



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 4. С. 230–234

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2023, vol. 23, iss. 4, pp. 230–234

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-230-234>, EDN: FPTRRW

Научная статья

УДК 551.576.2



Внутригодовые и межгодовые изменения облачности в городе Уфа

Р. Г. Камалова[✉], И. Ш. Фатхутдинова, Р. Ш. Фатхутдинова, Л. А. Курбанова

Уфимский университет науки и технологий, Россия, 450074, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Заки Валиди, д. 32

Камалова Рита Галимьяновна, старший преподаватель кафедры геологии, гидрометеорологии и геоэкологии, galim-rita@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8964-7622>

Фатхутдинова Ирина Шамилевна, бакалавр, irina.fatkhutdinova@yandex.ru

Фатхутдинова Регина Шамилевна, старший преподаватель кафедры геологии, гидрометеорологии и геоэкологии, regishka1503@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3448-8537>

Курбанова Лилия Ахтямовна, старший преподаватель кафедры геологии, гидрометеорологии и геоэкологии, lava-love@mail.ru

Аннотация. Изучение облачности и ее характеристик (количества и форм) представляет практический интерес особенно для больших городов. Облачность, обладая двойственным эффектом (альбедным и парниковым), в условиях глобального изменения климата является важным фактором в формировании термического режима. В настоящей статье представлены результаты анализа суточного, годового и многолетнего изменения в режиме облачности в городе Уфа (Республика Башкортостан). Для анализа использованы срочные данные многолетних наблюдений за облачностью (1966–2020 гг.). Выявлены основные закономерности суточного хода облачности в месяцы холодного и теплого периодов года. Анализ многолетней динамики облачности показал, что ее количество имеет значимую тенденцию к росту.

Ключевые слова: общая облачность, нижняя облачность, изменение климата, тренд-анализ, Республика Башкортостан

Для цитирования: Камалова Р. Г., Фатхутдинова И. Ш., Фатхутдинова Р. Ш., Курбанова Л. А. Внутригодовые и межгодовые изменения облачности в городе Уфа // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 4. С. 230–234. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-230-234>, EDN: FPTRRW

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Intraannual and interannual changes in clouds in Ufa

R. G. Kamalova[✉], I. Sh. Fatkhutdinova, R. Sh. Fatkhutdinova, L. A. Kurbanova

Ufa University of Science and Technology, 32 Zaki Walidi St., Ufa 450074, Republic of Bashkortostan, Russia

Rita G. Kamalova, galim-rita@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8964-7622>

Irina Sh. Fatkhutdinova, irina.fatkhutdinova@yandex.ru

Regina Sh. Fatkhutdinova, regishka1503@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3448-8537>

Lily A. Kurbanova, lava-love@mail.ru

Abstract. The study of cloud cover and its characteristics (quantity and forms) is of practical interest, especially for large cities. Cloud cover, having a dual effect (albedo and greenhouse), is an important factor in the formation of the thermal regime in the conditions of global climate change. This article presents the results of the analysis of daily, annual and long-term changes in the cloud cover regime in the city of Ufa (Republic of Bashkortostan). Urgent data from long-term observations of clouds (1966–2020) were used for the analysis. The main patterns of the daily course of clouds in the months of the cold and warm period of the year are revealed. The long-term dynamics of cloud cover has shown that its number has a significant upward trend.

Keywords: total cloud cover, low cloud cover, climate change, trend analysis, Republic of Bashkortostan

For citation: Kamalova R. G., Fatkhutdinova I. Sh., Fatkhutdinova R. Sh., Kurbanova L. A. Intraannual and interannual changes in clouds in Ufa. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 4, pp. 230–234 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-230-234>, EDN: FPTRRW

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC0-BY 4.0)



Введение

Облачность – достаточно важная характеристика климата, обусловленная тепловым балансом и циркуляцией атмосферы и зависящая от динамических процессов и их изменчивости по сезонам года, от характерных траекторий циклонов и существования линий сходимости. Разные формы облачности могут быть признаком важных динамических процессов – от крупномасштабных (2000–10000 км) до мезомасштабных (2–2000 км), а иногда и до микромасштабных (200–2000 м) [1]. Как правило, в умеренных широтах наибольшие поля облачности связаны с фронтогенезом и циклонической деятельностью.

