

Климатические ресурсы

УДК 551.583+551.581.1

Антропогенная и естественная компоненты динамики температуры на территории России

Д. Г. Замолодчиков, д.б.н., биологический ф-т МГУ имени М.В. Ломоносова

Глобальное потепление является одной из наиболее обсуждаемых экологических проблем современности. Преобладающая точка зрения связывает современный рост температуры с антропогенным увеличением концентраций парниковых газов атмосферы. Согласно альтернативным концепциям, потепление вызвано сложением естественных климатических циклов, причем оно вскоре сменится похолоданием. В работе проведен статистический анализ соответствия альтернативных концепций потепления имеющимся инструментальным данным по динамике температуры для планеты и территории России. Предложена простая модель динамики температуры, комбинирующая логарифмический эффект роста концентрации углекислого газа и вклад климатических циклов. Построен прогноз изменения среднегодовой температуры на территории России в XXI веке.

Ключевые слова: глобальные изменения климата, динамика температуры, концентрация углекислого газа, территория России, статистический анализ, прогноз.

На фоне впечатляющего прогресса современной техногенной цивилизации климат продолжает оставаться одним из важнейших природных ресурсов, в значительной степени воздействующим на образ жизни и специфику экономической деятельности населения различных регионов планеты. По сравнению с прочими странами, Российская Федерация отличается наиболее холодным климатом: средняя по стране среднегодовая температура в период климатической нормы 1961-1990 гг. составляла $-3,02^{\circ}\text{C}$. Для большей части территории России характерно наличие продолжительной и холодной зимы, а также дефицита тепла в вегетационный сезон. Это приводит к необходимости создания инфраструктуры с повышенными теплоизоляционными свойствами, высоким затратам энергии на отопление, неустойчивому характеру сельскохозяйственного производства и другим особенностям, отличающим экономику России от большинства других стран.

В долгосрочном аспекте климатические условия не обладают постоянством. Только лишь на протяжении современного геологического периода (антропогена), начавшегося 2,6 млн лет назад, имелось не менее 6 циклов ледниковых и межледниковых эпох [1]. На максимуме оледенений температуры были ниже современных на $6-8^{\circ}\text{C}$, в наиболее теплые фазы межледниковий – на $2-3^{\circ}\text{C}$ выше. Климат меняется и в настоящее время, и этот процесс получил название «глобальное потепление».

Проблема глобального потепления не имеет равных среди других экологических вопросов современности по степени воздействия на мировую аудиторию, политику и экономику. В 1992 г. была выработана Рамочная конвенция ООН об изменении климата [2], закрепившая следующие положения: 1) современное потепление негативно сказывается на существовании общества и природы; 2) основной причиной потепления является рост концентрации парниковых газов атмосферы; 3) этот рост определяется увеличением антропогенных эмиссий, в первую очередь от сжигания ископаемого топлива; 4) задача сохранения глобального климата требует сокращений антропогенных эмиссий парниковых газов. С разной степенью детализации перечисленные положения растиражированы в десятках тысяч научных публикаций, посвященных проблемам климатических изменений и бюджетам парниковых газов. Наиболее последовательно и всесторонне концепция антропогенного потепления рассматривается в докладах Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [3].

Доклады МГЭИК считают убедительными далеко не все представители научной общественности. Критика антропогенной концепции потепления содержится в ряде научных публикаций, авторы которых являются уважаемыми экспертами в тех или иных областях знаний. В серии работ группы исследователей из Арктического и Антарктического научно-исследовательского института

(ААНИИ) Росгидромета [4, 5 и др.] современная динамика температуры объясняется наличием двух естественных циклов: 60-летнего и 200-летнего. Внешней причиной возникновения цикличности является ритмика солнечной активности. Согласно цитируемым работам, сложение циклических компонент на грани XX и XXI веков привело к смене потепления похолоданием. Сходные по сути взгляды разделяет и ряд других исследователей [6-9 и др.], хотя в выделении периодов гармонических колебаний и описании механизмов их возникновения присутствуют значительные расхождения.

Ныне лицам, принимающим решения, и остальной заинтересованной публике приходится выбирать между двумя противоположными концепциями: антропогенного потепления и естественной цикличности климата. Причем значимость выбора очень высока. Нужно ли сокращать промышленные эмиссии парниковых газов, неизбежно повышая экономические издержки, или это затратная, но совершенно бесполезная борьба с естественными факторами космического масштаба? Нужно ли модифицировать планы по экономическому освоению северных регионов в связи с деградацией мерзлоты и льдов Северного океана, или, наоборот, ориентироваться на развитие наземных транспортных систем в условиях развития похолодания? К чему адаптировать сельское и лесное хозяйство – к жаре или холоду?

