

Изменение климата, 2007 г. Физическая научная основа

Часть вклада Рабочей группы I
в Четвертый доклад Межправительственной группы экспертов по
изменению климата об оценках

Изменение климата, 2007 г. Физическая научная основа

Редакторы:

Сьюзен Соломон

Сопредседатель,
Рабочей группы I МГЭИК

Дахе Чин

Сопредседатель
Рабочей группы I МГЭИК

Мартин Мэннинг

Глава отдела технической поддержки
Рабочей группы I МГЭИК

Предисловие

Представляя первую значительную глобальную оценку науки об изменении климата за шесть лет, доклад «Изменение климата, 2007 г.: физическая научная основа» быстро привлек внимание как политиков, так и широкой публики. Доклад подтверждает, что наше научное понимание климатической системы и ее чувствительности к выбросам парниковых газов стало богаче и глубже, чем когда-либо. Доклад также отображает динамичный исследовательский сектор, который в последующие годы еще более проникнет в суть изменения климата.

Своей точностью и достоверностью доклад обязан уникальному характеру Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК). Созданная Всемирной метеорологической организацией и Программой ООН по окружающей среде в 1988 году, МГЭИК представляет собой и межправительственный орган, и сеть ведущих ученых и экспертов мира в области науки об изменении климата.

В главах, составляющих основу доклада, изложена оценка учеными состояния знаний в их соответствующих областях. Эти главы написаны 152 ведущими авторами-координаторами и ведущими авторами более чем из 30 стран и изучены более чем 600 рецензентами-экспертами. Свои рецензии-комментарии предоставили также многие правительственные рецензенты.

«Резюме для политиков» было одобрено официальными лицами 113 правительств и представляет их понимание всего основного доклада – и их сопричастность с ним. Именно в этом сочетании точек зрения экспертов и правительственных специалистов и заключается сила МГЭИК.

МГЭИК не проводит новых исследований. Его мандат заключается в том, чтобы давать оценки – стратегически-обоснованные, а не стратегически-предписывающие – существующей в мире литературы по научным, техническим и социально-экономическим аспектам изменения климата. Предыдущие оценки МГЭИК об оценке помогли вдохновить правительства на принятие и выполнение Рамочной конвенции ООН об изменении климата и Киотского протокола. Данный доклад также будет очень уместен, потому что правительства рассматривают возможные варианты дальнейшего совместного продвижения вперед для решения проблемы изменения климата.

«Изменение климата, 2007 г.: физическая научная основа» – первый том Четвертого доклада МГЭИК об оценках. Во втором томе рассматриваются последствия изменения климата, уязвимые стороны и варианты адаптации, а в третьем оцениваются возможности смягчения последствий и затраты на них. В четвертом томе синтезированы общие выводы МГЭИК.

«Физическая научная основа» стала возможной благодаря преданности и добровольному труду ведущих климатологов мира. Мы хотели бы выразить благодарность всем ведущим авторам-координаторам, ведущим авторам, содействующим авторам, редакторам и рецензентам. Мы хотели бы также поблагодарить персонал отдела технической поддержки Рабочей группы I и Секретариата МГЭИК за самоотверженность в координации выпуска еще одного успешного доклада МГЭИК.

«Научно-физическая основа» стала возможной благодаря преданности и добровольному труду ведущих климатологов мира. Мы хотели бы выразить благодарность всем ведущим авторам-координаторам, ведущим авторам, содействующим авторам, редакторам и рецензентам. Мы хотели бы также поблагодарить персонал отдела технической поддержки Рабочей группы I и Секретариата МГЭИК за самоотверженность в координации

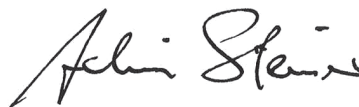
выпуска еще одного успешного доклада МГЭИК.

Многие правительства поддержали участие своих ученых в процессе работы МГЭИК и внесли вклад в Доверительный фонд МГЭИК, обеспечивая таким образом участие экспертов из развивающихся стран и стран с переходной экономикой. Правительства Италии, Китая, Новой Зеландии и Норвегии принимали заседания по подготовке доклада, а правительство Франции – заключительное пленарное заседание, которое утвердило и приняло доклад. Правительство США финансировало отдел технической поддержки Рабочей группы I.

Наконец, мы хотели бы поблагодарить д-ра Р.К. Пачаури, председателя МГЭИК, за его разумное управление, неустанное и компетентное руководство МГЭИК, д-ра Сьюзен Соломон и проф. Дахе Кин, сопредседателей Рабочей группы I, за их умелое руководство Рабочей группой I в ходе подготовки этого доклада.



