

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГЛАВНАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ им. А. И. ВОЕЙКОВА

06
Т 78

ТРУДЫ

ВЫПУСК 284

КЛИМАТЫ СССР
И
ЗЕМНОГО ШАРА

Под редакцией
д-ра геогр. наук А. Н. ЛЕБЕДЕВА
и канд. геогр. наук О. Д. КОДРАУ

БИБЛИОТЕКА
Ленинградского
Гидрометеорологического
Института



ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ

ЛЕНИНГРАД • 1972

260000

Сборник содержит статьи по методике расчета параметров климата тропических широт и сопредельных с ними стран. Обращается внимание на вычисление характеристик в зависимости от объема информации.

Рассматриваются вопросы расчета температурно-влажностных комплексов по ежедневным наблюдениям. Они выражаются как в виде процентной, так и в виде суммарной повторяемости (в часах) на фоне общего годового цикла. Для тропических стран такие данные даются впервые.

Анализируются общие закономерности пространственно-временного распределения относительной влажности воздуха, туманов, рос, пыльных бурь и др.

Сборник рассчитан на специалистов метеорологов, климатологов и инженерно-технических работников, интересующихся вопросами тропической климатологии и методики расчета климатических характеристик.

А. Г. КАДЫРОВА, А. Н. ЛЕБЕДЕВ,
Н. М. МИХАЙЛЕНКО, В. П. ХОДАКОВА

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ТРОПИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

В климатологии все явления, происходящие в атмосфере, принято объяснять и описывать преимущественно с помощью средних величин отдельных элементов. Комплексные характеристики, вычисленные по синхронным наблюдениям, обычно не привлекаются. Вместе с тем последние имеют важное научное и практическое значение.

Сама идея комплексирования метеорологических характеристик не нова, своими корнями она уходит в далекое прошлое. В СССР принципы комплексной обработки климатических данных усиленно пропагандировались Е. Е. Федоровым [1]. В этом направлении ему удалось достичь определенных успехов. Он воспитал целый ряд своих последователей. Однако это направление не получило большого развития, если не считать того, что оно известно во всех учебниках и учебных пособиях под названием «комплексной климатологии».

С развитием современной техники и ее эксплуатации в различных странах мира появилась необходимость более строгого и более точного учета климатических факторов. В связи с этим появилась необходимость в получении комплексных параметров климата. Одним из таких наиболее важных параметров стали комплексы температуры и относительной влажности воздуха тропических широт. В известной мере они предопределяют долговечность и бесперебойную работу машин и оборудования. Конечно, не все комплексы температурно-влажностного режима одинаково приемлемы. Одни могут представлять собой относительно агрессивную среду, другие — благоприятную среду. Нередко одна и та же характеристика для одних условий считается благоприятной, для других условий — неблагоприятной.

Материалы наблюдений

Для получения комплексов температуры и относительной влажности и исследования закономерностей их распределения необходимы ежедневные наблюдения в различные часы суток. В СССР

Таблица 1

Координаты, периоды и сроки наблюдений по станциям, имеющим параметры комплексов температуры и относительной влажности воздуха

Станция	Континент	Широта	Долгота	Высота над ур. м.	Год	Срок
I тип						
Бисау	Африка	11°52' С	15°35' З	21	1958—1966	9, 15, 21
Аккра	"	5 32	0 12	65	1952—1956	9, 15, 21
Аддис-Абеба	"	9 02	38 44 В	2440	1910—1914	9, 21
Лоренсу-Маркиш	"	25 55 Ю	32 44	39	1956—1965	9, 15, 21
Бомбей	Азия	18 54 С	72 49	11	1955, 1956 1959	1, 7, 13, 19
Бангалур	"	12 58	77 35	921	1909—1913	7, 13, 18
Ня-Транг	"	12 51	109 10	9	1910—1914	10, 16
Манила	"	14 35	120 59	14	1925—1929	24 срока
Яп	"	9 31	38 08	17	1925—1929 ^а	2, 6, 10, 14, 18, 22
Джакарта	"	6 11 Ю	106 50	7	1940—1944 ¹	24 срока
Дили	"	8 34	125 35	4	1955—1963 ¹	8, 14, 20
Сува	"	18 08	178 26	2	1934—1938 ¹	8, 14
Апия	"	13 48 Ю	171 46 З	2	1937—1951 ¹	9, 15
Мехико	Америка	19 26 С	99 08	2280	1910—1912, 1914, 1916	7, 13, 19
Гавана	"	23 09	82 21	24	1919—1923	8, 14, 20
Джорджтаун	"	6 50	58 12	2	1925—1929	7, 13, 18
Кайенна	"	4 56	52 27	6	1910—1914	9, 15
II тип						
Айн-Салах	Африка	27°12' С	2°28' В	280	1930—1935 ¹	7, 13, 19
Каир	"	30 02	31 17	33	1960—1965, 1967	1, 6, 12, 18
Дахла	"	25 30	29 00	122	1958, 1960— 1965, 1967	1, 6, 12, 18
Луксор	"	25 39	32 39	78	1960—1965	1, 6, 12, 18
Асуан	"	24 02	32 53	111	1958—1965, 1967	1, 6, 12, 18
Хартум	"	15 36	32 33	385	1924—1926, 1931—1933	8, 14, 20
Луанда	"	8 49 Ю	13 15	51	1953, 1956— 1965	9, 15, 21
Маун	"	19 59	23 25	942	1956—1960	1, 7, 15, 21
Виндхук	"	22 35	17 06	1728	1951—1960	1, 7, 15, 21

Станция	Континент	Широта	Долгота	Высота над ур. м.	Год	Срок
Ианьчжоу . . .	Азия	36°06'С	103°55'В	1300	1951—1954	6, 14, 21
Энчун	"	25 00	98 40	1633	1951—1954	6, 14, 21
Африка	Америка	18 28 Ю	70 20 З	29	1912, 1913, 1915	7, 14, 21
III тип						
Ралькон, мыс	Африка	35°46'С	С°48'В	78	1906—1914	7, 13, 19
Газа	"	31 31	34 27	70	1960—1965 1967	1, 6, 12, 18
Александрия . . .	"	31 12	29 53	32	1958—1965, 1967	1, 6, 12, 18
Порт-Элизабет	"	33 59	25 36	62	1952—1960	1, 8, 14
Анкара	Азия	39 57	32 53	894	1945—1949	7, 14, 21
Сара	"	33 50	35 53	918	1933, 1934, 1936	24 срока
Чанкин	"	32 03	118 47	16	1928—1933 ¹	1, 7, 13, 19
Чаной	"	21 02	105 52	16	1910—1914	10, 16
Сито	Америка	00 13 Ю	78 30 З	2818	1963—1967	7, 13, 19
Рио-де-Жанейро	"	22 54	43 10	64	1905—1909	1, 7, 13, 19
Буэнос-Айрес . . .	"	34 35	58 29	27	1901—1905	8, 14, 20
Сантьяго	"	33 27 Ю	72 40 З	520	1911—1913, 1915	7, 14, 21
Брисбен	Австралия	27 28	153 02 В	39	1910, 1911, 1913	9, 15, 21
Мельбурн	"	37 49	144 58	34	1910, 1911, 1913	6, 14, 20
Перт	"	31 57	115 51	60	1908, 1910, 1911, 1913	9, 15, 21
IV тип						
Юйшу	Азия	32°52'С	96°40'В		1952—1954	6, 14, 21
СССР						
Батуми				5	1962—1966 ¹	24 срока
Ташкент				477	1962—1966 ¹	24 срока

¹ Данные обработаны с января по декабрь.

таких данных по зарубежной территории очень мало. К тому же они неоднородны по периодам и срокам наблюдений. Ежечасные наблюдения имеются только по единичным метеорологическим станциям. Большею частью находим материалы по трех- и четырех-срочным наблюдениям. По некоторым районам приходится довольствоваться данными даже за 2 срока.

По районам тропической и субтропической зон нам удалось подвергнуть обработке данные ежедневных наблюдений лишь на 45 станциях (табл. 1). Как видно, среди них мало пунктов с более или менее длинными рядами. Большею частью нами использовались 5-летние данные. Среди них одни относятся к последнему десятилетию, а другие — к первой четверти XX в. Все требовало особого внимания к анализируемым материалам, по которым вычислялись комплексы.

В приведенной таблице имеется ряд станций, позволяющих получить характеристики температурно-влажностного режима на побережьях морей и во внутренних районах суши, на равнинах и в горах, вблизи экватора и в субтропиках. Различное географическое положение их позволяет выявить характерные черты каждого возможного типа климата тропической зоны.

Ввиду неоднородности материалов наблюдений и небольшой продолжительности использованных периодов необходимо было обратить внимание на точность и достоверность результатов расчета. Погрешности в вероятности каждого отдельного комплекса определялись в зависимости от объема выборки (совокупности) за месяц и год по станциям и группам станций. Минимальные выборки приходится на станции с пятилетними рядами и трехсрочными наблюдениями (около 400 наблюдений). При ежечасных наблюдениях и пятилетнем ряде объем выборки по одной станции за один месяц достигает 3600 наблюдений.

Важно было проанализировать и сопоставить результаты расчетов по комплексам для годового цикла по данным наблюдений за 24 и 4 срока, за 12 и 4 месяца. Такие расчеты особенно важны, поскольку были использованы данные преимущественно за 3 и 4 срока. Используемые приемы расчета и их результаты имеют методический и практический интерес.

Размерность комплексов

Первой исходной расчетной таблицей считается распределение числа случаев по комплексируемым градациям температуры и относительной влажности воздуха. При выборке числа случаев исходными градациями служили температура через 1° , а относительная влажность через 5%. Предел температуры определялся практической потребностью методики обработки, а предел относительной влажности — точностью измерения. Последний элемент не может быть определен с большей точностью, чем 5%.

Такая форма обработки чрезмерно громоздка, она непригодна для обобщения полученных результатов. Ею хорошо пользоваться только для определения плотности распределения каждого элемента отдельно и абсолютных значений экстремумов. В остальных случаях, очевидно, можно пользоваться более крупными градациями, так как задачи технической климатологии решаются при еще более грубых обобщениях.

В научном и методическом отношении рациональными форма-

Таблица 2

Число случаев по ежечасным наблюдениям в январе, апреле, июле и октябре в Джакарте.
Период с 1940 по 1944 г.

Температура	Относительная влажность, %										Повторяемость		Обеспеченность	
											число случаев	%	число случаев	%
	0—30	31—40	41—50	51—55	56—60	61—70	71—80	81—90	91—100					
20,1—25					2	11	79	1400	2939		4431	20,98	14 760	100
25,1—30			2	16	83	1011	2647	3190	996		7945	53,91	10 329	70,02
30,1—35	7	6	135	290	491	1259	192	1			2381	16,09	2 384	16,11
35,1—40	1		2								3	0,02	3	0,2
Повторяемость:														
число случаев	8	6	139	306	576	2281	2918	4591	3935		14 760			
%	0,05	0,04	0,92	2,10	3,90	15,37	19,70	31,11	26,80			100		
Обеспеченность:														
число случаев	14 760	14 752	14 746	14 707	14 301	13 725	11 444	8526	3935					
%	100	99,95	99,91	98,99	96,89	92,98	77,61	57,91	26,80					

ми обобщения могут служить простые кратные градации температуры через 5° , а относительной влажности через 10%. Даже при этих больших градациях элементов число комплексов достаточно велико. Для влажного тропического климата оно достигает 25—30, а для сухого тропического 60—80. Отсюда видно, что и такие градации для некоторых типов климата оказываются сравнительно мелкими. Они нуждаются в дальнейшем разумном обобщении. В ряде случаев градации температур можно увеличить до 10—15°, а градации относительной влажности — до 20—30%. Этими приемами приходится пользоваться в тексте, когда подчеркивается общий температурно-влажностный режим.

Параметры комплексов

Результаты выборок по ежедневным данным служат основой для получения окончательных результатов. Они могут иметь три основных вида. Первым видом таких характеристик служат сами числа случаев с температурой и относительной влажностью по принятым градациям. Оценка распределения числа случаев может быть произведена только с учетом общей выборки — общего числа случаев по комплексам за все часы суток и за весь период, который вошел в обработку. Только так можно правильно оценить повторяемость каждого комплекса (табл. 2).

Таблица позволяет оценить и вероятность числа случаев с температурой или относительной влажностью отдельно по градациям, а также и их обеспеченность выше и ниже некоторых значений.

Приведенные здесь данные получены по ежечасным наблюдениям за 4 месяца (январь, апрель, июль и октябрь) и за 5 лет (1940—1944 гг.). Общий объем такой генеральной выборки составляет 14 760 случаев. Январь является представителем середины дождливого сезона, июль — представителем середины сухого периода, а апрель и октябрь — представителями переходных сезонов года.

Таким образом, по ним можно судить об общем температурно-влажностном режиме года в целом. Конечно, сухой месяц (июль) содержит максимум числа случаев с относительно низкими значениями влажности, а дождливый месяц (январь) — максимум числа случаев с высокими значениями влажности.

Однако, зная число случаев, нельзя ничего сказать о продолжительности сохранения тех или иных комплексов. О ней можно судить лишь качественно. Где больше число случаев, там и больше их суммарная продолжительность.

Вторым видом таких характеристик служат повторяемости (в процентах) числа случаев комплексов (по принятым градациям температуры и относительной влажности). Имея такую таблицу, нетрудно оценить структуру температурно-влажностного режима в более общем виде, независимо от объема выборки. Это тоже важно знать, чтобы судить об устойчивости распределения комплексов на общем фоне. Примером может служить табл. 3, полученная по

Повторяемость (%) числа случаев. Джакарта

Температура	Относительная влажность, %										Повто- ряемость %	Обеспе- ченность %
	0—30	31—40	41—50	51—55	56—60	61—70	71—80	81—90	91—100			
20,1—25,0					0,01	0,07	0,5	9,5	19,9	29,98	100	
25,1—30,0			0,01	0,1	0,6	6,8	17,9	21,6	6,9	53,91	60,02	
30,1—35,0	0,04	0,14	0,9	2,0	3,3	8,5	1,3	0,01	16,09	16,11		
35,1—40,0	0,01		0,01							0,02	0,02	
Повторяемость, %	0,05	0,04	0,92	2,10	3,90	15,37	19,70	31,11	26,80	100		
Обеспеченность, %	100	99,95	99,91	98,99	96,89	92,98	77,61	57,91	26,80			

данным табл. 1. Из нее видно, что 40% всех случаев из общей выборки (14 760) падает на комплексы с температурой 25—30° и относительной влажностью от 70 до 90%. Нередки случаи и с относительной влажностью 91—100%; последние наиболее характерны для температур ниже 25°.

Анализируя таблицу, нетрудно дать общую характеристику температурно-влажностного режима района Джакарты в вероятностном плане. Считаем, что имеющаяся выборка числа случаев наблюдений может быть отнесена к разряду генеральной. По ней уже можно будет определенно судить о вероятности тех или иных комплексов, наблюдающихся в январе, апреле, июле и октябре. Можно допустить, что в первом приближении один случай соответствует одному часу по продолжительности существования. В действительности же, это, конечно, не так, если соседние сроки дают совершенно иные значения. Между тем, когда речь идет о комплексах температуры и относительной влажности сравнительно в больших пределах, каждый отмеченный случай с соответствующими значениями элементов можно принять за час, и ошибка будет сравнительно мала. Это было показано в работе А. Н. Лебедева [3]. Таким образом, имеется обоснованный прием косвенного расчета суммарной продолжительности комплексов температуры и относительной влажности воздуха. В данном случае в приведенной выше выборке 14 760 случаев могут быть приняты за 14 760 часов, которые должны характеризовать режим не только четырех основных месяцев, но и весь режим за год. Для года это будет справедливо только в том случае, если процентное распределение комплексов по четырем месяцам будет совпадать с процентным распределением комплексов, вычисленных по данным за 12 месяцев. В таком случае по табл. 3 можно определить температурно-влажностный режим для всего годового цикла.

Выполненные нами расчеты показали, что такой прием возможен. Можно по выборкам за 4 месяца получить характеристики комплексов, которые надежно описывают структуру температурно-влажностного режима. Необходимые сопоставления были сделаны для ряда станций, по которым располагали ежечасными наблюдениями. Таким образом, сокращая число ежедневных наблюдений от 24 до 4 и число месяцев от 12 до 4, мы надеемся получить достоверные характеристики для всего годового цикла (табл. 4).

Итак, от числа случаев и их повторяемости по принятым градациям температуры и относительной влажности воздуха мы перешли к временным показателям температурно-влажностного режима. Временными они называются потому, что представляют собой суммарные характеристики продолжительности существования температуры и относительной влажности в определенных, наперед заданных пределах.

Они позволяют количественно определить продолжительность, в течение которого действуют те или иные комплексы рассматри-

Таблица 4

Суммарная продолжительность комплексов (в часах). Джакарта

Температура	Относительная влажность, %										Повторяемость		Обеспеченность		
	0—30	31—40	41—50	51—55	56—60	61—70	71—80	81—90	91—100	часы	%	часы	%		
20,1—25					1	6	44	832	1742			2625	29,98	8760	100
25,1—30			1	9	53	596	1568	1891	604			4722	53,91	6135	60,02
30,1—35	4	4	79	175	289	745	114	1				1411	16,09	1413	16,11
35,1—40	1		1									2	0,02	2	0,02
Повторяемость: часы	5	4	81	184	343	1347	1726	2724	2346			8760	100		
%	0,05	0,04	0,92	2,10	3,90	15,37	19,70	31,11	26,80						
Обеспеченность: часы	8760	8756	8751	8670	8486	8143	6796	5670	2346						
%	100	99,95	99,91	98,99	96,89	92,98	77,61	57,91	26,80						

Таблица 5

Суммарная продолжительность (часы) комплексов во влажном тропическом климате

Температура	Относительная влажность, %										Повторяемость		Обеспеченность		
	0—30	31—40	41—50	51—55	56—60	61—70	71—80	81—90	91—100	часы	%	часы	%		
20,1—25					9	35	123	757	1093			2017	23,0	8760	100
24,1—30			18	35	105	805	2065	2015	604			5647	64,5	6743	77,0
30,1—35		9	44	105	184	552	193	9				1096	12,5	1096	12,5
Повторяемость: часы		9	62	140	298	1392	2381	2781	1697			8760	100		
%		0,1	0,7	1,6	3,4	15,9	27,2	31,7	19,4						
Обеспеченность: часы	8760	8751	8389	8549	8251	6859	4478	1697	1697						
%	100	99,9	99,2	97,6	94,2	78,3	51,1	19,4							

ваемых элементов на рост и развитие растений, на жизнедеятельность и работоспособность человека, на долговечность эксплуатации машин и оборудования, на безотказность их работы.

