

УДК 551(510.53:590.21:510.4) (575.2) (04)

## НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПРИЧИНЫ РЕГИОНАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

*К.А. Каримов* – докт. физ.-мат. наук, профессор

---

The reasons of regional climatic changes are considered. The physical factors which responsible for warming of surface layer of the atmosphere are analyzed. The mechanism connected with cycles of solar activity, explaining climatic change is offered.

**Введение.** Проблема регионального климатического изменения температурного режима сама по себе чрезвычайно сложна так же, как и глобального изменения, и ее необходимо рассматривать в каждом отдельном случае для каждого региона. Так, к примеру, для северного полушария отмечены области неравномерного потепления. Для восточного полушария эпицентром глобального потепления является Россия, где потепление в 2–3 раза выражено сильнее, чем в среднем по земному шару. Но есть и районы земного шара, где на фоне глобального потепления происходит похолодание. Это территория Китая, районы центральной части Северной Африки, включая часть средиземноморского бассейна, западной части Турции, а также районы Гренландии.

**Результаты исследований.** Известно, что температура поверхности Земли и прилегающей атмосферы полностью контролируется приходящей солнечной радиацией в основном в видимой и инфракрасной областях. Основной вклад в приходящую часть радиационного баланса вносит поглощение солнечной радиации земной поверхностью. В связи с этим в качестве одного из главных и основных факторов, влияющих на изменения температуры Земли и приземной атмосферы, нужно рассматривать временные изменения полной солнечной радиации.

С другой стороны, поскольку на радиационный баланс атмосферы Земли существенное

влияние оказывают малые примеси в атмосфере, такие как  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $O_3$  и другие газы, изменения их концентрации также могут повлиять на временную изменчивость радиационного баланса атмосферы. Кроме естественной концентрации этих примесей, их содержание в атмосфере может существенно возрастать под воздействием техногенных факторов.

Эти газы сильно поглощают длинноволновую ИК-радиацию, излучаемую земной поверхностью. В целом эти эффекты приводят к дополнительному потеплению на Земле, так называемому “парниковому эффекту”. Это явление, оказывающее воздействие на эффект потепления в атмосфере Земли, будет следующим фактором, который необходимо рассматривать при изменении приземной температуры. Можно рассматривать и ряд других факторов, таких как геодинамика земной коры, динамика океанических течений, вариации космического излучения и др.

Коротко остановимся на первом факторе, связанным с влиянием солнечной радиации на температурный режим приземной атмосферы [1–3]. Вариации солнечного излучения могут вызывать изменения или играть роль спускового механизма для многих важных изменений климатических параметров, как, к примеру, от ежедневных и сезонных изменений погоды, обусловленных чисто солнечным фактором, до вековых вариаций климата Земли.

Известно, что температура земной поверхности и приземной атмосферы полностью контролируется солнечной радиацией, в основном, в инфракрасной и видимой областях спектра. Флуктуации в ультрафиолетовой области спектра составляют всего одну стотысячную часть ( $10^{-5}$ ) полного потока солнечной энергии. Поэтому можно предположить, что влияние ультрафиолетовой радиации на термодинамику приземной атмосферы ничтожно мало.

Обратимся к климату последнего тысячелетия. Известно, что в период малого ледникового периода его минимум, который приходился на 1650–1750 гг., совпал с известным маундеровским минимумом солнечной активности. После этого минимума в солнечной активности начался ее рост с максимумом, приходящимся на 1980 г.

В этот период максимумы и минимумы 11-летних циклов солнечной активности приходятся на максимумы и минимумы в вариациях температуры приземной атмосферы.

