В седьмом номере за 2010 г. бюллетеня «В защиту науки», издания Комиссии РАН по борьбе с лженаукой и фальсификацией научных исследований, опубликована статья д.ф.-м.н. В.Н. Обридко (Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН (ИЗМИРАН)) «Некоторые замечания по проблеме «глобального потепления»».

Мы публикуем эту статью, а также комментарий д.ф.-м.н. С.М. Семенова (Институт глобального климата и экологии Росгидромета) по этой публикации.

Внеземные факторы изменения климата Земли

С.М. Семенов

В статье В.Н. Обридко «Некоторые замечания по проблеме «глобального потепления»» (Бюллетень «В защиту науки», N 7, 2010 г.) есть научная составляющая (о роли внеземных факторов в изменении современного климата Земли) и «общественная» составляющая (о Межправительственной группе экспертов по изменению климата – МГЭИК, климатических соглашениях, роли климатологов в их обосновании и т.д.).

Вся общественная часть этой статьи создает неверное впечатление у читателя об излагаемом предмете, содержит фактические и концептуальные ошибки. Это, видимо, в значительной степени объясняется не всегда научными источниками информации, которыми пользовался В.Н. Обридко. Кроме того, я определенно считаю, что публикация этой статьи в бюллетене, посвященном борьбе с лженаукой, – неправильный поступок.

Далее мой комментарий будет касаться только научной части статьи В.Н. Обридко.

Общеизвестно, что основным источником энергии на Земле является Солнце. Оно – главный внешний фактор формирования земного климата. Содержание парниковых газов в атмосфере – важнейший внутренний фактор.

Современные изменения климата, свидетелями которых мы являемся, могут вызываться двумя причинами: а) внутренними изменениями климатической системы Земли, например, изменением содержания парниковых газов в атмосфере и б) изменениями внешнего воздействия на климатическую систему Земли, например, изменениями потока солнечной энергии, поступающей в земную атмосферу, или другого космического излучения. Влияние орбитальных факторов в вековом масштабе времени несущественно.

Климат Земли менялся всегда. В доиндустриальную эпоху (условно – до 1750 г.) глобальный климат менялся только по естественным причинам (солярным, орбитальным и др.). Затем стали влиять также и антропогенные факторы (эмиссии парниковых газов, изменения свойств подстилающей поверхности при землепользовании и др.).

Современное наблюдаемое изменение глобального климата (Δ) во времени (t) складываются из двух компонентов – естественного и антропогенного:

$$\Delta(t) = \Delta_n(t) + \Delta_a(t) .$$

Достаточно обосновано то, что в XX веке антропогенный компонент $\Delta_a(t)$ – заметный и положительный, т.е. потепление. Это – следствие увеличения содержания парниковых газов в атмосфере. Вклад этого процесса можно оценить количественно, НЕ опираясь на эмпирику, т.е. не сопоставляя ряды наблюдений за концентрациями и температурами. И это правильный путь оценки, поскольку данные наблюдений – всегда зашумленные, изменения – многофакторные; как их интерпретировать вследствие этого часто неясно. В то же время теоретический расчет, основы которого заложены еще в работах Фурье (1824, 1827), Тиндалла (1863, 1972) и Аррениуса (1896), может быть выполнен, исходя из данных о современном составе атмосферного воздуха, о потоке солнечной энергии и о свойствах поглощать/излучать энергию разных составляющих атмосферного воздуха.

Как это ни парадоксально, но процессы, формирующие естественный компонент $\Delta_n(t)$ изменения земного климата, особенно в вековом масштабе и на меньших временах, пока недостаточно изучены. В частности, не совсем ясна природа похолодания в середине XX века (рис. 1) и вообще природа колебаний глобальной температуры в масштабе десятилетий.

Поэтому выдвигаются разные гипотезы о причинах естественных изменений $\Delta_n(t)$, в частности – гипотеза о том, что они вызваны изменениями солнечной активности или потока галактических космических лучей (ГКЛ). Более того, иногда говорится, что этот фактор является доминирующим и может объяснить практически всю современную изменчивость глобальной температуры (см., например, рис. 6 в статье В.Н. Обридко).