Публикация данной работы преследует две цели. Первая из них состоит в сравнительном анализе степени соответствия альтернативных концепций климатических изменений имеющимся сведениям по динамике глобальной температуры. Такое сравнение будет осуществлено с помощью простых приемов статистической обработки данных. Вторая цель состоит в построении прогноза изменения температуры на территории России в XXI веке, основанном на использовании простой статистической модели.

Основными источниками исходных сведений для выполнения работы служили: массив данных

по аномалиям глобальной температуры за 1850-2010 гг. Центра анализа информации по диоксиду углерода (Оак Ридж, США) [10], информация по аномалиям средней по России температуры за 1986-2011 гг. [11, 12], исторические сведения и данные мониторинга атмосферной концентрации CO_2 по станции Мауна-Лоа Национального управления океанических и атмосферных исследований (Боулдер, США) [13]. При последующей обработке величины температурных аномалий были пересчитаны и значения средней температуры по Цельсию. Дополнительный массив данных, использованный для осуществления прогнозных расчетов, представлен сценариями изменений атмосферных концентраций CO_2 [14].

Статистическая обработка данных состояла в построении нелинейных регрессионных моделей методом минимальных квадратов при помощи пакета Statistica 6.1 (Stat Soft Inc., USA). Для нахождения уравнений с наименьшей остаточной суммой квадратов проводили ряд испытаний с разными наборами стартовых значений параметров.

Рассмотрение динамики глобальной температуры приземного слоя воздуха за 1850-2010 гг. (рис. 1) позволяет выделить ряд специфических черт. Во-первых, это ярко выраженная в 1910-2010 гг. тенденция к росту температуры. Именно она послужила основой для формирования с начала 70-х гг. XX в. концепции антропогенного потепления [15]. Второй особенностью динамики являются локальные максимумы температуры, пришедшиеся на 80-е гг. XIX в. и 40-е гг. XX в. Наличие этих максимумов интерпретируется сторонниками концепции естественных изменений как проявление 60-летних циклов [4, 5]. Третья особенность, проявляющаяся на линии 5-летнего скользящего среднего, состоит в появлении локальных максимумов температуры с периодичностью, близкой к 11 годам, что с очевидностью объясняется 11-летним солнечным циклом. Связь климатических вариаций с этим циклом достоверно устанавливается в современных работах по энергобалансу земной атмосферы [16].

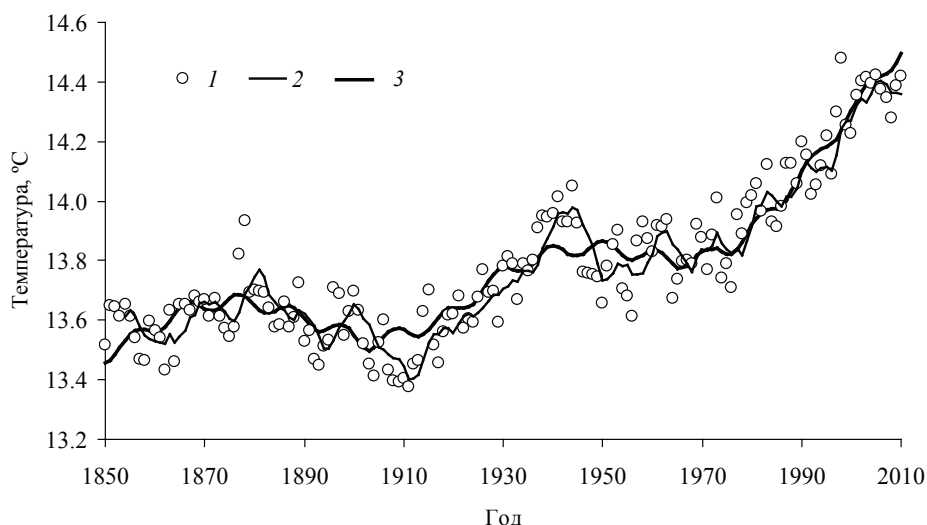


Рис. 1. Динамика среднегодовой глобальной температуры за 1850-2010 гг: 1 – данные инструментальных измерений [10], 2 – 5-летнее скользящее среднее, 3 – описание по уравнению (2)

