

М.А. Гусакова

ВЛИЯНИЕ ОБЛАЧНОСТИ НА КРАТКОВРЕМЕННЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ

М.А. Gusakova

THE EFFECT OF CLOUDS ON THE SHORT-TERM CLIMATE CHANGE

В работе проанализированы наблюдаемые изменения глобальной приповерхностной температуры воздуха и глобальной облачности. Выявлена связь между изменениями количества облачности различных ярусов и приповерхностной температуры. Показано, что увеличение количества глобальной облачности оказывает отрицательное воздействие на температуру, в то время как увеличение количества облачности верхнего и среднего ярусов приводит к потеплению климата.

Ключевые слова: климат, глобальная приповерхностная температура воздуха, облачность, альbedo.

Changes in global surface air temperature and global cloudiness have been analyzed. Making use of regression analysis the relationship between global surface air temperature and cloudiness has been found. It is shown that increase in global cloudiness has a negative effect on global surface air temperature while increase of the amount of high and middle clouds results in climate warming.

Keywords: climate, global surface air temperature, cloudiness, albedo.

Введение

Облачность играет важную роль в регулировании радиационных потоков и является одним из факторов, определяющих особенности многих климатообразующих процессов. С одной стороны, облака отражают приходящую солнечную радиацию, охлаждая земную поверхность. Но, с другой стороны, облачность задерживает уходящее длинноволновое излучение, усиливая глобальную приповерхностную температуру воздуха. Долгое время источником сбора данных об облаках являлись наблюдения с Земли, а также самолетные наблюдения, которые носили локальный характер. С появлением спутников (вторая половина XX века) у исследователей появилась возможность получать глобальные данные о распределении облачности, изучать состав и характеристики облаков, что позволило исследовать влияние облачности на кратковременные климатические изменения.

В данной работе были проанализированы наблюдаемые изменения приповерхностной температуры воздуха и глобальной облачности за двадцатипятилетний период (1983–2008 гг.), а также получены зависимости изменений в температуре от облачности различных ярусов и различного состава. В работе были использованы массивы данных спутниковых наблюдений за облачностью, полученных с помощью интерактивной формы на сайте Лаборатории метеотехнологий (<http://www.meteolab.ru>), а также архив данных метеорологических станций по температуре NASA (http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3).

Наблюдаемые изменения облачности и приповерхностной температуры воздуха

Одним из параметров изменений климата можно считать глобальную приповерхностную температуру воздуха (ПТВ), так как температура – один из индикаторов, который наиболее быстро реагирует даже на незначительные колебания климатической системы.

Относительно достоверные оценки изменений приповерхностной температуры могут быть получены по результатам инструментальных наблюдений, которые ведутся лишь с середины XIX века. Межгодовой ход глобальной приповерхностной температуры, систематизированный в четвертом оценочном отчете МГЭИК [IPCC, 2007] свидетельствует о постепенном росте температуры в течение всего периода инструментальных наблюдений [Малинин, 2011]. Глобальная температура колеблется от года к году, но за период с 1985 по 2008 гг. имела положительный тренд и повысилась с 287,31 К до 287,55 К со средней скоростью 0,01 К/год (рис. 1.). Минимум температуры наблюдался в 1985 г. (287,11К), а максимум - в 2005 г. (287,77 К).

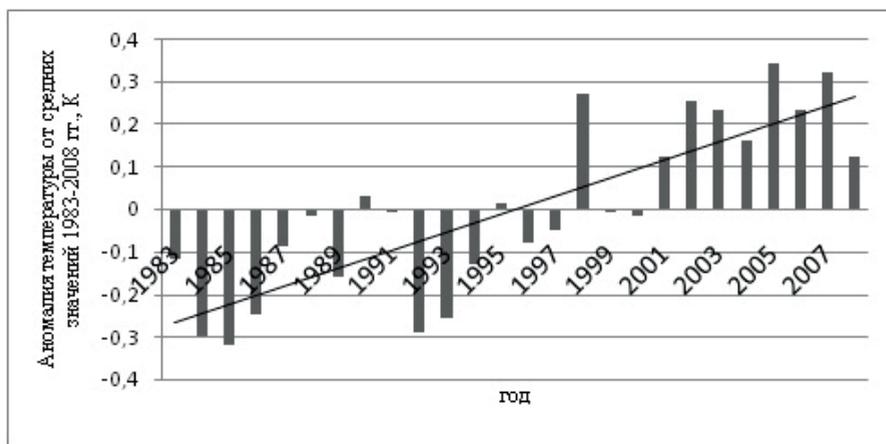


Рис. 1. Наблюдаемые изменения глобальной приповерхностной температуры воздуха за период 1983-2008 гг.

Одним из ключевых климатообразующих факторов, регулирующих радиационный баланс Земли, и, тем самым, оказывающим влияние на изменение глобальной приповерхностной температуры воздуха, можно считать облачность. Существует огромное многообразие облаков, которые различаются по микрофизическим свойствам. Облачность можно разделить на несколько групп, объединенных схожими свойствами – облачность нижнего яруса, облачность среднего яруса, облачность верхнего яруса и облака вертикального развития.

