

МНОГОЛЕТНИЙ РЕЖИМ ОБЛАЧНОГО ПОКРОВА НАД ТЕРРИТОРИЕЙ СИБИРСКОГО РЕГИОНА И ЕГО СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Нахтигалова Д.П.¹

¹ *Институт оптики атмосферы СО РАН, Томск, Россия (634021, г. Томск, пл. Академика Зюева, 1), e-mail: gfm@iao.ru*

На основе многолетних (1966-2012 гг.) наземных наблюдений за количеством общей и нижней облачности исследуется режим облачного покрова над территорией Сибирского региона. Рассматриваются среднемесячные и среднесезонные значения количества облаков и их годовой ход, а также долговременные колебания количества общей и нижней облачности в условиях современных изменений глобального климата. Установлено, что наибольшее количество общей и нижней облачности во все сезоны и в целом за год отмечается в полярных широтах, и наименьшее в умеренной зоне. В годовом ходе количества той же облачности четко проявляется почти повсеместно, кроме станции Чита, два максимума облачности (основной весенний, и второй, менее выраженный, в мае-июне). Выявлено заметное повышение количества общей и нижней облачности (относительно нормы за 1966-1985 гг.) в период 1986-2005 гг., когда над территорией Северного полушария наблюдалось глобальное потепление, однако в последующие годы (2006-2012 гг.), в период начавшегося похолодания, при продолжавшемся повсеместном росте количества общей и нижней облачности, количество нижней облачности над Западной Сибирью уменьшается.

Ключевые слова: общее и нижнее количество облаков, климатические характеристики, долговременные изменения, Сибирский регион.

LONG-TERM CONDITIONS OF CLOUDAGE OVER THE TERRITORY OF THE SIBERIAN REGION AND ITS MODERN CHANGES

Nahtigalova D.P.¹

¹ *V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk (Academician Zuev Square, 1, Tomsk, 634021 Russia) e-mail: gfm@iao.ru*

Cloudage conditions over the territory of the Siberian region is studied on the basis of multiyears (1966-2012) ground-based observations for the amount of total and lower cloudiness. The monthly and seasonal means of the amount of clouds and their annual variations, as well as long-term fluctuations of the amount of total and lower cloudiness are considered in the context of modern global climate change. It is ascertained, that the greatest amount of total and lower cloudiness is observed in all seasons and in the whole year in the polar latitudes, and least one is noted in the temperate zone. Two of the clouds maximums (main in spring, and the less expressed second in May-June) are observed in the annual variations of the amount of the clouds almost everywhere, except the station Chita. Increase of amount of total and lower cloudiness (concerning the norm for 1966-1985) is revealed in the period 1986-2005, when global warming was observed over the territory of the Northern hemisphere. However, in subsequent years (2006-2012), in the period of the beginning of cooling, the amount of low clouds over Western Siberia is reduced during the continued growth of the amount of total and lower cloudiness occurring everywhere.

Keywords: amount of total and lower clouds, climatic characteristics, long-term changes, Siberian region.

Введение

Облачный покров является важным фактором, регулирующим радиационные потоки и влияющим на формирование и изменение климата Земли. Радиационный приток тепла существенно зависит от количества, типа, высоты верхней границы и от пространственного распределения облаков [2]. При этом изменения радиационных потоков по-разному проявляются в глобальном и региональном масштабах и в разные сезоны года. Кроме того, облачность и сама изменяется во времени. Поэтому представляет большой интерес

рассмотреть современное состояние исследований по проблеме долговременных изменений количества общей и нижней облачности (процента покрытия небосвода облаками). В современной литературе данной проблеме уделяется достаточное большое внимание (см., например, [1; 4-9]), хотя главный интерес проявляется к особенностям долговременных изменений общей облачности, облака нижнего яруса затрагивают достаточно редко.

В частности, в работах [7; 8] показано, что во второй половине XX века наблюдалась явная тенденция к увеличению количества общей облачности во многих континентальных районах умеренных широт Северного полушария. Однако, по данным [4], с начала 90-х годов XX столетия процесс увеличения количества общей облачности наблюдался лишь над океанами, а над сушей отмечалась некоторая стабилизация его понижения, поскольку в период 1948-2007 гг. в Северном полушарии количество общей облачности в основном уменьшалось. Подобное уменьшение общей облачности с 1954 по 1994 год имело место и на региональном уровне, например над территорией Китая [9].

