

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра метеорологии и климатологии

**Анализ количества облачности в Северном полушарии по спутниковым  
данным**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 5 курса 521 группы

направления 05.03.05 Прикладная гидрометеорология

географического факультета

Бодягина Дмитрия Вячеславовича

Научный руководитель

доцент, к.г.н., доцент

С.В. Морозова

Зав. кафедрой

к.г.н., доцент

М.Ю. Червяков

Саратов 2021

**Введение.** Изучение климата в последние 20 лет стало одним из важных и перспективных направлений научных исследований. Наш мир живёт в эпоху глобальных изменений климата, связанных как с деятельностью человека, так и с природными процессами, причем роль антропогенных изменений и собственной, естественной изменчивости природы достаточно трудно разделима, особенно в масштабах нескольких десятилетий.

В последние годы издано много научных и исследовательских работ о режимах климатических показателей и об изменениях климата. Наиболее интересными на сегодняшний день являются исследования глобального изменения климата, как на планете в целом – глобального, так и на отдельных территориях.

Облачность является одним из основных метеорологических факторов, роль которого велика в формировании термического режима планеты. Облака играют ключевую роль в радиационном режиме Земли. Причём их влияние определяется двумя разнонаправленными эффектами — альбедным и парниковым. Солнечный свет, попадая в облачную среду, испытывает многократное рассеяние, многие фотоны выходят из облака, по сути, в обратном направлении. Таким образом, облака увеличивают альбедо Земли примерно в два раза — с 15% (такая доля энергии, поступающей от Солнца, отражалась бы в космос в отсутствие облаков) до 30% — и охлаждают планету. С другой стороны, они же её и утепляют: выступая как чёрное тело, облака поглощают собственное тепловое излучение Земли и переизлучают его в космос уже при более низкой температуре. В итоге часть тепла остаётся в климатической системе, работает парниковый эффект. Без облаков температура воздуха на Земле менялась бы гораздо сильнее от ночи ко дню и от зимы к лету [1].

Дискретность в распределении облачности над земным шаром сказывается на региональном изменении радиационного баланса и, следовательно, может влиять на климатический режим различных регионов.

Известно, что глобальные климатические изменения, происходящие в земной климатической системе, так или иначе, связаны с глобальным тепловым балансом, который сильно зависит от количества поступающей к различным участкам земной поверхности солнечной радиации. Количество поступающей к поверхности Земли солнечной радиации по большей части определяется облачностью. Поэтому изучение современного изменения облачного покрова и его роль в глобальных и региональных климатических изменениях представляет большой научный и практический интерес.

Цель работы – исследовать изменение облачного покрова за последние 10 лет в июле и декабре над Северным полушарием.

Задачи: с сайта NASA наблюдение Земли скачать данные за январь и июль месяцы за период с 2000 по 2009 гг. Сделать выборку из скачанного материала для необходимых широт, построить графики распределения облачности в этих широтах. Провести анализ полученного материала, сравнить повторяемость облачности с данными 1970 гг.

**Основное содержание работы.** Облачность является одним из важнейших факторов, определяющих характер многих физических, в том числе и климатообразующих процессов, протекающих на земной поверхности и в атмосфере. Облачный покров, являясь главным регулятором притока лучистой энергии, в значительной степени определяет количество поступающей к поверхности Земли солнечной радиации, является источником осадков и тем самым заметно влияет на формирование погоды и климата. Поэтому особенности климатического режима облачности представляют интерес в первую очередь благодаря своей климатообразующей роли [9].

По Хромову [9], анализировавшему данные первой половины XX века было получено, что в среднем для всего Северного полушария облачность составляет 5,2 балла (над сушей 4,8 балла и над морем 5,6 балла); для Южного полушария (кроме материка Антарктиды, где она меньше) 5,5 балла (над сушей 4,9 балла и над морем 6,0 балла). Для обоих полушарий вместе получается для суши 4,9 балла, для моря 5,8 балла. Для всего земного шара в целом 5,4.

По более позднему изданию «Климатология», под редакцией О.А. Дроздова (1989 год) [10], количество облаков на Земле в целом довольно стабильно и составляет около 6 баллов. Причем в Северном полушарии облачность составляет 5,9 баллов, а в Южном – 6,2 баллов в соответствии с таблицей 2.1. Таким образом, отметим, что для Северного и Южного полушарий облачность увеличилась на 0,7 балла.