Известно, что в солнечных циклах доминируют 11-, 22-, 35- и 60-летние циклы и вековой цикл. Известный ученый геофизик М.И. Пудовкин выделил в солнечной активности следующие цикличности. Это 11–13 лет, 21–23 года, 35–42 года, 55–57 лет, 90–100 лет [4–6]. Эти выделенные периодичности свидетельствуют о реальной связи изменений температуры с солнечной активностью. При этом реакция температурного режима атмосферы на циклические изменения солнечной активности отмечается через два года. Периодическая активность циклически в 60 лет проявляется в крупномасштабных вариациях магнитного поля Солнца. Следует отметить особенности в солнечной активности и соответственно в температурном режиме тропосферы в периоды нечетных 11-летних солнечных циклов. В эти периоды магнитное поле в выбросах солнечного вещества направлено преимущественно противоположно магнитному полю Земли. Этот факт благоприятствует инжекции солнечного вещества в атмосферу Земли, что, в конечном счете, приводит к повышению температуры приземного воздуха. В период четных 11-летних солнечных циклов наблюдается обратная картина. Этот факт приводит к чет-

кому проявлению в вариациях температуры приземной атмосферы 22-летнего солнечного цикла Хейла.

В периоды синфазности нечетных 11-летних и 57–60-летних циклов Пудовкина – Фритца отмечен наибольший рост глобальной температуры приземного воздуха. По прогнозам специалистов к 2025–2030 годам ожидается ближайший минимум векового цикла солнечной активности. В этот период следует ожидать минимум глобальной температуры приземной атмосферы.

Для наглядности на рис. 1 приведены данные фактических сглаженных вековых изменений солнечной активности (непрерывная линия и пунктиром – прогноз). Самыми теплыми годами на Земле в этом веке были 1990–1998 гг. За последние 60 лет этому периоду соответствовал беспрецедентно высокий уровень солнечной активности за предыдущие 500 лет. Начиная с 1998 г., намечился спад солнечной активности. Надо полагать, что это может послужить началом глобального похолодания. Как полагают специалисты по Солнцу, с августа 2008 г. на Солнце в высоких широтах появилось новое первое солнечное пятно с обратным знаком магнитного поля. Подобная переплюсовка магнитного поля в отдельных солнечных пятнах может означать начало развития нового 24-го (четного) 11-летнего цикла солнечной активности со всеми следующими за ним эффектами, когда инжекция солнечной материи будет неэффективной.

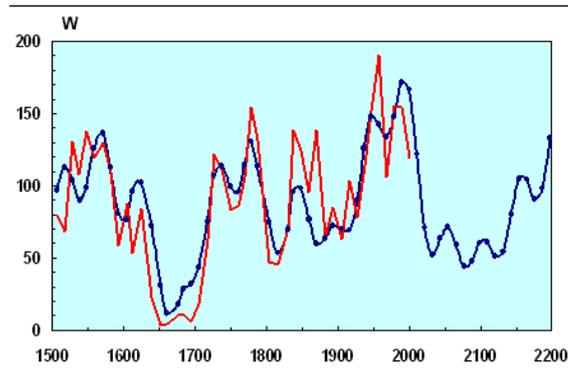


Рис. 1. Вариации солнечной активности в числах Вольфа (непрерывная линия); теоретический расчет и прогноз (точки).

По прогнозам специалистов, в ближайшие 20 лет ожидается очень сильный спад солнечной активности до уровня, отмечавшегося в XVII в., когда наблюдался апофеоз похолодания (так называемый малый ледниковый период).

Если следовать прогнозу солнечной активности, (рис. 1), то нас, по крайней мере, до 2100 г. ожидает ее минимум, а следовательно, и пик нового очередного малого ледникового периода. Все эти оценки могут быть справедливы в отсутствие активного действия антропогенного фактора.

Согласно Ф.О. Чистякову [7], на 2026 г. прогнозируется минимум векового цикла солнечной активности. Вероятно, к этому периоду можно ожидать минимум температуры приземного воздуха. Эти выводы были обобщены известным ученым членом-корреспондентом РАН А.Л. Капицей, который связывает причины потепления с колебаниями солнечной активности, изменением наклона Земной оси (прецессия), изменением периода обращения планет, вариациями космического излучения и т.д. Эти причины уже неоднократно приводили к наступлению на Земле ледниковых периодов. Глобальное потепление в 1970–2000 гг. – это очередная фаза потепления в естественном цикле глобальных потеплений и похолоданий, которые чередуются примерно через 57–60 лет. При этом отклонения глобальных температур от средней величины за последние 10000 лет не превышали 1<sup>0</sup>С.