Сформулируем уравнение, способное воспроизвести отмеченные особенности динамики глобальной температуры. Учтем, что зависимость температуры от концентрации CO_2 не является линейной. Основная полоса поглощения длинноволнового спектра молекулами CO_2 ограничена и находится в пределах 4,2-4,3 мкм. Истощение этой полосы происходит уже при небольших концентрациях CO_2 , при дальнейшем ее увеличении поглощение излучения растет за счет краевых частей (крыльев) полосы. Чем дальше от основной полосы, тем менее эффективно молекулы CO_2 удерживают излучение. В результате способность углекислого газа к задержке длинноволнового излучения снижается по мере увеличения его атмосферной концентрации, что приводит к логарифмической связи между тепличным эффектом и концентрацией CO_2 [17]. С учетом данного факта, для описания динамики глобальной температуры предложим следующее уравнение:

$$T = a + b \ln(\text{CO}_2) + c_1 \sin(c_2 + c_3 Y) + d_1 \sin(d_2 + d_3 Y), \quad (1)$$

где T – средняя глобальная температура, °C; CO_2 – концентрация углекислого газа в атмосфере, ppm; Y – номер года нашей эры; $a, b, c_1, c_2, c_3, d_1, d_2, d_3$ – параметры. Отметим, что все параметры имеют четкую физическую интерпретацию: a – это средняя глобальная температура без учета парникового влияния углекислого газа, °C; b – парниковый эффект натурального логарифма концентрации углекислого газа, °C ppm⁻¹; c_1 и d_1 – полуразмах колебаний двух циклических процессов, °C; c_2 и d_2 – сдвиг фазы цикла относительно начала номера стартового года; c_3 и d_3 – характеристики периода циклов (выраженный в годах период равен отношению 2π к c_3 или d_3).

Для атмосферной концентрации CO_2 (рис. 2) характерен ускоряющийся рост от 287 ppm в 1850 г. до 390 ppm в 2010 г. Причиной этого роста является рост антропогенных эмиссий CO_2 при сжигании ископаемого топлива, изменениях землепользования (сведение лесов) и ведении сельского хозяйства (потери гумуса пахотными почвами). Годовые изменения запаса CO_2 атмосферы приблизительно в 2 раза меньше соответствующих

значений антропогенных эмиссий, следовательно, глобальная природная среда, включающая океаны, поверхность суши и верхние оболочки литосферы, является стоком атмосферного углерода. Картина глобальных стоков и источников CO_2 детально рассматривается как в докладах МГЭИК [3], так и многочисленных научных публикациях [18].

Проведем регрессионную оценку параметров уравнения (1) по данным рис. 1 и 2:

$$T = -2.46 + 2.82 \ln(\text{CO}_2) - 0.101 \sin(15.7 + 0.0914 Y) + 0.0247 \sin(0.600 Y), \quad (2)$$

$$R^2 = 0.866, P < 0.01, n = 161$$

Уравнение (2) описывает 86,6% дисперсии исходных данных, что является хорошим показателем для регрессионных зависимостей, найденных по натурным данным. Регрессия в целом и все параметры уравнения (2) статистически значимы при $P \leq 0,02$. Зависимость воспроизводит все отмеченные выше особенности динамики глобальной температуры (рис. 1): тренд к увеличению, циклы периодичностью 10,5 лет (солнечный цикл) и 68,8 года. Выявленные циклы описывают максимальные доли вариации исходных данных по сравнению с процессами другой периодичности, которые потенциально могут быть вовлечены в динамику глобальной температуры. Параметр фазы у 10,5-летнего цикла отброшен в связи с отсутствием значимости ($P = 0,19$). Амплитуда 68,8-летнего цикла составляет 0,202 °C, а 10,5-летнего 0,049 °C, то есть эти компоненты не могут быть привлечены для объяснения климатических вариаций, превышающих 0,251 °C.

В уравнении (2) не находится места циклической компоненте с периодом около 200 лет, которая, согласно [4], определяет современный тренд на потепление. Нами был проведен дополнительный анализ, связанный с удалением вариации, объясняемой среднесрочными циклическими компонентами (68,8 и 10,5 лет) и проверкой, какая из зависимостей (линейная и гармоническая от номера года, линейная от логарифма концентрации