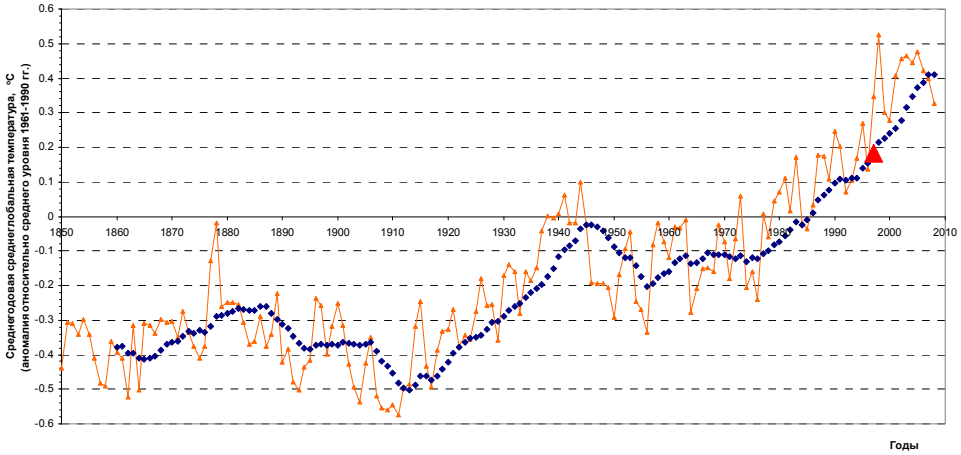

Рис. 1. Средняя глобальная температура воздуха в приповерхностном слое, °С (аномалия по отношению к среднему уровню 1961-1990 гг.): средние за год (треугольники) и за 11-летний период, заканчивающийся данным годом (ромбы). Красным треугольником отмечен год подписания Киотского протокола (1997 г.).

Данные о средней глобальной температуре из: *Jones, P.D., D.E. Parker, T.J. Osborn, and K.R. Briffa. 2009. Global and hemispheric temperature anomalies—land and marine instrumental records. In Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. doi: 10.3334/CDIAC/cli.002.*

ИЗМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ПОСТОЯННОЙ И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Изменения общего потока солнечного излучения (*total solar irradiance - TSI*) – солнечной постоянной - во второй половине XX века (см. рис. 2d):

- циклические (наблюдается примерно 11-летний цикл), без тренда (ненаправленные);
- от максимума к минимуму они составляют не более, чем 0.1% от долговременного среднего значения.

Если относительное изменение TSI равно ± 0.001, то по закону Стефана-Больцмана относительное изменение радиационно-равновесной (для простоты оценки) средней температуры земной поверхности равно $(1 \pm 0.001)^{1/4} - 1$, т.е. ± 0.00025.

Если принять, что современная средняя температура земной поверхности есть

288 К, то это относительное изменение соответствует абсолютному изменению ± 0.072 К. Таким образом, эти колебания TSI могут вызывать колебания температуры в пределах точности измерения температуры на станциях (± 0.1 К).

По этому поводу В.Н. Обридко пишет: «Но такой взгляд является крайне упрощенным и ошибочным. К сожалению, первичным и привычным во многих рассуждениях является стандартный энергетический подсчет, согласно которому причина должна быть энергетически выше, чем следствие.»

Таким образом, предполагается, что действует «усилитель» колебаний. Пусть так, и есть энергия для его функционирования. Но почему же в TSI наблюдаются циклические колебания без тренда (рис. 2 d), а в средней температуре в приповерхностном слое – заметный тренд (рис. 2e)?