При анализе глобального распределения общего количества облаков значительный интерес представляют сведения о количестве облаков, осредненных по большим площадям.

Наличие облачности над тем или иным районом земного шара больше всего сказывается на изменении суммарной радиации, альбедо и эффективного излучения, а, следовательно, и на изменении радиационного баланса подстилающей поверхности в этом районе. Облачность, вызывая изменения радиационного баланса подстилающей поверхности, тем самым определяет тепловые условия атмосферы, через которые она оказывает влияние и на характер атмосферной циркуляции [9].

Над морем облачность больше, чем над сушей. В среднем для всего Северного полушария она составляет над сушей 5,4 и над морем 6,2 балла; для Южного полушария (без материка Антарктиды, где она меньше) — над сушей 5,2 и над морем 6,4 балла. Для обоих полушарий вместе получается для суши 5,3, для моря 6,2 балла. Наконец, для Северного полушария значения облачности равны 5,9, для Южного полушария 6,2 и для всего земного шара в целом 6,0 балла. Таким образом, поверхность земного шара в общем закрыта облаками более чем наполовину.

Приведенные выше сведения о поле облаков основаны на многолетних наземных наблюдениях. Однако наблюдения облачности с поверхности Земли обладают рядом недостатков: неравномерное распределение по земному шару метеорологических станций и слабое освещение наблюдениями обширных районов Земли (океанов и Южного полушария), затруднения в оценке облачности в нижней части горизонта, отсутствие на многих станциях наблюдений в ночные

сроки. Поэтому с появлением метеорологических искусственных спутников Земли были сделаны многочисленные попытки оценить количество облачности в отдельных районах, на полушариях и Земле в целом. Некоторые недостатки присущи и спутниковым наблюдениям за облаками: искажения на краях фотоснимка, ограниченное разрешение и недостаточная контрастность снимков, получаемых со спутников.

Наблюдения за облаками со спутников проводятся на освещенной (дневной) и неосвещенной (ночной) половинах Земли с помощью фототелевизионной и инфракрасной аппаратуры. За последние 15—20 лет получен огромный объем спутниковых наблюдений за облаками, достаточно равномерно освещающих Северное и Южное полушария как днем, так и ночью.

Как показывают спутниковые наблюдения 10-летнего периода (1971 – 1980), облака в южном полушарии покрывали 62 % площади, а в северном полушарии — 53 %. Это обусловлено тем, что в южном полушарии большая, чем в северном полушарии, площадь занята океанической поверхностью (в южном полушарии — 81 %, а в северном — 61 %). Над океанами же, как правило, значительная часть площади занята облаками. Так, в северном полушарии разность значений количества облаков над океанами и материками составляет около 10% летом и увеличивается до 18— 20% зимой. В южном полушарии эта разность еще больше.

Из данных таблицы следует, что облачность на океанах больше, чем на материках. Различия в отдельных широтных зонах (прежде всего в тропиках) достигают 1,5—2,5 балла.

Изменение облачности с широтой по наблюдениям со спутников согласуется с ее изменением, полученным по наземным данным: количество облаков сравнительно мало в высоких широтах, с уменьшением широты оно растет и достигает максимума (6 и 7 баллов) в умеренных широтах, затем по направлению к тропикам облачность убывает до 2,0—4,0 и вновь растет при приближении к экватору.

**Анализ количества облачности в Северном полушарии по спутниковым данным.** Облачную фракцию используют для определения того, какая часть Земли покрыта облаками. Облачная фракция измеряется из космоса с использованием спутниковых датчиков, таких как спектрорадиометр с умеренным разрешением MODIS на борту спутников Terra и Aqua NASA. Спутники Aqua и Terra на солнечно-синхронной орбите являются частью Системы наблюдения за Землей EOS NASA.

Как и цифровая камера, MODIS собирает информацию в пикселях. Каждый пиксель занимает один квадратный километр.

Измерения инструментом MODIS проводятся дважды в сутки с высоким пространственным разрешением (0,25–1 км). Ширина полосы обзора инструмента MODIS составляет 2330 км.