Продолжительность температурно-влажностных комплексов во влажном тропическом климате

Для влажного тропического климата характерно преобладание значительной и большой облачности в течение года или, во всяком случае, в течение дождливого сезона, сравнительно малые годовые величины суммарной солнечной радиации (100—140 ккал/см²), высокие значения относительной и абсолютной влажности воздуха, годовые суммы осадков около 1500—2000 мм и более, сглаженные суточные хода температуры, влажности и давления воздуха.

Здесь в качестве основного показателя влажного тропического климата служит суммарная продолжительность температурно-влажностного комплекса с параметрами температуры выше 20° и относительной влажности воздуха больше 70%. Эти показатели предопределяют надежность эксплуатации машин и оборудования.

Тропическими районами влажного тропического климата являются Амазонская низменность, равнина бассейна р. Конго, прибрежные равнины Юго-Восточной Азии с п-овом Малакка, островами Филиппинского архипелага, Малайского архипелага и Океании. Во всех других областях тропической зоны влажный тропический климат имеет резко выраженный сезонный характер — летом (в период экваториальных муссонных дождей) влажный, а зимой (в период отсутствия дождей) сухой.

Закономерно, что с удалением от экватора длительность влажного периода сокращается, а сухого — увеличивается. Характер влажного тропического климата зависит и от воздействия океанических течений. На западных побережьях, омываемых холодными течениями, ареал распространения влажного тропического климата сужается, а на восточных побережьях, омываемых теплыми течениями, — расширяется. Кроме того, известное влияние на ареал распространения влажного тропического климата оказывают очертания береговой линии и рельеф прибрежных частей материков. Все эти факторы действуют в сторону нарушения зональной закономерности во влажном тропическом климате.

Обработав ежедневные наблюдения 10 метеорологических станций тропической зоны (Аккра, Бомбей, Манила, Яп, Джакарта, Дили, Сува, Апия, Джорджтаун и Кайенна), мы решили объединить все числа случаев по соответствующим комплексам. Положения этих станций и периоды наблюдений на них указаны в табл. 1. Общая (генеральная) совокупность составила 85 246 случаев. Рассмотрим, как же они распределились по комплексам (табл. 5).

По относительной влажности 22% случаев генеральной совокупности попали в градации со значениями менее 70%. Остальные 80% случаев остались в градациях влажности более 70%, т. е. в типичном влажном режиме тропического климата. Здесь следует

учесть, что в Вомбее, Дили и других пунктах, вошедших в расчет, дождливый и сухой периоды выделяются очень резко. Сухой период в формировании режима влажности играет здесь весьма значительную роль. В это время возможны ситуации с очень низкой влажностью и температурой около 30° и выше. Поэтому в об-

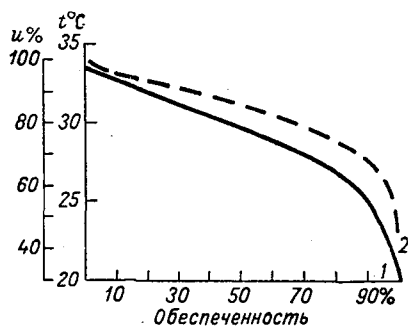


Рис. 1. Интегральные кривые распределения температуры и относительной влажности воздуха во влажном тропическом климате (ТВ).

1 — температура, 2 — относительная влажность.

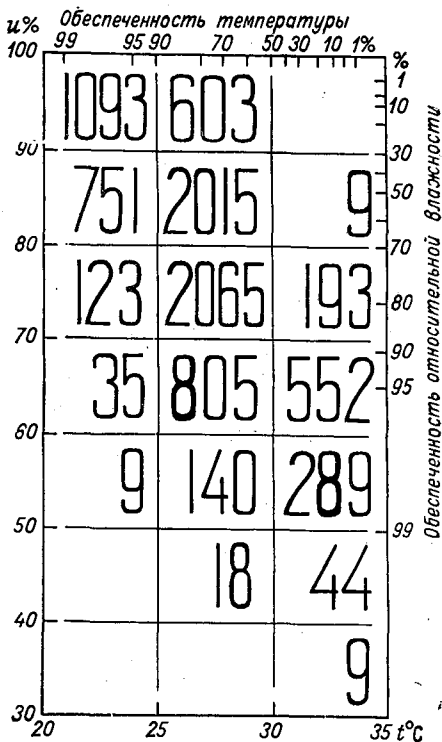


Рис. 2. Сетчатая номограмма комплексов температуры и относительной влажности воздуха. Влажный тропический климат (ТВ).

щей совокупности снижается общий процент случаев с высокой относительной влажностью. Но они не в состоянии заметно изменить количественную характеристику температурно-влажностного режима.

По температуре воздуха влажный тропический климат не является особенно жарким. Около 88% случаев приходится на температуру 20,1—30,0°, из них почти 65% составляет комплекс с температурой 25,1—30,0°.

Таким образом, в типичном влажном тропическом климате ни значения относительной влажности менее 70%, ни значения температуры воздуха ниже 25° и выше 30° не являются определяющими параметрами. На их долю приходится только около $\frac{1}{5}$ всего годового времени. Примерно $\frac{4}{5}$ числа часов за год падает на высокие значения влажности (более 70%) и температуру 25—30°. Комплексы, формирующиеся из этих значений, занимают более половины времени. В наиболее влажных районах суммарная продолжительность таких комплексов, очевидно, может достигать около 6000—7000 час. за год.

Из табл. 5 видно, что при достаточно большой генеральной совокупности, состоящей из наблюдений различных станций тропической зоны, не встретилось ни одного случая с температурой 30,1—35,0° и относительной влажностью более 90%. Даже влажности 81—90% при температуре 30,1—35,0° являются редким исключением. Пренебрегая ими, можно заключить, что во влажном тропическом климате температура воздуха выше 30° при относительной влажности воздуха более 80% практически не бывает. Небольшой процент комплексов с температурой выше 25—30° и относительной влажностью менее 50—60% приходится на сухие месяцы. Эти особенности характерны для районов южной половины п-ова Индостан. В апреле здесь местами 25% времени падает на относительную влажность менее 60%.

На рис. 1 приведены интегральные кривые распределения температуры и относительной влажности воздуха во влажном тропическом климате. Они показывают, что в 90% всего времени влажность больше 70%, а температура выше 25°. Для этого типа характерно, что кривая относительной влажности располагается над кривой температуры.

На рис. 2 дана сетчатая номограмма, построенная по методике В. П. Ходаковой. Поле номограммы заполнено данными суммарной продолжительности комплексов, вычисленных по пятиградусным интервалам температуры и по 10-процентным интервалам относительной влажности. На ней показаны и плотности распределения комплексируемых элементов: температуры по верхней горизонтальной оси, а относительной влажности по правой вертикальной оси. При такой форме графического представления данных удастся совместить несколько характеристик двух элементов, обработанных в их взаимосвязи. Численные показатели комплексов сочетаются с независимым существованием параметров каждого элемента. Причем не теряется точность и значений. В этом основная практическая и научная значимость таких сетчатых номограмм. Ранее предложенные формы графического изображения климатических данных такими свойствами не обладали [4].

Интегральные кривые температуры и относительной влажности воздуха, а также суммарные продолжительности комплексов, нанесенные на сетчатую номограмму, могут служить надежными данными для характеристики влажного тропического климата любого района тропической зоны.

Продолжительность температурно-влажностных комплексов в сухом тропическом климате

Известно, что тропические полупустыни и пустыни характеризуются большими внутрисуточными колебаниями температуры и относительной влажности воздуха, малой или незначительной облачностью, большой продолжительностью солнечного сияния, большими суточными, месячными и годовыми величинами суммарной и прямой солнечной радиации, малыми суммами количества осадков. Простое перечисление основных особенностей сухого тропического климата позволяет заключить, что здесь в течение всех или почти всех сезонов года наблюдаются комплексы при низких или при весьма низких значениях относительной влажности воздуха. Случаи с повышенной и высокой относительной влажностью бывают редко и то только в ночные и ранние утренние часы.

При больших внутрисуточных колебаниях температуры и относительной влажности число комплексов достигает 70—80, т. е. в 3—4 раза больше, чем во влажном тропическом климате. Но это лишь внешнее качественное различие между этими типами. Качественное различие между ними сводится к тому, что в сухом тропическом климате все основные комплексы, независимо от температуры, формируются при относительной влажности менее 40—50%.

Истинное распределение комплексов температуры и относительной влажности воздуха и отдельно каждого из этих элементов показано на рис. 3 и 4. Характерно, что интегральная кривая влажности лежит значительно ниже интегральной кривой температуры. Суммарно 70% годового времени (или около 6100 час.) падает на значения относительной влажности воздуха менее 40%, при этом температура воздуха варьирует от 15 до 58°. В отдельных случаях в сухом тропическом климате относительная влажность достигает высоких значений (80—90%). Поэтому понятно, почему так велико число различных температурно-влажностных комплексов в сухом тропическом климате. В некоторых районах их число возрастает до 70—80. На типовом рис. 4 этих комплексов меньше (60), так как в общую выборку вошли станции, на которых температура и влажность не отличаются большой изменчивостью.

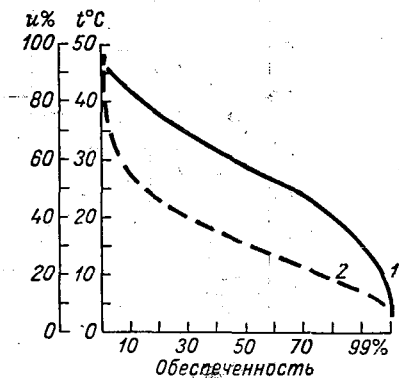


Рис. 3. Интегральные кривые распределения температуры и относительной влажности воздуха в сухом тропическом климате (ТС).

1 — температура, 2 — относительная влажность.

Анализ данных показывает, что между температурой и относительной влажностью и в сухом тропическом климате существует общая взаимосвязь. При повышении температуры до 30—35° и выше относительная влажность воздуха всегда резко понижается. Почти всюду при этих температурах относительная влажность

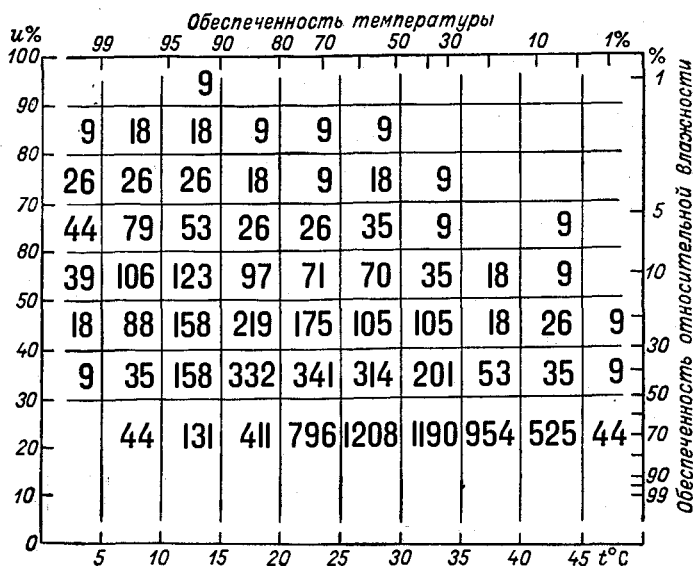


Рис. 4. Сетчатая номограмма комплексов температуры и относительной влажности воздуха. Сухой тропический климат (ТС).

меньше 70—80%. Однако при большой изменчивости обоих элементов эта взаимосвязь в условиях сухого климата проявляется менее четко, чем во влажном климате. Но и здесь периоды с облачностью и осадками всегда выделяются повышенной относительной влажностью. Даже кратковременные осадки резко отражаются на влажности воздуха и суточной амплитуде температуры.

Выводы

1. Сетчатые номограммы дают возможность количественно определить суммарную продолжительность температурно-влажностных комплексов с учетом плотности распределения обоих комплексируемых элементов. В этом основное преимущество графической формы представления комплексов с помощью сетчатых номограмм перед другими способами, ранее опубликованными в литературе.

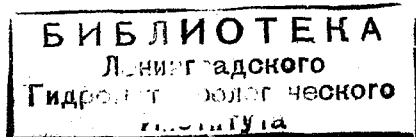
2. Сетчатные номограммы удобны и тем, что в них наряду с комплексами сохраняется самостоятельное распределение температуры и относительной влажности воздуха.

3. Во влажном тропическом климате интегральная кривая относительной влажности всегда располагается над интегральной кривой температуры; в сухом тропическом климате, наоборот, интегральная кривая температуры лежит выше интегральной кривой относительной влажности воздуха.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федоров Е. Е., Баранов А. И. Климат равнины Европейской части СССР в погодах.— Труды Ин-та географии АН СССР, 1949, т. 44.
2. Хромов С. П., Мамонтова Л. И. Метеорологический словарь. Л., Гидрометеиздат, 1963.
3. Лебедев А. Н. Временные характеристики температуры воздуха.— Труды ГГО, 1960, вып. 113.
4. Мамонтов Н. В. Использование графического способа определения повторяемости метеорологических комплексов для расчета эффективных температур.— Труды НИИАК, 1967, вып. 43.

260063



ХАРАКТЕРИСТИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНЫХ ТУМАНОВ В ЭКВАТОРИАЛЬНЫХ И ТРОПИЧЕСКИХ ШИРОТАХ ЗЕМНОГО ШАРА

Для характеристики особенностей распределения числа дней с влажным туманом в районах экваториальных, тропических и субтропических широт нами использованы многолетние данные, опубликованные в справочниках и монографиях, а также обработанные ежемесячные данные ряда станций, расположенных в Африке, Азии, Чили и Бразилии. Данные 105 станций (всего 500 станций) были использованы для построения карты годового хода числа дней с туманом в экваториальных и тропических широтах (рис. 1 а, 1 б, 1 в), а данные 380 станций — для построения карты среднего годового числа дней с туманом для Африки и Азии [2, 3, 4]. Наряду с этим для 47 станций были выполнены расчеты числа дней с туманом различной обеспеченности для января, апреля, июля, октября и года, а также построены номограммы для Экваториальной и Южной Африки, равнинной территории Индии и Чили. При описании полученных результатов мы придерживались классификации климатов, принятой для технических целей, которая учитывает главные особенности распределения температуры и влажности воздуха в тропических и экваториальных широтах. Анализ карт и номограмм позволил выявить ряд новых закономерностей пространственно-временного распределения туманов над материками в низких широтах. При этом оказалось возможным сделать общее заключение о том, что в экваториальных и тропических широтах среднее число дней с туманом за год может изменяться от 1 до 150. Это обусловлено влиянием многих факторов, способствующих частоте появления тумана и площади охватываемых им территорий. По-видимому, эта последняя, т. е. «площадная», характеристика и является одной из основных характеристик особенностей распределения числа дней с туманом во влажном и сухом тропическом климате, а также в умеренно влажном субтропическом климате.

Во влажном тропическом типе климата наибольшее число дней с влажным туманом на континенте Африки отмечается на территории Конго (Браззавиль) и Республики Заир; в районе между

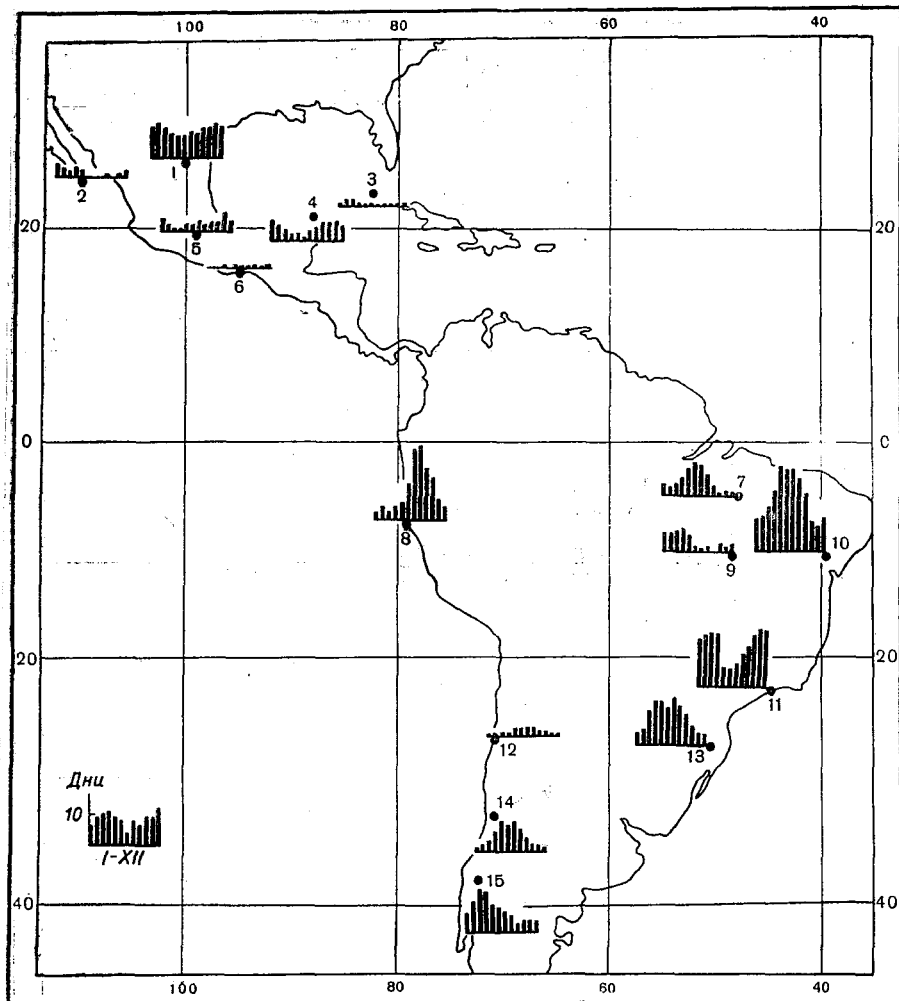


Рис. 1а. Карта-диаграмма годового хода числа дней с туманом. Центральная и Южная Америка.

- | | |
|----------------|------------------|
| 1. Монтеррей | 9. Порту-Насонал |
| 2. Ла-Пас | 10. Монти-Санту |
| 3. Гавана | 11. Боконна |
| 4. Вальядолид | 12. Кальдера |
| 5. Мехико | 13. Куритиба |
| 6. Салина-Крус | 14. Сантьяго |
| 7. Императрис | 15. Лонквимей |
| 8. Каза Гранде | |

городами Франсвиль и Кисангани наблюдается в среднем за год 126 дней с туманом. Преобладание влажного экваториального воздуха с длительным ночным периодом высокой относительной влажности даже при незначительном ночном понижении температуры воздуха благоприятствует образованию туманов.