Наличие облачности приводит к ослаблению выхолаживания воздуха на нижних уровнях в атмосфере в результате его уменьшения ниже нижней границы облаков и сильного радиационного нагревания облаков солнечным излучением вблизи верхней границы. Поэтому при значительной облачности уменьшается выхолаживание воздуха инфракрасным земным излучением [2]. Кроме того, облачный покров сильно влияет на альбедо поверхности: при его изменении на 1% температура изменится приблизительно на градус. Это примерно равно прямому радиационному форсингу, обусловленному удвоением содержания CO₂ в атмосфере [3]. Следовательно, облачность влияет на парниковый эффект, задерживая уходящую длинноволновую радиацию.

Глобальные изменения в термическом режиме и изменчивость циркуляционных процессов Северного полушария приводят к перестройке в режиме облачности в региональном масштабе [4].

Целью настоящей статьи является изучение внутригодового распределения облачности

в городе Уфа, а также ее изменения в период 1966–2020 гг.

Материал и методика исследования

В ходе исследования были проанализированы данные срочных наблюдений за облачностью на метеорологической станции Уфа-Дема в период 1966–2020 гг. Базой данных послужил архив Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мировой центр данных [5].

Для анализа временной изменчивости изучаемой метеорологической величины были рассчитаны ее статистические характеристики – средние значения (климатические нормы), среднеквадратические отклонения (СКО), – рассмотрены максимальные и минимальные значения.

Оценка региональных изменений облачности получена с применением тренд-анализа. С помощью коэффициента наклона линии тренда (КНЛТ) оценивались скорость изменения исследуемой величины, ее рост (повышение) или снижение (уменьшение). Величина коэффициента детерминации R^2 определяла вклад линейного тренда в общую изменчивость показателя. Достоверность результатов определялась на уровне 95%.

Результаты и их обсуждение

Среднее годовое значение в исследуемый период в городе Уфа составляет 7,0 баллов по общей и 4,1 балла по нижней облачности (рис. 1). Максимальное количество облачности приходится на период с октября по декабрь (7,9–8,3 баллов по общей, 5,0–6,1 балла по нижней облачности), что объясняется усилением циклоничности в указанные месяцы. При этом отмечается увеличение

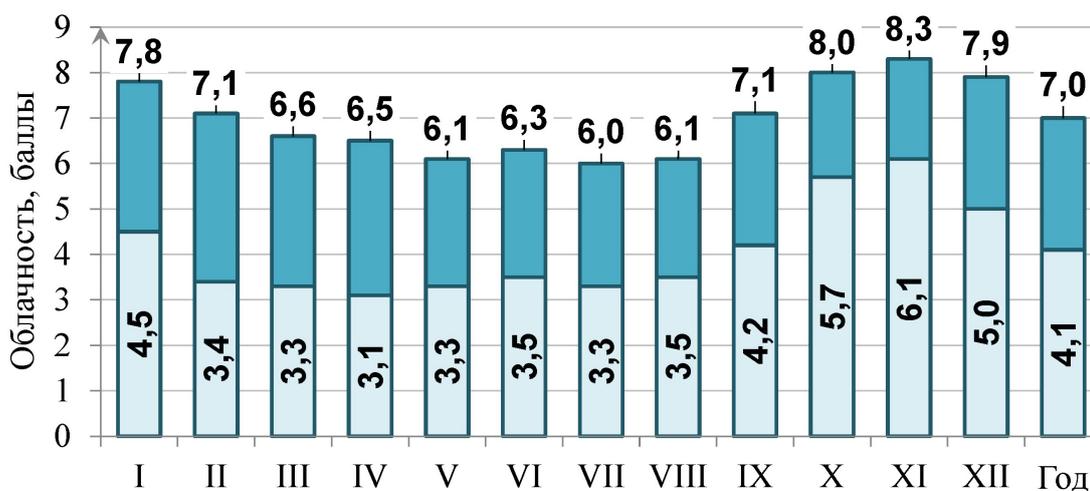


Рис. 1. Годовой ход общей и нижней облачности (баллы) на метеостанции Уфа-Дема (1966–2020 гг.). Над столбиками указан балл общей облачности, в нижней части столбиков – балл нижней облачности



характерных для данного процесса слоистых форм облачности.

С марта отмечается снижение общей облачности, что обуславливается резким ростом прямой и суммарной радиации от февраля к марту. Это приводит к тому, что после восхода Солнца наблюдается быстрое уменьшение облачности слоистых форм (инверсионного происхождения), а около полудня развивается облачность конвективных процессов [6].