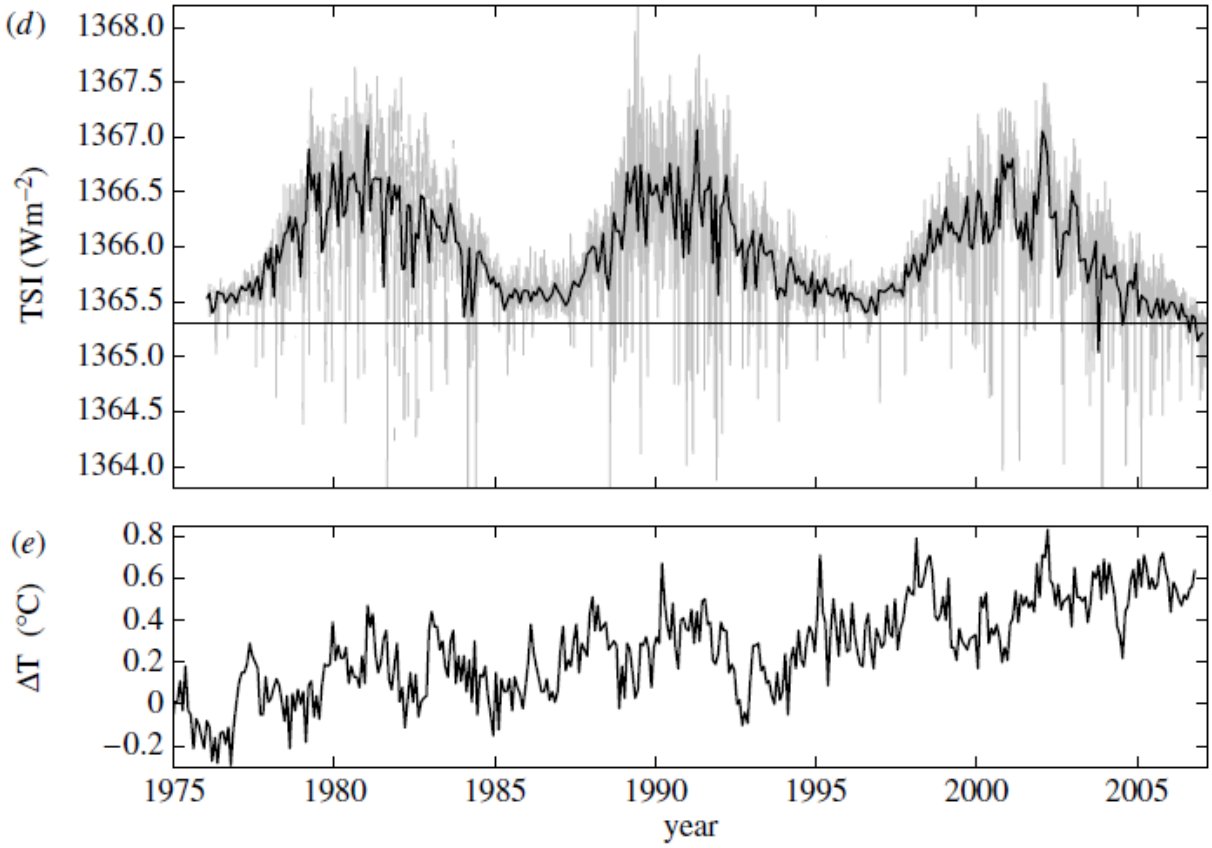

Рис. 2. (d) The TSI composite compiled by the World Radiation Centre, PMOD Davos, Switzerland. (e) The GISS analysis of the global mean surface air temperature anomaly DT (with respect to the mean for 1951–1980), compiled by GSFC, primarily from meteorological station data. The black lines are monthly means and in (d) daily values are also shown in grey. A thin horizontal line at TSI of 1365.3WmK2 has been drawn in (d) to highlight that values in the recent solar minimum have fallen below the minima of near 1365.5WmK2 seen during both the previous two solar minima.

Lockwood M., C. Frohlich C. Recent oppositely directed trends in solar climate forcings and the global mean surface air temperature. Proc. R. Soc. A doi:10.1098/rspa.2007.1880

Авторы этой статьи (Lockwood, Frohlich, 2007) пишут по этому поводу совершенно определенно: «Our results show that the observed rapid rise in global mean temperatures seen

after 1985 cannot be ascribed to solar variability, whichever of the mechanisms is invoked and no matter how much the solar variation is amplified».

Таким образом, рост температуры, наблюдавшийся с 1970-х нельзя объяснить ни непосредственным влиянием вариаций солнечной постоянной, ни влиянием каких-то производных (пусть даже усиленных) колебаний.

Более того, систематические изменения на отрезке времени в 30 лет (а именно такими были изменения температуры с конца 1970-х, см. рис. 1) нельзя объяснить никакими ненаправленными изменениями других переменных, имеющими цикл примерно 10 лет.

Следовательно, для объяснения повышения температуры с 1970-х годов, не опирающегося на усиление парникового эффекта из-за роста содержания парниковых газов в атмосфере Земли, нужно пытаться привлекать иные форсинги, показывающие тренд в этот период времени. Такие попытки делаются с привлечением фактора глобальной облачности (степени покрытия неба облаками).

ТРЕНД ГЛОБАЛЬНОЙ ОБЛАЧНОСТИ В XX ВЕКЕ И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Некоторые исследователи (и их результаты приводит В.Н. Обридко):

- обнаружили в конце XX века систематическое уменьшение облачности на обширных пространствах;
- сделали вывод о том, что это уменьшение приводит к росту потока солнечного излучения, достигающего земной поверхности и
- посчитали, что это привело к глобальному потеплению, в частности с 1983 г. по настоящее время (см. рис. 3).