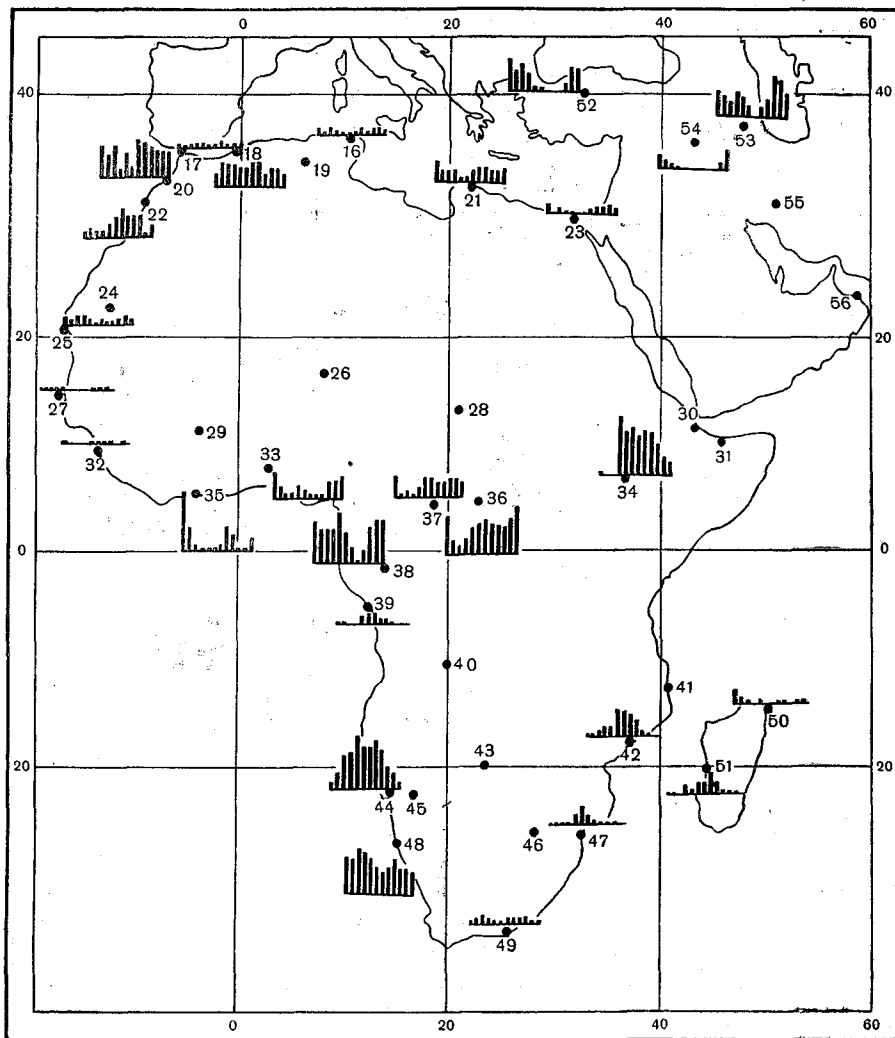


Рис. 16. Карта-диаграмма годового хода числа дней с туманом. Африка и Передняя Азия.

- | | | |
|------------------|------------------|--------------------|
| 16. Тунис | 30. Джибути | 44. Свакопмунд |
| 17. Танжер | 31. Бербера | 45. Виндхук |
| 18. Оран | 32. Конакри | 46. Претория |
| 19. Бискра | 33. Саве | 47. Лоренсу-Маркиш |
| 20. Касабланка | 34. Бонга | 48. Людерик |
| 21. Кирена | 35. Абиджан | 49. Порт-Элизабет |
| 22. Эс-Сувейра | 36. Бангасу | 50. Анталаха |
| 23. Каир | 37. Банги | 51. Мурундава |
| 24. Иджиль | 38. Франсвиль | 52. Анкара |
| 25. Порт-Этьенн | 39. Кабинда | 53. Ардебиль |
| 26. Агадес | 40. Вила-Лузу | 54. Мосул |
| 27. Дакар | 41. Порту-Амелия | 55. Исфахан |
| 28. Абеше | 42. Келимане | 56. Маскат |
| 29. Бобо-Диуласо | 43. Маун | |

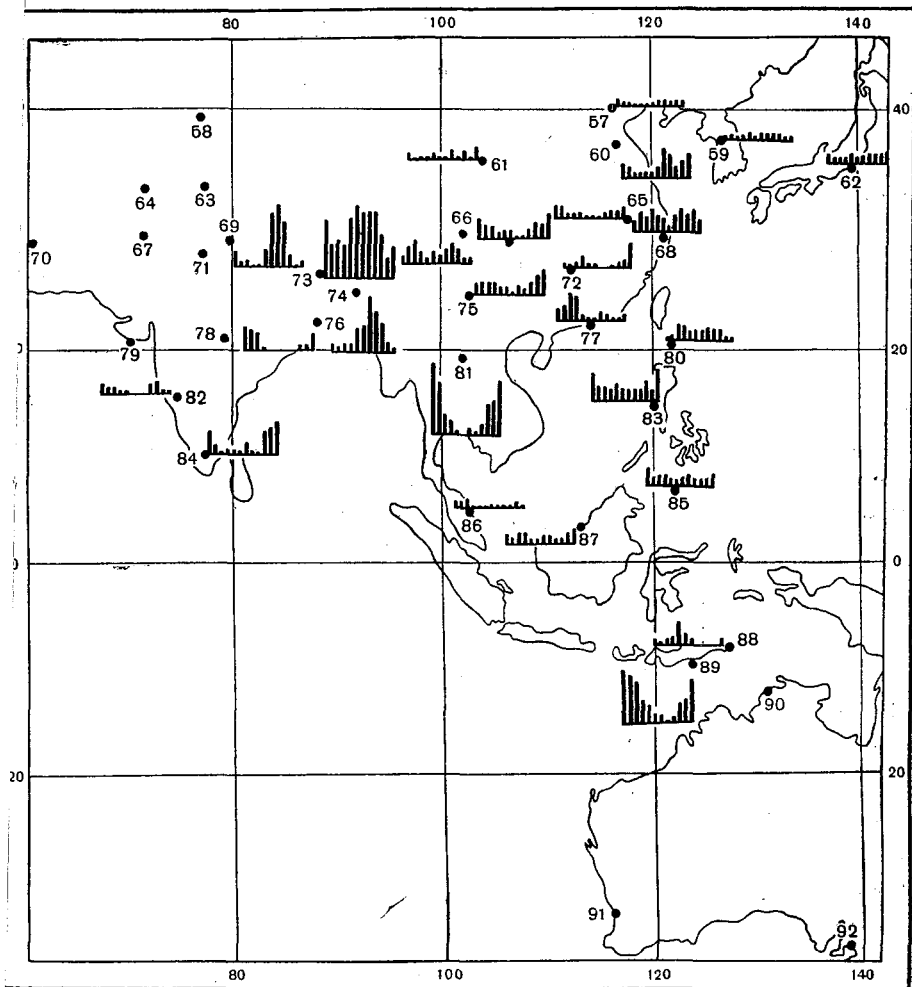


Рис. 1 в. Карта-диаграмма годового хода числа дней с туманом. Азия и Австралия.

- | | |
|-----------------|---------------------|
| 57. Пекин | 75. Куньмин |
| 58. Кашгар | 76. Калькутта |
| 59. Сеул | 77. Сянган |
| 60. Цзинянь | 78. Нагпур |
| 61. Ланьчжоу | 79. Веравал |
| 62. Токио | 80. Баско |
| 63. Лех | 81. Луангпхабанг |
| 64. Пешавар | 82. Белгаон |
| 65. Нанкин | 83. Олонгао |
| 66. Кандин | 84. Кодайканал |
| 67. Мултан | 85. Замбоанга |
| 68. Шанхай | 86. Куала-Тренгану |
| 69. Муктесвар | 87. Бинтулу |
| 70. Бушир | 88. Туто-Ала |
| 71. Новый Дели | 89. Физенда-Алгарве |
| 72. Хэньян | 90. Дарвин |
| 73. Дарджиллинг | 91. Перт |
| 74. Чералунджи | 92. Аделаида |

**Число дней с влажным туманом.
Африка**

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Влажный тропический климат (ТВ)													
Франсвиль	13	13	12	12	16	11	7	0,7	3	12	15	14	129
Бангасу	13	4	2	4	8	9	11	9	10	8	13	16	107
Абиджан	16	8	2	0,7	0,8	0,8	2	8	5	0,3	0,3	4	48
Сухой тропический климат (ТС)													
Хартум	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Агадес	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Туггурт	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Ливингстон	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Виндхук	0	0,4	0	0,2	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0,8
Кимберли	0,1	0,1	0,3	0,8	0,8	0,8	0,4	0,1	0	0	0	0,1	4
Северо-западное побережье (ТС)													
Эсауира	2	3	2	2	4	6	9	7	7	7	1	4	54
Порт-Этьенн	2	2	2	3	1	2	2	0,7	0,7	2	4	2	23
Юго-западное побережье (ТС)													
Свакопмунд	2	5	11	12	17	14	14	16	13	8	6	3	121
Порт-Ноллот	18	21	18	17	13	8	7	9	11	9	13	13	157
Умеренно-влажный субтропический климат (УВС)													
Танжер	1	0,4	1	1	1	0,4	1	2	1	1	0,3	1	11
Филипвиль	1	6	7	3	1	3	4	4	2	3	2	0,3	36
Триполи	1	1	3	2	1	3	6	3	4	2	2	2	30
Александрия	4	2	2	2	0,9	0,4	0	0,2	0,8	1	5	5	23
Юго-восточное побережье													
Порт-Элизабет	2	2	4	2	2	1	0,8	2	2	1	1	0,6	20
Дурбан	0,3	0	0,7	0,9	0,6	0,4	0	0,4	0,7	0,4	0	0,1	4

По направлению от экватора к тропическим широтам число дней с влажным туманом в континентальной части Африки быстро уменьшается и на 9° с. ш. отмечается от 4 до 6 дней с влажным туманом за год, а севернее 12° с. ш. туманы наблюдаются не ежегодно.

Уменьшение числа дней с влажным туманом от экватора по направлению к тропику в Южной Африке происходит значительно быстрее и в континентальной части; на широте 5° ю. ш. влажные туманы отмечаются не ежегодно.

В сухом тропическом типе климата, который формируется под

оздействием сухого и устойчиво стратифицированного воздуха, адиабатически нагревающегося при опускании воздуха в тропических антициклонах, влажные туманы над континентальной частью тмеаются крайне редко. Для этого типа климата характерно ольшее число дней с влажным туманом на западных побережьях, мываемых водами холодных морских течений. Здесь низко расположенная над поверхностью океана пассатная инверсия препятствует вертикальному перемещению влажного воздуха, а приток олодной массы воды в холодных морских течениях способствует оддержанию высокой относительной влажности воздуха у земной оверхности и частому образованию туманов. Так, в узкой при брежной полосе пустыни Намиб, от Кейптауна до Анголы, отме ается от 30 до 120 дней с туманом за год, а в некоторых районах, благоприятных для образования туманов, в отдельные годы на блюдается до 200 туманов за год (табл. 1а).

В умеренно влажном субтропическом типе климата, т. е. на средиземноморском и юго-восточном побережьях Африки, отме ается от 10 до 30 дней с влажным туманом за год.

На территории Азии влажные туманы наиболее часто наблю даются в районе, где проходят климатические границы четырех климатических зон. В предгорьях Гималаев и в горах провинции Гуйчжоу (Китай) отмечается от 50 до 70 дней с туманом за год, а в Дарджилинге — 180 [5]. На побережье Желтого моря туманы бывают в течение 50—90 дней. С продвижением в глубь страны число дней с туманом быстро убывает и уже на расстоянии 300—400 км от побережья составляет менее 30.

Туманы в равнинной части Индии отмечаются чаще в зимнее время года, когда суточные амплитуды температуры воздуха значительны и более часты вхождения холодных атмосферных волн. В этом случае образуются плотные туманы большой продолжительности. Так, 23 и 24 декабря 1961 г. на аэродроме Агартала, расположенном в штате Ассам, во время вхождения холодной атмосферной волны, охватившей северную часть Индии, возник интенсивный и стойкий туман, продолжавшийся в общей сложности 39 часов. 23 декабря относительная влажность воздуха ночью и утром на аэродроме была выше 90%, а температура воздуха ночью при северо-западном ветре очень быстро понижалась. Такое быстрое падение температуры воздуха при высокой относительной влажности воздуха обеспечило развитие плотного тумана большой продолжительности. В ночь с 23 по 24 декабря туман продолжался 4 часа 27 мин., при этом видимость в течение часа была менее 100 м. Ночью 25 декабря продолжительность видимости менее 100 м была менее 30 мин. при относительной влажности 100% и безветрии. Интересно отметить, что в Индии плотный туман в 80% случаев образуется при влажности воздуха 95—100%, а число случаев с плотным туманом (видимость менее 200 м) составляет 16% общего числа случаев с сухими и влажными туманами.

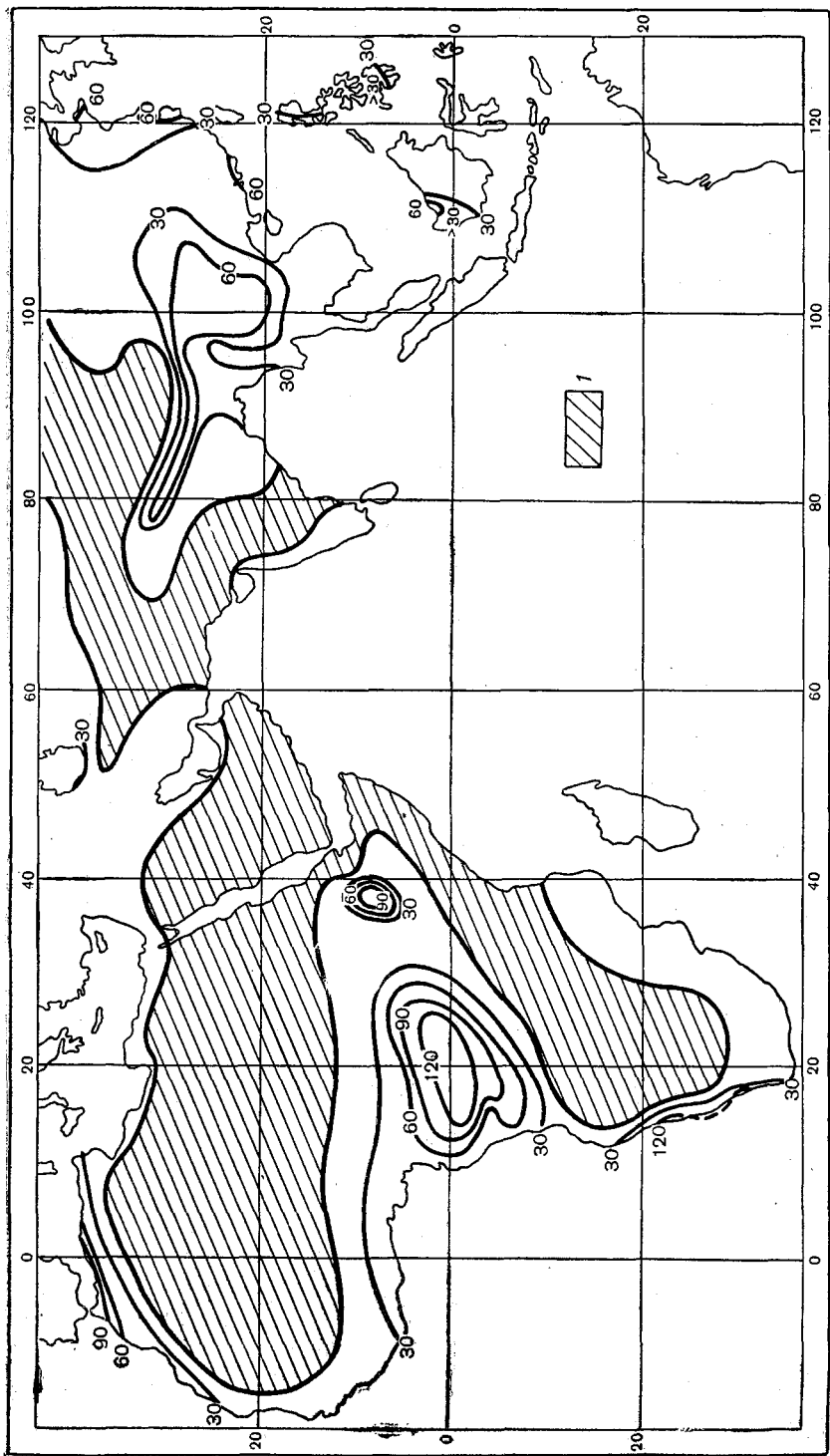


Рис. 2. Среднее годовое число дней с туманом. Африка и Азия.

1 — среднее число дней с туманом

Туманы на склонах Гималаев (в районе Дарджилинга) и горы Циллонг (Черапунджи) отмечаются более часто летом. Здесь период развития экваториального муссона туман бывает почти ежедневно. Это в большей мере связано с образованием низкой облачности в горах, которая часто принимается за туман (рис. 2).

В Пакистане, на территории большей части Ирана и на п-ове Аравия преобладает сухой тропический воздух. Здесь отмечается от 1 до 10 дней с влажным туманом за год.

Таблица 16

Число дней с влажным туманом. Азия

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
---------	---	----	-----	----	---	----	-----	------	----	---	----	-----	------

Влажный тропический климат (ТВ)

Черапунджи	3	2	3	3	8	9	19	14	10	4	2	0,2	77
Калькутта	8	7	6	1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,3	2	2	6	33.
Бангун	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.
Элонтано	9	5	5	4	6	4	4	4	4	7	4	10	66.
Кучинг	4	3	6	6	5	2	2	3	3	4	8	6	52:

Сухой тропический климат (ТС)

Багдад	6	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2	5	16.
Бушир	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	3
Ланьчжоу	2	0,5	0,7	0,8	2	1	1	3	1	3	1	4	20.
Цзилань	5	4	2	2	2	2	4	10	8	4	6	8	57
Сиань	0,4	2	1	1	0,1	0,3	0,3	0,6	1	1	3	2	13.
Чэнду	7	2	3	5	6	2	2	5	6	3	3	8	52:

Умеренно влажный субтропический климат (УВС)

Анкара	9	6	8	5	1	1	0	0	0	2	7	7	46.
Эрзрум	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7
Ардебиль	8	6	4	7	6	3	0,3	3	5	13	12	8	75.
Чунцин	7	5	4	2	3	3	1	0,8	3	5	5	8	47
Сянган	4	5	9	8	2	1	1	3	2	1	1	2	39.

Высокогорный холодный климат тропической и субтропической зоны (ВХ)

Лех	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6.
Юйшу	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.

В Турции и на каспийском побережье Ирана наблюдается от 10 до 45 дней с туманом за год, а в Ардебиле, расположенном на высоте 1400 м,— около 75. Это районы с умеренно влажным субтропическим климатом (табл. 16).

В предгорной и среднегорной частях Афганистана туманы образуются. Они здесь преимущественно адвективного происхождения и отмечаются зимой не ежегодно. В горах Афганистана туманы наблюдаются при прохождении фронтальной облачности и обычно при усилении ветра. В защищенных от ветра участках гор облака могут задерживаться долго, и туман достигает значительной плотности.

