритании, не имеет никакого отношения к рекомендациям Киотского протокола. Доверие к Протоколу теряется не только в связи с его необоснованностью, но и из-за очевидного отсутствия перспективы его ратификации ведущими индустриальными странами.

Как обоснованно заметил Р. Тол [91], «мы не должны заблуждаться относительно того, что мир без ископаемых топлив будет раем. Хотя возобновляемые источники энергии выглядят привлекательно в малых масштабах, их крупномасштабные перспективы неясны. Стали очевидными, например, пределы гидроэнергетики и ограниченные возможности ветроэнергетики». Все это отображает ту несомненную истину, что необходимы поиски путей развития цивилизации и обоснование адекватной экологической политики в контексте динамики интерактивной системы «общество – природа». Решение подобной задачи потребует беспрецедентных кооперативных усилий специалистов в областях естествознания и наук об обществе и потребует огромных финансовых и производственных ресурсов. Нужна ли вся эта политическая шумиха на фоне реальных про-

блем человечества, когда природа сама регулирует рост населения Земли в условиях добычи все более дорогостоящего органического топлива с учетом способности планеты самой разбираться со своим производением – человечеством? Ниже на рис. 7 показано, каким образом это может происходить естественным образом.

Рис. 7, полученный на основе четырехблочной модели океана, наглядно показывает, каким образом изменятся во времени температура при прогнозной численности населения планеты $P(2100) = 12$ млрд. На рисунке видно, что в течение 2050–2100 гг. и по 2750 г. должно происходить медленное снижение выбросов с 10 до 7 ГтС/год, а радикальное снижение начнется с 2750 г. Приведенные на рисунке результаты моделирования показывают влияние естественного и постепенного снижения выбросов углекислого газа антропогенного происхождения вследствие использования преимущественно ископаемых топлив с момента начала их исчерпания около 2650 г. Легко заметить, что в нем невозможно найти следов даже для выдумывания апокалиптических прогнозов.

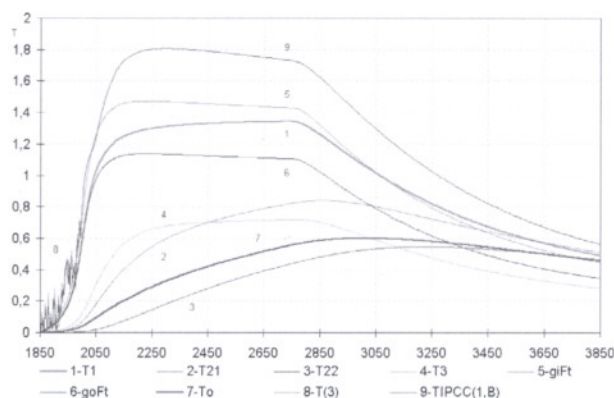


Рис. 7. Тенденции изменений температуры разных слоев океана.

1: T1 – верхний смешанный слой (69 м); 2: T21 – нижний слой (1000 м), 3: T22 – глубокий слой, 4: T3 – холодные воды океана, 5: при чувствительности $g=0,38$; 6: при чувствительности $g=0,3$; 7: T – температура всей толщи океана; 8: наблюдаемая усредненная по 3 годам температура; 9: температура при чувствительности, соответствующей, согласно МГЭИК, $T2x=2,5^\circ$.