В данной работе будет рассматриваться долговременное изменения поля как общей облачности, так и нижней. Под нижней облачностью будем понимать облака, нижняя граница, которых расположена ниже 2000 м над земной поверхностью.

Цель исследования

Целью данного исследования является анализ многолетнего поля нижней и общей облачности над территорией Сибирского региона, а также их долговременное изменение в период современного потепления.

Материал и метод исследования

На основе многолетних (1966-2012 гг.) восьмисрочных наблюдений 12 метеорологических станций: Диксон, Салехард, Туруханск, Тобольск, Хатанга, Тикси, Тура, Якутск, Омск, Енисейск, Нижнеудинск, Чита (они заимствованы из Архива NOAA [10]) и метода статистического анализа проведено исследование пространственного распределения средних значений количества общей и нижней облачности над территорией Сибири для отдельных многолетних месяцев, и сезонов (зима, весна, лето и осень), а также сделана оценка их долговременного изменения, осуществленная путем сравнения трех периодов 1966-1985, 1986-2005 и 2006-2012 гг. Здесь надо отметить, что выбор временного ряда с 1966 г. связан с переходом метеорологической сети России только с этого года на восьмисрочные наблюдения, а сравнение трех периодов обусловлено тем, что согласно [3; 4], первый из этих периодов (1966–1985 гг.) характеризуется в основном незначительным изменением температуры, второй (1986–2005 гг.) в полной мере соответствует периоду глобального потепления, а третий, включающий последние 7 лет XXI века (2006–2012 гг.),

отличается наличием явной тенденции к похолоданию климата на всей территории Северного полушария.

Результаты исследования

В табл. 1 представлены результаты анализа пространственного распределения среднего количества общей и нижней облачности по территории Сибири.

Таблица 1

Средние значения количества общей (\bar{N}) и нижней (\bar{N}_H) облачности, полученные для территории Сибири по данным 1966-2012 гг.

станция	зима		весна		лето		осень		год	
	\bar{N}	\bar{N}_H								
Западная Сибирь										
Диксон	5,6	3,8	6,6	4,7	7,9	6,9	7,6	6,4	6,9	5,5
Салехард	6,5	3,9	6,6	4,0	6,8	4,9	7,9	5,7	7,0	4,6
Туруханск	6,4	4,2	6,3	4,1	6,5	4,6	7,3	5,6	6,6	4,7
Тобольск	6,5	4,2	6,3	3,5	7,0	3,9	7,3	5,1	6,8	4,2
Омск	6,3	4,0	5,7	3,4	6,1	3,7	6,9	4,8	6,3	4,0
Енисейск	7,1	3,7	7,0	3,5	7,1	3,7	7,9	4,9	7,3	4,0
Восточная Сибирь										
Хатанга	7,5	4,3	7,3	4,2	7,4	4,6	8,0	5,4	7,6	4,6
Тикси	7,9	4,2	7,5	4,1	7,7	5,3	8,4	6,2	7,9	5,0
Тура	6,2	2,6	6,9	3,3	7,3	4,5	7,4	5,3	7,0	3,9
Якутск	6,3	1,7	6,6	2,5	6,8	3,3	7,6	4,0	7,2	2,9
Нижнеудинск	6,6	2,9	6,9	3,2	6,9	4,5	7,2	4,5	6,9	3,8
Чита	4,2	1,6	5,8	2,5	6,7	3,3	5,4	2,6	5,5	2,5

Как можно увидеть, наибольшее количество общей и нижней облачности (соответственно порядка 6,9–8,4 и 4,0–6,4 балла) отмечается на всех рассмотренных станциях в осенний период. Минимальное же их количество (от 4,2–6,6 и 1,6–3,8 балла) наблюдается либо в зимний период, что характерно для полярных станций Западной Сибири (Диксон, Салехард) и особенно для территории Восточной Сибири (исключение станция Хатанга и Тикси), что обусловлено влиянием мощного Сибирского антициклона, либо в весенний период, это наиболее ярко проявляется на станциях умеренных широт Западной Сибири (Тобольск, Омск, Енисейск), что связано с активным выходом южных циклонов. Также минимальное количество баллов общей и нижней облачности (порядка 7,3–7,5 4,1–4,2 балла) отмечается в весенний период на станциях полярных широт Восточной Сибири (Хатанга, Тикси).