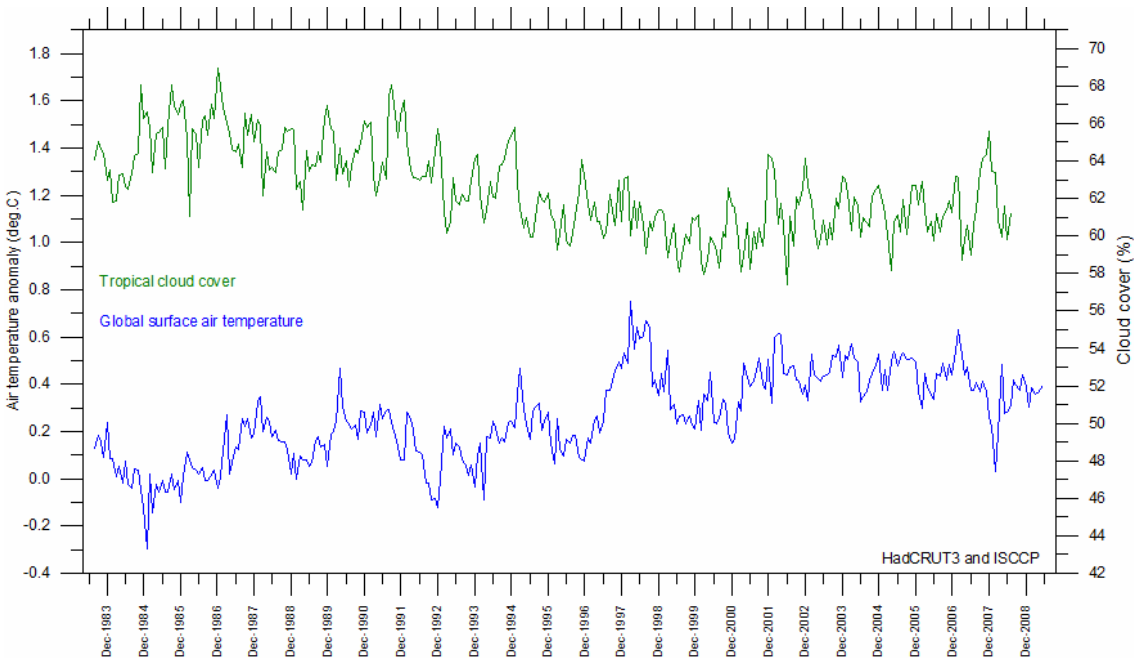

Рис. 3. Облачность в тропиках *(15°N-15°S)* и глобальная среднемесячная поверхностная температура.

(*Обридко В.Н. Некоторые замечания по проблеме «глобального потепления». В защиту науки. http://dcp.sovserv.ru/ebook/2010/09/12/v_zashitu_nauki_-_byulleteni_komissii_po_borbe_s_lzhenaukoy_i_falsifikatsiey_nauchnykh_issledovaniy_1-7_2006-2010_pdf_doc/*).

Это – интересная идея, сейчас довольно популярная. Однако пока она представляется пока лишь гипотезой и требует дальнейшей работы и обоснования. Ниже приводится, что пока не в порядке.

1). Графики, приведенные в работе В.Н. Обридко (см. рис. 3), относятся к процессам различных пространственных масштабов (температура – глобальная, облачность – тропическая) – что дает нам такое сравнение? Ведь глобальный ряд может демонстрировать несколько другой характер изменений. Это видно на рис. 4. После 2000 г. тренд облачности скорее положительный.

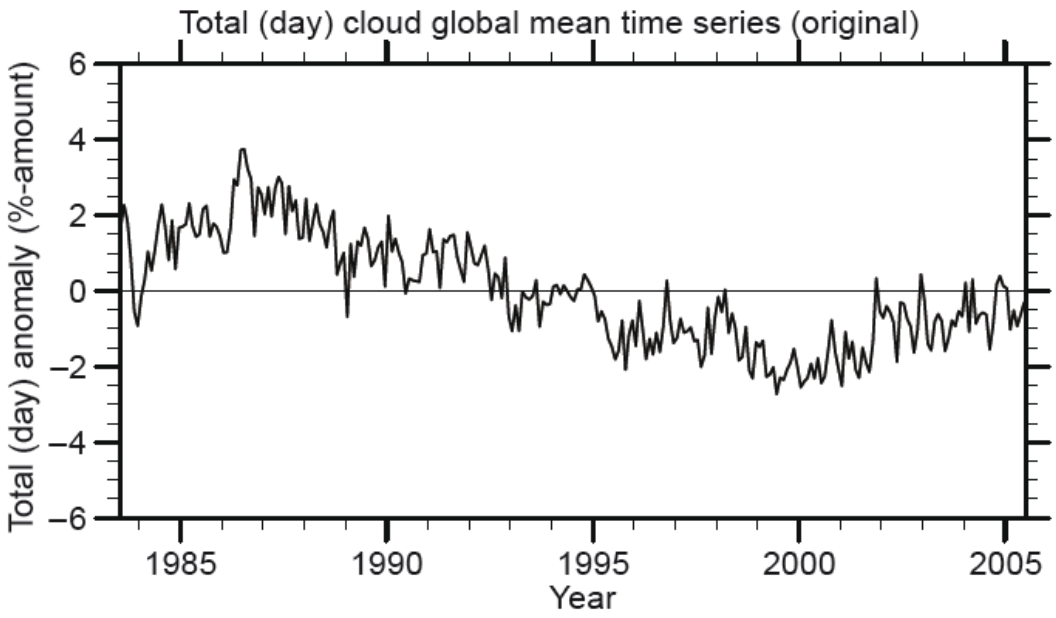

Рис. 4. Тренд глобальной облачности (time series of ISCCP global mean total cloud amount).
Norris J. R., Slingo A. *Trends in Observed Cloudiness and Earth's Radiation Budget.* From the Strüngmann Forum Report, *Clouds in the Perturbed Climate System: Their Relationship to Energy Balance, Atmospheric Dynamics, and Precipitation* Edited by Jost Heintzenberg and Robert J. Charlson. 2009, p. 17 – 36. ISBN 978-0-262-01287-4

2). Данные по облачности – из результатов ISCCP (International Satellite Cloud Climatology Project Flux Dataset (ISCCP-FD)), т.е. спутниковые; их качество пока вызывает серьезное беспокойство.