Минимальное количество облаков наблюдается в период май – август (6,0–6,3 балла по общей облачности, 3,3–3,5 балла по нижней облачности). Летом большая часть облачности, развивающаяся с усилением конвекции, является кучевой и кучево-дождевой, она при наблюдениях представляет собой компактные группы облаков на небосводе.

Наибольшая временная изменчивость общей облачности наблюдается в марте, нижней – в декабре. Наименьшей величиной СКО общей облачности характеризуется июнь, нижней – май–июнь.

Облачность в г. Уфе имеет достаточно выраженный суточный ход (табл. 1, 2). В месяцы холодного периода суточный ход как по общей,

так и по нижней облачности более сглаженный, чем в месяцы теплого периода.

В зимние месяцы максимум по общей облачности приходится на утренние сроки (06–09 ч), минимум отмечается в ночные сроки (21–03 ч). Суточное распределение нижней облачности имеет противоположный характер (рис. 2, а).

Наибольшая облачность в теплом периоде, главным образом, формируется в дневное время благодаря развитию облаков конвективных форм. Так, с апреля по август наблюдается четко выраженный дневной максимум (12 ч) и ночной минимум (21 ч) как по общей, так и по нижней облачности (рис. 2, б, в).

Под влиянием изменения притока солнечной радиации и характера подстилающей поверхности меняются циркуляционные процессы по сезонам года, поэтому начинают изменяться количество облачности и ее формы. В Уфе с апреля по ноябрь преобладающей формой облачности является высокостроистая (рис. 2, г), а с декабря по март – высококучевая. Зимой из-за малого влагосодержания воздуха, наличия снежного покрова и связанных с ним приземных инверсий преобладает облачность слоистых форм (перисто-слоистые, слоисто-дождевые и слоистые облака). По мере увеличения продолжительно-

Таблица 1

Общая облачность по срокам наблюдения на метеостанции Уфа-Дема (1966–2020 гг.), баллы

Срок	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
00	7,6	7,1	6,2	5,9	5,5	5,7	5,2	5,2	6,2	7,5	8,0	7,8
03	7,6	7,3	7,0	6,4	5,8	6,0	5,5	5,8	6,9	7,9	8,2	7,9
06	8,0	7,5	7,2	6,8	6,1	6,2	6,0	6,3	7,7	8,3	8,5	8,1
09	8,0	7,4	7,0	6,9	6,6	6,8	6,7	6,9	7,7	8,5	8,5	8,2
12	7,8	7,0	6,8	7,0	6,9	7,2	7,0	7,1	7,8	8,5	8,5	8,0
15	7,9	7,2	6,8	6,9	6,7	6,9	6,5	6,7	7,5	8,3	8,4	8,1
18	7,6	6,8	6,5	6,2	5,9	6,1	5,8	5,9	6,9	7,7	8,2	7,8
21	7,5	6,8	6,2	5,6	5,1	5,7	5,0	5,0	6,4	7,5	8,1	7,7

Таблица 2

Нижняя облачность по срокам наблюдения на метеостанции Уфа-Дема (1966–2020 гг.), баллы

Срок	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
00	4,7	3,7	3,4	2,7	2,8	2,9	2,5	2,6	3,4	5,4	6,2	5,2
03	4,8	3,9	3,6	2,9	2,8	2,9	2,6	3,0	3,8	5,6	6,1	5,1
06	4,7	3,7	3,4	3,1	3,1	3,2	3,0	3,3	4,3	5,7	6,2	5,2
09	4,3	3,1	3,2	3,4	4,0	4,2	4,2	4,4	4,8	6,0	6,0	4,8
12	4,0	3,0	3,0	3,8	4,5	4,9	5,0	4,9	5,1	6,2	5,9	4,7
15	4,2	3,2	3,2	3,7	4,0	4,1	4,1	4,1	4,7	6,0	6,0	4,9
18	4,4	3,3	3,2	2,8	3,0	3,3	3,0	3,0	3,9	5,6	6,0	5,0
21	4,6	3,5	3,2	2,6	2,5	2,6	2,3	2,4	3,4	5,3	6,0	5,0