В пространственном распределении среднегодового количества общей и нижней облачности наибольший балл, равный 6,9–7,9 и 4,6–5,5 соответственно, выделяется в полярной зоне всего Сибирского региона, что согласуется с хорошо развитой здесь циклонической деятельностью в течение всего года. В свою очередь наименьший балл отмечается на юге Сибирского региона, где преобладает влияние Сибирского антициклона.

Рассмотрим также годовой ход средних месячных значений количества общей и нижней облачности, приведенный на рис. 1 и 2.

В частности, из рис. 1, на котором показан годовой ход количества общей облачности, хорошо видно, что для Западной Сибири (рис. 1а) характерно в основном преобладание в течение всего года облачной погоды (более 5-6 баллов), а осенью (в сентябре-октябре) отмечается максимум общей облачности (до 8.0-8.5 балла). Кроме того, в мае-июне отмечается вторичный, но менее выраженный максимум количества общей облачности.

Над территорией Восточной Сибири (рис. 1б) также почти повсеместно (кроме станции Чита) преобладает облачная погода и два максимума общей облачности, наблюдаемые в те же месяцы. Однако в районе Читы отмечается один максимум (в июне) и, кроме того, в январе имеет место экстремальное падение общей облачности (до 3,7 баллов).

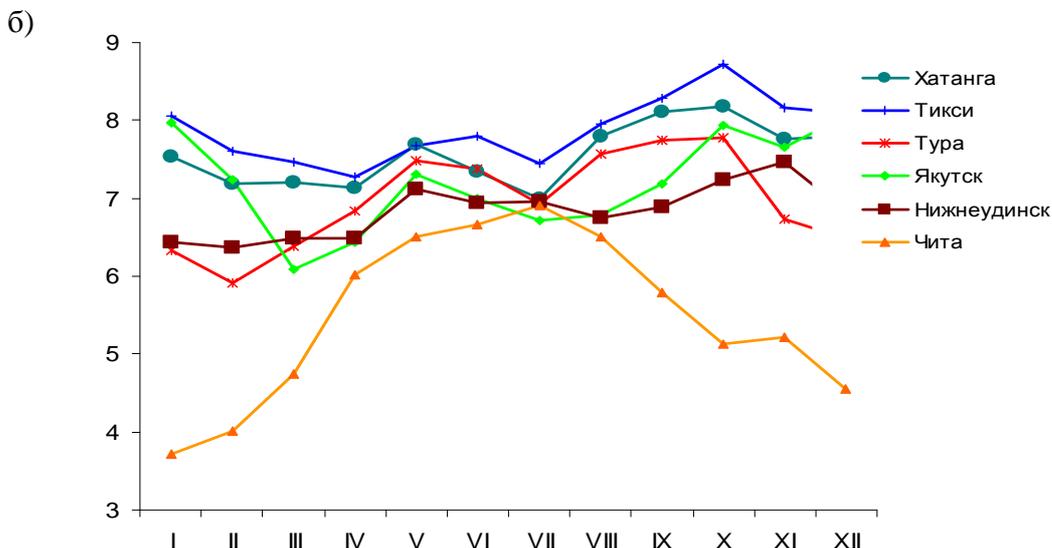
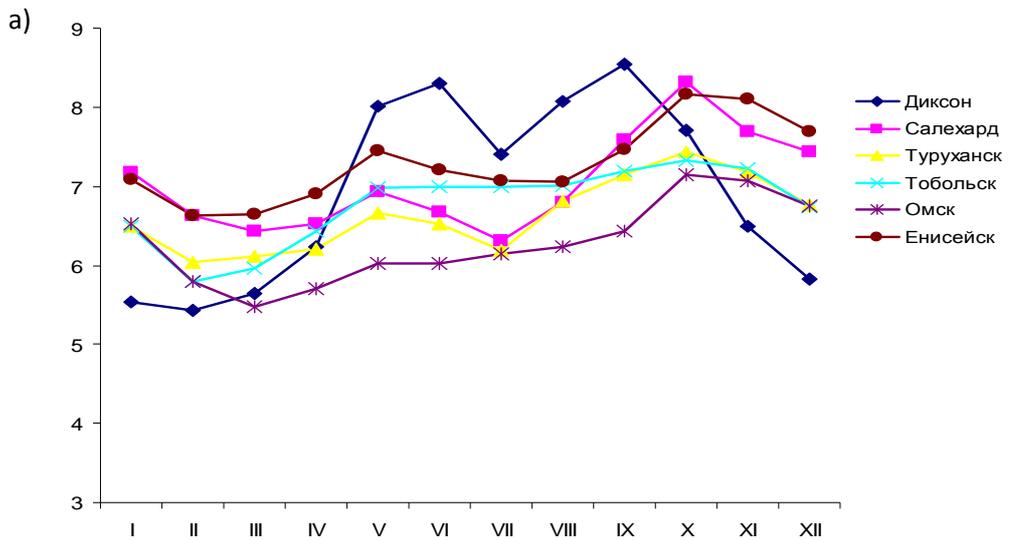