Для определения облачности используется 14 из 36 спектральных каналов инструмента MODIS. Алгоритм определения облаков основан на серии спектральных пороговых тестов для отдельных пикселей (размер единичного элемента изображения), при этом пороговые значения не глобальны, а индивидуальны для каждого пикселя. Серия пороговых тестов состоит из 5 основных этапов:

- 1) определение плотных облаков верхнего яруса;
- 2) определение тонких облаков;
- 3) определение облаков нижнего яруса;
- 4) определение тонких полупрозрачных облаков верхнего яруса;
- 5) дополнительный тест для определения перистых облаков, чувствительных к излучению подстилающей поверхности.

Далее, при объединении различных спектральных тестов для отдельных пикселей (для морской подстилающей поверхности используются также дополнительные тесты на проверку временной и пространственной однородности), определяются «уровни облачности»: безоблачный, преимущественно безоблачный, неопределённый и облачный.

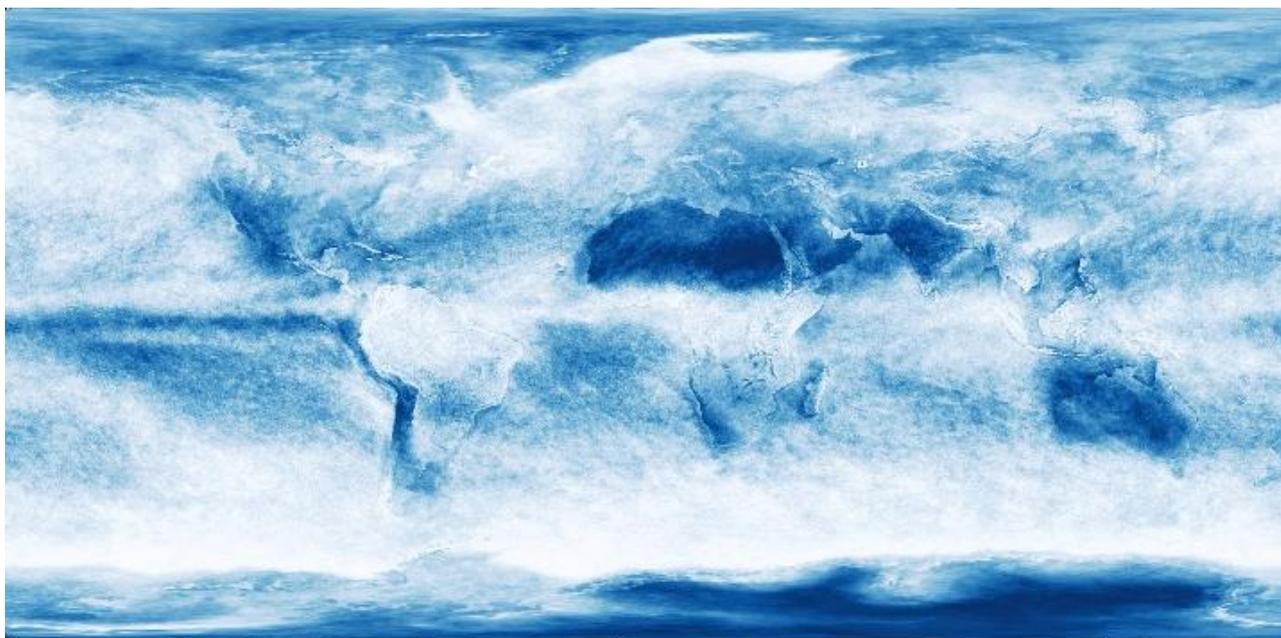


Рисунок 1 – Карта среднемесячного глобального распределения облачного покрова за январь 2001 г. [18]

Карты среднемесячных глобальных распределений облачности в соответствии с рисунком 1 показывают, какая часть площади была пасмурной в среднем за каждый месяц. Измерения были собраны по изображениям спектро радиометра MODIS. Цвета варьируются от синих (без облаков) до белого (полностью мутный) [18].

Значения облачной фракции были сняты со среднемесячных карт глобального распределения облачного покрова на сайте NASA Earth Observations [18]. По данным была сделана выборка значений облачных фракций для нужных широт и построены графики распределения количества облачности. Значения облачной фракции брались за январь и июль месяцы за период 2000-2009 гг.

Анализируя графики среднемесячных распределений облачности можно выявить максимальные и минимальные значения величин. Так в регионах, находящихся в умеренных широтах, отмечается большая амплитуда – величина среднего количества облачности варьируются в пределах от 0,05 до 1. В зоне экватора значения облачности менялось от 0,2 до 0,97. Большие величины облачности наблюдаются также в полярных районах.