Для высокогорного холодного климата тропической и субтропической зон характерно отсутствие туманов, так как низкая абсолютная влажность зимой, характерная для приподнятого на большую высоту Тибета, высокие температуры воздуха летом препятствуют образованию туманов.

На большей части территории Бразилии число дней с туманом за год в среднем остается более 30. Особенно часто туманы отмечаются в гористой части Бразильского нагорья, где в отдельных районах среднее число туманов за год достигает 160—200 дней [6].

В Перу, в районе Каза Гранде, число дней с туманом в среднем за год составляет 95, а с гаруа — 14. Этот район Перу известен по многим литературным источникам своими туманами.

Южнее, на побережье Северного Чили, туманы очень редки. Они либо не отмечаются вообще, либо отмечаются не ежегодно. Южнее, от Сантьяго до Вальдивии, наблюдается в среднем от 50 до 75 дней с туманом. Этот район по образованию туманов сходен с Юго-Западной Африкой, но температура воды Перуанского холодного течения выше и частота образования туманов здесь несколько ниже.

В Экваториальной Африке, где преобладает влажный тропический тип климата, туманы наиболее часто отмечаются летом и осенью соответствующего полушария. На Абиссинском нагорье и в горной части Индии туманы наиболее часты в период экваториального муссона, т. е. с апреля по октябрь. В долине Ганга наиболее часто туманы наблюдаются зимой. На островах Индийского и Тихого океанов число дней с туманом невелико, и в годовом ходе нет резко выраженного максимума.

На северо-западном побережье Африки, где преобладает тропический сухой тип климата, наибольшее число дней с туманом отмечается летом и осенью, на юго-западном побережье Африки и Южной Америки — осенью и зимой южного полушария, т. е. с марта по сентябрь.

В умеренно влажном субтропическом типе климата наибольшее число дней с туманом наблюдается в осенне-зимний период соответствующего полушария, т. е. в северном полушарии — с октября по март, а в южном — с мая по август. Исключением является средиземноморское побережье Африки, где можно отметить равномерное распределение туманов в течение года. Для 105 пунк-

ов, расположенных в экваториальных, тропических и субтропических широтах, распределение числа дней с туманом дано на рис. 1.

Для характеристики числа дней с туманом различной обеспеченности были сделаны расчеты по формуле Алексева для некоторых станций, расположенных в Африке, Азии, Южной Америке, для года [1] (табл. 2 а, 2 б, 2 в).

Таблица 2а

Годовое число дней с туманом различной обеспеченности (%). Африка

Станция	Число дней с туманом		Обеспеченность, %											Минимум туманов
	среднее	максимум	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	
Порт-Этьен . . .	24	42	41	40	33	30	27	24	20	17	14	13	13	13
Саве	51	57	57	57	57	56	55	53	50	46	42	38	38	38
Бангасу	103	136	136	136	129	123	117	108	97	84	71	70	70	70
Франсвиль . . .	121	156	156	156	138	131	126	122	117	113	106	90	87	85
Дунду	52	74	73	72	67	63	55	50	45	42	38	36	35	35
Маланже	73	103	95	88	80	77	74	73	71	68	67	62	52	50
Зила-Лузу . . .	12	25	25	23	20	15	12	11	10	7	4	2	0	0
Са-да-Бандейра	20	44	43	39	32	27	22	19	18	14	5	0	0	0
Мосамедиш . . .	19	35	35	33	27	22	19	17	15	13	11	10	9	9
Маун	2	4	4	4	3	2	2	2	1	1	0,2	0	0	0
Людериц	129	156	156	156	151	143	135	128	120	114	107	101	101	101
Претория	1	4	4	4	3	2	2	1	0,8	0,4	0,1	0	0	0
Александр-Бей	68	82	82	81	78	76	73	68	65	62	54	50	46	46
Порт-Ноллот . .	156	195	195	188	178	168	160	156	148	143	132	123	123	123
Дурбан	2	7	7	6	4	3	3	2	1	1	0,7	0,4	0,1	0
Ист-Лондон . . .	7	18	17	14	12	10	8	7	5	4	3	2	1	1
Порт-Элизабет	19	28	28	27	25	22	20	19	17	15	13	12	11	11

По этим данным были построены номограммы, которые могут быть использованы для расчета числа дней с туманом различной обеспеченности. Такие номограммы построены впервые, и поэтому следует рассмотреть подробнее их особенности.

При построении номограммы для территории Южной Африки были выполнены расчеты для 12 станций, имеющих период наблюдений от 18 до 20 лет (3 станции имели наблюдения около 8 лет). Эти данные (табл. 2а) и служили основой для построения номограммы (рис. 3).

Годовое число дней с туманом различной обеспеченности (%). Азия

Станция	Число дней с туманом		Год	Обеспеченность, %										Минимум	Год	
	Среднее	Максимум														
				5	10	20	30	40	50	60	70	80	90			95
Турция																
Анкара	56	99	1946	99	95	78	68	61	55	49	42	33	21	19	19	1949
Индия																
Симла	12	51	1962	51	47	24	12	7	6	3	1	0	0	0	0	4 года
Муктесар	89	108	1956	108	105	98	94	90	87	81	73	62	46	39	39	1960
Дарджилинг	194	343	1952	343	304	258	244	235	218	179	137	104	77	71	71	1962
Гаухати	66	84	1952	84	83	78	70	63	56	53	51	48	40	36	36	1960
Аллахабад	7	19	1961	19	16	12	9	7	5	4	3	2	1	1	1	1952, 1960
Калькутта	33	43	1962	43	42	39	37	34	31	29	29	28	25	24	24	1961
Бельгаон	12	21	1959, 1963	21	21	19	16	13	11	10	9	7	5	4	4	1953
Кодайканал	51	119	1957	110	101	87	74	60	42	32	27	21	13	10	10	1952, 1960
Демократическая Республика Вьетнам																
Ханой	13	17	1954, 1964	17	17	17	16	15	14	12	11	10	7	6	6	1965

Годовое число дней с туманом различной обеспеченности (%). Чили и Бразилия

Станция	Число дней с туманом		Год		Обеспеченность, (%)										Минимум туманов	Год
	Среднее	Максимум	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95			
Чили																
Ангофагаста	2	9	9	8	5	3	2	1	0,7	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	5 лет
Вальпараисо	38	57	57	52	47	44	42	40	37	31	27	23	21	20	20	1964
Икике	21	33	33	30	28	27	24	20	17	15	13	4	3	3	3	1053
Пуэрто-Монт	11	25	25	23	19	13	9	8	7	7	6	4	2	2	2	1947
Сантьяго	30	69	62	49	40	35	30	27	24	22	19	15	12	11	11	1967
Арика					78% из 18 лет без туманов											
Бразилия																
Императрис	52	110	100	92	68	57	53	49	45	40	34	26	22	20	20	
Нова-Крус	10	24	23	23	18	14	12	9	6	3	2	0	0	0,0	0,0	
Монте-Санто	199	268	268	257	228	207	197	189	184	178	174	167	162	160	160	
Резенди	106	125	124	122	116	111	107	105	103	101	97	91	87	85	85	
Сан-Педро	52	73	72	68	68	60	57	53	49	45	40	34	30	30	30	
Компос	35	48	46	43	39	37	36	34	33	32	31	27	24	24	24	
Куритиба	57	73	73	72	72	69	66	61	56	50	39	20	14	14	14	
Куритибанос	110	166	165	158	144	130	116	106	97	88	76	68	60	60	60	
Бруске	97	130	125	118	106	99	95	94	93	90	87	83	80	78	78	

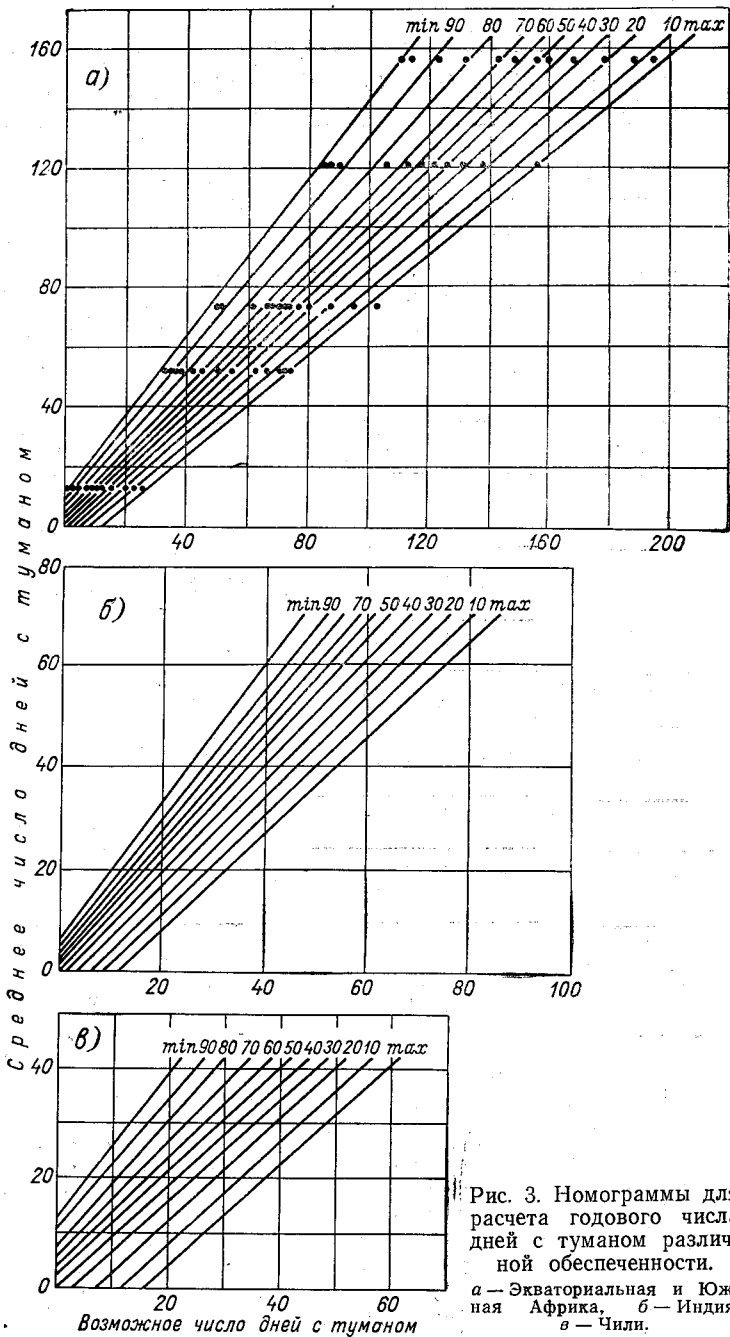


Рис. 3. Номограммы для расчета годового числа дней с туманом различной обеспеченности.
 а — Экваториальная и Южная Африка, б — Индия, в — Чили.

На номограмме хорошо согласуются расчетные данные для станций, расположенных во влажном и сухом тропическом климате, а также в умеренном влажном субтропическом климате. Из номограммы следует, что при среднем годовом числе дней с туманом, равном 120, в отдельные годы может отмечаться от 85 до 155 дней, а при 50 днях — от 30 до 75 дней с туманом.

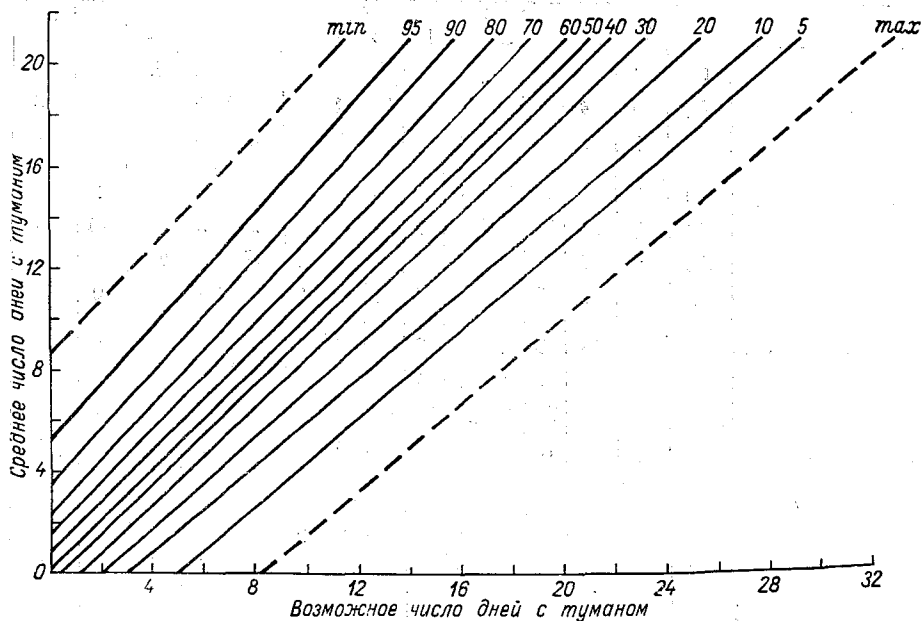


Рис. 4. Номограмма для расчета месячного числа дней с туманом различной обеспеченности. Экваториальная и Южная Африка.

Для Индии были сделаны расчеты для 8 станций, а для равнинной и предгорной частей, где преобладают зимние туманы, построена номограмма для расчета годового числа дней с туманом различной обеспеченности. При построении ее были использованы данные равнинных и предгорных станций.

При построении номограммы для горных районов необходимо брать более широкую сеть. В табл. 2 б содержатся данные только для четырех горных станций (Симла, Муктесар, Дарджилинг, Кодайканал), расположенных в горах на высоте 2100—2400 м над уровнем моря.

Аналогичные расчеты были выполнены для 15 станций, расположенных в Южной Америке на территории Бразилии и Чили. Для Бразилии использованы данные за 8—9 лет наблюдений только тех станций, для которых среднее годовое число дней с туманом

Число дней с туманом различной обеспеченности (%). Африка

Станция	Ме- сяц	Число дней с туманом		Обеспеченность (%)											Мини- мум тума- нов			
		среднее	макси- мум	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95				
Бангасу	I	12	22		22	21	17	13	11	8	6	5	4		4			
	IV	4	9		9	7	6	5	4	4	3	2	0,4		0			
	VII	10	14		14	13	12	12	11	10	9	8	6		6			
	X	7	12		12	10	9	8	7	6	5	4	1		1			
Дунду	I	7	14	14	12	10	9	8	7	6	5	5	4	2	2			
	IV	5	11	11	11	8	7	6	5	4	2	2	1	0,1	0			
	VII	2	7	7	6	5	4	2	2	1	0,7	0,4	0,1	0	0			
	X	2	7	7	6	4	4	3	2	2	1	0,8	0,4	0	0			
Маланже	I	3	10	9	7	5	3	2	2	1	0,8	0,5	0,1	0	0			
	IV	8	12	12	12	11	11	10	9	8	7	6	4	0	0			
	VII	15	22	22	22	21	19	17	15	13	11	10	7	4	4			
	X	4	10	10	8	5	4	4	4	3	3	2	2	1	1			
Саве	I	8	18		18	11	9	8	7	6	6	5	4		4			
	IV	2	7		6	4	3	3	2	2	1	0,7	0,3		0			
	VII	2	3		3	2	2	2	2	2	1	1	1		1			
	X	6	8		8	7	6	7	6	6	6	5	5		5			
Франсвиль . . .	I	13	20		19	16	15	14	13	13	11	10	8		8			
	IV	11	14		14	14	14	13	12	10	8	8	7		7			
	VII	5	12		12	9	8	6	5	3	2	0,6	0,2		0			
	X	12	15		15	14	13	12	12	11	10	10	9		9			
Мосамедиш . . .	I						100 % нулей из 21 года											
	IV						43 % нулей из 21 года											
	VII	3	9	8	6	5	4	3	3	2	2	1	0,4	0,1	0,1			
	X						62 % нулей из 21 года											
Свакопмунд . .	I	2	4			4	3	2	2	1	0,6	0,1			0			
	IV	13	17		17	16	15	14	13	12	11	10	9		9			
	VII	15	22		22	20	17	16	15	14	13	11	9		9			
	X	8	10		10	10	9	8	8	8	7	7	7		7			

Станция	Ме- сяц	Число дней с туманом		Обеспеченность (%)											Мини- мум
		среднее	макс- мум	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	
Александр-Бей	I	3	6	6	6	5	4	3	3	2	1	0,7	0,2	0	0
	IV	7	14	14	12	11	10	8	7	6	4	2	0,5	0	0
	VII	6	14	14	14	11	8	6	5	4	3	2	0,3	0	0
	X	3	12	12	10	4	3	2	2	2	1	0,5	0	0	0
Порт-Ноллот	I	20	29	28	26	23	22	20	20	20	19	18	15	13	12
	IV	15	22	22	21	20	18	16	15	14	13	13	11	9	9
	VII	7	12	12	11	10	9	9	8	7	5	4	3	3	3
	X	10	20	18	16	14	12	11	10	9	8	7	6	6	6
Порт-Элизабет	I	1	7	6	3	2	2	1	0,8	0,4	0,2	0	0	0	0
	IV	2	8	8	6	4	3	2	1	0,8	0,4	0,2	0	0	0
	VII	2	6	6	5	3	2	1	1	0,6	0,3	0,1	0	0	0
	X	2	4	4	4	3	3	2	2	0,8	0,4	0,1	0	0	0

орошо согласуется с данными, снятыми с карты, опубликованной в атласе Бразилии [6].

Число дней с туманом для крайних градаций обеспеченности получены с интегральных кривых путем экстраполяции.

Для Экваториальной и Южной Африки по данным числа дней с туманом различной обеспеченности для января, апреля, июля и октября были построены номограммы. Данные, снятые с такой номограммы, только для крайних градаций иногда не согласуются с фактическими. Расхождение это связано с короткими рядами наблюдений (рис. 4, табл. 3).

На станциях Саве и Людериц оказалась очень малая изменчивость. По-видимому, это связано с особыми местными условиями.

Оценка точности и надежности среднего годового числа дней с туманом, рассчитанной для Калькутты за 12 лет, показала, что при среднем квадратическом отклонении σ , равном в Калькутте 4 дням, доверительные границы, в которых с вероятностью 0,8 заключено неизвестное значение среднего годового числа дней с туманом, равны 32 ± 2 . Доверительные границы, в которых с вероятностью 0,8 заключено подходящее значение σ , равны 4—7.

Выводы

Построенные автором карты и номограммы позволили выявить ряд новых закономерностей пространственно-временного распределения туманов над материками в низких широтах.