Рис. 1. Годовой ход среднемесячных значений количества общей облачности (баллы) по данным станций Западной (а) и Восточной (б) Сибири

Что касается годового хода среднего количества нижней облачности (рис. 2 а, б), то он повсеместно повторяет ход количества общей облачности. Однако наибольшее количество облаков нижнего яруса (более 6 баллов) наблюдается за полярным кругом, а на станциях умеренных широт она минимальна и не превышает 4-5 баллов. Наименьшее количество нижней облачности (менее 3 баллов) во все месяцы отмечается на станции Чита.

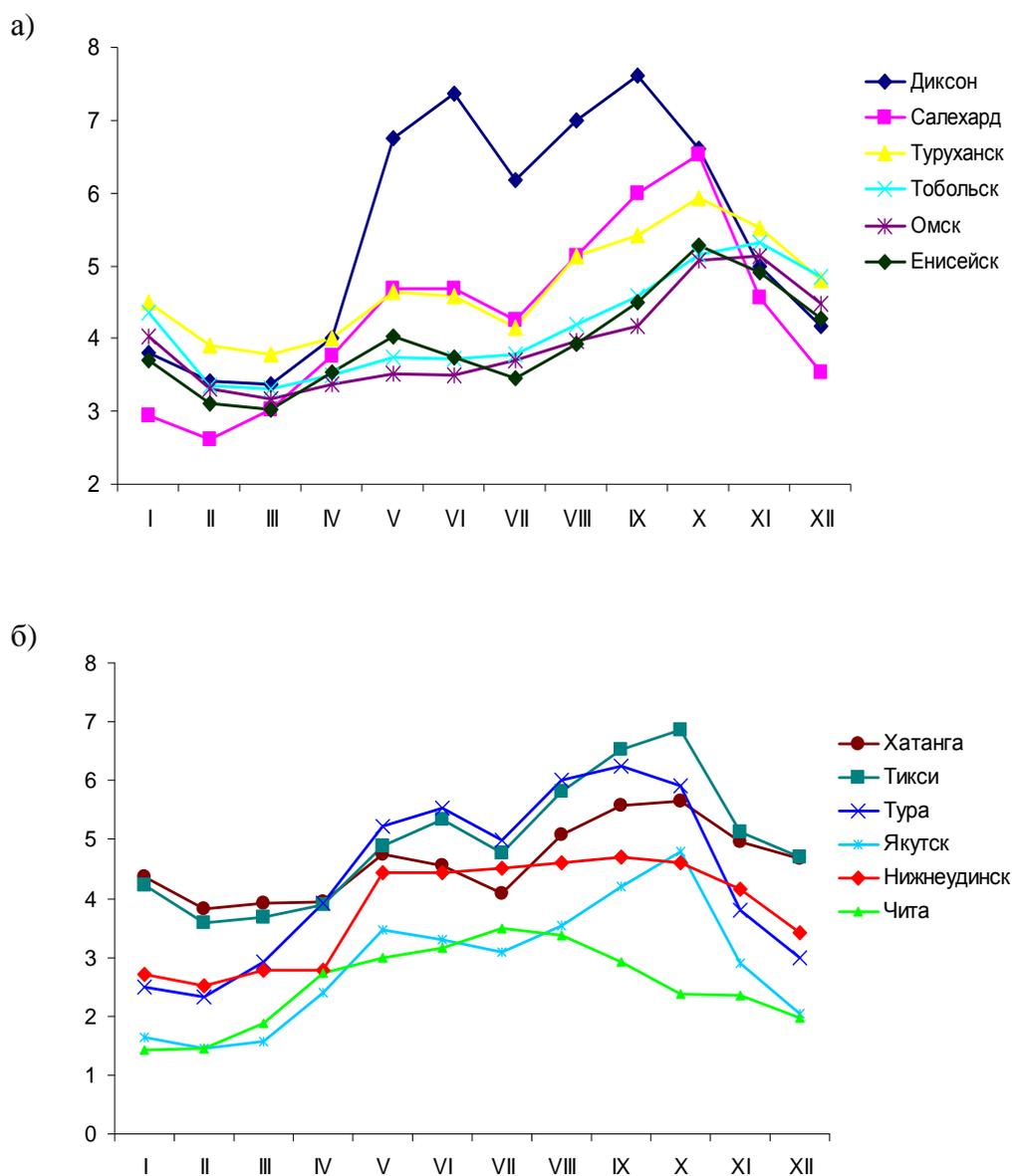


Рис. 2. Годовой ход среднемесячных значений количества нижней облачности (баллы) по данным станций Западной (а) и Восточной (б) Сибири

Перейдем теперь непосредственно к анализу современных изменений количества общей и нижней облачности. Для этого обратимся к табл. 2, где представлены средние значения общей и нижней облачности по сезонам и году в целом, рассчитанные за 1986-2005 гг. и 2006-2012 гг., и их отклонения от нормы, за которую был взят средний балл соответствующей облачности за период 1966-1985 гг.

Таблица 2

Количество общей (\bar{N}) и нижней \bar{N}_H облачности (в баллах), полученное за 1976-2005 и 2006-2012 гг. (числитель), и их отклонения от нормы (знаменатель), рассчитанной за 1966-1985 гг.