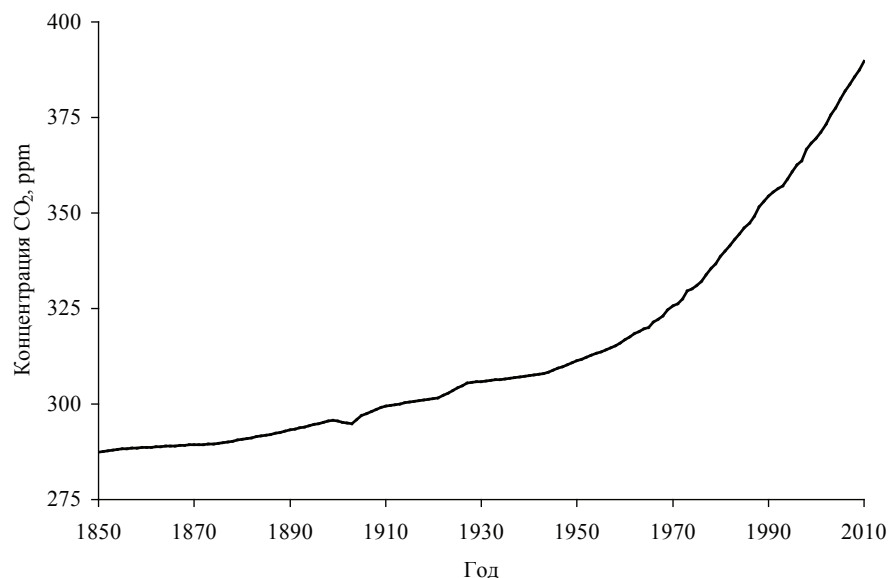


Рис. 2. Динамика атмосферной концентрации CO_2 [13]

CO₂) наилучшим образом описывает тенденцию к повышению температуры. Результаты анализа показали, что при наличии среди независимых переменных логарифма концентрации CO₂, не выявляется статистически достоверных вкладов циклов с периодом, превышающим 68,8 года. Более детальное обсуждение потенциального вклада долговременных циклических компонент в современную динамику глобальной температуры, включающее анализ результатов палеоклиматических реконструкций, приведено в нашей работе [19]. Палеоклиматическими исследованиями четко идентифицируется долговременная циклическая компонента изменения температуры с периодом около 2000 лет [20]. Она достаточно велика по амплитуде (0,39°C) и определяет изменение от теплого интервала 600-900 гг. к малому ледниковому периоду 1500-1800 гг. Однако в современное потепление она вносит крайне малый вклад из-за длительности своего периода. Обсуждаемая долгопериодическая компонента, скорее всего, определяется 2000-летним циклом солнечной активности, который имеет название «цикла Холлстатта» [21]. Вместе с упоминавшимся выше 10,5-летним циклом (носящего имя Швальбе) это наиболее четко идентифицируемые гармонические осцилляции Солнца. Среди осцилляций еще выделяются 88 (70-100) -летний цикл Гляйсберга, 211-летний цикл Зюйса и ряд других [21, 22], хотя согласованная позиция по составу и периодичности декадных и вековых солнечных циклов среди астрофизиков до сих пор не сформирована. Существует мнение [23], что солнечные осцилляции такой периодичности вообще отсутствуют, а минимумы и максимумы активности определяются стохастическими процессами.

Согласно уравнению (2), тепличный эффект натурального логарифма концентрации CO₂ составляет 2,82°C ppm⁻¹. Приняв эту величину, получаем, что в 1850 г. тепличный эффект CO₂ составлял 16,0°C, ныне он равен 16,9°C, то есть повысился на 0,86°C. В соответствии с часто цитируемыми работами [24, 25], из 33°C суммарного парникового эффекта на долю углекислого газа приходится 7-8°C, то есть 23-25%. Получаемая из

уравнения (2) оценка тепличного эффекта CO₂ в 2 раза превосходит цитируемые величины. Для объяснения такого расхождения следует учесть, что в климатической системе имеются многочисленные обратные связи, в частности, между температурой и содержанием водяного пара (а это доминирующий по вкладу парниковый газ), температурой и альбедо (расширение снежного покрова при похолодании) и др. Изменение концентрации CO₂ влияет на эти взаимосвязи, потому его воздействие на температуру усиливается. Недавнее исследование [26], основанное на экспериментах с моделью глобальной циркуляции атмосферы GISS ModelE, показало, что при гипотетическом полном удалении углекислого газа из атмосферы Земли ее средняя температура в течение последующих 50 лет снизится до -21°C, то есть даже ниже, чем если просто убрать весь современный парниковый эффект. В свете этих данных полученная по уравнению (2) оценка средней глобальной температуры на Земле при отсутствии CO₂, равная -2,46°C, выглядит вполне умеренной.

Приведенные выше аргументы свидетельствуют, что комбинация связи глобальной температуры с логарифмом концентрации CO₂ и среднесрочных климатических циклов наилучшим образом описывает наблюдаемую динамику глобального климата. Можно согласиться с известным выводом МГЭИК [3], что современное потепление нельзя объяснить без привлечения антропогенного фактора. Однако и игнорировать естественную среднесрочную цикличность не следует, поскольку она определяет ряд специфических черт современной климатической динамики, снижая либо увеличивая темпы изменения температуры.

Теперь рассмотрим динамику среднегодовой температуры на территории России (рис. 3). По своему характеру (то есть наличию тенденции к росту и среднесрочных циклов) она близка к глобальной, при существенно меньших абсолютных величинах (Россия – самая холодная страна) и больших межгодовых колебаниях. Отметим, что в России температура возрастает быстрее, чем в целом на планете, что очевидно из сравнения температурных аномалий (рис. 4).