1. Площадь территорий, на которых отмечается 60 дней и более с туманом в среднем за год, в различных типах климата различна. Наибольшая территория, на которой отмечается от 60 до 120 дней с туманом за год, находится в умеренно влажном и влажном тропическом климатах, в бассейнах рек Конго и Амазонки. В областях, подверженных влиянию экваториального муссона, более 60 дней с туманом за год наблюдается только в горах и объясняется развитием облачности. В тропических и субтропических широтах 60 дней и более с туманом за год отмечается на незначительной по площади территории побережий, омываемых водами холодных морских течений.

2. На небольших территориях побережий и в горах бывает от 150 до 190 дней с туманом за год.

3. Наибольшее число дней с туманом приходится на осенне-зимний период. Только в горных районах Индии туманы наиболее часто отмечаются в период с июня по октябрь. Это связано с развитием облачности в горах во время влажного экваториального муссона.

4. Для Экваториальной и Южной Африки, равнинной территории Индии и Чили построены номограммы для расчета годового числа дней с туманом различной обеспеченности во влажном и сухом тропическом климате. Для Экваториальной и Южной Африки построена номограмма для расчета месячного числа дней с туманом различной обеспеченности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Г. А. К вопросу определения эмпирических квантилей и коэффициента корреляции.— Метеорология и гидрология, 1963, № 4.
2. Витвицкий Г. Н. Климаты зарубежной Азии. М., Географгиз, 1960.
3. Климатический справочник Африки. Ч. II. Под ред. А. Н. Лебедева. Л. Гидрометеиздат, 1967.
4. Кодрау О. Д. Климатические закономерности и характеристика климата Центральной Америки и Вест-Индии.— Труды ГГО, 1967, вып. 212.
5. Кодрау О. Д. Атмосферные осадки и циркуляция над южной Азией.— Труды ГГО, 1969, вып. 247.
6. Atlas climatologico do Brasil, vol. II. Rio de Janeiro, 1956.
7. Banerjee A. K., Sarkar C. S., and Sen S. R. An unusual spell of late and morning fog at Agartala Airfield and some associated features.
8. Indian J. of Meteorology and Geophysics, 1963, vol. 14, No. 1.
9. Berry F. A., Bolla E. and Beers R. Handbook of Meteorology. New York — London, 1945.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РОС В ТРОПИЧЕСКИХ ШИРОТАХ

Роса принадлежит к наиболее плохо изученным в климатическом отношении явлениям. Причина этого лежит в трудности обобщения наблюдений за этим неустойчивым, зависящим от местных условий явлением.

Известно, что в жарких и сухих странах роса оказывает благоприятное действие на произрастание растительности, здесь часто наблюдается увядание растений днем и оживление их под влиянием образующейся росы ночью. В районах с интенсивным росообразованием часто нарушается нормальная работа технического оборудования, так как роса, увлажняя поверхность технических изделий, способствует коррозии материалов.

Из всего этого очевидно, что изучение условий образования росы и получение ее климатических характеристик приобретает большое практическое значение.

В настоящей статье сделана попытка осветить особенности распределения рос в различных климатических условиях в низких широтах. Материалом для работы послужили ежемесячные и ежедневные данные наблюдений за росой из различных зарубежных изданий. Длительность периода наблюдений на рассмотренных станциях колеблется в пределах 5—10 лет, и только для отдельных станций период увеличивается до 14—15 лет.

Имеющийся в нашем распоряжении материал позволяет лишь в самых общих чертах осветить особенности распределения рос в различных типах климата для отдельных областей, расположенных в экваториальных, тропических и субтропических широтах Африки, Азии и Южной Америки.

Для выявления общей картины распределения рос по территории и в годовом ходе в табл. 1 и 4 приведены данные числа дней с росой, осредненные по отдельным областям Африки и Азии. Для характеристики распределения рос над территорией Южной Америки мы использовали карту годового числа дней с росой из бразильского атласа [1].

Распределение числа дней с росой в тропических широтах отличается большим разнообразием. Наиболее благоприятные условия

для образования рос создаются во влажном тропическом климате так как при большом влагосодержании воздуха даже небольшое ночное охлаждение воздуха вызывает конденсацию водяного пара. Реже всего роса отмечается в районах с сухим тропическим климатом.

Таблица

Среднее число дней с росой. Африка

Район	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Средиземноморское побережье	3	2	2	1	1	0,2	0,1	0,2	0,2	2	3	3	15
Сахара	0,2	0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	1	2	1	0,4	0,6	0,4	7
Западное побережье	9	10	14	12	10	6	7	6	7	12	14	10	112
Область Гвинейского залива	7	6	7	7	8	10	11	11	11	12	11	9	110
Центральная Африка	0	0,1	1	1	1	3	4	4	4	2	1	1	21
Восточное побережье Южной Африки (побережье Мозамбика)	4	6	8	12	17	15	13	12	8	5	3	4	107

Таблица 2

Среднее число дней с росой. Африка

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Аддис-Абеба	12	8	11	13	9	7	0,7	0,5	11	18	14	14	118
Айн-Салах	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1
Атакпаме	11	12	18	19	26	25	25	25	25	25	22	14	247
Бирао	0	0	0	0,2	0,2	2	0,7	0,8	2	1	0	0	7
Дакар	13	20	24	23	17	5	0	1	5	11	12	19	140
Порт-Этьенн	12	10	16	14	14	12	12	10	8	14	15	12	149
Форт-Аршамбо	0	0	0	1	4	9	6	7	6	6	5	0,1	44

В пределах континента Африки по частоте образования росы выделяется область Гвинейского залива. Из табл. 1 и 2 видно, что в среднем в этой части Африки наблюдается более 100 дней с росой в год, а местами число их возрастает до 200 и более. Так, на севере Гвинейского залива, в Атакпаме ($\varphi=7^{\circ}35'С$, $\lambda=1^{\circ}07'В$), отмечается около 250 дней с росой, а в летне-осенний период в ме-

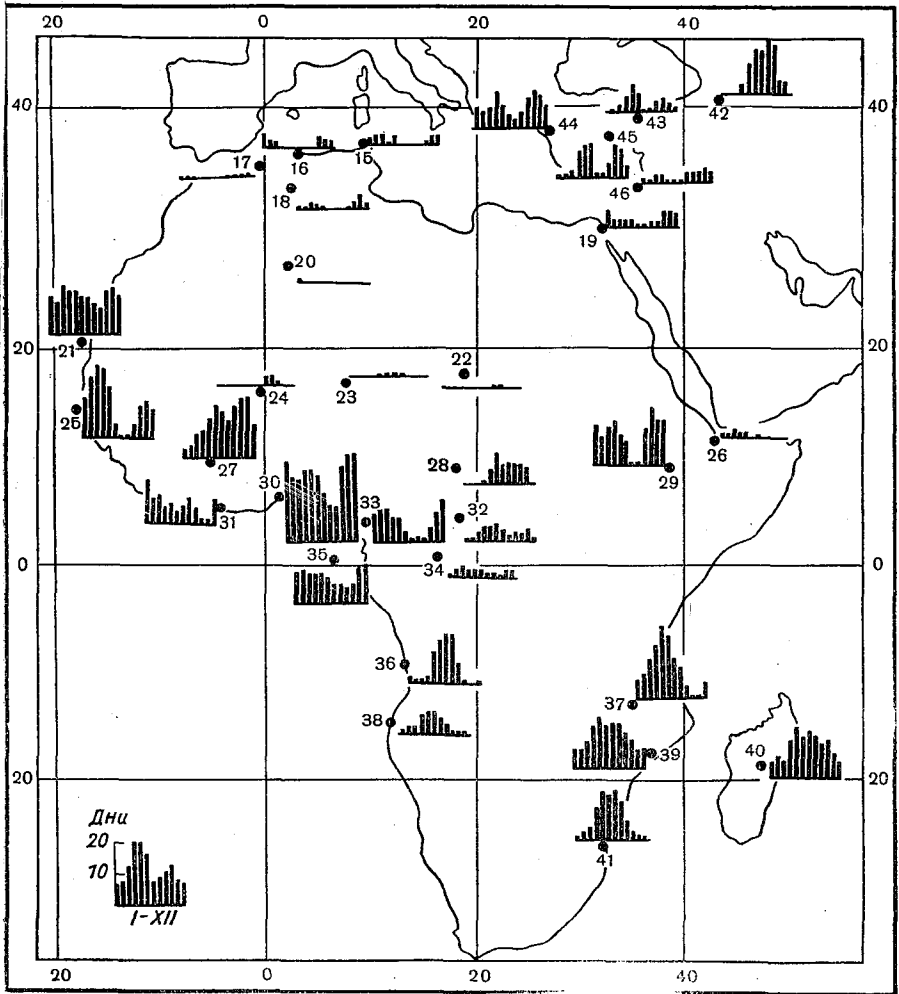


Рис. 1 а. Годовой ход числа дней с росой. Африка и Передняя Азия.

- | | |
|------------------|--------------------|
| 15. Бизерта | 31. Абиджан |
| 16. Алжир | 32. Банги |
| 17. Фалькон, мыс | 33. Дуала |
| 18. Лагуат | 34. Уэсо |
| 19. Исмаилия | 35. Сан-Томе |
| 20. Айн-Салах | 36. Луанда |
| 21. Порт-Этьенн | 37. Вила-Кабрал |
| 22. Ларжо | 38. Мосамедиш |
| 23. Агадес | 39. Келимане |
| 24. Гао | 40. Антананариву |
| 25. Дакар | 41. Лоренсу-Маркиш |
| 26. Джибути | 42. Карс |
| 27. Феркеседугу | 43. Кайсери |
| 28. Форт-Аршамбо | 44. Измир |
| 29. Аддис-Абеба | 45. Конья |
| 30. Ломе | 46. Ксара |

сяцы наибольшей повторяемости роса представляет почти ежедневное явление. Значительной повторяемостью рос отличается также восточное побережье тропического пояса Южной Африки; на побережье Мозамбика в среднем отмечается свыше 100 дней с росой в году. Наибольшее число дней с росой приходится на зимний период (апрель — август), местами в отдельные месяцы бывает свыше 15 дней с росой. Летом (ноябрь — февраль) роса отмечается реже (3—6 дней в месяц) (табл. 1, 2, рис. 1 а).

Внутри континента, на территории Центральной Африки, роса представляет не частое явление. Здесь и в среднем бывает около 20 дней с росой в году. Местами повторяемость рос увеличивается до 40 дней и более в году (Форт-Аршамбо, $\varphi=9^{\circ}08' \text{ С}$, $\lambda=18^{\circ}23' \text{ В}$), а местами (Бирао, $\varphi=10^{\circ}17' \text{ С}$, $\lambda=22^{\circ}47' \text{ В}$) бывает не более 7—10 дней (табл. 1, 2, рис. 1 а).

С поднятием в горы Эфиопии условия для образования росы становятся более благоприятными, в Аддис-Абебе, на высоте 2500 м, отмечается около 120 дней с росой в году. Максимальное число дней с росой (14—18) здесь наблюдается осенью и в начале зимы (октябрь — декабрь). В июле — августе, в период дождей, роса отмечается здесь не ежегодно.

Наиболее неблагоприятными условиями для образования росы характеризуются пустынные районы Северной Африки. На территории Сахары росы могут отсутствовать несколько лет подряд. Например, в Алжире, в районе ст. Айн-Салах ($\varphi=27^{\circ}10' \text{ С}$, $\lambda=2^{\circ}25' \text{ В}$), за период 1903—1911 гг. роса была отмечена только 1 раз, в январе 1903 г. Это объясняется крайней сухостью тропического воздуха, поступающего в эту зону в северо-восточных пассатных течениях, очень высоким уровнем конденсации и нисходящими течениями в субтропических антициклонах. Резко отличается по частоте образования росы западное побережье Северной Африки от внутренних районов пустыни. Здесь в среднем повторяемость рос увеличивается до 100 дней и более в году, а местами (Порт-Этьенн, $\varphi=20^{\circ}56' \text{ С}$, $\lambda=17^{\circ}03' \text{ З}$, Дакар, $\varphi=14^{\circ}44' \text{ С}$, $\lambda=17^{\circ}30' \text{ З}$) до 140—150 (табл. 1, 2, рис. 1 б). Образованию росы на западном побережье Северной Африки благоприятствует высокое влагосодержание воздуха в приземном слое атмосферы, которое обусловлено влиянием пассатной инверсии, препятствующей вертикальному обмену, вследствие чего вся влага остается в самом нижнем слое атмосферы. Холодное Канарское течение, проходящее у западных берегов Северной Африки, способствует усилению пассатной инверсии.

На средиземноморском побережье Африки в условиях умеренно влажного субтропического климата роса представляет не частое явление. Здесь в среднем бывает около 15 дней с росой в году, причем роса наблюдается преимущественно в зимний период (не более 2—3 дней в месяц), летом роса отмечается не ежегодно (табл. 1, рис. 1 а).

На территории Южной Америки, так же как и в Африке, наиболее часто образуются росы в районах с влажным тропическим климатом. На карте годового числа дней с росой полоса повышен-

ной повторяемости рос, очерченная изолинией 180 дней, располагается над центральными районами Бразилии, внутри которой некоторые пункты (Бела-Виста, $\varphi = 22^{\circ}06'Ю$, $\lambda = 56^{\circ}22'З$) отмечают 200 дней и более. К западу и востоку от этой полосы число дней с росой уменьшается, но в прибрежной зоне, на возвышенных плато Бразильского нагорья, выделяются очаги повышенной повторяемости рос (до 150 дней и более с росой в году). В экваториальных широтах Бразилии, характеризующихся очень влажным тропическим климатом, хорошо выражены две области большой повторяемости рос: в устье Амазонки и на востоке Бразилии, где в среднем бывает 150 дней и более с росой в году [1].

Береговые пустыни Перу и Чили известны в литературе как районы большой повторяемости рос. По данным Доберица [2], в Перу, в районе ст. Каза Гранде ($\varphi = 7^{\circ}45'Ю$, $\lambda = 79^{\circ}12'З$), расположенной в 20 км от побережья на высоте 160 м. в среднем отме-

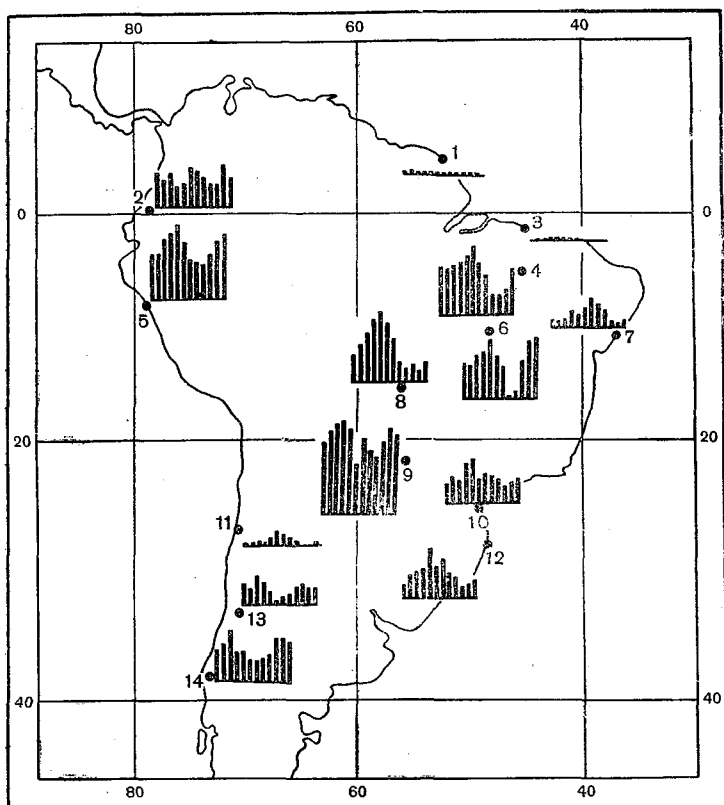


Рис. 16. Годовой ход числа дней с росой. Южная Америка.

- | | | | |
|-------------------|-------------------|---------------|---------------|
| 1. Кайенна | 5. Каза Гранде | 9. Бела-Виста | 12. Лагуна |
| 2. Кито | 6. Порту-Насионал | 10. Куритиба | 13. Сантьяго |
| 3. Турнасу | 7. Пан-де-Асукар | 11. Кальдера | 14. Контульмо |
| 4. Барра-ду-Корда | 8. Куяба | | |

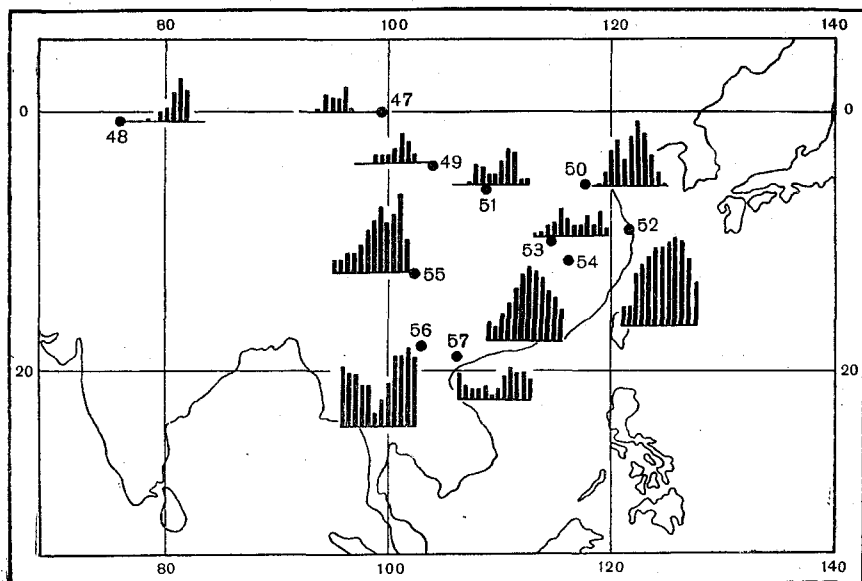


Рис. 1 в. Годовой ход числа дней с росой. Азия.

47. Юймынь	50. Сюйчжоу	53. Учан	56. Лайтяу
48. Кашгар	51. Сиань	54. Наньчан	57. Ханой
49. Ланьчжоу	52. Шанхай	55. Сичан	

чается около 190 дней с росой в год. Образованию росы здесь, так же как на западном побережье Сахары, способствует низкое положение пассатной инверсии и влияние холодного Перуанского течения. Однако результаты обработки данных наблюдений за росой на прибрежных станциях не характеризуют эти районы как районы большой повторяемости рос. Например, на побережье Чили, в районе Арики ($\varphi=18^{\circ}30'Ю$, $\lambda=70^{\circ}19'З$) и Антофагасты ($\varphi=23^{\circ}28'Ю$, $\lambda=70^{\circ}26'З$), за период 1950—1967 гг. роса не отмечалась ни разу. В Сантьяго ($\varphi=33^{\circ}27'Ю$, $\lambda=70^{\circ}42'З$) на высоте 520 м среднее годовое число дней с росой составляет всего 57. Небольшой повторяемостью рос отличаются также побережья Бразилии и Эквадора. На ряде пунктов, по имеющимся данным, за рассматриваемый период роса не наблюдалась. Примером могут служить станции Натал ($\varphi=5^{\circ}47'Ю$, $\lambda=35^{\circ}18'З$) и Эмеральдас ($\varphi=0^{\circ}59'С$, $\lambda=79^{\circ}24'З$). Чаше роса отмечается на юго-восточном побережье Бразилии, по данным станций Куритиба ($\varphi=25^{\circ}25'Ю$, $\lambda=49^{\circ}17'З$) и Лагуна ($\varphi=28^{\circ}29'Ю$, $\lambda=48^{\circ}48'З$), годовое число дней с росой здесь увеличивается до 90—100. В осенне-зимний период (апрель — август) бывает 7—15 дней с росой в месяц, в остальное время года 4—9.