Станция	Параметр	Зима		Весна		Лето		Осень		Год	
		1986-2005	2006-2012	1986-2005	2006-2012	1986-2005	2006-2012	1986-2005	2006-2012	1986-2005	2006-2012
Диксон	\bar{N}	<u>5.5</u> -0.4	<u>4.9</u> -1.0	<u>6.7</u> -0.1	<u>6.0</u> -0.8	<u>7.9</u> 0.0	<u>8.1</u> 0.2	<u>7.5</u> -0.3	<u>7.1</u> -0.7	<u>6.9</u> -0.2	<u>6.6</u> -0.5
	\bar{N}_H	<u>3.6</u> -0.2	<u>3.9</u> 0.1	<u>4.8</u> 0.2	<u>4.8</u> 0.2	<u>6.9</u> 0.1	<u>7.0</u> 0.2	<u>6.4</u> -0.2	<u>6.1</u> -0.5	<u>5.4</u> -0.1	<u>5.4</u> -0.1
Туруханск	\bar{N}	<u>6.7</u> 0.7	<u>6.7</u> 0.6	<u>6.1</u> -0.3	<u>6.6</u> 0.2	<u>6.4</u> -0.1	<u>7.0</u> 0.5	<u>7.2</u> 0.2	<u>7.9</u> 0.8	<u>6.6</u> 0.1	<u>7.1</u> 0.6
	\bar{N}_H	<u>4.8</u> 0.7	<u>4.0</u> -0.2	<u>4.1</u> -0.2	<u>4.0</u> 0.0	<u>4.4</u> -0.3	<u>4.7</u> -0.1	<u>5.7</u> 0.1	<u>5.3</u> -0.4	<u>4.8</u> 0.1	<u>4.5</u> -0.2
Омск	\bar{N}	<u>6.6</u> 1.0	<u>7.5</u> 1.9	<u>5.5</u> -0.1	<u>7.1</u> 1.6	<u>6.1</u> 0.2	<u>7.1</u> 1.2	<u>6.9</u> 0.4	<u>7.9</u> 1.4	<u>6.3</u> 0.4	<u>7.4</u> 1.5
	\bar{N}_H	<u>4.3</u> 0.6	<u>3.2</u> -0.5	<u>3.3</u> -0.1	<u>3.3</u> -0.1	<u>3.7</u> -0.2	<u>3.5</u> -0.1	<u>4.8</u> -0.2	<u>4.5</u> -0.4	<u>4.0</u> 0.0	<u>3.7</u> -0.3
Енисейск	\bar{N}	<u>7.4</u> 0.6	<u>7.2</u> 0.4	<u>7.0</u> 0.2	<u>7.6</u> 0.8	<u>7.1</u> 0.2	<u>8.2</u> 1.3	<u>8.1</u> 0.4	<u>8.3</u> 0.7	<u>7.4</u> 0.4	<u>7.9</u> 0.9