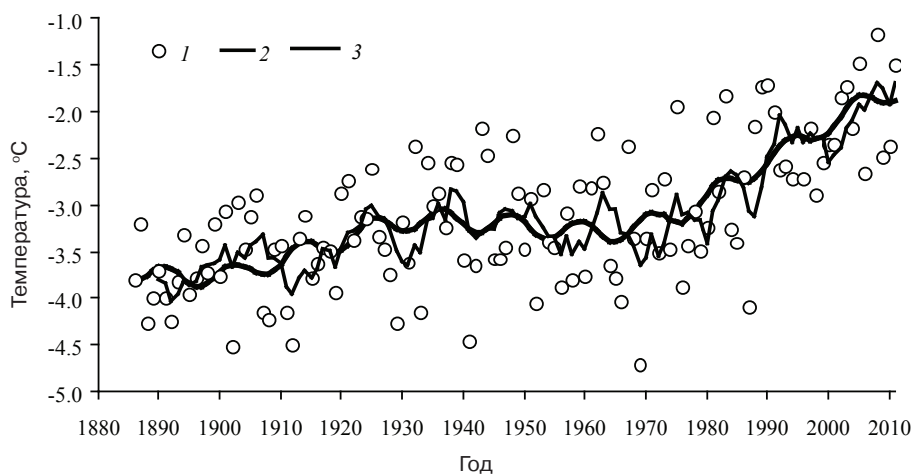


Рис. 3. Динамика среднегодовой температуры в России за 1886-2011 гг: 1 – данные инструментальных измерений [11, 12], 2 – 5-летнее скользящее среднее, 3 – описание по уравнению (3)

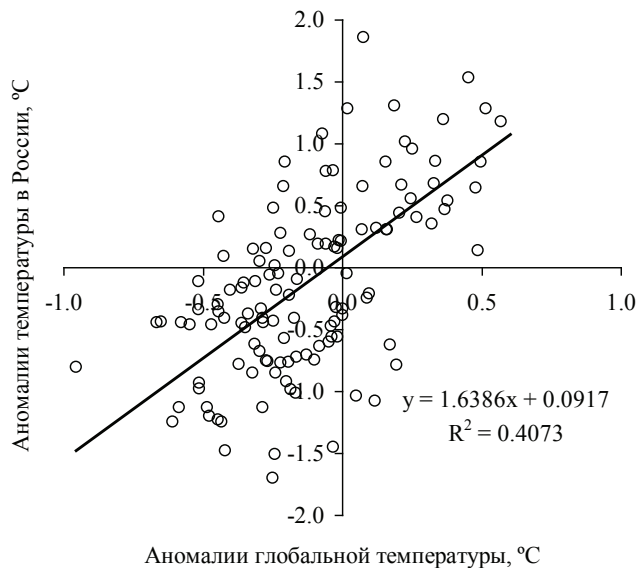


Рис. 4. Аномалии среднегодовых глобальных и российских температур в 1886–2010 гг.

Проведем регрессионную оценку коэффициентов уравнения (1) по данным рис. 2 и 3:

$$T = -35.8 + 5.66 \ln(\text{CO}_2) + 0.200 \sin(29.7 + 0.0862 Y) + 0.113 \sin(95.9 + 0.552 Y), \quad (3)$$

$$R^2 = 0.478, P < 0.01, n = 161$$

Коэффициент детерминации уравнения (3) значительно ниже, чем уравнения (2), что связано с более высокими межгодовыми вариациями температуры в России по сравнению с глобальными. Такая ситуация вполне понятна: планетарный уровень соответствует максимуму усреднения локальных погодных вариаций, потому закономерные процессы (циклы и тренды) становятся более выраженными. Более высокий коэффициент при логарифме концентрации CO_2 в уравнении (3) отражает ситуацию, что в России потепление происходит с большей скоростью, чем по планете в целом. Циклические компоненты уравнения (3) имеют периоды 11,4 и 72,9 лет. Их отличия от близких периодов уравнения (2) находятся в пределах 95% доверительного интервала, то есть статисти-

чески недостоверны. Аппроксимация динамики температуры в России по уравнению (3) близка к ходу скользящего среднего (см. рис. 3) при высокой остаточной вариации случайного характера.

Как отмечалось выше, параметры уравнения (1) имеют четкую физическую интерпретацию, что обеспечивает возможность его применения к прогнозу изменений температуры. Такой прогноз для глобального уровня осуществлен нами в работе [19]. В настоящей работе проведем прогнозную оценку динамики температуры в России на период до 2010 г., опираясь на уравнение (3). При этом в качестве независимых переменных будем использовать номер года и значения концентрации CO_2 (рис. 5), которые были получены по модели BERN [14] для сценариев эмиссий МГЭИК [27].