Любопытно отметить, что в вариациях среднемесячных данных глобальной температуры приземного воздуха за последние 6 лет с 2000 по 2005 г. отмечается похолодание, при скорости глобального похолодания 0,01<sup>0</sup>С в год. Следует заметить, что за предыдущие 15–18 лет скорость глобального потепления составляла в среднем около +0,02<sup>0</sup>С в год [8].

Рассмотрим второй подход к объяснению механизмов глобального потепления, обусловленный парниковым эффектом. Наблюдаемый рост концентрации CO<sub>2</sub> имеет антропогенную природу и является естественным следствием (а не причиной) потепления, и, по мнению большинства ученых, связан с потеплением океанов. Океанологами было показано, что 90% природного CO<sub>2</sub> растворено в океаниче-

ских водах, а ход колебаний поверхностных температур вод океанов близок к колебаниям солнечной активности. Более того, как показали исследования кернов льда в Антарктиде и Гренландии, рост CO<sub>2</sub> в атмосфере Земли следовал за потеплениями, а не до его начала. Это еще раз указывает на то, что рост CO<sub>2</sub> в атмосфере Земли является не причиной, а следствием потепления. Океаны, нагреваясь, несмотря на огромную тепловую инерцию, выбрасывают в атмосферу огромное количество CO<sub>2</sub>, на порядок превышающее количество CO<sub>2</sub>, выбрасываемое в результате антропогенной деятельности.

На первых конференциях Всемирной метеорологической организации (ВМО) указывалось на доминирующее влияние техногенных выбросов CO<sub>2</sub> под влиянием деятельности человека [1, 3, 9]. На последнем конгрессе ВМО, проходившем в 2007 г., были существенно скорректированы в сторону снижения доли техногенных выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу. На конгрессе было заявлено, что эта доля не превышает 50%, остальной же вклад в потепление вносится за счет других естественных факторов. Это уже прогресс в соотношении вклада в процесс потепления антропогенных парниковых газов и естественных природных факторов, включая солнечный.

Исследования, проведенные в республике на основе классических работ М.М. Будыко [1], определили долю вклада антропогенного фактора в виде CO<sub>2</sub> в величину потепления над регионом Кыргызстана. По результатам исследований эта величина не превышала 25–30%, по данным же исследований российских ученых эта величина не превышает 10–12%.

В любом случае, даже если в процессе потепления минимальная доля вклада антропогенного фактора составляет 10–20%, то у международных организаций в лице ПРООН и ВМО есть реальные шансы вкладывать денежные и материальные средства в уменьшение выбросов CO<sub>2</sub> промышленными и хозяйствующими субъектами. Это одно из единственно правильных вложений международных средств, которые могут способствовать оздоровлению окружающей среды, развитию новых производственных технологий и оправдывает деятельность международных органи-

заций, занимающихся вопросами природоохранной деятельности и развития экономики развивающихся стран.

Основной довод климатологов о малой доли влияния изменений солнечной радиации связывают с данными, полученными по спутниковым измерениям с 1978 г. Тогда было показано, что изменения полного потока солнечной радиации от минимума к максимуму только в 11-летнем цикле составляет всего 0,15% (около 2 Вт/м<sup>2</sup>).

Исходя из малости этой величины, климатологи делают вывод о пренебрежимо малом влиянии изменений солнечной радиации на климат Земли. Эта позиция является крайне упрощенной и на взгляд многих ведущих ученых ошибочна. Коротко рассмотрим некоторые факторы, которые играют ключевую роль в климатообразовании в высоких и средних широтах. Амплитуда колебаний температуры только для 35-летней составляющей, по нашим данным, составляет 0,8°С [10]. При сложении изменений солнечной радиации для двух циклов, как 11-, так и 22-летнего эта величина возрастет. Это дополнительный вклад солнечной активности в температурный режим атмосферы.