	\bar{N}_H	<u>3.9</u> 0.3	<u>3.4</u> -0.2	<u>3.4</u> -0.3	<u>3.5</u> -0.2	<u>3.7</u> -0.1	<u>3.6</u> -0.2	<u>5.0</u> 0.0	<u>4.6</u> -0.4	<u>4.0</u> 0.0	<u>3.8</u> -0.2
Тикси	\bar{N}	<u>8.1</u> 0.3	<u>7.3</u> -0.5	<u>7.5</u> 0.0	<u>7.3</u> -0.2	<u>7.7</u> 0.0	<u>7.9</u> 0.2	<u>8.4</u> 0.0	<u>8.3</u> -0.1	<u>7.9</u> 0.0	<u>7.7</u> -0.2
	\bar{N}_H	<u>4.3</u> 0.2	<u>4.1</u> 0.0	<u>4.3</u> 0.3	<u>4.3</u> 0.3	<u>5.3</u> 0.1	<u>5.6</u> 0.4	<u>6.3</u> 0.3	<u>6.5</u> 0.5	<u>5.0</u> 0.2	<u>5.1</u> 0.3
Тура	\bar{N}	<u>6.6</u> 0.6	<u>5.7</u> -0.3	<u>7.2</u> 0.6	<u>6.7</u> 0.1	<u>7.5</u> 0.6	<u>7.7</u> 0.7	<u>7.6</u> 0.3	<u>7.5</u> 0.3	<u>7.2</u> 0.5	<u>6.9</u> 0.6
	\bar{N}_H	<u>2.7</u> 0.5	<u>2.9</u> 0.6	<u>4.3</u> 0.6	<u>4.4</u> 0.7	<u>5.6</u> 0.5	<u>6.2</u> 1.0	<u>5.5</u> 0.6	<u>5.8</u> 0.9	<u>4.5</u> 0.5	<u>4.9</u> 0.9
Якутск	\bar{N}	<u>8.7</u> 2.4	<u>9.2</u> 2.9	<u>6.8</u> 0.7	<u>7.3</u> 1.2	<u>7.1</u> 1.0	<u>7.9</u> 1.8	<u>7.9</u> 1.0	<u>8.5</u> 1.5	<u>7.7</u> 1.3	<u>8.2</u> 1.8
	\bar{N}_H	<u>1.9</u> 0.2	<u>1.2</u> -0.5	<u>2.6</u> 0.3	<u>2.5</u> 0.2	<u>3.4</u> 0.3	<u>3.6</u> 0.5	<u>4.1</u> 0.2	<u>4.2</u> 0.3	<u>3.0</u> 0.3	<u>2.9</u> 0.2
Чита	\bar{N}	<u>4.0</u> 0.2	<u>5.1</u> 1.3	<u>5.6</u> 0.2	<u>7.0</u> 1.5	<u>6.5</u> 0.1	<u>8.0</u> 1.6	<u>5.3</u> 0.3	<u>6.3</u> 1.2	<u>5.4</u> 0.2	<u>6.6</u> 1.4
	\bar{N}_H	<u>1.4</u> -0.1	<u>2.1</u> 0.6	<u>2.5</u> -0.1	<u>3.1</u> 0.7	<u>3.3</u> 0.0	<u>3.7</u> 0.5	<u>2.5</u> 0.0	<u>3.0</u> 0.5	<u>2.4</u> 0.0	<u>3.0</u> 0.6