Количество облачности вертикального развития (в основном, конвективная облачность) в глобальном масштабе незначительно, так как такая облачность имеет локальный характер. Такая облачность оказывает нейтральное действие на изменения глобальной приповерхностной температуры воздуха и не учитывается в данной статье [Clouds&Radiation].

Количество облачности на Земле в целом стабильно и составляет около 0,6 долей единицы (д.е.). До 1987 года количество общей облачности возрастало, а потом стало медленно уменьшаться со средней скоростью 0,0017 д.е./год за период 1987-2008 гг., причем за период 1983-1995 гг. скорость составляла 0,0006 д.е./год, а за периоды 1996-2008 гг. – 0,0009 д.е./год соответственно. В целом, за период 1983-2008 гг. количество облачности имело отрицательный тренд.

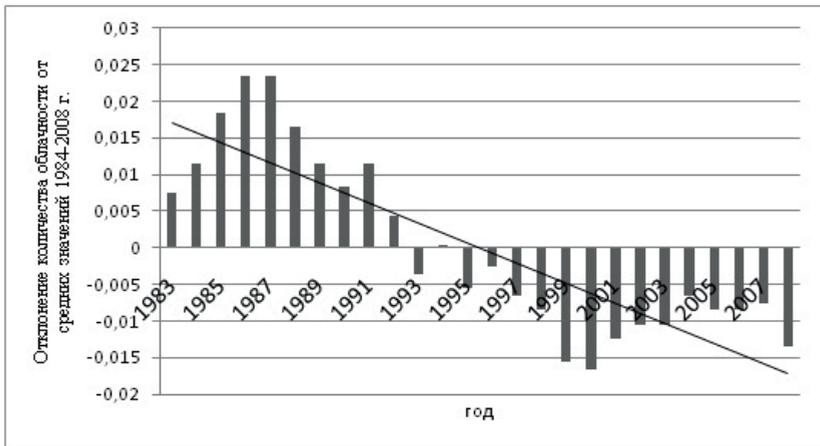


Рис. 2. Наблюдаемые изменения глобальной облачности (в долях единицы) за период 1983-2008 гг.

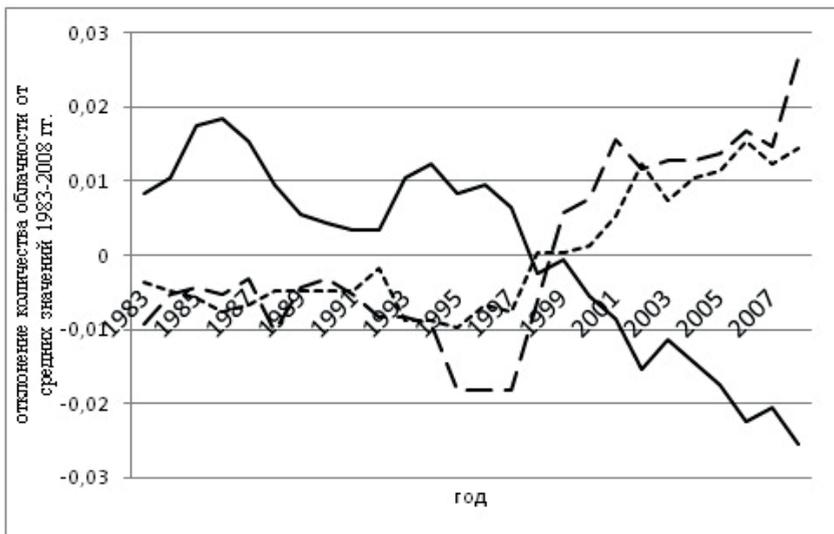


Рис. 3. Наблюдаемые изменения количества облачности нижнего (сплошная линия), среднего (пунктирная линия), и верхнего (штриховая линия) ярусов за период 1983-2008 гг.

Облачность нижнего яруса уменьшалась с 1983 года. В целом, количество облачности нижнего яруса уменьшилось на 0,034 д.е. со средней скоростью 0,001 (д.е./год) Облачность среднего и верхнего ярусов, напротив, имела тренд к увеличению и наиболее заметные колебания из года в год. Стоит отметить, что с 1983 по 1995 г. количество облачности верхнего и среднего ярусов оставалось в среднем постоянным, в 1995-1997 гг. -резко уменьшилось, а с 2000 г. стало возрастать, достигнув максимума в 2008 г.

Поиск связей между глобальной приповерхностной температурой воздуха и количеством облачности.

Корреляционный анализ зависимости изменений глобальной приповерхностной температуры воздуха от облачности различных ярусов выявил устойчивую связь между анализируемыми данными (все коэффициенты корреляции выше 0,63, коэффициент корреляции между облачностью нижнего яруса и температурой равен 0,83). В более ранних работах [Матвеев, 2008]коэффициенты корреляции превышают 0,2-0,3, что указывает на тесную корреляционную связь между облачностью и температурой. Полученные результаты (рис. 4) показали, что облачность в целом оказывает охлаждающее действие на изменения климата. При увеличении количества облачности нижнего яруса глобальная приповерхностная температура понижается, в то время как увеличение количества облачности среднего и верхнего ярусов приводит к повышению приповерхностной температуры.