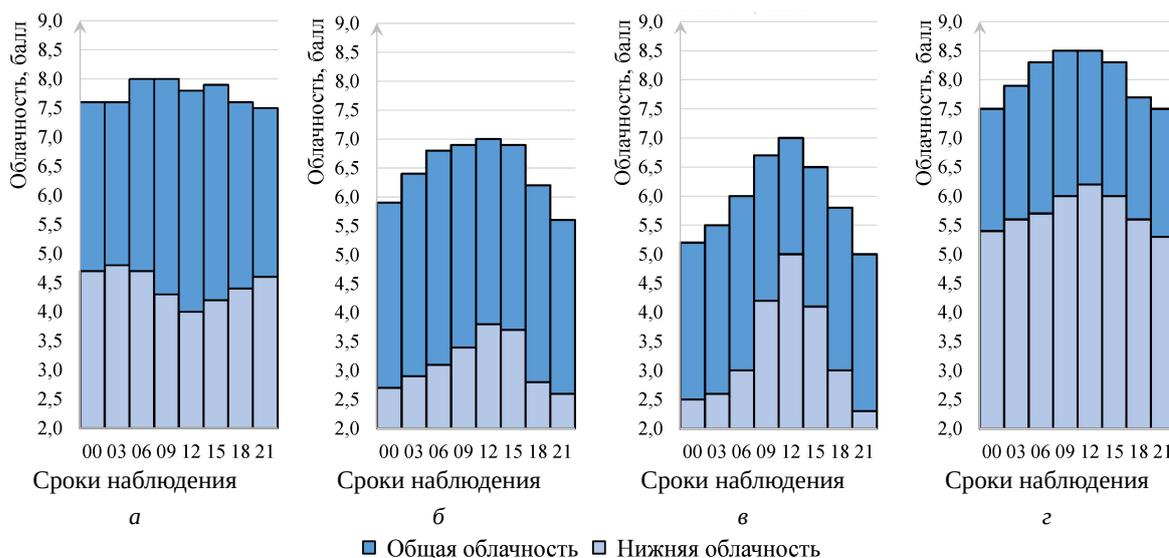


Рис. 2. Суточный ход общей и нижней облачности (баллы) в центральные месяцы сезонов на метеостанции Уфа-Дема (1966–2020 гг.): а – январь; б – апрель; в – июль; з – октябрь

сти солнечного сияния, нарастания температуры воздуха и почвы, развития процессов трансформации и турбулентного перемешивания весной, а также усиления этих процессов летом увеличивается повторяемость облаков вертикального развития (кучевые и кучево-дождевые формы). В осенне-зимний период благодаря циклонической деятельности увеличивается повторяемость разорванно-дождевых облаков плохой погоды, а также подынверсионных облаков слоисто-кучевых форм [7, 8].

Практический интерес представляют данные о низкой облачности и высоте ее нижней границы. Расчетные данные по повторяемости

высоты нижней границы облачности по градациям в г. Уфе представлены в табл. 3.

В течение года преобладает повторяемость нижней границы облаков в пределах 800–1000 м (44,7%). При этом с мая по август ее повторяемость становится более 50%. Повторяемость нижней границы облаков от 1000 до 1500 м в среднем за год составляет 24,4%, в месяцы теплого периода она варьирует в пределах 24–38%, в месяцы холодного периода – от 9 до 12%. Обратная ситуация складывается по повторяемости нижней границы облачности в пределах 800 м и ниже. В диапазонах высот ≥ 300 м, 300–500 м, 500–800 м наибольшая повторяемость приходит-

Таблица 3

Повторяемость высоты нижней границы облаков по градациям на метеостанции Уфа-Дема (1966–2020 гг.), %

Месяц	Высота нижней границы облаков, м					
	≤ 300	300–500	500–800	800–1000	1000–1500	≥ 1500
I	8,9	16,0	28,1	36,6	10,1	0,4
II	7,4	15,2	26,2	41,4	9,3	0,4
III	7,4	11,8	20,8	41,1	18,1	0,8
IV	4,1	8,3	12,5	49,4	24,7	0,9
V	1,4	4,0	7,9	50,7	35,0	1,0
VI	0,9	1,9	7,8	50,7	37,6	1,0
VII	1,2	2,2	6,8	50,7	38,1	1,1
VIII	0,8	2,9	7,4	51,1	36,6	1,2
IX	1,4	5,5	9,9	48,5	32,9	1,8
X	5,0	12,1	13,3	44,7	23,4	1,5
XI	9,1	18,8	22,3	37,4	11,9	0,5
XII	9,0	20,8	28,0	32,9	8,8	0,6
Год	4,6	9,9	15,5	44,7	24,4	1,0



ся на холодный период, наименьшая – на теплый (см. табл. 3).