Возможно, что полученные значения повторяемости рос для этих районов занижены и являются результатом недостаточно надежных наблюдений, в особенности для бразильских станций, для

которых использован материал наблюдений за старые годы (1914—1922), когда наблюдения за росой велись нерегулярно.

В горах Эквадора, на высоте около 3000 м, по данным станций Кито и Тулкан, в среднем бывает 110—120 дней с росой в году (табл. 3, рис. 1 б).

Таблица 3

Среднее число дней с росой. Южная Америка

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Антофагаста	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Арика	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Каза Гранде	14	14	19	19	23	18	12	11	10	14	18	20	192
Кито	10	8	10	6	7	12	11	9	7	7	13	9	109
Куритиба	6	8	7	12	13	7	9	8	7	4	6	7	94
Лагуна	4	7	8	9	15	10	12	8	6	3	8	9	101
Натал	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Сантьяго	6	5	8	7	4	1	2	3	5	6	5	5	57
Тулкан	9	9	11	10	12	11	8	9	12	9	13	10	122
Эсмеральдас	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

В условиях умеренно влажного субтропического климата Азии распределение рос характеризуется большим разнообразием (табл. 4, 5, рис. 1 в). Большой повторяемостью рос отличаются

Таблица 4

Среднее число дней с росой. Азия

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Восточные и юго-восточные районы Китая,	5	6	8	10	13	16	19	19	17	17	15	10	156
Равнинные районы Восточного Китая	0,3	1	3	6	7	4	8	12	13	8	5	1	67
Пустынные районы Западного Китая	0	0	0	1	2	3	4	8	7	4	0,1	0	29

восточные и юго-восточные районы Китая. Здесь роса отмечается в течение всего года, и в среднем за год бывает свыше 150 дней с росой. В береговой зоне, по данным станций Шанхай и Гуанчжоу, бывает около 200—230 дней с росой в году, в глубине страны годовое число дней с росой составляет 100—110 (Хэнъян, $\varphi = 26^{\circ}56'С$, $\lambda = 112^{\circ}25'В$; Лицзян, $\varphi = 26^{\circ}53'С$, $\lambda = 100^{\circ}10'В$).

Летом, когда тропический муссон приносит в эти районы теплый влажный морской воздух, более чем в половине дней месяца наблюдается роса, а на прибрежных станциях редкий день обходится без росы (свыше 20 дней с росой в месяц). Зимой роса отмечается значительно реже, в январе и феврале в среднем бывает 5—6 дней с росой, и только на отдельных станциях среднее месячное число дней с росой увеличивается до 10—13 (Гуанчжоу).

Таблица 5

Среднее число дней с росой. Азия

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Адана	7	8	13	20	20	17	8	9	11	13	8	8	142
Гуанчжоу (Кантон)	13	9	8	12	18	20	23	22	18	19	15	11	187
Измир	7	6	9	14	10	4	3	5	10	12	11	7	99
Карс	0	0	0	3	10	15	14	19	17	4	4	0	86
Кашгар	0	0	0	1	0	3	4	9	14	9	0,3	0	40
Конья	1	1	2	8	10	11	0,8	0,2	4	10	9	3	59
Ксара	1	1	2	2	1	1	1	3	3	3	4	3	25
Лайгяу	19	16	16	13	13	4	8	13	22	22	24	22	192
Лаокай	8	4	4	6	7	15	10	15	17	13	16	8	123
Лицзян	0	1	1	2	2	10	10	17	13	21	19	5	99
Лоян	1	4	11	8	6	6	12	13	15	11	15	3	104
Монгкай	8	5	10	11	15	10	15	16	18	17	13	8	146
Мугла	3	4	7	9	7	3	0,1	0,3	3	15	15	6	72
Сюйчжоу	0	0,2	4	11	14	8	15	20	16	9	4	0,3	101
Ханой	8	4	3	3	4	1	3	7	10	8	8	6	65
Хэньян	2	3	6	7	10	11	17	17	14	12	9	7	112
Шанхай	6	6	16	19	21	24	24	26	27	26	20	13	228
Юймынь	0	0	0	1	5	4	4	6	1	0	0	0	20

В равнинных районах Восточного Китая, в долинах рек Хуанхе и Янцзы, повторяемость рос сравнительно невелика. Здесь в среднем бывает около 70 дней с росой в году, местами около 100 (Лоян, $\varphi=34^{\circ}40'С$, $\lambda=112^{\circ}30'В$, Сюйчжоу, $\varphi=34^{\circ}17'С$, $\lambda=117^{\circ}10'В$). В летне-осенний период (июль — октябрь) в отдельные месяцы местами отмечается до 15—20 дней с росой. В зимние месяцы бывает не более 1—3 дней.

В условиях континентального субтропического климата Азии, характеризующегося очень жарким сухим летом и холодной зимой, роса образуется не часто. Например, на пустынных и полупустынных плоскогорьях западной части Китая в среднем наблюдается до

20—40 дней с росой в году (Юймынь, $\varphi=39^{\circ}40'С$, $\lambda=98^{\circ}43'В$; Кашгар, $\varphi=39^{\circ}28'С$, $\lambda=75^{\circ}52'В$), которые приходятся на летне-осенний период. В холодное время года, с ноября по март, росы совсем не отмечаются (табл. 5, рис. 1 в).

Крайне пестрой картиной распределения числа дней с росой отличается территория Демократической Республики Вьетнам. В береговой зоне среднее годовое число дней с росой изменяется от 65 в Ханое ($\varphi=21^{\circ}00'С$, $\lambda=105^{\circ}50'В$) до 150 в Монгкае ($\varphi=21^{\circ}30'С$, $\lambda=108^{\circ}00'В$) и во внутренних районах от 120 (Лаокай, $\varphi=22^{\circ}30'С$, $\lambda=103^{\circ}57'В$) до 190 (Лайтяу, $\varphi=22^{\circ}05'С$, $\lambda=103^{\circ}10'В$). В месяцы наибольшей повторяемости рос (сентябрь—декабрь) внутри страны местами бывает до 22—24 дней с росой (Лайтяу).

В средиземноморском климате на восточном побережье Средиземного моря, так же как на побережье Северной Африки, роса образуется не часто. По данным ст. Ксара ($\varphi=33^{\circ}50'С$, $\lambda=35^{\circ}53'В$), на побережье Ливана бывает всего около 25 дней с росой в году, а среднее месячное число дней с росой в течение всего года не превышает 3—4. Чаше отмечаются росы на побережьях Турции и в ее западных районах, где бывает 50—70, а местами даже 100—150 дней с росой в году (Измир, Адана). Наибольшая повторяемость рос наблюдается здесь в переходные сезоны, в апреле—мае и сентябре—октябре (8—15 и даже 20 дней на побережьях и 6—10 внутри страны). Зимой и летом, в январе—феврале и июле—августе, во внутренних районах Турции роса наблюдается не чаще чем 1—2 дня в месяц, но на побережьях бывает до 3—9 дней с росой (Измир, Адана) (табл. 5, рис. 1 а).

На высокогорном Карском плато (ст. Карс, высота 1800 м) отмечается около 90 дней с росой в году, которые приходятся на летний период (май—сентябрь); зимой (декабрь—март) роса не образуется.

Выводы

Выявление закономерностей в распределении повторяемости рос в пространстве и годовом ходе осложняется тем, что процессы росообразования находятся в тесной зависимости от местных условий, рельефа, характера подстилающей поверхности и многих других факторов. Вследствие этого повторяемость и географическое распределение числа дней с росой отличается исключительным разнообразием. Часто близко расположенные пункты значительно различаются по повторяемости росы. Однако полученные результаты позволяют отметить некоторые особенности распределения росы в тропических широтах.

1. В районах с влажным тропическим климатом благодаря очень большому влагосодержанию воздуха часто образуются росы. Примером могут служить область Гвинейского залива, Амазонская низменность и другие районы Бразилии.

2. Наиболее неблагоприятные условия для образования росы создаются в сухом тропическом климате. Например, в тропической

зоне Северной Африки, в пустыне Сахара в связи с большой сухостью тропического воздуха и высоким уровнем конденсации роса представляет редкое явление и может не наблюдаться в течение ряда лет.

3. Благоприятными условиями для образования росы характеризуется муссонный субтропический тип климата. В восточных и юго-восточных районах Китая летом, когда тропический муссон приносит в эти районы теплый влажный морской тропический воздух, более чем в половине дней месяца наблюдается роса, а в береговой зоне местами роса отмечается почти ежедневно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Atlas climatologico do Brasil, vol. II Rio de Janeiro, 1956.
2. Doberitz R. Zum Küsten Klima von Peru. Deutsch. Wetterdienst. Seewetteramt Einzelveröffentlichungen, Nr. 59).

ОБ ИЗМЕНЧИВОСТИ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА В ТРОПИЧЕСКОЙ ЗОНЕ

(Относительная влажность воздуха создает потенциальные условия для возникновения многих метеорологических явлений: выпадения дождя, града, снега, а также образования облаков, туманов, росы и т. д. Она является также наилучшим показателем сухости климата. В сочетании с температурой воздуха относительная влажность характеризует интенсивность испарения. В этом отношении наибольший интерес представляют данные по влажности в 13 час., когда испарение достигает максимальных величин. В это время наблюдается и минимальная влажность за сутки.)

(Исследование влажности воздуха, ее суточные и годовые ходы в экваториальных и тропических широтах представляет особый интерес для технической климатологии, поскольку режим влажности оказывает существенное влияние на всевозможные строительные материалы, промышленные изделия, на работу машин, оборудования, механизмов, приборов.)

С целью изучения режима влажности в тропических широтах было отобрано некоторое число станций, по наблюдениям на которых оценивалась пространственно-временная изменчивость относительной влажности воздуха, ее суточные и годовые колебания. В итоге было использовано 112 станций. Поскольку средняя месячная относительная влажность воздуха, вычисленная по средним суточным значениям, является весьма сглаженной характеристикой, для 38 пунктов, расположенных в различных частях тропической зоны, были рассчитаны обеспеченности относительной влажности воздуха по ежедневным наблюдениям для утреннего и дневного сроков в отдельности. Подобные расчеты позволяют познать всю структуру элемента. По этим данным отчетливо видно, из каких значений относительной влажности формируется режим исследуемого элемента. (Климат тропиков в целом определяется продолжительностью сухого и влажного периодов. Как известно, в тропиках наряду с переувлажненными областями располагаются и главнейшие пустынные области мира. Поэтому почти всюду в тропической зоне встречаешься с существенными различиями в характеристиках относительной влажности воздуха. На рис. 1 а, 1 б и 1 в для

всей исследуемой территории показано общее распределение относительной влажности воздуха. (Как видно, на широтах, близких к экватору (до $5-10^\circ$ ш.), в каждом полушарии относительная влажность воздуха очень высокая. Даже в самые сухие месяцы

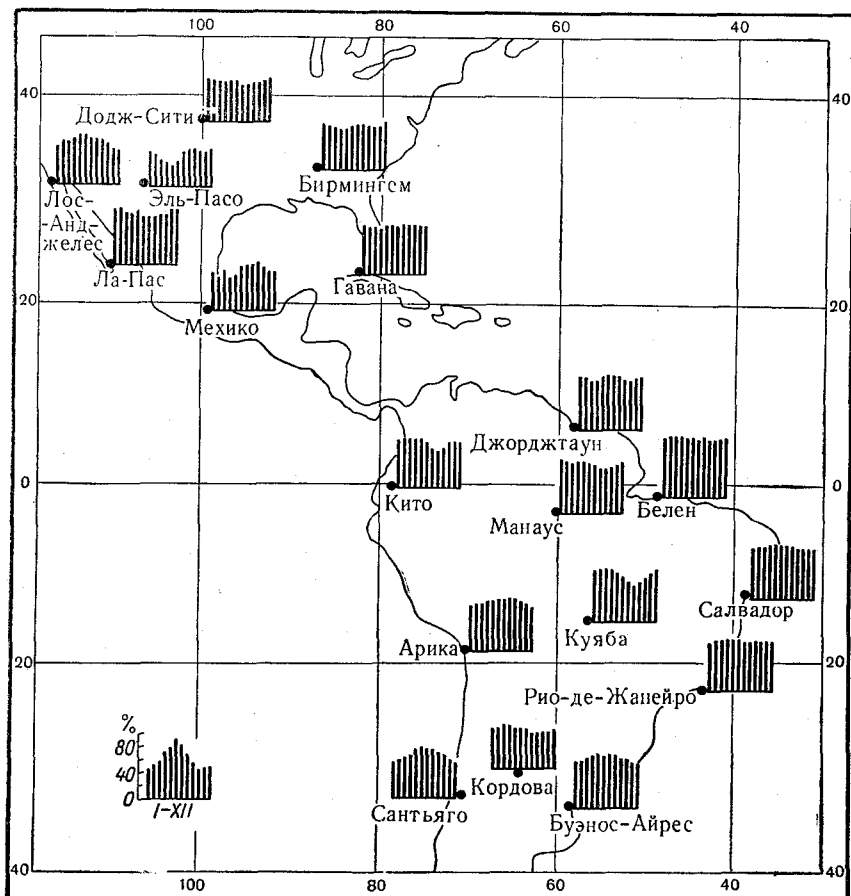


Рис. 1 а. Карта-диаграмма годового хода относительной влажности воздуха. Америка.

года (с июля по октябрь) она ниже 80% не опускается, а есть места, например устье Амазонки, бассейн Конго, где средняя годовая величина ее составляет более 90%.)

(Западные побережья материков с обильными зимними дождями отличаются также высокими значениями относительной влажности воздуха, которая достигает в эту половину года 80—85%. Несколько ниже она в летние месяцы (65—70%).) В муссонных областях Азии и Африки наиболее жаркими и сухими являются месяцы второй

половины весны, когда относительная влажность минимальная, но даже и тогда она не опускается ниже 70%. В разгар летнего муссона относительная влажность резко повышается, достигая 90—100%.

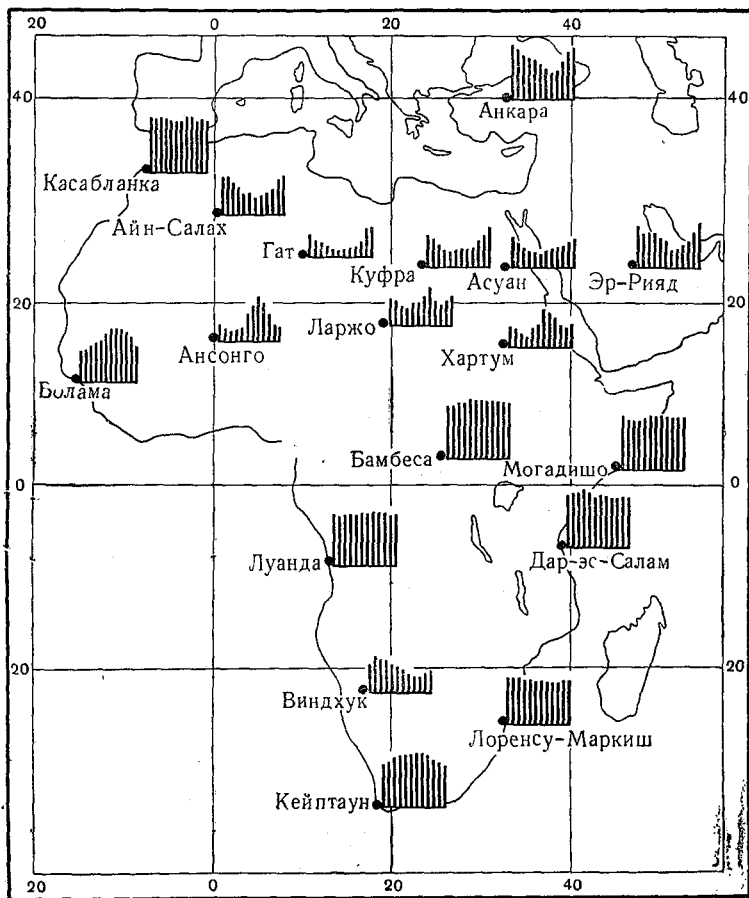


Рис. 1 б. Карта-диаграмма годового хода относительной влажности воздуха. Африка и Передняя Азия.

(Совершенно иную картину распределения относительной влажности воздуха представляет сухая тропическая зона. Здесь располагаются классические пустыни мира — Сахара, Аравийская, Калахари, Атакама, пустыни Австралии и др. Во всех этих районах нет условий для конденсации водяного пара, так как ветры направлены от суши к морю или дуют из более холодных районов в более теплые. Кроме того, многие пустыни располагаются в области

сухих пассатов, где имеется тенденция к инверсиям и нисходящим токам. Этими факторами обусловлено малое содержание влаги в атмосфере, продолжительное отсутствие осадков и крайне низкая относительная влажность. В сухой сезон средняя относительная влажность колеблется между 34 и 38%, несколько выше подни

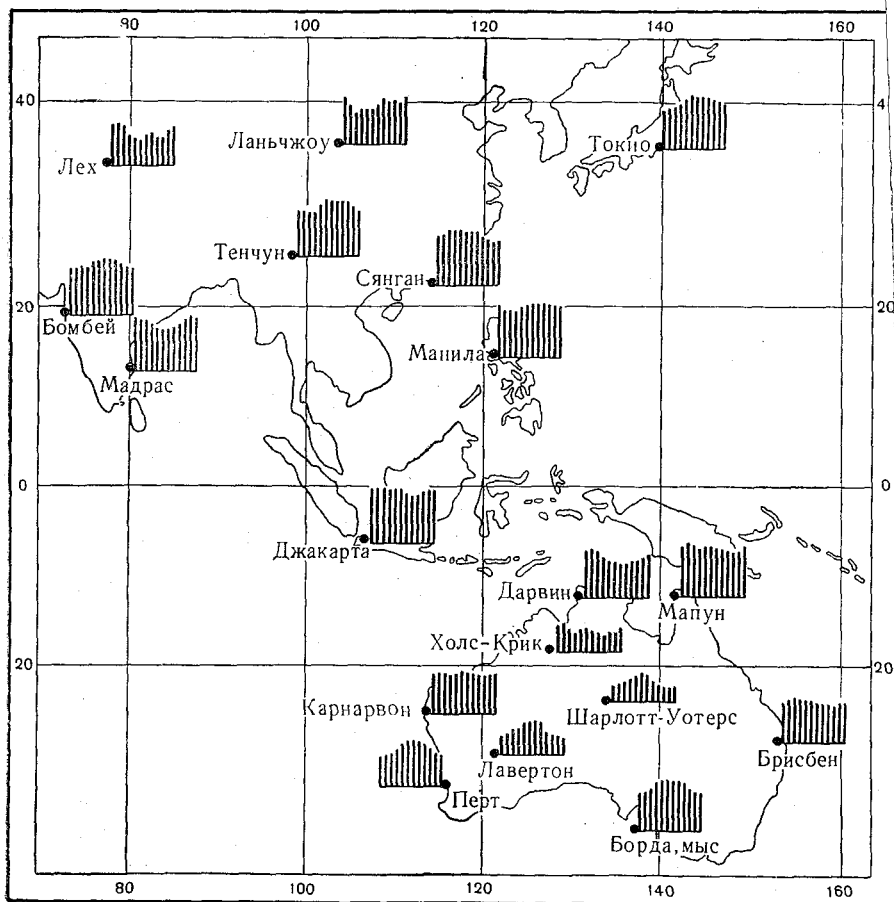


Рис. 1 в. Карта-диаграмма годового хода относительной влажности воздуха. Азия и Австралия.