Поскольку значения концентрации CO_2 доступны с шагом в 10 лет, наш прогноз (рис. 6) не воспроизводит 11,4-летний цикл и точное положение экстремумов 72,9-летнего цикла. Тем не менее, обратим внимание на замедление роста температуры в 2020–2040 гг., объясняемое вкладом нисходящей ветви 72,9-летней циклической компоненты.

При реализации наиболее жесткого сценария A2 среднегодовая температура в России к 2100 г. достигнет $2,2^\circ\text{C}$, а потепление за XXI в. составит $4,5^\circ\text{C}$. Для сценариев A1B и B1 рост температуры за столетие равен 3,5 и $1,6^\circ\text{C}$ соответственно. В 4-м оценочном докладе МГЭИК [3] характеризуется прогноз глобальной температуры, осуществленный по ансамблю моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) для ряда сценариев роста антропогенных эмиссий парниковых газов. На веб-сайте Главной геофизической обсерватории имени А.И. Воейкова Росгидромета представлен удобный интерфейс [28], визуализирующий усредненные по 16 МОЦАО результаты прогноза изменений климата для территории России. Согласно этой визуализации, при реализации сценариев эмиссий A2, A1B, B1 рост температуры России в XXI в. составит 7,2, 5,9 и $3,8^\circ\text{C}$ соответственно. Эти значения в 1,6–1,9 раза выше, чем полученные по уравнению (3). Близкие вели-

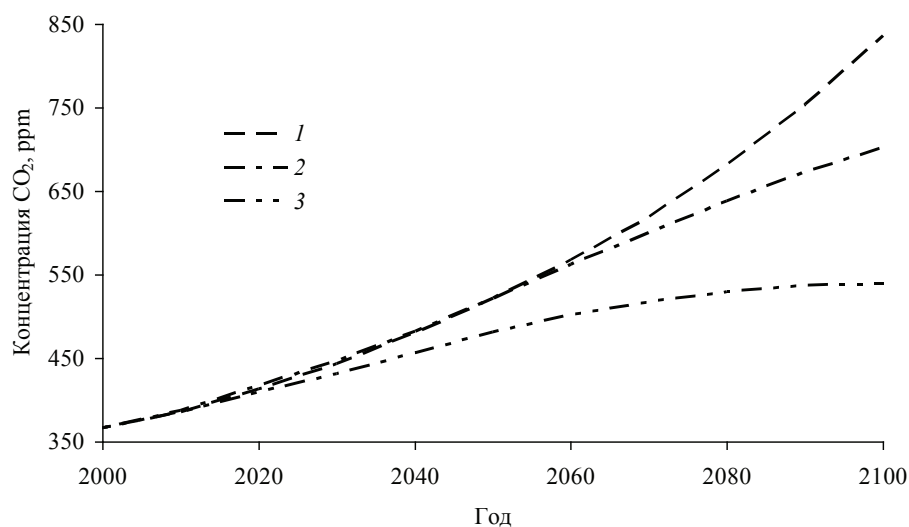


Рис. 5. Прогнозные изменения концентрации CO_2 [14] для сценариев эмиссий МГЭИК A2 (1), A1B (2) и B1 (3)

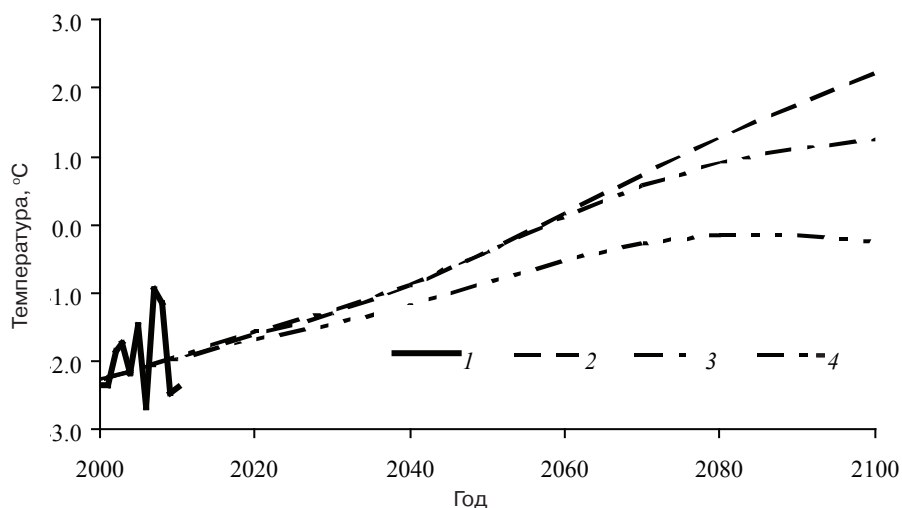


Рис. 6. Прогноз изменения температуры в России по уравнению (3) при разных сценариях эмиссии: 1 – данные инструментальных измерений [12]; 2, 3, 4 – прогнозные значения при сценариях МГЭИК A2, A1B и B1 соответственно