Литература

1. Горшков В.Г. Энергетика биосферы и устойчивость окружающей среды // Итоги науки и техники. Теоретические и общие вопросы географии. Т. 7. – М.: ВИНТИ, 1990. – 238 с.
2. Адаменко В.Н., Кондратьев К.Я. Глобальные изменения климата и их эмпирическая диагностика // Антропогенное воздействие на природу Севера и его экологические последствия / Под ред. Ю.А. Израэля, Г.В. Калабина и В.В. Никонова. – Апатиты: Кольский научный центр РАН, 1999. – С. 17–34.
3. Григорьев А.А., Кондратьев К.Я. Экологические катастрофы. – СПб.: НЦРАН, 2001. – 691 с.
4. Бомер-Кристиансен С. Кто и каким образом определяет политику, касающуюся изменений климата? // Изв. РГО. 2000. Т. 132. Вып. 3. С. 6–22.
5. Грабб М.И., Вролик К., Брэк Д. и др. Киотский протокол. Анализ-интерпретация. – М.: Наука, 2001. – 303 с.
6. Кондратьев К.Я. Ключевые проблемы глобальной экологии // Итоги науки и техники. Теорет. и общие вопросы географии. Т. 9. – М.: ВИНТИ, 1990. – 454 с.
7. Кондратьев К.Я. Глобальный климат. – СПб.: Наука, 1992 – 359 с.
8. Кондратьев К.Я. Экологический риск: реальный и гипотетический // Изв. РГО. 1998. Т. 130. Вып. 3. С. 13–23.
9. Кондратьев К.Я. Экодинамика и геополитика. Т. 1. Глобальные проблемы. – СПб.: СПб НИЦ РАН, 1999. – 1040 с.
10. Кондратьев К.Я. Глобальные изменения на рубеже тысячелетия // Вестник РАН. 2000. Т. 70. № 9. С. 788–796.
11. Кондратьев К.Я., Демирчян К.С. Глобальные изменения климата и круговорот углерода // Изв. РГО. 2000. Т. 132. Вып. 4. С. 1–20.
12. Кондратьев К.Я. Исследования Земли из космоса: научный план системы EOS // Исследования Земли из космоса. 2000. № 3. С. 82–91.
13. Кондратьев К.Я. Возможные воздействия изменений климата в США на экосистемы и экономику // Изв. РГО. 2001. Т. 133. Вып. 6.
14. Крапивин В.Р., Кондратьев К.Я. Глобальные изменения: экониформатика. – СПб.: НИХИ СПбГУ, 2002. – 723 с.
15. Логинов В.Ф., Микуцкий В.С. Оценка антропогенного «сигнала» в климате городов // Изв. Русского географ. об-ва. 2000. Т. 132. Вып. 1. С. 23–31.
16. Мелешко В.П., Катцов В.М., Спорышев П.В. и др. Чувствительность климатической модели ГГО к изменению концентрации CO_2 в атмосфере // Современные исследования Главной геофизической обсерватории / Под ред. М.Е. Берлянда, В.П. Мелешко. – СПб.: Гидрометеоздат, 1999. – С. 3–32.
17. Сун В., Балюнас С., Демирчян К.С., Кондратьев К.Я. и др. Влияние антропогенных выбросов CO_2 на климат: нерешенные проблемы // Изв. РГО. 2001. Т. 133. Вып. 2. С. 1–19.
18. Adequacy of Climate Observing Systems. – Washington, D.C.: National Academy Press, 1999. – 51 p.
19. Alverson K.D., Oldfield F., Bradley R.S. (eds.). Past Global Changes and Their Significance for the Future. – London: Pergamon Press, 2000. – 479 p.
20. Angell J.K. Comparison of surface and tropospheric temperature trends estimated from a