мается только в августе (42%). (В среднем за год она составляет 38%). (Пустыни Чили и Перу — одни из самых бездождных пустынь мира. Однако особенность их состоит в исключительно высокой относительной влажности воздуха. В среднем за год относительная влажность составляет здесь 83%. Годовой ход характеризуется минимумом (78%) в феврале и максимумом (86%) в июле; абсо-

лютный максимум составляет 95%) Для примера в табл. 1 приведены данные ст. Лима для различных часов суток.

Из таблицы видно, что в утренние часы влажность воздуха ниже 90% не опускается. Причина такого явления заключается в наличии пассатной инверсии, благодаря которой задерживается отток влаги в свободную атмосферу. Эти береговые, почти бездождевые пустыни относятся к классическим влажным пустыням из-за высокой относительной влажности воздуха. Пустыни Австралии, так же как и соответствующие области в Африке, характеризуются большими годовыми амплитудами относительной влажности

Таблица 1

Средняя месячная и годовая относительная влажность воздуха (%).
Лима (Перу)

Часы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
07	93	92	92	93	95	95	94	95	94	94	93	93	94
13	69	66	64	66	76	76	77	78	76	72	71	70	72

воздуха. Разность между средними значениями наиболее сухого и наиболее влажного месяцев составляет 25%. В центральных районах Австралии влажность несколько выше, чем в Сахаре, летом в наиболее засушливых районах она составляет 22%, зимой 45—60%. Здесь нет областей с очень длительным отсутствием осадков. Хотя количество осадков и очень мало, но наблюдаются они более или менее регулярно в течение всего года.

Относительная влажность в умеренно влажном субтропическом климате характеризуется незначительной изменчивостью; средняя годовая величина составляет 68%, максимум 70% (июль), минимум 67% (декабрь). Влажность высокая в течение года. Однако в континентальных районах этой зоны средние месячные величины могут быть существенно различными. С декабря по май они не поднимаются выше 55%, а с июня по ноябрь достигают 85%. Годовая амплитуда составляет 30%. На восточных побережьях в холодный сезон наблюдаются средние месячные значения 87%, а в теплый — 70%. Почти повсюду на побережьях морей и океанов низкие значения относительной влажности не отмечаются.

В высокогорных районах в распределении относительной влажности воздуха нет определенной закономерности. Относительная влажность в различных горных системах определяется в основном региональными элементами орографии и сезонной системой циркуляционных процессов.

В высокогорной области Перу средняя относительная влажность воздуха достаточно высокая (70%). Максимум (80%) приходится на дождливое время года (с июня по сентябрь). В Чили, на высотах порядка 2500 м, относительная влажность воздуха низкая в течение

всего года. Средняя годовая ее величина составляет 26%, максимум приходится на февраль (35%). Как видим, полоса бездождья располагается не только на равнине, но и в горной части Анд, так как слой температурной инверсии препятствует проникновению влаги и в более высокие слои. На плоскогорьях тропической зоны характер распределения влажности несколько иной. Так, на Мексиканском нагорье большую часть года (с декабря по май) средняя относительная влажность воздуха низкая (50%). В теплый период, когда над нагорьем господствуют ветры с моря, средняя влажность воздуха заметно повышается до 75%.

Особая разновидность холодного высокогорного климата обнаруживается на высоких нагорьях Азии. В горах Тибета известны случаи, когда влажность воздуха зимой колебалась от 3 до 86% (Юйшу). В годовом ходе наибольшие средние месячные величины приходится на лето (65%), наименьшие — на зиму (40%). Средняя годовая амплитуда составляет 25%.

Определенный практический интерес представляет суточная изменчивость относительной влажности воздуха. Чтобы выявить суточный ход средних величин, можно воспользоваться данными в срочные часы и ежечасными наблюдениями. Осреднение по срокам наблюдений уже позволяет заключить, насколько сильно изменяется исследуемый элемент в различные часы суток. В табл. 2

Таблица 2

Средняя месячная и годовая относительная влажность воздуха по срокам

Тип климата	Срок	Месяцы												Год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Влажный тропический (ТВ)	7	95	95	94	94	94	94	93	92	91	91	92	94	93
	13	80	78	78	78	78	76	74	72	72	72	74	77	76
Сухой субтропический (ТС)	8	34	31	31	31	36	42	45	43	35	33	34	34	36
	14	20	18	18	19	23	26	27	26	20	17	19	21	21
Умеренно влажный субтропический (УВС)	7	71	70	73	73	76	76	77	77	75	72	73	72	74
	13	57	56	56	56	58	54	58	57	57	56	56	57	57
Холодный высокогорный (ХВ), 1500—2000 м	7	76	74	73	66	66	69	72	73	74	73	73	77	72
	13	52	47	42	37	35	41	42	44	45	45	48	54	44
ХВ, 2500—3000 м	7	74	75	73	71	66	60	58	63	62	67	69	72	68
	13	48	50	50	47	43	39	38	36	38	44	45	45	44

приведены обобщенные результаты расчетов в различные сроки для четырех типов климата. Данные показывают, что всюду имеют место существенные различия между утренней и дневной относительной влажностью воздуха. Как правило, дневная влажность ниже утренней.

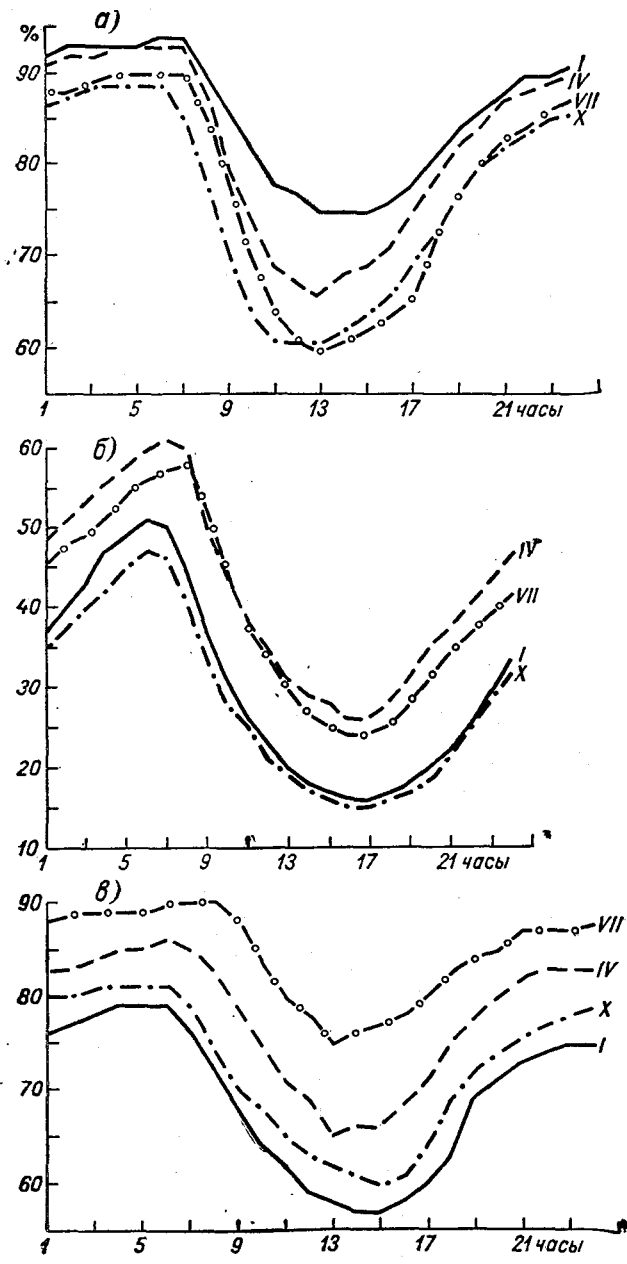


Рис. 2. Суточный ход относительной влажности воздуха.
 а — Джакарта, б — Кетмансхоп, в — Буэнос-Айрес.

(Во влажном тропическом климате в дождливый период разность между утренней и дневной влажностью воздуха составляет 15%, в засушливый — около 20%.) Минимальные разности между влажностью в дневные и утренние сроки наблюдаются в умеренно влажном субтропическом климате. Они приходятся обычно на дождливый период и составляют 15%. (Велики разности между утренней и дневной влажностью воздуха в пустынных и полупустынных районах, куда не распространяется влияние океанов,) (В сухое время года разности здесь могут достигать 30%. Большие колебания влажности наблюдаются и на плоскогорьях. Совсем не редки случаи, когда относительная влажность днем на 30—40%, а местами на 50% ниже, чем утром (Мерида) в Мексике.)

(Более полное представление об основных закономерностях колебания относительной влажности в течение суток дают ежечасные данные. Они показывают, что суточные амплитуды велики там, где велики суточные амплитуды температуры, и наоборот. На побережьях океанов и морей средняя суточная амплитуда мала, поскольку мала там и суточная амплитуда температуры.) Так, в Джакарте в типично морском климате зимой она составляет 30%, а летом едва достигает 15%. Максимум относительной влажности приходится на 6—7 час., минимум — на 13 час. В течение большей части суток летом влажность остается почти неизменной, лишь после 9 час. она несколько уменьшается, а к 20 час. снова достигает высоких значений. Большей частью для морских побережий суточные амплитуды свыше 10% не характерны. (Во внутренних частях материка распределение суточных амплитуд становится более сложным.)

(Над сушей суточная амплитуда влажности воздуха значительно больше, чем над морем, особенно это проявляется летом.) (Например, в Претории (Африка) в ясные дни зимой суточные амплитуды составляют 40%, а летом — 50%. Во внутренних районах суточные амплитуды в 3—4 раза больше, чем в прибрежных.) (В пустынных и полупустынных областях наблюдается некоторое запаздывание в наступлении максимума и минимума. Как правило, максимум приходится на ночные и ранние утренние часы (3—5 час.), а минимум смещается на 15—17 час.) (Суточные амплитуды здесь велики в течение года — зимой около 30%, летом более 50%. Для этих областей наиболее характерны амплитуды в пределах 25—40%.) Заметные колебания в суточном ходе относительной влажности имеют место в муссонных областях. В Бомбее, например, в жаркий сухой сезон суточная амплитуда составляет 30%, а в разгар муссонных дождей едва достигает 5%.

В умеренно влажном субтропическом климате, где нет резкого деления года на сухой и влажный сезоны, суточные колебания влажности воздуха мало меняются: в период с октября по март они составляют 25%, с апреля по сентябрь — 23%. Максимальные значения влажности воздуха приходятся на 4—6 час., минимальные — на 12—14 час. Для примера на рис. 2 приведены графики суточного хода относительной влажности воздуха в различных рай-

нах тропической зоны (Джакарта, Буэнос-Айрес, Кетмансхоп). Особо следует выделить суточный ход относительной влажности воздуха в горах. Здесь она характеризуется быстрыми изменениями, а иногда резкими скачками — полное насыщение парами воздуха может смениться сильной сухостью.) По данным ст. Юйшу (Китай, 3600 м), в 1954 г. в течение суток влажность воздуха колебалась от 90% до 1%¹. При анализе наблюдений оказалось, что к 12 час. начался заток теплых воздушных масс с юга, что и привело к резкому падению влагосодержания. Низкие значения влажности, связанные с фёнами, имеют место и в горах Южной Африки и Америки. На ст. Виндхук (Африка) известны случаи колебания влажности в течение суток между 100 и 7%. (Максимальных значений влажность в горах достигает около 7—8 час., минимум наблюдается в поздние послеполуденные часы — в 15—16 час. Суточный ход относительной влажности в известной мере зависит и от форм рельефа. Так, на вершинах гор колебания влажности в течение суток примерно в два раза меньше, чем на плоскогорьях.)

Реальное распределение относительной влажности воздуха не описывается никакими средними: ни средними суточными, ни средними месячными по срокам, ни средними месячными, вычисленными по средним суточным значениям, ни тем более средними сезонными и годовыми величинами. Все эти характеристики дают лишь общий фон режима элемента, хотя и очень важный. (Как было показано выше, влажность воздуха испытывает большие колебания не только по сезонам, не только ото дня ко дню, но и претерпевает большие изменения в течение одного дня от срока к сроку.) Для того чтобы полнее осветить основные закономерности распределения относительной влажности воздуха и тем самым охватить все возможные наблюдаемые величины, нужны вероятностные параметры, которые всегда даются на фоне соответствующих средних значений.

Для этой цели обработке подверглись ежедневные наблюдения и месячные выводы за отдельные годы по 38 станциям. Результаты расчетов по этим станциям послужили основой для получения характеристик различной обеспеченности и для их номографирования. Данные различной обеспеченности снимались с интегральных кривых. Типовые интегральные кривые приведены на рис. 3. На рис. 3 а дана типовая кривая для влажного тропического климата. Из этой кривой обеспеченности следует, что в 50% всех случаев относительная влажность воздуха превышает 75% и в 20% она выше 90%. Случаи с относительной влажностью ниже 20% не наблюдаются. Изменчивость средней величины по сезонам очень невелика. В 50% случаев (ежегодно) наблюдается влажность 94% и выше. Максимальная влажность, как правило, составляет 100%,

¹ Современные приборы не позволяют точно определить минимальные величины относительной влажности воздуха менее 5%. Однако массовые наблюдения показывают, что в засушливых климатических условиях относительная влажность воздуха, очевидно, нередко приближается к нулевому значению.

минимальная — 50%. Вместе с тем возможны случаи, когда один раз в 20 лет влажность опускается до 15%.

Для пустынь характерны низкие значения относительной влажности воздуха. Так, в среднем в январе для Хартума она составляет 36%, однако максимальная ее величина может достигать 78%. Ежегодно наблюдается относительная влажность воздуха 38%

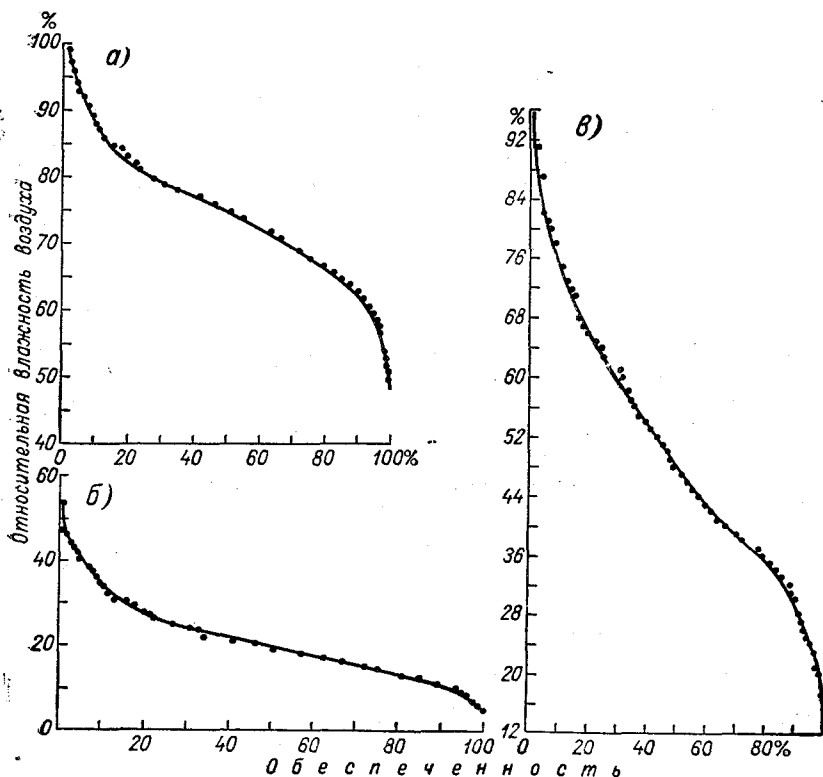


Рис. 3. Типовые интегральные кривые.

а — влажный тропический климат, Лоренсу-Маркиш; б — сухой тропический климат, Кетмансхоп, в — умеренно влажный субтропический климат, Сантьяго.