М. Жарро
Генеральный секретарь
Всемирной метеорологической организации



А. Штайнер
Исполнительный директор
Программы ООН по окружающей среде

Введение

Данный вклад Рабочей группы I в Четвертый доклад об оценках (ДО4) содержит всестороннюю оценку естественной науки об изменении климата и продолжает расширять взгляд этой науки, исходя из предыдущих оценок Рабочей группы I. Представленные здесь результаты основаны на обширной научной литературе, которая вышла в свет после завершения подготовки Третьего доклада МГЭИК об оценке, а также на расширенных наборах данных, новом анализе и более развитых возможностях моделирования климата.

Доклад подготовлен в соответствии с правилами и процедурами, установленными МГЭИК и использованными при подготовке предыдущих докладов об оценке. План доклада был согласован на 21-й сессии Группы экспертов в ноябре 2003 года, а ведущие авторы были утверждены на 31-й сессии Бюро МГЭИК в апреле 2004 года. Проекты материалов, подготовленные авторами, прошли два этапа изучения и проверки, в ходе которых было получено более 30 тысяч письменных комментариев от более чем 650 экспертов, правительств и международных организаций. Редакторы-рецензенты по каждой главе обеспечили, чтобы все существенные комментарии правительств и отдельных экспертов были надлежащим образом учтены. «Резюме для политиков» было построено и утверждено на 10-й сессии Рабочей группы I МГЭИК 29 января – 1 февраля 2007 года; там же были приняты и основные главы.

Предметная сфера Доклада

Доклад Рабочей группы I сосредоточен на тех аспектах текущего понимания естественной науки об изменении климата, которые считаются наиболее значимыми для лиц, формирующих политику. Авторы не пытаются пересмотреть эволюцию научного понимания или охватить всю климатологию. Кроме того, данная оценка базируется на соответствующей научной литературе, доступной авторам на середину 2006 года, и читатель должен признать, что некоторые освещенные здесь предметы, возможно, продолжают быстро развиваться.

Одной из особенностей последних исследований изменения климата является объем наблюдений, которые сейчас возможны для различных компонентов климатической системы, в том числе атмосферы, океанов и криосферы. Дополнительные наблюдения и анализ расширили наше понимание и позволили уменьшить многие неопределенности. Новая информация, кроме того, привела к ряду новых вопросов в таких областях, как непредвиденные изменения в ледовых щитах, их возможный эффект на повышение уровня моря, последствия сложных взаимодействий между изменением климата и биогехимией.

Рассматривая прогнозы будущих изменений климата, авторы доклада следуют решениям, принятым Группой экспертов в ходе процесса определения предметной сферы и утверждения ДО4, с целью использования сценариев выбросов, которые МГЭИК ранее оценивала на предмет согласованности в рамках всех трех Рабочих групп. При этом, однако, была признана и ценность информации, полученной из новых моделей климата и касающейся стабилизации климата. С целью освещения обеих тем группы моделирования климата провели соответствующую работу по моделированию, которая включала идеализированные эксперименты, в которых состав атмосферы оставался постоянным. Вместе с моделированием ансамблей моделей климата, в том числе множества прогонов моделей на 20-й и 21-й

века, авторы оценки смогли учесть гораздо больше результатов моделирования, чем любая другая предыдущая оценка изменения климата.

Оценка МГЭИК последствий изменения климата, вариантов реагирования на такие последствия или предотвращения их входила в компетенцию Рабочих групп II и III, поэтому она здесь не освещена. В частности, хотя в данном докладе представлены результаты ряда сценариев выбросов, согласующихся с предыдущими докладами, обновленную оценку правдоподобного диапазона будущих выбросов может провести только Рабочая группа III.

Структура Доклада

Данная оценка Рабочей группы I впервые включает вводную главу (глава 1), в которой освещены пути, которыми развивалась наука об изменении климата, включая обзор методов, используемых в науке об изменении климата, роль моделей климата и эволюцию трактовки неопределенностей.

В главах 2 и 7 рассматриваются измерения в компонентах атмосферы (как газах, так и аэрозолях), влияющие на радиационный энергетический баланс в атмосфере и определяющие климат Земли. В главе 2 представлена точка зрения, основанная на наблюдаемых изменениях в атмосфере, и рассмотрено важнейшее понятие радиационного воздействия. Глава 7 дополняет этот материал, уделяя внимание рассмотрению взаимодействий между биогехохимическими циклами, которые влияют на компоненты атмосферы и изменение климата, в том числе взаимодействие аэрозолей и облаков.

В главах 3, 4 и 5 освещен широкий спектр наблюдений, которые сейчас возможны для изучения, соответственно, атмосферы и земной поверхности, снега, льда и мерзлого грунта и океанов. Хотя наблюдаемые изменения в этих компонентах климатической системы тесно взаимосвязаны через физические процессы, именно в отдельных главах возможна более сфокусированная оценка имеющихся данных и их неопределенностей, в том числе дистанционных данных, получаемых со спутников. В главе 5 освещены наблюдаемые изменения уровня моря и признается наличие сильных взаимосвязей между ними и теплосодержанием океана.