Причины этого беспокойства четко мотивированы в работе (*Dai A., Karl T.R., Sun B., Trenberth K. E. Recent trends in cloudiness over the United States. A tale of monitoring inadequacies. BAMS, May, 2006, 597-606. DOI:10.1175/BAMS-87-5-597*). Ниже приводятся два рисунка из этой работы – рис. 5 и рис. 6.

Из данных первого рисунка следует, что спутниковые данные ISCCP уверенно показывают уменьшение средней облачности после 1980 г. на широтах 60°S–75°N (т.е. практически глобально). При этом данные сходны для суши, океана и в целом.

А из данных второго рисунка следует, что в тропиках (20°S–20°N) средняя облачность по спутниковым данным совершенно не соответствует данным измерений на станциях, тренды имеют разные направления.

Напомню, что данные об облачности именно в этой области (в тропиках) были использованы В.Н. Обридко (см. рис. 3) для мотивировки гипотезы об антикорреляции облачности и температуры приземного воздуха.

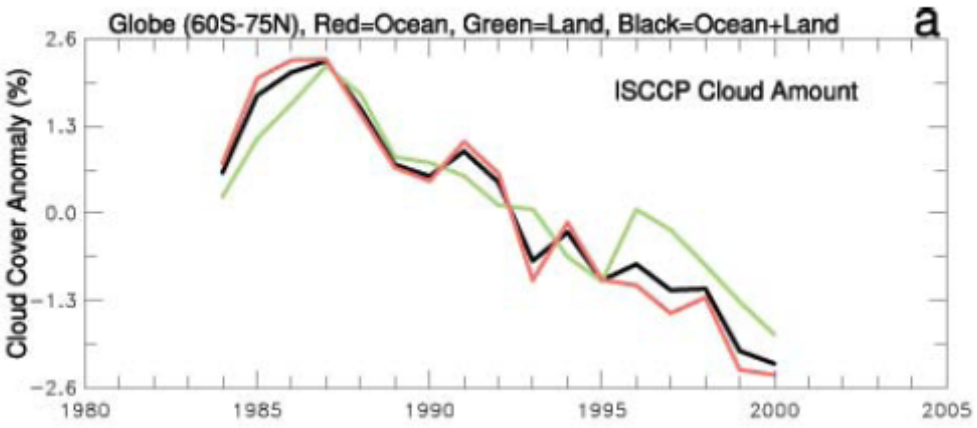

Рис. 5.Time series of ISCCP D2 annual total cloud cover averaged over global (60°S–75°N) land (green), ocean (red), and land plus ocean (black) areas from 1984 to 2000.

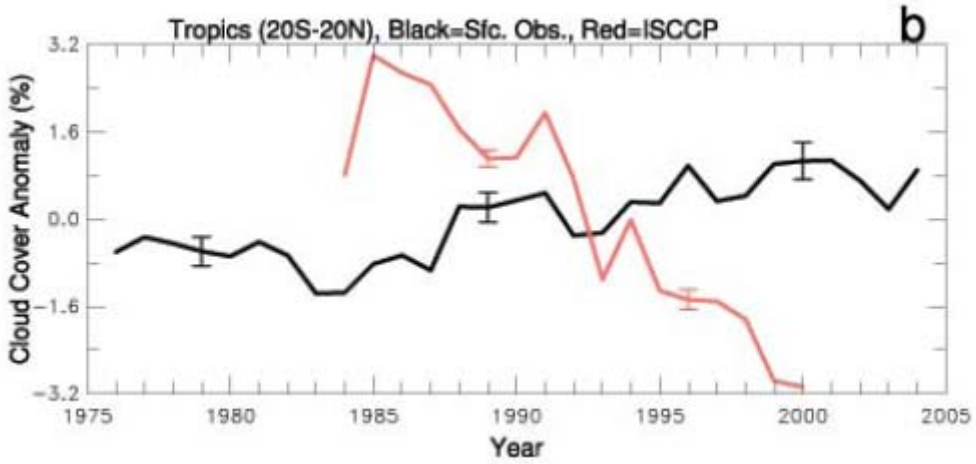

Рис. 6. Total cloud cover averaged over the whole Tropics (20°S–20°N) from surface observations (black line) and ISCCP D2 cloud data (red line). The error bars represent ± one standard error estimated using the inter-grid-box variations.

3). Дистанционные данные (ISCCP) о потоке коротковолнового излучения, достигающего земной поверхности, данные его измерений на станциях мониторинга и модельные оценки обнаруживают значительные различия. Это хорошо видно на рис. 7, где соответствующие оценки приведены для мест расположения станций сети BSRN (Baseline Surface Radiation Network).

4) Модельные оценки показывают не осветление, а затемнение в XX веке (см. рис. 8).