- 63-station radiosonde network, 1958–1968 // *Geophys. Res. Lett.* 1999. Vol. 26. P. 2761–2764.
21. *Angell J.K.* Tropospheric temperature variations adjusted for El Niño, 1958–1998 // *J. Geophys. Res.* 2000. Vol. 105. P. 11841–11849.
22. *Angell J.K.* Difference in radiosonde temperature trends for the period 1979–1998 of MSU data and the period 1959–1998 twice as long // *Geophys. Res. Lett.* 2000. Vol. 27. P. 2177–2180.
23. *Baliunas S.L., Glassman J.K.* Bush is right on global warming // *The Weekly Standard Magazine.* 2001. Vol. 6. No. 39.
24. *Bengtsson L.* Climate modeling and prediction – achievements and challenges // *WCRP/WMO Publ.* 1999. No. 954. P. 59–73.
25. *Boehmer-Christiansen S.A.* Climate change and the World Bank: Opportunity for global governance? // *Energy and Environ.* 1999. Vol. 10. No. 1. P. 27–50.
26. *Bolin B.* The WCRP and IPCC: Research inputs to IPCC Assessments and needs // *WCRP/WMO.* 1998. No. 904. P. 27–36.
27. *Chase T.N., Pielke R.A., Knaff J.A., Kittel T.G.F., Eastman J.L.* A comparison of regional trends in 1979–1997 depth-averaged tropospheric temperatures // *Int. J. Climatol.* 2000. Vol. 20. P. 503–518.
28. *Christy J.R., Spencer R.W., Lobl E.S.* Analysis of the merging procedure for the MSU daily temperature time series // *J. Climate.* 1998. Vol. 11. P. 2016–2041.
29. Common Questions About Global Change. – Nairobi: UNEP/WMO, 1997. – 24 p.
30. *Crowley T.J.* Causes of climate change over the past 1000 years // *Science.* 2000. Vol. 289. P. 270–277.
31. *Duffy P.B., Doutriaux C., Santer B.D., Fodor I.K.* Effect of missing data on estimates of near-surface temperature change since 1900 // *J. Climate.* 2001. Vol. 14. P. 2809–2814.
32. *Ernst W.G. (Ed.)* Earth Systems. Processes and Issues. – Cambridge Univ. Press, 2000. – 576 p.
33. From the Candidates. Gore and Bush address key environmental and issues // *Washington: D.C. Resources,* 2000. Issue 141. P. 5–8.
34. *Fung K.K., Ramaswamy V.* On shortwave radiation absorption in overcast atmospheres // *J. Geophys. Res.* 1999. Vol. 104. P. 22233–22242.
35. *Gaffen D.J., Santer B.D., Boyle J.S. et al.* Multidecadal changes in the vertical temperature structure of the tropical troposphere // *Science.* 2000. Vol. 287. P. 1242–1245.
36. *Gerholm T.R. (Ed.)* Climate Policy after Kyoto. – Brentwood, U.K.: Multi-Science Publ. Co. Ltd., 1999. – 170 p.
37. *Gloersen P., Parkinson C.L., Cavalieri D.J. et al.* Spatial distribution of trends and seasonality in the hemispheric ice covers: 1978–1996 // *J. Geophys. Res.* 1999. Vol. 104. P. 20827–20835.
38. *Goody R., Anderson J., and North G.* Testing climate models: An approach // *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 1998. Vol. 79. P. 2541–2549.
39. *Goody R.* Climate benchmarks: Data to test climate models // *Исследования Земли из космоса.* 2001. Вып. 2.
40. *Gorshkov V.G., Gorshkov V.V., Makarieva A.M.* Biotic Regulation of the Environment. Key Issues of Global Change. – Chichester, U.K.: Springer/PRAXIS, 2000. – 367 p.
41. *Grabb M., Vrolijk C., Brack D.* The Kyoto Protocol. A Guide and Assessment. – London: The Royal Institute of International Affairs, 1999. – 342 p.
42. *Haigh J.D.* Solar variability and climate // *Weather.* 2000. Vol. 55. P. 399–407.
43. *Hall A., Manabe S.* Effect of water feedback on internal and anthropogenic variations of the global hydrologic cycle // *J. Geophys. Res.* 2000. Vol. 105. P. 6935–6944.
44. *Han Q., Rossow W.B., Chou J., Welch R.M.* ISCCP data used to address a key IPCC climate issue: An approach for estimating the aerosol indirect effect globally // *GEWEX News.* 2000. Vol. 10. P. 3–5.
45. *Hansen J., Sato M., Ruedy R. et al.* Global warming in the twenty-first century: An alternative scenario // *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2000. Vol. 97. P. 9875–9880.
46. *Houghton J.* The IPCC Report 2001. Proc. 1st Solar and Space Weather Euroconference “The Solar Cycle and Terrestrial Climate”, Cante Cruz de Tenerife, 25–29 Sept. 2000. – Noordwijk, 2000. – P. 255–259 (ESA SP ISSN 0379–6566. No. 463).
47. *Houghton J.* Global climate and human activities // *Our Fragile World: Challenges and Opportunities for Sustainable Development.* Vol. 1–2. – EOLSS Forrunner, 2001.
48. *Huang S., Pollack H.N., Shen P.-Y.* Temperature trends over the past five centuries reconstructed from borehole temperatures // *Nature.* 2000. Vol. 403. P. 756–758.
49. *Huber B.T., MacLeod K.G., Wing S.L.* Warm Climates in Earth History. – Cambridge University Press, 1999. – 426 p.
50. *Hulme M., Barrow E.M., Arnell N.W. et al.* Relative impact of human-induced climate change and natural variability // *Nature.* 1999. Vol. 397. P. 688–691.
51. IPCC Special Report “Land–Use Change, and Forestry” / Ed. by R.T. Watson et al. – Cambridge Univ. Press, 2000. – 377 p.
52. a) IPCC Third Assessment Report. Vol. 1. Cambridge University Press, 2001. – 896 p. 6) Fourth Assessment Report. Vol. 1. Cambridge University Press, 2007.
53. *Jaworosky Z.* The global warming. 21st Century. Winter 1999–2000. – P. 64–75.
54. *Jeptma C.S., Munasinghe M.* Climate Change Policy: Facts, Issues and Analysis. – Cambridge Univ. Press, 1998. – 349 p.
55. *Johannessen O.M., Shalina E.V., Miles M.W.* Satellite evidence for an Arctic Sea ice cover in transformation // *Science.* 1999. Vol. 286. P. 1937–1939.
56. *Jones P.D., New M., Parker D.E. et al.* Surface air temperature and its changes over the past 150 years // *Rev. Geophys.* 1999. Vol. 37. P. 173–179.
57. *Karl T.R., Nicholls N., Ghazi A. (eds.)*

Weather and Climate Extremes – Changes, Variations and a Perspective from the Insurance Industry. – Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 1999. – VI+349 p.