Коротковолновое излучение Солнца эффективно воздействует на генерацию озона, изменяя его содержание не на доли процентов, а значительно больше. Кроме того, Солнце регулирует поступление в атмосферу Земли галактических космических лучей, которые изменяют прозрачность атмосферы через изменения облачного покрова нижних слоев атмосферы. Это, в свою очередь, приводит к изменению альбедо поверхности Земли.

К этим факторам следует добавить следующее. Анализ долгопериодных вариаций приземной температуры в тропосфере на уровнях 2040 м (МС Нарын), и 3700 м (МС Тянь-Шань) в 21- и 22-летних циклах солнечной активности обнаруживает их четкую зависимость от солнечной активности. В периоды максимума солнечной активности температура атмосферы в зимний период относительно среднефоновой возрастала на 0,8°С, а в период минимума солнечной активности уменьшилась на 0,8°С. Таким образом, от максимума к минимуму 11-летнего цикла солнечной активно-

сти температура атмосферы изменялась на 1,6°С. Эти изменения в температуре составляют порядка 15%.

Надо полагать, что на этих высотах атмосферы жесткая часть ультрафиолетового излучения взаимодействует с атомарным кислородом, а на уровнях 1600 м и ниже это взаимодействие практически отсутствует. Отклонения в температурных режимах по МС Бишкек, связанные с солнечной активностью, малы и затушеваны другими эффектами.

В работах [11, 12] было показано влияние стратосферных потеплений на температурный режим тропосферы в зимний период. Так, с января по февраль 1978–1979 гг. на средних широтах Центральноазиатского региона отмечалось очередное стратосферное потепление. Динамика развития стратосферных потеплений определялась по данным спутникового зондирования с метеоспутника NOAA-5-6, а также с использованием атласа карт высоких слоев 35–60 км. Вертикальные профили температуры, построенные в период потепления и до него, показывают чередование по высоте областей тепла и холода вплоть до нижнего активного приземного слоя атмосферы. Эти величины варьируют от плюс 70 °С до минус 70°С, при средней величине ±40°С.

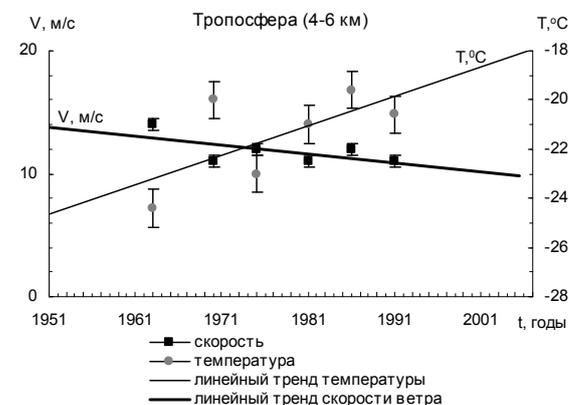


Рис. 2. Временные вариации температуры воздуха  $T(t)$  и зональной компоненты скорости ветра  $V(t)$ .

Максимальный перепад температур отмечается вблизи стратопазузы. Как видно, при по-

явлении в стратосфере потепления, можно прогнозировать потепление и в нижней тропосфере. В процентном отношении эти отклонения от среднефоновой величины составляют 40–50%. Частота появления стратосферных потеплений только в Центральноазиатском регионе с декабря по февраль составляет 4–5 раз с длительностью до 7–8 суток.

Необходимо отметить, что в северном полушарии существуют три стратосферных центра – это Атлантико-Африканский, Южно-Азиатский и Тихоокеанский стратосферные антициклоны. В зимний период они получают свое развитие и смещаются в средние и высокие широты, изменяя термодинамический режим нижней атмосферы. В целом вклад этих трех стратосферных центров довольно существен и при анализе процессов потепления им нельзя пренебрегать.

Интересно рассмотреть, как будут изменяться энергетические характеристики атмосферы в период потепления – лабильная, кинетическая и потенциальная энергии. Нами были проведены расчеты всех указанных выше величин для Центральноазиатского региона за период с 1990 по 2005 г. [10].