На рисунке 2 приведен график распределения количества облачности в июле за исследуемый период с 2000 по 2009 гг. Из рисунка видно, что на экваторе облачность отмечалась в пределах 2-10 баллов. На широте 20° наблюдалась безоблачная или малооблачная погода, или облачность 5 баллов и выше. Облачности с количеством баллов от 2 до 4 баллов практически не наблюдалась. Самый большой разброс наблюдался на широте 40°. В полярных широтах практически все время наблюдалась значительная облачность.

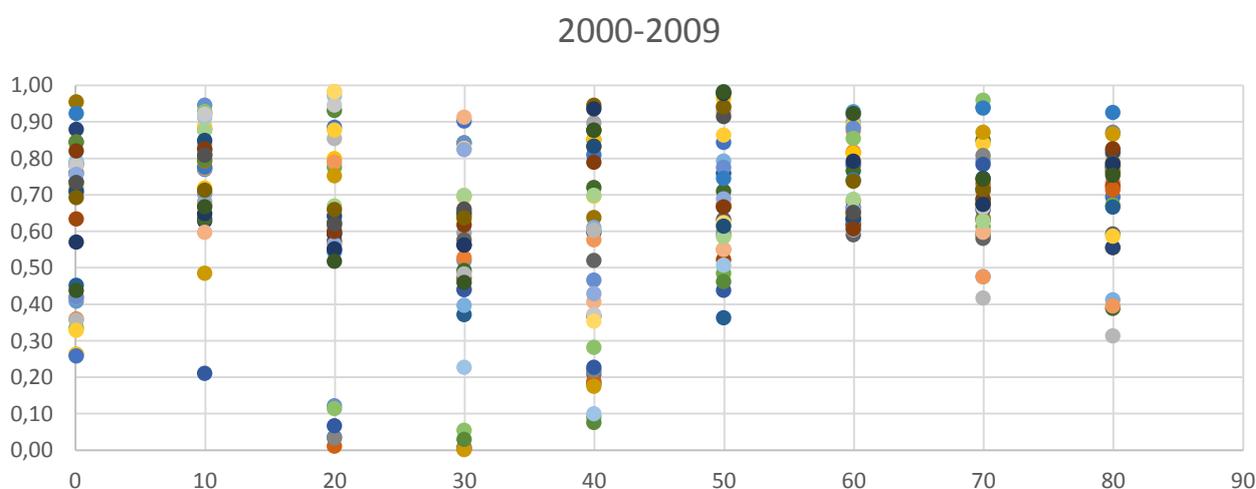


Рисунок 2 – Среднемесячное количество облачности по спутниковым данным в Северном полушарии в июле 2000-2009 гг. (составлено автором)

На основе полученных данных была посчитана повторяемость градаций облачности. Наибольшая повторяемость наблюдалась в градации 7-8 баллов, наименьшая – безоблачно, ясное небо. Эти данные приведены в таблице 1.

Анализируя графики среднемесячных распределений облачности в январе можно выявить максимальные и минимальные значения величин в соответствии с рисунками 3.7-3.9. Так в регионах, находящихся в низких широтах 10-30°, отмечается большая амплитуда – величина среднего количества облачности варьируются в пределах от 0 до 1.

Таблица 1 - Повторяемость (в %) различных градаций облачности по широтам в Северном полушарии для июля по спутниковым данным (составлено автором)

облачность, баллы	широта								
	80	70	60	50	40	30	20	10	0
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,9	8,3	0,0	0,0
1-3	2,8	0,0	0,0	0,0	27,8	5,6	8,3	2,8	13,9
4-6	19,4	33,3	30,6	41,7	33,3	50,0	44,4	13,9	25,0
7-8	69,4	55,6	47,2	27,8	19,4	25,0	16,7	61,1	52,8
9-10	8,3	11,1	22,2	30,6	19,4	5,6	22,2	22,2	8,3

В зоне экватора значения облачности менялось от 0,2 до 0,97. Большие величины облачности наблюдаются также в полярных районах. В умеренных широтах количество облачности менялась в пределах 4-10 баллов.