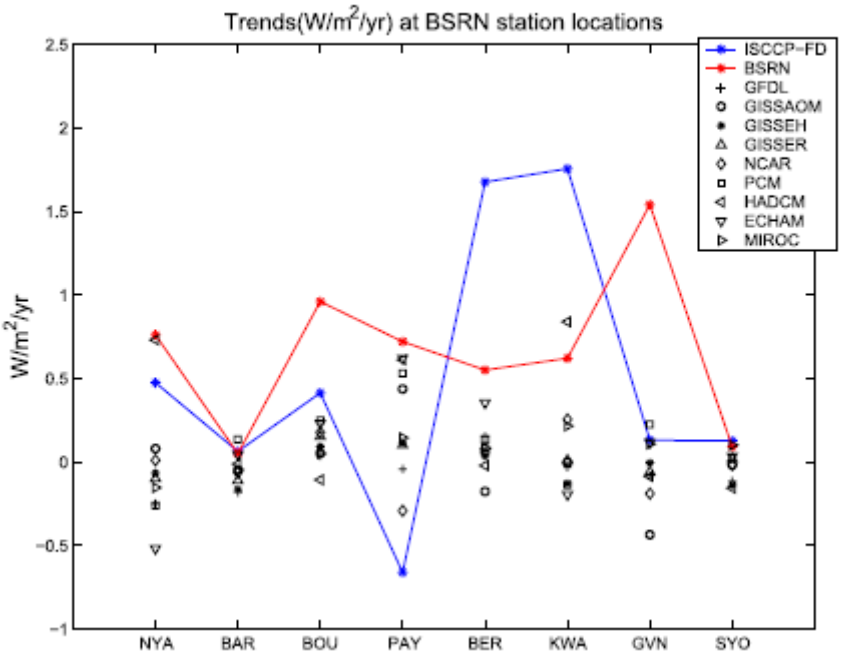

Рис. 7. Linear trends of SWD monthly anomalies (W/m2/yr) from BSRN and the nine IPCC models for the period 1984–2000 at 8 BSRN sites discussed by Wild et al. [2005]. NYA- Arctic Ocean, BAR- Barrow Alaska, BOU- Boulder, PAY- Central Europe, BER- Bermuda, KWA- Kwajalein, GVN and SYO- Antarctica.
Romanou A., Liepert B., Schmidt G. A., Rossow W. B., Ruedy R. A. Zhang Y. 20th century changes in surface solar irradiance in simulations and observations GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 34, L05713, doi:10.1029/2006GL028356, 2007

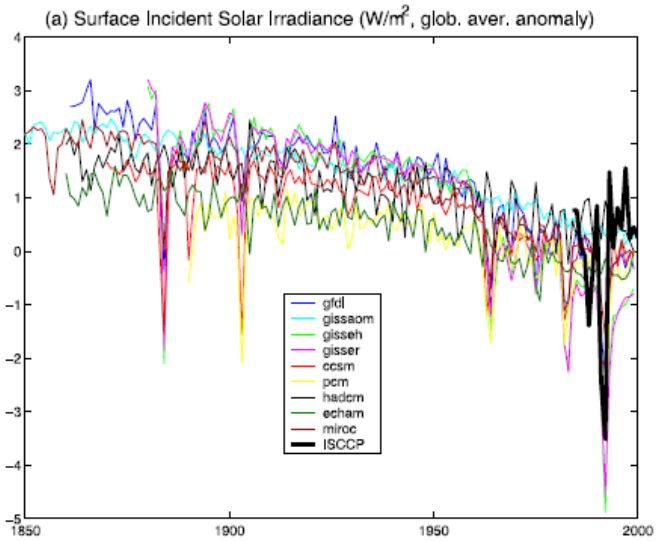

Рис. 8. Simulated global averages of the 20th Century SWD anomalies (W/m2, mean 1990s seasonal cycle removed) and linear trends (W/m2/yr) in the nine IPCC climate models.
Romanou A., Liepert B., Schmidt G. A., Rossow W. B., Ruedy R. A. Zhang Y. 20th century changes in surface solar irradiance in simulations and observations GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 34, L05713, doi:10.1029/2006GL028356, 2007

5) В некоторых недавних публикациях говорится о том, что осветление в конце XX века – следствие некорректности оценок облачности с помощью прибора, установленного на спутнике. Вот по этому поводу цитата из работы (*Evan, A. T., A. K. Heidinger, and D. J. Vimont (2007), Arguments against a physical long-term trend in global ISCCP cloud amounts, Geophys. Res. Lett., 34, L04701, doi:10.1029/2006GL028083*):

«The International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP) multi-decadal record of cloudiness exhibits a wellknown global decrease in cloud amounts. This downward trend has recently been used to suggest widespread increases in surface solar heating, decreases in planetary albedo, and deficiencies in global climate models. Here we show that trends observed in the ISCCP data are satellite viewing geometry artifacts and are not related to physical changes in the atmosphere. Our results suggest that in its current form, the ISCCP data may not be appropriate for certain long-term global studies, especially those focused on trends.»