58. *Kondratyev K.Ya., Galindo I.* Volcanic Activity and Climate. – Hampton, VA: A. Deepak Publ., 1997. – 382 p.

59. *Kondratyev K.Ya.* Multidimensional Global Change. – Chichester, U.K.: Wiley/PRAXIS, 1998. – 761 p.

60. *Kondratyev K.Ya.* Climate Effects of Aerosols and Clouds. – Chichester, U.K.: Springer/PRAXIS, 1999. – 264 p.

61. *Kondratyev K.Ya., Varotsos C.A.* Atmospheric Ozone Variability: Implications for Climate Change, Human Health, and Ecosystems. – Chichester, U.K.: Springer/PRAXIS. – 2000. – 614 p.

62. *Kondratyev K.Ya.* Key issues of global change at the end of the second millennium // Our Fragile World: Challenges and Opportunities for Sustainable Development. Vol. 1–2. – EOLSS Forerunner, 2001.

63. *Kukla G.* The last interglacial // *Science*. 2000. Vol. 287. P. 987–988.

64. *Lempert R.J., Schlesinger M.E., Bankes S.C., Andronova N.G.* The impacts of climate variability on near-term policy choices and the value of information // *Clim. Change*. 2000. Vol. 45. P. 129–161.

65. *Maier J.* Climate: last chance in Bonn? – Network. 2002. July. P. 7, 8.

66. *Mann M.E., Bradley R.S., Hughes M.K.* Northern hemisphere temperature during the past millennium: Inferences, uncertainties, and limitations // *Geophys. Res. Lett.* 1999. Vol. 26. P. 759–762.

67. *McKittrick R.*, 2001 (private communication).

68. *Pengrác R., Bartholy J.* Statistical linkages between ENSO, NAO, and regional climate // *Időjárás*. 2000. Vol. 104. P. 1–20.

69. *Penner J.E.* Indirect aerosol forcing. Response to T.J.Crowley // *Science*. 2000. Vol. 290. P. 407.

70. *Prinn R., Jacoby H., Sokolov A., et al.* Integrated global system model for climate policy assessment: feedbacks and sensitivity studies // *Clim. Change*. 1999. Vol. 41. P. 469–546.

71. Project Performance Report. – Washington, D.C.: Global Environmental Facility, 1998. – 89 p.

72. Reconciling Observations of Global Temperature Change. – Washington, D.C.: Natl. Acad. Press, 2000. – 85 p.

73. *Ritson D.M.* Gearing up for IPCC-2001 // *Clim. Change*. 2000. Vol. 45. P. 471–488.

74. *Robock A., Vinnikov K.Y., Srinivasan G., et al.* The global soil moisture data bank // *Bull. Amer. Meteorol. Soc.* 2000. Vol. 81. P. 1281–1299.

75. *Santer B.D., Wigley T.M.L., Boyle J.S., et al.* Statistical significance of trends and trend differences in layer-average atmospheric temperature time series // *J. Geophys. Res.* 2000. Vol. 105. P. 7337–7356.

76. *Schlesinger M.E., Andronova N.* Temperature changes during the 19th and 20th

Centuries // *Geophys. Res. Lett.* 2000. Vol. 27. P. 2137–2140.

77. *Schröder W. (Ed.)* Long and Short Term Variability in Sun's History and Global Change. Science Edition. – Bremen, Roennebeck, 2000. – 63 p.

78. *Shackley S., Young P., Parkinson S., Wynne B.* Uncertainty, complexity and concepts of good science in climate change modelling: are GCMs the best tools? // *Clim. Change*. 1998. Vol. 38. P. 159–205.

79. *Singer S.F.* Hot Talk, Cold Science. – Oakland, Calif.: Independent Institute, 1997. – X+110 p.

80. *Singer F.* Unfinished business – The scientific case against the Global Climate Treaty // *Energy & Environment*. 1998. Vol. 9. P. 617–632.