На рисунке 3 приведен график распределения количества облачности в январе за исследуемый период с 2000 по 2009 гг. Из рисунка видно, что на экваторе облачность отмечалась в пределах 2-10 баллов. На широте 10° наблюдалась безоблачная или малооблачная погода, или облачность 5 баллов и выше. Облачности с количеством баллов от 2 до 4 баллов практически не наблюдалась на широтах 40-60°. Самый большой разброс наблюдался на широте 20°. В полярных широтах практически все время наблюдалась значительная облачность.

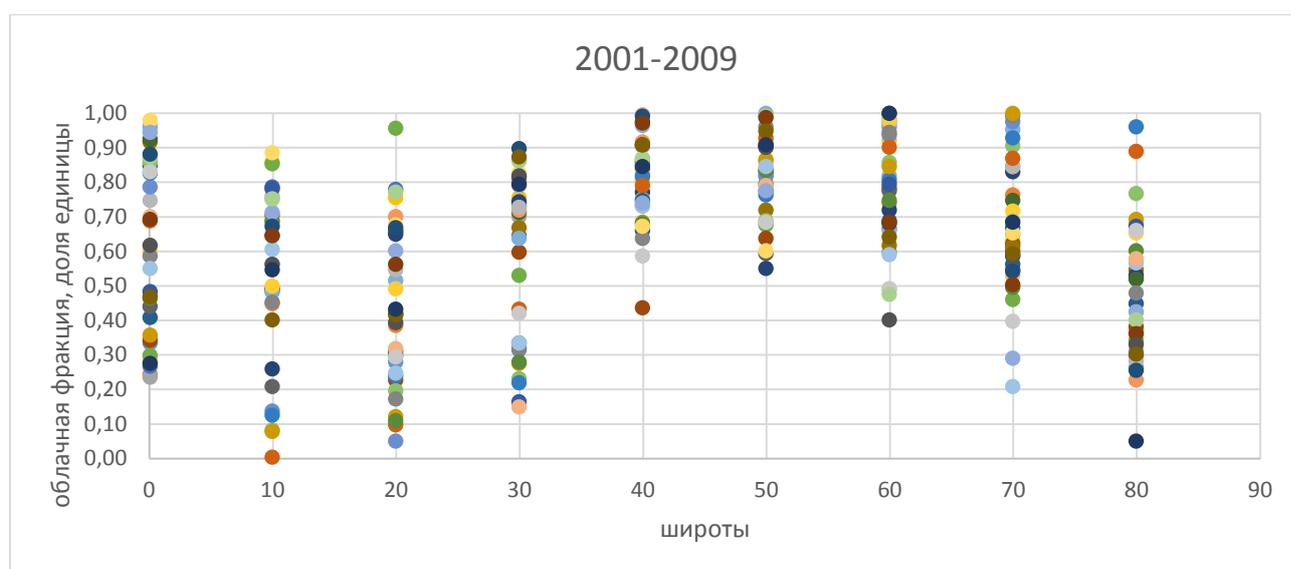


Рисунок 3 – Среднемесячное количество облачности по спутниковым данным в Северном полушарии в январе 2000-2009 гг. (составлено автором)

На основе полученных данных была посчитана повторяемость градаций облачности в январе. Наибольшая повторяемость наблюдалась в градации 7-8 баллов, наименьшая – безоблачно, ясное небо. Эти данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Повторяемость (в %) различных градаций облачности по широтам в Северном полушарии для января по спутниковым данным (составлено автором)

облачность, баллы	широта								
	80	70	60	50	40	30	20	10	0
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0
1-3	33,3	5,6	0,0	0,0	0,0	27,8	38,9	16,7	22,2
4-6	41,7	44,4	22,2	11,1	8,3	16,7	33,3	38,9	27,8
7-8	16,7	27,8	41,7	41,7	50,0	41,7	22,2	30,6	22,2
9-10	5,6	19,4	33,3	44,4	38,9	11,1	2,8	8,3	25,0

**Заключение.** Облачный покров как самый мощный и изменчивый регулятор радиационного режима Земли принадлежит к числу ведущих факторов формирования климата.

Работы Т.Г. Берлянда подвели итоги обобщения данных метеорологических наблюдений с целью изучения закономерностей глобального распределения общего количества облаков. По данным этих работ можно сказать, что несмотря на существенный годовой ход облачности на различных широтах, количество облаков на Земле в целом весьма стабильно, составляя 5-6 баллов общего количества облаков. Количество облаков над океанами в среднем примерно на 1 балл больше, чем над сушей. Наиболее типичен годовой ход количества облаков с максимумом в теплое время года и минимумом в холодное.