6) В некоторых работах, выполненных на основе данных метеорологических измерений температуры и спутниковых данных об облачности показано, что в тропиках на обширных пространствах наблюдается положительная корреляция между температурой и облачностью.

Например, на рис. 9 представлена корреляция между:
- cloudiness 7.5 year data (from observations in Global Ozone Monitoring Experiment (GOME) on board the European research satellite ERS-2) и
- surface temperature data (from the Goddard Institute for Space Studies (Hansen et al., 2001; Reynolds et al., 2002) (GISS, see http://www.giss.nasa.gov/data/update/gistemp/)

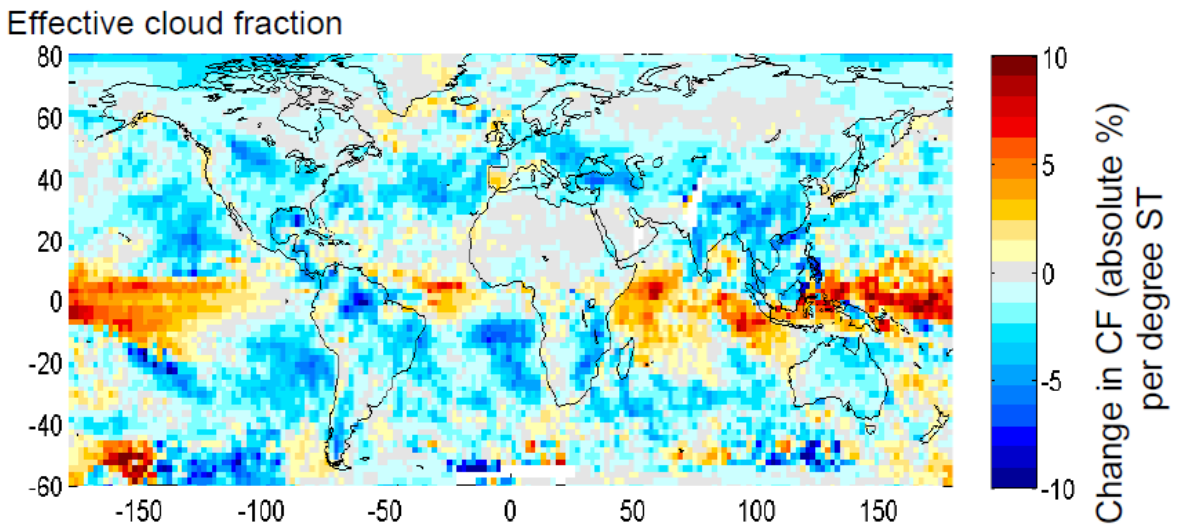

Рис. 9. Dependence of cloud fraction … on surface temperature (ST) as derived from the correlation analysis.
Wagner T., Beirle S., Deutschmann T., Grzegorski M., Platt U. Estimating climate feedback through water vapor and cloud cover from GOME satellite observations. A contribution to the ACCENT subproject TROPOSAT-2. Proceedings of the second ACCENT symposium, Urbino, Italy, July 23-26, 2007.

Данные рис. 9 дают повод для сомнений в гипотезе об антикорреляции (т.е. отрицательной корреляции) облачности и температуры, которую В.Н. Обридко мотивирует с помощью данных рис. 3.

Все это означает, что нужна серьезная дополнительная работа:

- по уточнению всех оценок (станционных, модельных, спутниковых) глобальной облачности и ее трендов и
- по анализу физических процессов, лежащих в основе корреляционных связей температуры приземного воздуха и облачности (если таковые будут подтверждены)

ДО ТОГО, как гипотеза об «осветлении» в конце XX века и его определяющей роли в глобальном потеплении будет считаться доказанной.

О ГИПОТЕТИЧЕСКОЙ РОЛИ ГКЛ (ГАЛАКТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ) В ИЗМЕНЕНИЯХ КЛИМАТА (И ПОГОДЫ)

Теперь несколько слов о всей цепочке суб-гипотез, которые составляют вместе часто обсуждаемую сейчас гипотезу о влиянии галактических космических лучей (ГКЛ) на приземный климат. Ее можно схематически представить так:

Увеличение солнечной активности →
Уменьшение потока космических лучей →
Уменьшение ионизации атмосферы →
Уменьшение количества ядер конденсации →
Уменьшение облачности →
Увеличение приземного потока солнечного излучения →
Увеличение температуры земной поверхности

Источник: http*://www.sciencebits.com/HUdebate*
The Hebrew University of Jerusalem debate on Global Warming
Posted December 3rd, 2007 by Shaviv

Эта гипотеза была предложена и развита Х. Свенсмарком, Н. Шавивом и некоторыми другими учеными в конце 1990-х и далее. В настоящее время для обозначения этого научного направления иногда применяется термин «космоклиматология».