Из табл. 2 видно, что при годовом осреднении появляются определенные закономерности в отклонениях количества общей и нижней облачности, рассчитанных по данным за 1986-2005 и 2006-2012 гг., от нормы, определенной по данным за 1966-1985 гг. Если в первом случае (в период 1986-2005 гг.) над всей территорией Сибири в основном отмечается увеличение количества общей и нижней облачности (на 0,1-0,5 балла), то во втором (в период 2006-2012 гг.) такое увеличение имеет место только для общей

облачности, поскольку количество нижней облачности возрастает лишь над территорией Восточной Сибири, а над Западной Сибирью оно заметно (на 0,1-0,3 балла) уменьшается.

Что касается среднесезонных значений количества общей и нижней облачности в оба рассмотренных периода, преобладает его повышение, однако в зимний период отмечается тенденция к понижению.

Заключение

В заключение следует отметить, что в пространственном распределении количества общей и нижней по территории Сибирского региона отмечается, причем практически во все сезоны и в целом за год, на полярных станциях наибольший балл облачности, а наименьший балл на станциях умеренных широт. В годовом ходе среднемесячных значений количества общей и нижней облачности для всей территории Сибирского региона характерна облачная погода в течение всего года, с двумя максимумами; причем основной отмечается осенью (в сентябре - октябре), а второй, менее выраженный – в мае - июне.

Из анализа современных изменений количества облачности в период 1986-2005 гг. отмечается повышение количества общей и нижней облачности относительно нормы 1966-1985 гг. В то же время в период 2006-2012 гг. преобладает иная картина. Если увеличение количества общей облачности отмечается также практически повсеместно, то рост количества нижней облачности (по отношению к норме за 1966-1986 гг.) наблюдается лишь над Восточной Сибирью, а над Западной Сибирью он заметно уменьшается.

Список литературы

1. Байкова И.М., Ефимова Н.А., Строкина Л.А. Современное изменение облачного покрова над территорией России // Метеорология и гидрология. - 2002. - № 9. - С. 52-61.
2. Кондратьев К.Я. Глобальный климат // Метеорология и климатология. – 1987. – Т. 17. – С. 3–7.
3. Мохов И.И., Чернокульский А.В., Акперов М.Г., Дюфрен Ж.Л., Ле Трет Э. Изменение характеристик циклонической активности и облачности в атмосфере внетропических широт Северного полушария по модельным расчетам в сопоставлении с данными реанализа и спутниковыми данными // Доклады Академии наук. - 2009. - Т. 424. - № 3. - С. 393–397.
4. Переведенцев Ю.П. Теория климата. – Казань : Казанск. ун-т, 2009. - 504 с.
5. Шерстюков Б.Г. Региональные и сезонные закономерности современного климата. – Обнинск : ГУ «ВНИИГМИ – МЦД», 2008. – 274 с.
6. Хлебникова Е.И., Салль И.А. Особенности климатических изменений облачного покрова над территорией России // Метеорология и гидрология. - 2009. - № 7. - С. 5-13.

7. Dai A. et al. Recent trends in cloudiness over the United States: A tale of monitoring inadequacies // Bull . Amer. Meteorol. Soc. - 2006. - Vol. 87. - P. 597-606.
8. Henderson – Sellers A. Continental cloudiness changes this century // GeoJournal. - 1992. - Vol. 27. - P. 255-262.
9. Kaiser Dale P. Decreasing cloudiness over China: an updated analysis examining additional variables. // Geophys. Res. Lett. - 2000. - Vol. 27. - № 5. - PP. 2193-2196.
10. Официальный сайт NOAA [Электронный ресурс] // National climatic date center : сайт. - URL: <http://www.ncdc.noaa.gov/land-based-station-data>.

Рецензенты:

Белан Борис Денисович, д.ф.-м.н., профессор, зам. директора по научной работе, Институт оптики атмосферы СО РАН, г. Томск.

Комаров Валерий Сергеевич, д.г.н., профессор, главный научный сотрудник, Институт оптики атмосферы СО РАН, г. Томск.