В главе 6 представлена палеоклиматическая точка зрения и оценены доказательства прошлых изменений климата и степень, в которой их объясняет наше нынешнее научное понимание. Глава включает новую оценку реконструированных температур за последние 1300 лет.

В главе 8 освещены методы моделирования физических процессов при помощи моделей климата и дана оценка моделей на предмет согласованности с наблюдаемым климатом, включая его среднее состояние и изменчивость. В главе 9 освещен тесно связанный с вышеупомянутым вопрос: степень, в которой наблюдаемое изменение климата может быть объяснено различными причинами, как естественными, так и антропогенными.

В главе 10 освещено использование моделей климата для прогнозирования глобального климата, включая их неопределенности. Показаны результаты для различных уровней будущей концентрации парниковых газов, дана вероятностная оценка ряда физических реакций климатической системы, описаны временные масштабы и задержки, связанные с такими

реакциями. В главе 11 представлены региональные проекции изменения климата, соответствующие глобальным проекциям. Глава включает оценку достоверности моделей на региональных уровнях и описание факторов, которые могут значительно влиять на изменение климата в региональном масштабе.

«Резюме для политиков» (РП) и «Техническое резюме» (ТР) данного доклада имеют параллельную структуру, и каждая из этих частей включает перекрестные ссылки на главы и разделы основного доклада, где изложенный в резюме материал представлен в полном виде. Благодаря этому вышеупомянутые резюме создают своеобразный путеводитель по содержанию всего доклада, и читателю предлагается пользоваться РП и ТР именно таким образом.

Новшеством в этом докладе является включение раздела из 19 часто задаваемых вопросов, в котором авторы дают научные ответы на ряд общих вопросов в форме, которая будет полезной для широкого круга учебных целей. Наконец, отчет сопровождается почти 250 страницами дополнительных материалов, которые были проверены параллельно с проектами глав и которые имеются на компакт-дисках и в Интернет-версиях доклада, что обеспечивает дополнительный уровень детализации; это, например, результаты отдельных моделей климата.

Некоторые основные стратегически-обоснованные вопросы и проблемы, затронутые в этом докладе, и соответствующие главы

Вопрос	Главы
Каких успехов достигла наука об изменении климата с начала работы МГЭИК?	1
Что известно о естественных и антропогенных факторах, которые способствуют изменению климата, и основных процессах, лежащих в основе изменения?	2, 6, 7
Как, по наблюдениям, климат изменился за время инструментальных измерений?	3, 4, 5
Что известно о палеоклиматических изменениях, до инструментальной эпохи, во временных масштабах от сотен до миллионов лет и о процессах, которые их вызвали?	6, 9
Насколько хорошо мы понимаем антропогенные и естественные вклады в нынешнее изменение климата и как мы можем имитировать изменения в климате с помощью моделей?	8, 9
Как, по прогнозам, климат будет меняться в будущем в глобальном и региональном масштабе?	10, 11
Что известно о прошлых и прогнозируемых изменениях уровня моря, включая роль ледников и ледовых щитов?	4, 5, 6, 10
Изменяются ли и почему экстремальные явления, такие как сильные осадки, засуха, волны тепла, и как, по прогнозам, они будут изменяться в будущем?	3, 5, 9, 10, 11

Выражения признательности

В этой оценке плодотворно использован очень высокий уровень сотрудничества, существующего в международном сообществе климатологов, и его координация со стороны Всемирной программы исследований климата (ВПИК) и Международной геосферно-биосферной программы (МГБП) Всемирной метеорологической организации. В частности, мы хотели бы подчеркнуть колоссальную самоотверженность отдельных сотрудников и агентств 14 групп моделирования климата по всему миру, а также выразить признательность за архивирование и распространение беспрецедентного объема (свыше 30 терабайт) выходных данных моделей климата Программе диагностики и сравнения моделей климата (ПДСМК). Это позволило провести более подробное сравнение существующих моделей климата и дать более полную оценку потенциального характера долговременного изменения климата, чем когда-либо.

Мы должны подчеркнуть, что доклад полностью зависел от квалификации, опыта, упорной работы и преданности делу качества, во всем проявляемыми нашими ведущими авторами-координаторами и ведущими авторами, важную помощь которым оказывали многие содействующие авторы. Кроме того, мы хотели бы выразить свою искреннюю признательность за работу, выполненную нашими экспертами-рецензентами, и признать ценность очень большого количества полученных конструктивных комментариев. Наши рецензенты-редакторы также сыграли важную роль в оказании авторами помощи в проработке этих комментариев.