ны завышения скорости роста прогноза МОЦАО в сравнении с рассчитанными по уравнению (2) были найдены нами и для глобальной температуры [19]. Наличие указанных расхождений наших оценок с цитируемыми прогнозами МОЦАО приводят к заключению, что большинство из них переоценивают чувствительность климата к росту концентрации углекислого газа.

Предлагаемая в настоящей работе точка зрения, фактически, является синтетической по отношению к концепциям антропогенного и естественного потепления. Кратко повторим ее основные положения. Основной причиной современного роста температуры является увеличение концентрации углекислого газа атмосферы. Эта связь имеет логарифмический характер, потому дальнейшее увеличение концентрации CO_2 в меньшей, чем ранее, степени сказывается на росте температуры. Среднесрочные климатические циклы способны приводить к замедлению роста температуры вплоть до ее снижения, как уже было в 1950-х годах. Вклад долгосрочной циклической компоненты с периодом около 2000 лет невелик на рассматри-

ваемом интервале около 200 лет.

Международный процесс по выработке нового соглашения о контроле за антропогенными выбросами парниковых газов в настоящее время сталкивается с очевидными трудностями. Совокупные эмиссии стран, контролируемые вторым периодом действия Киотского протокола, составляют лишь 15% от общемировых. Если не произойдет неожиданных технологических прорывов в области производства энергии, антропогенные выбросы будут увеличиваться в течение ближайших десятилетий. Следовательно, дальнейший рост температуры будет продолжаться как для планеты в целом, так и в России. Однако он будет не столь высоким, как это утверждается в 4-м оценочном докладе МГЭИК. У населения планеты имеется больше времени для адекватной оценки неблагоприятных эффектов потепления и разработки эффективных адаптационных мер.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (соглашение № 8107).

Литература

1. Рычагов Г.И. Общая геоморфология. – М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006. – 416 с.
2. Рамочная Конвенция ООН об изменении климата. Официальный русский перевод. – ООН, 1992. – 29 с.
3. Изменение климата, 2007: Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II и III в Четвертый доклад об оценке Межправительственной группы по изменению климата. – Женева: МГЭИК, 2007. – 104 с.
4. Гудкович З.М., Карклин В.П., Смоляницкий В.М., Фролов И.Е. Что происходит с климатом Земли? // Экологический вестник России, 2012. № 5. – С. 34–41.
5. Фролов И.Е., Гудкович З.М., Карклин В.П., Смоляницкий В.М. Изменения климата Земли – результат действия естественных причин // Экологический вестник России, 2010. № 1. – С. 49–54.
6. Абдусаматов Х.И. Солнце диктует климат Земли. – СПб.: Logos, 2009. – 197 с.
7. Кляшторин Л.Б. Сравнительная динамика глобального и арктического климата. Возможность прогнозирования // Глобальные экологические процессы: Матер.

- Междун. научной конф. – М.: Academia, 2012. – С. 46–52.
8. Пузаченко Ю.Г. Пространственная анизотропность вековой динамики средней глобальной температуры поверхности суши // Изв. РАН. Серия географ., 2009. № 5. – С. 22–33.
9. Landscheidt T. New little ice age instead of global warming // Energy and Environment, 2003. V. 14. – PP. 327–350.
10. Jones P.D., Parker D.E., Osborn T.J., Briffa K.R. Global and hemispheric temperature anomalies – land and marine instrumental records. Trends: A Compendium of Data on Global Change. Oak Ridge: Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, 2012. <http://cdiac.ornl.gov/trends/temp/jonescru/jones.html> (дата обращения 15.10.2012).
11. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. I. Изменения климата. – М.: Росгидромет, 2008. – 228 с.
12. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. – М.: Росгидромет,

2012. – 83 с.

13. Tans P., Keeling R. Trends in atmospheric carbon dioxide. Boulder: Earth System Research Laboratory, Global Monitoring Division, NOAA, 2012. http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/co2_data_mlo.html (дата обращения 15.10.2012).

14. Carbon dioxide: Projected emissions and concentrations. IPCC Data Distribution Center, 2011. http://www.ipcc-data.org/ddc_co2.html (дата обращения 15.10.2012).