Обычные (визуальные) наблюдения облаков недостаточно репрезентативны не только потому, что они почти всегда ограничиваются светлым временем суток, но фрагментарны с точки зрения глобального охвата.

Последнее определяет особый интерес к климатологическому обобщению гигантского объема спутниковых данных. В связи с принципиально важным значением, которое приобретает получение адекватных данных по климатологии облачного покрова, Объединенный научный комитет (ОНК) по Всемирной исследовательской климатической программе (ВИКП) предпринял разработку Международного проекта по спутниковой климатологии облачности (МПСКО), имея в виду, что спутниковые данные должны стать основным источником информации по климатологии облачности.

Облачную фракцию используют для определения того, какая часть Земли покрыта облаками. Облачная фракция измеряется из космоса с использованием спутниковых датчиков, таких как спектрорадиометр с умеренным разрешением MODIS на борту спутников Terra и Aqua NASA. Спутники Aqua и Terra на солнечно-синхронной орбите являются частью Системы наблюдения за Землей EOS NASA.

Как и цифровая камера, MODIS собирает информацию в пикселях. Каждый пиксель занимает один квадратный километр.

Измерения инструментом MODIS проводятся дважды в сутки с высоким пространственным разрешением (0,25–1км). Ширина полосы обзора инструмента MODIS составляет 2330 км.

Для определения облачности используется 14 из 36 спектральных каналов инструмента MODIS. Алгоритм определения облаков основан на серии спектральных пороговых тестов для отдельных пикселей (размер единичного элемента изображения), при этом пороговые значения не глобальны, а индивидуальны для каждого пикселя. Серия пороговых тестов состоит из 5 основных этапов:

- 1) определение плотных облаков верхнего яруса;
- 2) определение тонких облаков;
- 3) определение облаков нижнего яруса;
- 4) определение тонких полупрозрачных облаков верхнего яруса;

5) дополнительный тест для определения перистых облаков, чувствительных к излучению подстилающей поверхности.

Далее, при объединении различных спектральных тестов для отдельных пикселей (для морской подстилающей поверхности используются также дополнительные тесты на проверку временной и пространственной однородности), определяются «уровни облачности»: безоблачный, преимущественно безоблачный, неопределённый и облачный.

Анализируя графики среднемесячных распределений облачности можно выявить максимальные и минимальные значения величин в июле, так в регионах, находящихся в умеренных широтах, отмечается большая амплитуда – величина среднего количества облачности варьируются в пределах от 0,05 до 1. В зоне экватора значения облачности менялось от 0,2 до 0,97. Большие величины облачности наблюдаются также в полярных районах.

В июле за исследуемый период 2000-2009 гг на экваторе облачность отмечалась в пределах 2-10 баллов. На широте 20° наблюдалась безоблачная или малооблачная погода, или облачность 5 баллов и выше. Облачности с количеством баллов от 2 до 4 баллов практически не наблюдалась. Самый большой разброс наблюдался на широте 40°. В полярных широтах практически все время наблюдалась значительная облачность.

На основе полученных данных была посчитана повторяемость градаций облачности. Наибольшая повторяемость наблюдалась в градации 7-8 баллов, наименьшая – безоблачно, ясное небо.

Анализируя графики среднемесячных распределений облачности в январе можно выявить, что в регионах, находящихся в низких широтах 10-30°, отмечается большая амплитуда – величина среднего количества облачности варьируются в пределах от 0 до 1. В зоне экватора значения облачности менялось от 0,2 до 0,97. Большие величины облачности наблюдаются также в полярных районах. В умеренных широтах количество облачности менялась в пределах 4-10 баллов.

За исследуемый период с 2000 по 2009 гг. в январе на экваторе облачность отмечалась в пределах 2-10 баллов. На широте 10° наблюдалась безоблачная или малооблачная погода, или облачность 5 баллов и выше. Облачности с количеством баллов от 2 до 4 баллов практически не наблюдалась на широтах 40-60°. Самый большой разброс наблюдался на широте 20°. В полярных широтах практически все время наблюдалась значительная облачность.