Рассмотрим несколько подробнее эти гипотезы, следуя утверждениям, приведенным в статье В.Н. Обридко. Они выделены желтым.

«При увеличении солнечной активности повышается напряженность магнитного поля в гелиосфере, плотность солнечного ветра, количество корональных выбросов массы. Все эти факторы, воздействуя на магнитосферу Земли, препятствуют доступу галактических космических лучей (ГКЛ) к Земле. Это приводит к уверенно обнаруженной отрицательной корреляции между потоком ГКЛ и солнечной активностью.»

Да, судя по публикациям, по этому вопросу есть широкое согласие.

«Галактические космические лучи (ГКЛ) обычно ответственны за возникновение ядер конденсации в земной атмосфере, рост их потока приводит к увеличению облачности … Здесь связь положительная.»

С этим согласны не все исследователи. Положительная корреляция между космическими лучами и ионизацией атмосферы Земли (и ядрами конденсации) не обнаружена в работе, где ее специально искали:

Sloan T., Wolfendale A.W. Testing the proposed causal link between cosmic rays and cloud cover. Environ. Res. Lett. 3 (2008) 024001 (6pp) doi:10.1088/1748-9326/3/2/024001:
«In conclusion, no corroboration of the claim of a causal connection between the changes in ionization and low cloud cover, made in [1, 2], could be found in this investigation.»

«Увеличение облачности уменьшает температуру Земли и наоборот. Здесь работают два эффекта (сокращение доступа солнечного излучения к Земле и парниковый эффект). Они могут действовать в противоположном направлении, но в целом отрицательная корреляция не вызывает сомнения.»

Относительная малость вклада парникового эффекта в данном случае никак не обосновывается, а уменьшается ли глобальная облачность – данные противоречивы! Мы уже это выше обсуждали.

Несколько слов о расчете сотрудников ИСФЗ РАН, упоминаемом В.Н. Обридко.

«Отдельный (опять-таки энергетический) вопрос состоит в том, хватает ли вариации облачного покрова для существенного изменения инсоляции. Башкирцев и Машнич (ИСЗФ СО РАН) провели следующий простенький, но довольно убедительный, расчет:

• Солнечная светимость I=1367 Вт/м^2
• Среднее альбедо облаков A=0,5
• По наблюдениям со спутников (ISCCP) длительная вариация глобальной облачности составляет ± 3% Это значит, что от минимума солнечной активности в 1986 году к максимуму в 2000 году глобальная облачность изменилась на 6%
• С учетом шарообразности Земли поток солнечного излучения, поступающий на 1 м^2 земной поверхности, равен 1367/4=342 Вт/м2
• Таким образом, поток солнечного излучения, достигающий поверхности Земли, изменился с 1987 г. до 2000 г. на ΔI = 342 * 0,5 * 0,06 =10 Вт/м^2 . Заметим теперь, что МГЭИК, рассматривая вариации солнечной постоянной без учета изменений облачности, получает величину 0,12 Вт/м^2 .»

Эта оценка МГЭИК касается изменений радиационного возмущающего воздействия (Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis. Executive Summary), а не потока коротковолнового излучения, достигающего земной поверхности (incident solar flux), а также не солнечной постоянной.

Поэтому, весь приведенный выше расчет отношения к оценке МГЭИК не имеет!

Определение МГЭИК: «Radiative forcing is the change in the net vertical irradiance (expressed in Watts per square metre: Wm^{-2}) at the tropopause due to an internal change or a change in the external forcing of the climate system, such as, for example, a change in the concentration of carbon dioxide or the output of the Sun.» (Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis. Glossary).

Кроме того, еще раз: оценка изменения потока коротковолнового излучения, достигающего земной поверхности в 6% (или 10 Вт м$^{-2}$) между 1986 г. и 2000 г., приводимая В.Н. Обридко со ссылкой на расчеты (Башкирцев и Машнич (ИСЗФ СО РАН)), вызывает большие сомнения.

Ведь в этом случае поглощенный земной поверхностью поток излучения всех видов также возрос на 6%, а соответствующая радиационно-равновесная (для простоты) среднеглобальная температура по Стефану-Больцману – возросла бы примерно на 287 К*((1+0.06)$^{1/4}$-1) = 4.2 К.

Такое изменение не спрячешь, но в данных измерений его НЕТ и никакого намека на него нет – температура в этот период варьировала в диапазоне 0,5 К (см. рис. 1).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- **Гипотеза о доминирующей роли облачности в формировании естественных изменений температуры в приповерхностном слое во второй половине XX века нуждается в дальнейшем обосновании.**

- **Гипотеза о существенном влиянии ГКЛ (галактических космических лучей) на облачность в глобальном масштабе также нуждается в дальнейшем обосновании.**

- **Необходимы дальнейшие исследования факторов и процессов, формирующих естественные изменения климата в вековом масштабе и на меньших отрезках времени, без чего нельзя с полной уверенностью выделять антропогенные изменения климата и оценивать их последствия.**