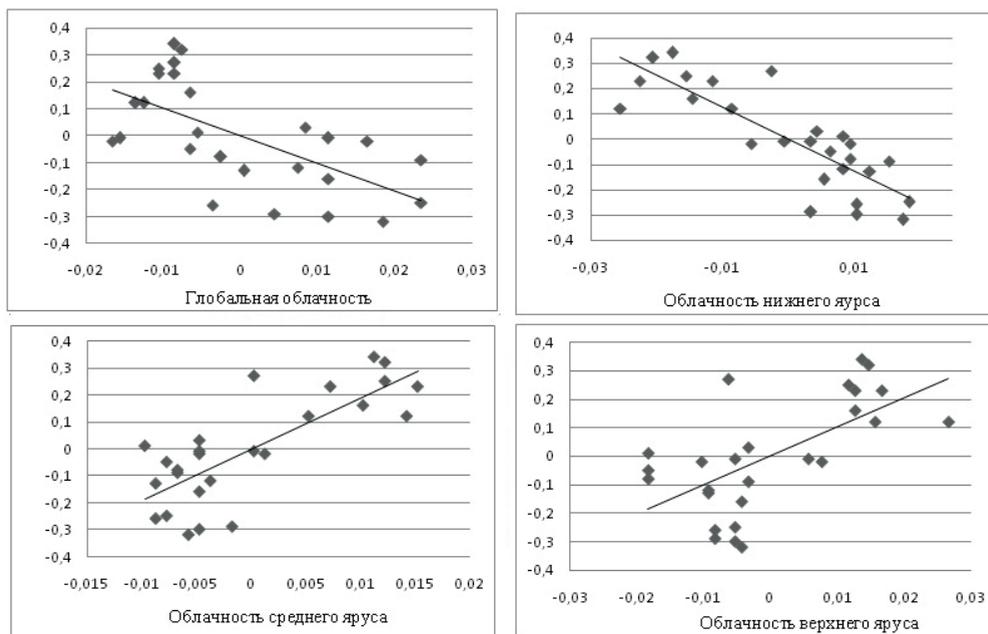


Рис. 4. Связь между количеством облачности на разных ярусах и приповерхностной температурой воздуха (ось ординат – отклонение температуры от средних значений 1983-2008 гг, К; ось абсцисс – отклонение количества облачности от средних значений 1983-2008 гг., д.е.).

Анализ результатов

Одной из причин противоположного влияния облачности различных ярусов на кратковременные климатические изменения можно считать различия в форме и образовании облаков. К облакам нижнего яруса относятся слоистые, слоисто-кучевые, а также плоские кучевые облака, которые являются протяженной облачностью, а значит, обладают высокими отражающими характеристиками (альбедо). К облачности верхнего яруса относятся перистые, перисто-слоистые и перисто-кучевые облака, которые обладают температурой около $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и состоят из кристаллов льда. В связи с этим, облачность верхнего яруса является практически прозрачной для проходящего солнечного излучения и поглощает уходящее длинноволновое излучение Земли [Liou, 2002].

Анализ результатов позволил уточнить влияние облачности на альбедо Земли и ее поверхности. С использованием спутниковых данных CERES, охватывающих проходящее и уходящее коротковолновое излучения, установлено, что за период 2001-2008 гг. общее количество отраженной солнечной радиации на верхней границе атмосферы составляло около 29,3 % ежегодно, а альбедо поверхности — 12,8 %. Таким образом, на облачность приходилось 16,5 % отраженной радиации, что немного расходится с общеизвестными значениями. По данным различных источников альбедо облачного покрова колеблется в пределах от 10 до 25 %. Согласно эмпирическим данным атмосфера и облачный покров отражают около 25 % падающей солнечной радиации, еще 5 % отражается от поверхности Земли [Логинов, 2008].

Заключение

Использование спутниковых данных позволило проанализировать современное состояние облачного покрова и глобальной приповерхностной температуры воздуха, а также оценить вклад различной облачности в кратковременные изменения глобальной температуры. Изменение количества облачности на верхнем и среднем ярусах приводит к увеличению глобальной приповерхностной температуры, в то время как облачность нижнего яруса приводит к охлаждению планеты. Увеличение количества облачности на Земле оказывает отрицательное воздействие на изменение температуры. В среднем, глобальная облачность отражает около 16 % проходящей солнечной радиации.

Литература

1. *Логинов В.Ф.* Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия. — Минск: ТетраСистемс, 2008. — 496 с.
2. *Малинин В.Н., Гордеева С.М.* О современных изменениях глобальной температуры воздуха. // Общество. Среда. Развитие, 2011, № 2, с. 215-221.
3. *Матвеев Ю.Л., Матвеева Е.Ю., Червякова Н.В.* О роли облаков в формировании глобального поля температуры атмосферы. // Ученые записки РГГМУ, 2008, № 8, с. 82-89.
4. Clouds&Radiation [<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/Clouds/>].
5. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4) [http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml].
6. *Liou K.N.* An introduction to atmospheric radiation. — New York: Academic press, 2002. — 583 p.