Наибольшая повторяемость наблюдалась в градации 7-8 баллов, наименьшая – безоблачно, ясное небо. При сравнении данных за исследуемый период с данными 70-х годов видно, что повторяемости ясного безоблачного неба намного уменьшились. Остальные повторяемости кроме 1-3 балла тоже немного сократились.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

- 1 Чернокульский, А.В. Климат как отражение облаков / А.В. Чернокульский. // -Л.: «Наука и жизнь». 2017. Вып 10. С. 70-77.
- 2 Шерстюков, Б.Г. Региональные и сезонные закономерности изменений современного климата./ Б.Г. Шерстюков. -Обнинск, ГУ«ВНИИ ГМИ – МЦД», 2008. – 247 с.
- 3 Изменение климата. Обобщенный доклад. Вклад рабочих групп I, II и III в подготовку Третьего доклада об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата/Под ред. Р.Т. Уотсона. ВМО: ЮНЕП, 2001. – 215 с.
- 4 Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Том I. Изменения климата. Москва: Росгидромет, ГУ «НИЦ Планета», 2008. – 228с.
- 5 Переведенцев, Ю. П. Теория климата. / Ю.П. Переведенцев – Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 2004. – 318 с.

- 6 Иванова, Г. Ф. Изменение климата и аномальность зим на территории Саратовской области в конце XX – начале XXI века Г.Ф. Иванова и др. //Географические исследования в Саратовском Государственном Университете. Под ред. Е.А. Полянской. -Саратов: Изд-во СГУ, 2002. – С. 165 – 170
- 7 Морозова, С. В. Тенденции глобального изменения климата и их проявление в весенний период в Саратовской области / Морозова, С.В., Бояджан А.В., Семёнов А.В., Тарабаев Ю.А., Денисов С.Е. //Перспективные направления развития АПК: Сборник научных работ ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ» ИЦ «РАТА». -Саратов, 2009. – С. 119 – 123
- 8 Морозова, С.В. Современные тенденции климата и их проявление в Саратовской области. Естественноисторическое краеведение: прошлое и настоящее/ С.В. Морозова //Сборник научных статей и методических материалов XII краеведческих чтений. -Саратов: Изд-во «КУБиК», 2009. – С. 56 – 59
- 9 Дроздов, О.А. Климатология. / О.А. Дроздов и др.– Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 567 с.
- 10 Хромов, С.П. Метеорология и климатология / С.П. Хромов, М.А. Петросянц. - М.: МГУ, 2006. - 528 с.
- 11 Климат России. Под ред. Н.В. Кобышевой. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. – С. 343 – 358
- 12 Байкова, И. М. Современное изменение облачного покрова над территорией России / И. М. Байкова, Н.А. Ефимова, Л.А. Строкина //Метеорология и гидрология. -Москва: ИЦ «Метеорология и гидрология», №9, 2002. – С. 52 – 60
- 13 Справочник по климату СССР «Облачность и атмосферные явления». Л.: Гидрометеиздат, вып. 1 – 34, часть V, 1965 – 1 973 гг.
- 14 Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Л.: Гидрометеиздат, Ч. 1 – 6, вып. 1 – 34, 1989 – 1990

- 15 Справочник по климату СССР «Облачность и атмосферные явления». Л.:Гидрометеиздат. 1968. Вып.12. Часть V. 248 с.
- 16 Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. М., 2014. 60 с.
- 17 Всемирная метеорологическая организация [Электронный ресурс] : [сайт]. - URL: <https://public.wmo.int/ru> (дата обращения 06.05.2021). -Загл. с экрана. - Яз. рус.
- 18 Глобальная карта облачности [Электронный ресурс] : [сайт]. - URL: [https://earthobservatory.nasa.gov/GlobalMaps/view.php?d1=MODAL2\\_M\\_CLD\\_FR](https://earthobservatory.nasa.gov/GlobalMaps/view.php?d1=MODAL2_M_CLD_FR) (дата обращения 14.05.2018). - Загл. с экрана. - Яз. англ.
- 19 Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой Центр Данных. [Электронный ресурс] URL.:<http://aisori-m.meteo.ru/waisori/>
- 20 Морозова, С.В. О возможной роли облачности в настоящих климатических изменениях / С.В. Морозова // -Л.: Труды ГГО. 2017, вып 586, С. 251-260.