Температура воздуха  $T(t)$  и зональная компонента скорости ветра  $V(t)$  изменяется в тропосфере на уровне 4–6 км (рис. 2). В этот период кинетическая энергия зонального потока уменьшилась на 30%, а его скорость уменьшилась с 13 до 11 м/с, что составляет 17%. Это привело к частичной компенсации ее лабильной внутренней энергии. Повышение лабильной внутренней энергии, связанной с ростом температуры, частично компенсируется уменьшением ее кинетической энергии. Уменьшение скорости зонального переноса, в свою очередь, приводит к возрастанию скорости меридионального переноса с 3,2 до 4,2 м/с. Возрастание меридионального переноса на фоне спада зонального потока будет приводить к регулярным затокам холодных арктических масс воздуха в Центральноазиатский регион в зимний период. Этот факт неоднократно отмечался в зимний период по Казахстану и Центральноазиатскому региону, и далее его влияние простиралось на Афганистан и Ирак.

Таким образом, независимо от воздействия на климат естественных природных фак-

торов или антропогенного загрязнения углекислым газом, в нижней тропосфере будут изменяться термодинамические характеристики атмосферы. Независимо от факторов потепления в тропосфере будут изменяться ее динамические характеристики. С потеплением кинетическая энергия зонального потока будет ослабевать, что, естественно, приведет к ослаблению зонального перемешивания теплых атлантических и холодных азиатских масс воздуха. Возрастание меридионального переноса будет приводить к резкому и быстрому выносу в Центральноазиатский регион холодных арктических масс через открытую Западно-Сибирскую низменность.

#### Литература

1. Будыко М.М., Гройсман П.Я. Ожидаемые изменения климата СССР к 2000 г. // Метеорология и гидрология. – 1991. – №4. – С. 74–83.
2. Karimov K.A. and Gainutdinova R.D. (1999) Environmental changes within Kyrgyzstan, Proceedings of the NATO ARW on Environmental Change, Adaptation and Security. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, NATO ASI Series 2: Environment – Vol. 65. – P. 201–204.
3. Каримов К.А., Гайнутдинова Р.Д. Изменения регионального климата, обусловленные природными и антропогенными факторами // Экология Кыргызстана: проблемы, прогнозы, рекомендации / Под ред. проф. К.А. Каримова. – Бишкек: Илим, 2000. – С. 66–81.
4. Морозова А. Л., Пудовкин М.И. Климат Центральной Европы XVI–XX вв. и вариации солнечной активности // Геомагнетизм и аэрономия. – 2000. – Т. 40. – №6. – С. 68–75.
5. Пудовкин М.И., Морозова А.Л. Проявление 22-летнего цикла солнечной активности в вариациях индексов температуры и увлажненности в Швейцарии с 1700 по 1989 г. // Геомагнетизм и аэрономия. – 1999. – Т. 39. – №2. – С. 34–39.
6. Баширцев В.С., Машинич Г.П. Солнечная активность и изменения климата Земли // Солнечно-земная физика. – Вып. 8. – 2005. – С. 179–181.
7. Чистяков Ф.О. О структуре вековых циклов солнечной активности. Солнечная актив-

- ность и ее влияние на землю. – Владивосток: Дальнаука, 1996. – С. 98–105.
8. *Баширцев В.С., Машич Г.П.* Переменность Солнца и Земли // Солнечно-земная физика. – Вып. 6, 2004. – Иркутск. – С. 135–137.
  9. Climate Change 2007. The Physical Science Basis. The Report of Working Group I to the Forth Assessment Report of the IPCC. – WMO/UNEP, 2007.
  10. *Каримов К.А.* Современные проблемы изучения изменений атмосферных процессов: проблемы и перспективы // Вестник КНУ. – №8.– Вып. 3, 2005. – С. 20–24.
  11. *Каримов К.А.* Динамические характеристики нижней термосферы. – Фрунзе: Илим, 1984. – 155 с.
  12. *Каримов К.А., Гайнутдинова Р.Д.* Возмущения в нижней ионосфере и их связь с динамическими характеристиками нейтральной атмосферы. – Фрунзе: Илим, 1986. – 160 с.