Бюро Рабочей группы I, Кансри Бунпрагоб, Филиппо Джорджи, Бубу Джаллоу, Жан Жузель, Мария Мартело и Дэвид Рэтт, сыграли роль редколлегии при отборе авторов и при разработке начального

плана доклада. Они оказали конструктивную поддержку сопредседателям Рабочей группы на всех этапах работы, за что мы им весьма признательны.

Наша искренняя благодарность – хозяевам и организаторам четырех встреч ведущих авторов, которые были необходимы для подготовки доклада, и мы с благодарностью упоминаем поддержку, полученную от правительств и организаций Италии, Китая, Новой Зеландии и Норвегии.

Заключительное заседание Рабочей группы I для утверждения доклада стало возможным благодаря г-ну Марку Гилле и щедрости правительства Франции. Кроме того, в значительной степени проведению заседания содействовал Френсис Хейес, заведующий секретариатом конференций ВМО.

Мы с удовольствием выражаем благодарность за неустанную работу персоналу отдела технической поддержки Рабочей группы I, Мелинде Маркис, Кристен Аверит, Рою Миллеру, Тал Кестин и Скотту Лонгмору, которым умело помогали Чен Женлинь, Барбара Кепплер, Мэриэнн Пикконен, Кайл Терран, Лелани Аррис и Мэрилин Андерсон. Благодарим Майкла Шибао и Паулу Мегенхардт за графическую поддержку и дизайн, Рето Стокли за любезно предоставленные фотографии Земли из космоса для обложки данного доклада. Выражаем также признательность Дэвиду Рэтту, Дэвиду Фейхи и Сьюзен Джой Хессол за помощь сопредседателям в разработке и редактировании часто задаваемых вопросов. Должны также поблагодарить Ренате Крайст, Секретаря МГЭИК, и сотрудников Секретариата Лиу Цзянь, Руди Буржуа, Энни Куртин и Джозель Фернандес за материально-техническое обеспечение связи с правительствами и командировок экспертов из развивающихся стран и стран с переходной экономикой.

Раджендра К. Пачаури
Председатель МГЭИК

Сьюзен Соломон
Сопредседатель РГ I МГЭИК

Дахе Чин
Сопредседатель РГ I МГЭИК

Мартин Мэннинг
Глава ОТП МГЭИК

Содержание

Предисловие

Введение

Резюме для политиков 1

Техническое резюме 19

TS.1	Введение	21
TS.2	Изменения в человеческих и естественных факторах климата	21
TS.3	Наблюдения за изменениями климата	37
TS.4	Понимание и объяснение причин изменения климата	62
TS.5	Прогнозирование будущих изменений климата	72
TS.6	Надежные выводы и ключевые неопределенности	87

Часто задаваемые вопросы 103

FAQ 1.1	Какие факторы определяют климат Земли?	104
FAQ 1.2	Какова связь между изменением климата и погодой?	107
FAQ 1.3	Что такое парниковый эффект?	109
FAQ 2.1	Как деятельность человека влияет на изменение климата и насколько велико ее влияние по сравнению с естественными явлениями?	111
FAQ 3.1	Как изменяется температура на Земле?	114
FAQ 3.2	Как изменяются осадки?	117
FAQ 3.3	Изменились ли экстремальные явления, такие как волны тепла, засуха, наводнения, ураганы?	120
FAQ 4.1	Уменьшается ли количество снега и льда на Земле?	123
FAQ 5.1	Повышается ли уровень моря?	125
FAQ 6.1	Что вызывало ледниковые периоды и другие важные изменения климата до индустриальной эпохи?	127
FAQ 6.2	Является ли нынешнее изменение климата необычным по сравнению с более ранними изменениями в истории Земли?	129
FAQ 7.1	Вызвано ли повышение содержания углекислого газа и других парниковых газов в атмосфере в индустриальную эпоху деятельностью человека?	131
FAQ 8.1	Насколько достоверны модели, с помощью которых составляются проекции будущего изменения климата?	134

FAQ 9.1	Можно ли объяснить отдельные экстремальные явления парниковым потеплением?	136
FAQ 9.2	Можно ли объяснить потепление в 20-м веке естественной изменчивостью?	138
FAQ 10.1	Ожидается ли с изменением климата Земли изменение экстремальных явлений, таких как волны тепла, засуха, наводнения?	141
FAQ 10.2	Насколько вероятны существенные или резкие изменения климата, такие как убыль ледовых щитов или изменения в глобальной океанической циркуляции?	142
FAQ 10.3	Если уменьшить выбросы парниковых газов, как быстро их концентрация в атмосфере снизится?	144
FAQ 11.1	Варьируются ли проекции изменения климата по регионам?	146
Приложение I: Глоссарий		147