Анализ межгодовой изменчивости облачности в г. Уфе показывает (рис. 3), что средние годовые величины общей и нижней облачности имеют значимую тенденцию к увеличению (0,12 и 0,14 балла/10 лет соответственно).

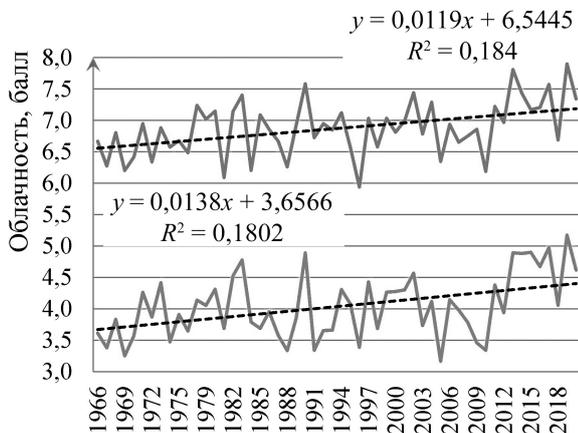


Рис. 3. Межгодовая изменчивость средней годовой общей и нижней облачности на метеостанции Уфа-Дема (1966–2020 гг.)

По общей облачности наибольшее увеличение наблюдается в январе – феврале и составляет 0,21 балла/10 лет (тренды статистически значимые), также значимые КНЛТ этого показателя в августе (0,20 балла/10 лет), марте (0,19 балла/10 лет) и апреле (0,18 балла/10 лет). По нижней облачности значимые КНЛТ обнаружены в январе, апреле и августе (0,28, 0,21, 0,20 балла/10 лет соответственно). Значительное увеличение нижней облачности наблюдается также в феврале (0,23 балла/10 лет). В июле по общей и нижней облачности выявлен незначительный отрицательный тренд.

В период 1966–2020 гг. максимальное среднее месячное значение по общей облачности составило 9,8 балла в ноябре 2012 г., по нижней облачности – 8,9 балла также в ноябре 2012 г. Наименьшие значения наблюдались в марте 1996 г. (2,2 балла) и в марте 1987 г. (0,1 балла).

Заключение

Таким образом, облачное поле, его количественные и качественные характеристики

(количество и формы) зависят от барико-циркуляционных и радиационных условий территории. При этом облачность разных ярусов влияет на погодно-климатическую обстановку по-разному. Актуальность исследований по облачности и ее характеристикам вызвана тем, что она не только производит альбедное воздействие, но и может задерживать земное излучение, тем самым ослабляя или усиливая парниковый эффект. Для такого города-миллионера, как Уфа, в котором существует множество факторов увеличения температуры воздуха, усиление данного эффекта может привести к еще большему росту температуры.

Библиографический список

1. Мазин И. П., Хргиан А. Х., Имянитов И. М. Облака и облачная атмосфера. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1989. 648 с.
2. Ку-Нан Л. Основы радиационных процессов в атмосфере / перевод с английского В. А. Иванова ; под редакцией К. Я. Кондратьева. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1984. 378 с.
3. Результаты исследований изменения климата для стратегий устойчивого развития Российской Федерации. Москва : Вива-Стар, 2005. 178 с.
4. Переведенцев Ю. П., Гурьянов В. В., Шанталинский К. М., Аухадеев Т. Р. Динамика тропосферы и стратосферы в умеренных широтах Северного полушария и современные изменения климата в Приволжском федеральном округе. Казань : Издательство Казанского университета, 2017. 186 с.
5. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. URL: <http://meteo.ru/> (дата обращения: 15.05.2023).
6. Камалова Р. Г., Переведенцев Ю. П. Климат Уфы в условиях глобального потепления : монография. Уфа : РИЦ УУНиТ, 2022. 112 с.
7. Климат Уфы / под редакцией В. Н. Бабиченко, М. А. Ереминой. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1987. 120 с.
8. Галимова Р. Г. Изменчивость облачности в пределах Республики Башкортостан // Фундаментальные и прикладные исследования в гидрометеорологии, водном хозяйстве и геоэкологии : материалы II Межрегиональной научно-практической конференции, посвященной Международному дню воды. Уфа : Издательство Башкирского государственного университета, 2017. С. 8–9. EDN: YICOQZ

Поступила в редакцию 31.07.2023; одобрена после рецензирования 10.09.2023; принята к публикации 18.10.2023
The article was submitted 31.07.2023; approved after reviewing 10.09.2023; accepted for publication 18.10.2023