15. Будыко М.И. Влияние человека на климат. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 47 с.

16. Rind D., Lean J., Lerner J., Lonergan P., Leboissetier A. Exploring the stratospheric/tropospheric response to solar forcing // J. Geophys. Res., 2008. V. 113.

17. Archer D. Global warming: Understanding the forecast, 2nd Edition. – Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2011. – 207 p.

18. Ballantyne A.P., Alden C.B., Miller J.B., Tans P.P., White J.W.C. Increase in observed net carbon dioxide uptake by land and oceans during the past 50 years // Nature, 2012. V. 488. – PP. 70–72.

19. Замолотчиков Д.Г. Естественная и антропогенная концепции современного потепления климата // Вестник РАН, 2012. Т. 83. № 3. – С. 227–235.

20. Mann M.E., Zhang Z., Hughes M.K., Bradley R.S., Miller S.K., Rutherford S., Ni F. Proxy-based reconstructions of hemispheric and global surface temperature variations

over the past two millennia // Proceedings of the National Academy of Sciences, 2008. V. 105. – PP. 13252–13257.

21. Damon P.E., Jirikowic J.L. The sun as a low-frequency harmonic oscillator // Radiocarbon, 1992. V. 34. № 2. – PP. 199–205.

22. Braun H., Christ M., Rahmstorf S., Ganopolski F., Mangini A., Kubatzki C., Roth K., Kromer B. Possible solar origin of the 1,470-year glacial climate cycle demonstrated in a coupled model // Nature, 2005. V. 438. – PP. 208–211.

23. Usoskin I.G., Solanki S.K., Kovaltsov G.A. Grand minima and maxima of solar activity: new observational constraints // Astronomy and Astrophysics, 2007. V. 471. – PP. 301–309.

24. Монин А.С., Шишков Ю.А. Климат как проблема физики // Успехи физических наук, 2000. Т. 170. № 4. – С. 419–445.

25. Kiehl J.T., Trenberth K.E. Earth's annual global mean energy budget // Bull. of the American Meteorological Society, 1997. V. 78. № 2. – PP. 197–208.

26. Lacis A.A., Schmidt G.A., Rind D., Ruedy R.A. Atmospheric CO₂: Principal control knob governing Earth's temperature // Science, 2010. V. 330. – PP. 356–359.

27. Emissions scenarios. IPCC special report. – Cambridge: Cambridge University Press, 2000. – 570 p.

28. Изменение климата России в XXI веке. ГГО им. А.И. Воейкова, 2009–2012. <http://voeikovmgo.ru/ru/izmenenie-klimata-v-rossii-v-xxi-veke> (дата обращения 15.02.2013).

Сведения об авторе:

Замолотчиков Дмитрий Геннадьевич, д.б.н., заведующий кафедрой общей экологии биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12, тел.: 8 (495) 9395254, e-mail: dzamolod@mail.ru

Короткие сообщения

Расширенное заседание коллегии Росгидромета

20 февраля состоялось расширенное заседание коллегии Росгидромета, на котором были подведены итоги деятельности Гидрометслужбы России за 2012 год, определены перспективы ее дальнейшего развития. Доклад Руководителя Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды А.В. Фролова «О деятельности Росгидромета в 2012 году и задачах на 2013 год» представил ВРИО Руководителя Росгидромета А.А. Макоско.

В работе коллегии приняли участие ведущие ученые в области гидрометеорологии, представители региональных управлений Гидрометслужбы. В рамках коллегии прошли рабочие совещания, на которых были обсуждены наиболее актуальные проблемы и задачи, стоящие перед Службой.

В работе коллегии приняли участие Советник Президента Российской Федерации по климату А.И. Бедрицкий, представители метеослужб стран СНГ, различных министерств и ведомств.

Участникам расширенного заседания коллегии Росгидромета была представлена выставочная экспозиция, которая была подготовлена ФГБУ Росгидромета: ВНИИГМИ-МЦД, ГОИН, ГГО, ГХИ, ГГИ, НПО «Тайфун».

Выставка дала возможность ознакомиться участникам коллегии с научными и практическими разработками, созданными учреждениями Росгидромета в 2012 году.

Интересом пользовалась разработка передвижного комплекса Бесконтактного определения снегозапасов (ПК БОС), осуществленная ГГИ при технической поддержке НПО «Тайфун». Были представлены результаты полевых испытаний ПК БОС на полигоне Валдайского филиала ГГИ.

Доклад Руководителя Росгидромета А.В. Фролова «О деятельности Росгидромета в 2012 году и задачах на 2013 год» будет представлен в следующем номере бюллетеня.

НИА-Природа