81. *Singer S.F.* Human contribution to climate change remains questionable // *EOS*. 1999. Vol. 80. P. 183, 186, 187.

82. *Smith S.J., Wigley T.M.L., Edmonds J.* A new route toward limiting climate change? // *Science*. 2000. Vol. 290. P. 1109–1110.

83. *Soon W., Baliunas S., Kondratyev K.Ya., Idso S.B., Postmentier E.* Calculating the climatic impacts of increased CO₂: The issue of model validation. Proc. 1st Solar and Space Weather Euroconference “The Solar Cycle and Terrestrial Climate”, Santa Cruz de Tenerife, 25–29 Sept., 2000. – Nordwijk, 2000. – P. 243–254. (ESA SP ISSN 0379–6566. No. 463).

84. *Soros M.S.* Preserving the atmosphere as a global commons. Environ. Change and Security Project Report. – Washington, D.C.: The Woodrow Wilson Center, 2000. – No. 6. – P. 149–155.

85. *Stafford J.M., Wendler G., Curtis J.* Temperature and precipitation of Alaska: 50 year trend analysis // *Theor. Appl. Clim.* 2000. Vol. 67. P. 33–44.

86. *Von Storch H., Zwiers F.W.* Statistical Analysis in Climate Research. – Cambridge Univ. Press, 1999. – X+484 p.

87. The Atmospheric Sciences Entering the Twenty-First Century. – Washington, D.C.: Natl. Acad. Sci., 1998. – 364 p.

88. The Greenhouse Effect and Climate Change. A briefing from the Hadley Centre. – Bracknell, U.K.: The Met. Office, 1999. – 28 p.

89. The Kyoto Protocol to the Convention on Climate Change. – Bonn: Climate Change Secretariat, 1998. – 34 p.

90. The World Meteorological Organization in the Service of Humankind: A vision for the 21st Century // *WMO Bull.* 2000. Vol. 49. P. 13–16.

91. *Tol R.S.J.* International climate policy: An assessment // *IHDP Update*. 2000. No. 3. P. 11–12.

92. *Victor D.G.* The Collapse of the Kyoto Protocol and the Struggle to Slow Global Warming. – Princeton University Press, 2001. – 192 p.

93. *Watanabe M.* Mechanisms of the Decadal Climate Variability in the Midlatitude Atmosphere – Ocean System. – University of Tokyo, Center for Climate System Research, 2000. – No. 12. – 157 p.

94. *Weyant J. (Ed.)* The Costs of the Kyoto Protocol: A Multi-Model Evaluation // *Energy Journal Special Issue*. June 1999. – 448 p.

95. *Wigley T.M.L.* The Kyoto Protocol: CO₂, CH₄ and climate implications // *Geophys. Res. Lett.* 1998. Vol. 25. P. 2285–2288.
96. *Wigley T.M.L.* The Science of Climate Change. Global and U.S. Perspectives. – Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change, 1999. – 48 p.
97. *Woodcock A.* Global warming – a natural event? // *Weather.* 1999. Vol. 54. P. 162–163.
98. *Woodcock A.* Global warming: The debate heats up // *Weather.* 2000. Vol. 55. P. 143–144.
99. *Демирчян К.С., Демирчян К.К.* Выбор стратегии развития энергетики России при необходимости учета глобального потепления // *Известия РАН. Энергетика.* 1996. № 4. С. 1–20.
100. *Кондратьев К.Я., Демирчян К.С.* Развитие энергетики и окружающая среда // *Известия РАН. Энергетика.* 1998. № 6. С. 1–40.
101. *Демирчян К.С.* Способ повышения достоверности прогнозирования глобального потребления органического топлива // *Известия РАН. Энергетика.* 1995. № 6. С. 3–17.
102. *Демирчян К.С., Демирчян К.К.* Феноменологическая модель для определения принужденных изменений глобальной температуры // *Известия РАН. Энергетика.* 1993. № 6. С. 3–17.
103. *Демирчян К.С., Демирчян К.К.* Исследование влияния методов моделирования чувствительности климатической системы, углеродного цикла и сроков ограничения выбросов углерода на прогнозируемые изменения глобальной температуры // *Известия РАН. Энергетика.* 1998. № 1. С. 1–39.
104. *Demirchian K.S., Demirchian K.K.* A simple model of carbon cycle for upgrading global fossil fuels consumption and carbon emission forecasts validity // *Proc. Int. Energy Agency Greenhouse Gases: Mitigation Options Conference.* London, 22–25 August 1995. – Pergamon Press, 1995. – P. 1265–1270.