В 5% лет (один раз в 20 лет) встречается влажность 60% и более; в 90% всех лет отмечается влажность 20% при абсолютном минимуме 4%. Эти минимальные значения влажности воздуха не так редки. На фоне небольших средних значений изменчивость относительной влажности воздуха в пустынных районах достаточно велика, о чем наглядно свидетельствует типовая интегральная кривая для сухого тропического климата (рис. 3 б). Так, в июле в половине всех случаев влажность воздуха составляет менее 25%, а в другой половине случаев существенно больше 25%. Возможны

Таблица 3

относительная влажность воздуха различной обеспеченности в утренние и дневные сроки (по ежедневным наблюдениям)

Станция	Тип климата	Месяц	Влажность		Обеспеченность, %										Минимальная	
			средняя	максимальная	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90		95
Утро																
жакарта	ТВ	I	92	99	99	99	97	96	95	94	93	91	89	85	83	64
		IV	90	100	98	97	96	95	94	93	92	90	88	84	82	66
		VII	88	98	97	96	94	92	91	89	88	86	83	80	76	63
		X	85	98	97	95	93	92	89	87	85	84	82	78	74	50
жорджтаун	ТВ	I	87	100	96	95	93	92	90	88	87	84	82	78	74	69
		IV	86	100	97	95	93	90	89	87	85	84	82	79	76	68
		VII	93	100	100	100	98	96	95	94	93	91	89	86	83	74
		X	88	100	97	95	93	92	91	89	88	86	84	82	80	77
Хартум	ТС	I	36	78	58	54	47	42	38	34	31	29	26	20	18	8
		IV	16	65	35	28	21	18	15	13	11	10	8	7	6	4
		VII	56	98	84	77	67	62	59	55	52	47	44	40	35	12
		X	38	68	55	53	48	44	41	38	35	30	26	22	19	12
Буэнос-Айрес	УВС	I	69	98	98	91	82	77	74	72	70	66	63	57	51	39
		IV	81	95	95	95	93	90	88	85	83	81	79	75	69	52
		VII	84	100	100	100	100	100	95	90	87	83	78	72	67	57
		X	75	100	100	100	95	88	83	79	76	72	67	60	55	46
День																
Джакарта	ТВ	I	79	100	97	94	89	85	82	80	78	76	73	70	67	53
		IV	72	95	88	84	80	78	75	74	72	70	68	66	63	50
		VII	66	98	87	82	77	73	70	68	66	63	60	56	53	42
		X	65	95	84	79	74	71	69	67	65	63	60	55	51	20
Джорджтаун	ТВ	I	75	95	92	88	85	79	77	74	72	71	69	67	65	62
		IV	73	100	91	86	79	76	75	73	71	69	67	64	62	54
		VII	75	100	92	87	83	79	76	74	72	71	70	67	65	57
		X	67	100	85	77	71	69	67	66	65	65	64	62	61	56
Хартум	ТС	I	20	38	32	30	26	24	22	20	18	17	15	12	10	5
		IV	7	22	15	12	10	9	8	7	6	5	5	3	2	1
		VII	25	73	52	45	37	32	30	27	25	22	20	15	10	4
		X	18	41	28	25	22	20	18	17	16	15	14	12	10	6
Буэнос-Айрес	УВС	I	57	91	85	80	73	68	64	60	56	53	48	42	36	25
		IV	70	100	100	96	87	81	78	74	71	68	62	53	45	28
		VII	74	99	99	99	95	89	84	79	74	70	66	58	52	36
		X	64	100	100	93	83	78	73	69	65	60	64	45	38	17

случаи повышения влажности до 98%. Но, как правило, в пустынных условиях относительная влажность остается низкой в течении всего года и во все часы суток. В прибрежных районах низкие значения относительной влажности обычно не наблюдаются. Они возможны в редких случаях и в особых условиях бухт и заливов. Это относится и к пустыням, где влажность, близкая к 100%, почти так же необычна, как и низкие значения на берегах. Во всех этих случаях на интегральных кривых средняя величина не совпадает со значениями центра распределения по условиям асимметрии.

На рис. 3 в дана типовая кривая относительной влажности воздуха для умеренно влажного субтропического климата. Как видно при средней влажности 60% в половине всех случаев она варьирует от 50 до 100%, а в остальные 50% случаев — от 50% и ниже. Самым низким пределом низких значений здесь могут быть величины около 35—40%. Но, по выборкам за 30 лет, возможны и более низкие значения. В частности, не исключены случаи с относительной влажностью около 10%, однако такие значения встречаются один-два раза за все 30 лет.

В табл. 3 дана относительная влажность воздуха различной обеспеченности для различных типов климата в утренние и дневные сроки. Из таблицы видно, что довольно отчетливо выступает изменчивость относительной влажности воздуха по сезонам, однако в абсолютных величинах во влажном и умеренно влажном климате она не столь значительна, как в засушливых климатах.

Вычисленные обеспеченности позволили построить номограммы, которые являются наиболее концентрированным выражением табличного материала. С помощью номограмм можно получить достаточно полные и точные данные влажности воздуха для градаций обеспеченности: 20,30, 40, 50, 60, 70, 80 и 90%. Вот почему метод номограмм имеет большое практическое значение.

На рис. 4 представлены номограммы для расчета обеспеченностей относительной влажности воздуха в тропической зоне. Как известно, номограммы позволяют получить представление о характере распределения элемента не только по территории, но и во времени. Нетрудно видеть, что по внешнему виду все номограммы очень сходны. Это указывает прежде всего на однородность исследуемого элемента, в основе которого лежит один и тот же закон. Все они подчеркивают, что с возрастанием средних значений влажности растет и амплитуда возможных колебаний ее.

Номограммы на рис. 4 а показывают пространственную и временную изменчивость влажности во влажном тропическом климате. Внешний вид номограммы подчеркивает сравнительно малые масштабы временного и географического колебания влажности воздуха. Но вместе с тем возможны годы, когда относительная влажность при средней 70% может быть меньше 20%. Как видно, средние значения лежат в пределах 60—90%. Границы пространственной изменчивости их меньше, чем, скажем, в сухом тропическом климате (рис. 4 б). С увеличением средних значений слабо возра-

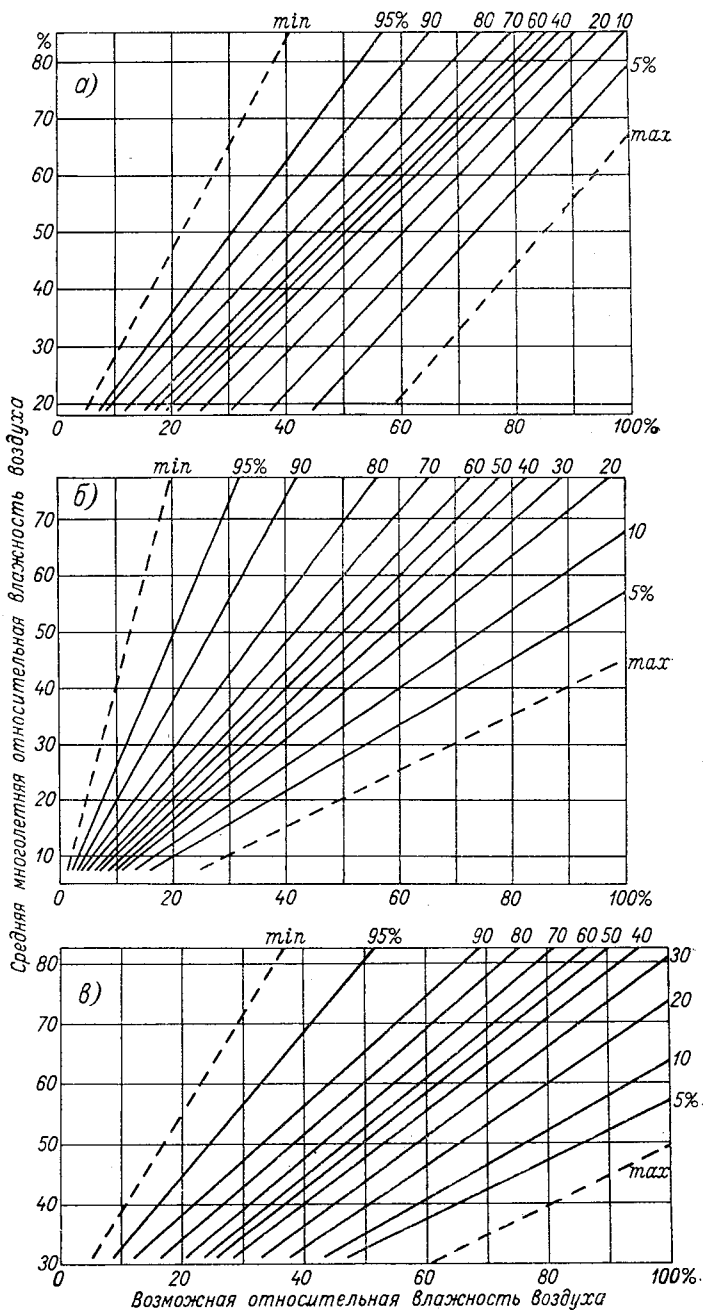


Рис. 4. Номограммы для расчета относительной влажности воздуха.

а — влажный тропический климат. День; б — сухой тропический климат. День; в — умеренно влажный субтропический климат. День.

стает и амплитуда относительной влажности между характеристиками обеспеченности 5—95%, на что указывает, в частности, мала разреженность наклонных линий. Данные показывают также, что с увеличением средних значений межгодовая изменчивость возможной относительной влажности воздуха становится меньше. В дневные часы относительная влажность может изменяться от 20 до 80%. Хотя амплитуда между относительной влажностью с обеспеченностью 5 и 95% с увеличением средней и возрастает, однако отношение этой амплитуды к соответствующей средней несколько уменьшается. При средней влажности 50% разность между обеспеченностью 5 и 95% составляет 40%, а при средней 70% равна 35%. Этот факт служит показателем большей изменчивости в дневные часы, чем в утренние. Номограмма позволяет заключить, что во влажном тропическом климате в утренние и дневные часы распределение относительной влажности подчиняется нормальному закону. Значения больше и меньше нормы встречаются в 50% лет одинаково часто.

На рис. 4 б представлена номограмма для расчета относительной влажности воздуха в сухом тропическом климате. По внешнему виду эта номограмма напоминает предыдущую. На ней также все линии, лежащие в левой части графика, имеют несколько больший наклон, чем линии, лежащие в правой части. Это значит, что экстремально большие значения относительной влажности, встречающиеся один раз в 20—30 лет, быстро возрастают с увеличением средних. Так, при средней влажности 30% возможная относительная влажность обеспеченностью 80% составляет 20%, а при средней, равной 50%, возрастает от 40 до 70%. По внешнему виду номограммы видно, насколько велика междугодовая изменчивость влажности воздуха. В отдельные годы норма влажности может быть перекрыта в три-четыре раза.

С увеличением нормы экстремально малые величины возрастают быстрее, чем экстремально большие. На это указывает наклонное положение линий обеспеченности левой части номограммы. Наибольшая междугодовая изменчивость относительной влажности приходится на характеристики обеспеченности 95—80%. С увеличением обеспеченности от 60 до 5% крайние нижние пределы относительной влажности постепенно становятся менее изменчивыми. Это хорошо прослеживается по линиям обеспеченностей 30—5%.

Номограмма на рис. 4 в дает общее представление об изменчивости относительной влажности воздуха в умеренно влажном субтропическом климате. Расчеты обеспеченности показали, что и в этой области изменчивость влажности во времени и пространстве не столь мала, как можно было бы ожидать. Подтверждением является левая и правая крайние линии номограммы, выражающие предел вероятных минимумов и максимумов влажности.

В утренние часы при норме 70% возможные величины относительной влажности могут варьировать от 45 до 90%, а в дневные часы при норме 50% влажность меняется от 25 до 90%.

На рис. 4 а и 4 б нижние концы линий различных значений обеспеченности сужаются к началу координат, что указывает на наличие в этих районах низких значений средних величин влажности. Особенно наглядно это видно на рис. 4 б. Здесь, как в фокусе, линии обеспеченности 95—5% собираются к началу координат, что говорит о наличии средних значений относительной влажности воздуха, близких к нулю. Номограммы, имеющие веерообразный вид, указывают на значительное увеличение амплитуды между средней влажностью и обеспеченностью 5 и 95% в случае если средняя месячная величина возрастает.

На номограммах для континентальных районов расстояния между наклонными линиями больше, чем на номограммах для влажных областей. Это указывает на то, что изменчивость влажности в континентальных, пустынных и полупустынных районах больше, чем во влажных морских тропических.

Анализ всех номограмм показал почти полное совпадение средних значений относительной влажности воздуха с данными, относящимися к обеспеченности 50%. Имеющиеся расхождения чрезвычайно незначительны и не превышают 1%. Это говорит о том, что распределение относительной влажности во времени подчинено закону Гаусса.

О РЕЖИМЕ СКОРОСТИ ВЕТРА В ТРОПИЧЕСКИХ ШИРОТАХ

Общая характеристика распределения скорости ветра

Распределение скорости ветра над материками в тропических широтах определяется особенностью циркуляции атмосферы в тропиках, рельефом континентов, их конфигурацией и положением относительно океанов, которое оказывает существенное влияние на прибрежную часть суши.

В тропической зоне имеют место два основных пояса больших скоростей ветра, связанных с пассатной циркуляцией северного и южного полушарий, и три пояса малых скоростей ветра, обусловленные экваториальной областью затишья и областями высокого давления в субтропических широтах. Примером распределения средних месячных скоростей ветра по климатическим зонам служат материалы, приведенные в табл. 1.

Как показали материалы наблюдений, влажному тропическому климату экваториальных широт соответствуют слабые ветры со средней месячной скоростью 0—2 м/с. Для сухого тропического климата с пассатной циркуляцией характерны значительные по величине скорости ветра, составляющие 4 м/с и более; самые высокие средние месячные величины, около 6 м/с, отмечены в Центральной Сахаре. На территории, занятой субтропическим климатом, скорости ветра невелики, от 1 до 3 м/с, они обусловлены положением субтропических зон высокого давления («конские» широты).

На островах и побережьях материков средние месячные скорости ветра обычно превышают 4 м/с. Высокие значения скорости ветра отмечаются у западных берегов Африки, в районах 20—25° с. ш. и 33—35° ю. ш., где они превышают 6 м/с и обусловлены циркуляцией на восточной периферии субтропических антициклонов. Сезонный рост средних месячных скоростей ветра обычно наступает в районах развития тропических муссонов (Южная Азия) и тропических циклонов (Южная и Восточная Азия, Центральная Америка, Австралия).

Скорость ветра аналогично другим метеорологическим элементам испытывает периодические колебания в течение суток. Днем, как правило, скорости ветра имеют наивысшие значения, а ночью и рано утром — самые низкие.

Таблица 1

Средняя месячная и годовая скорость ветра (м/с)

Станция	I	IV	VII	X	Год
Влажный тропический климат					
Франсвиль (Габон)	1,1	1,2	1,5	0,9	1,2
Бразавиль (Конго)	1,5	1,4	1,7	1,5	1,6
Кисангани (Республика Заир)	1,1	1,4	1,3	1,3	1,3
Мехико (Мексика)	0,5	0,9	0,7	0,8	0,8
Сухой тропический климат					
Каир (АРЕ)	4,0	4,4	3,1	3,3	3,6
Гао (Мали)	3,9	4,8	5,3	3,6	4,5
Ларжо (Чад)	5,0	4,6	3,0	4,8	4,3
Кимберли (ЮАР)	3,8	2,9	3,7	4,2	3,7
Багдад (Ирак)	3,0	3,6	4,4	3,0	3,5
Иерусалим (Израиль)	3,3	3,9	3,8	2,5	3,3
Эль-Пасо (США)	4,0	5,1	4,0	3,9	4,2
Антофагаста (Чили)	3,7	3,1	3,5	4,4	3,7
Субтропический климат					
Марракеш (Марокко)	0,9	0,9	0,7	0,9	0,8
Тебесса (Алжир)	1,6	1,8	1,6	1,4	1,8
Джордж (ЮАР)	2,5	2,0	2,8	2,5	2,5
Анкара (Турция)	2,2	2,7	2,7	1,9	2,4
Тегеран (Иран)	1,2	3,4	2,3	2,2	2,1

Основной причиной четко выраженного суточного хода скорости ветра является изменяющаяся в течение суток интенсивность турбулентного обмена, величина которой в значительной степени зависит от количества приходящей солнечной радиации к деятельной поверхности земли. Характер распределения средней скорости ветра в течение суток рассмотрен по материалам ежечасных наблюдений. В качестве примера приведены графики суточного хода за

отдельные месяцы на станциях влажного тропического климата (Киншаса, Лулуабург) и сухого тропического (Алмада, Дахла) (рис. 1).

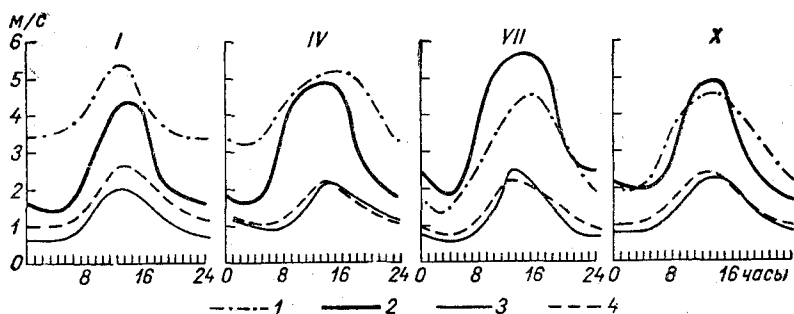


Рис. 1. Суточный ход скорости ветра.

1 — Алмада, 30°06' с. ш.; 2 — Дахла, 25°30' с. ш.; 3 — Киншаса, 4°19' ю. ш.; 4 — Лулуабург, 5°53' ю. ш.

Из рисунка нетрудно видеть, что суточный ход скорости ветра ярко выражен во все сезоны и на всех широтах тропического пояса.

Во влажном тропическом климате суточные амплитуды относительно невелики и составляют 1—2 м/с, что объясняется значительной облачностью (6—7 баллов) и высокой влажностью, которые обуславливают уменьшение инсоляции.

В условиях сухого тропического климата суточные амплитуды достигают 3—4 м/с, при этом отмечается заметное их различие по сезонам. Именно, на отдельно рассматриваемых станциях летние суточные амплитуды превышают зимние иногда на 2 м/с из-за различия полуденной высоты солнца.

Дополнительным показателем ветрового режима могут служить скорости ветра различной обеспеченности. Они являются в некоторой степени прогностическими характеристиками, которые указывают на вероятность различных величин элемента в определенных районах или на отдельных станциях [3]. Обеспеченности по скорости ветра рассчитаны по ежедневным данным в сроки наблюдений.

Предварительно были рассмотрены ряды ежедневных наблюдений на отдельных станциях по грациям скоростей ветра с целью определения вида кривой распределения. Кривые, вычерченные в системе координат XU (где ось абсцисс соответствует грациям, а ось ординат — повторяемости скорости ветра), имеют различную степень асимметрии. По имеющейся классификации Брукса — Карузера [2], полученные кривые распределения можно отнести к двум основным типам:

а) ограниченному колоколообразному распределению, когда кривые сравнительно плавно спадают к нулевому значению;

б) ограниченному *I*-образному распределению, характеризующемуся накоплением частот вблизи оси ординат.

Колоколообразному типу распределения свойственна небольшая повторяемость слабых ветров (0—1 м/с), составляющая менее 30% всех случаев в ряду. Средние месячные скорости ветра при этом могут принимать любые значения, от 2—3 м/с и выше. Такой тип распределения характерен для сухого тропического климата, для отдельных районов влажного тропического климата в период развития муссонной циркуляции и для станций, имеющих открытое местоположение и находящихся на побережьях океанов, морей и на перевалах в горах.

Второму типу распределения (*I*-образному) свойственно значительное преобладание слабого ветра (0—1 м/с), повторяемость которого равна или больше 30% всех величин в ряду. Соответственно средние месячные скорости ветра невелики и не превышают 4 м/с. Данный тип распределения обнаруживается большей частью в районах влажного тропического и субтропического климатов.

Благодаря существующей связи между средними месячными значениями и характером распределения скорости ветра рассчитанные величины скорости ветра различной обеспеченности обобщены в две группы с помощью номограмм, где ось ординат соответствует средним месячным значениям, а ось абсцисс — возможным скоростям, наблюдающимся в отдельные дни (рис. 2).

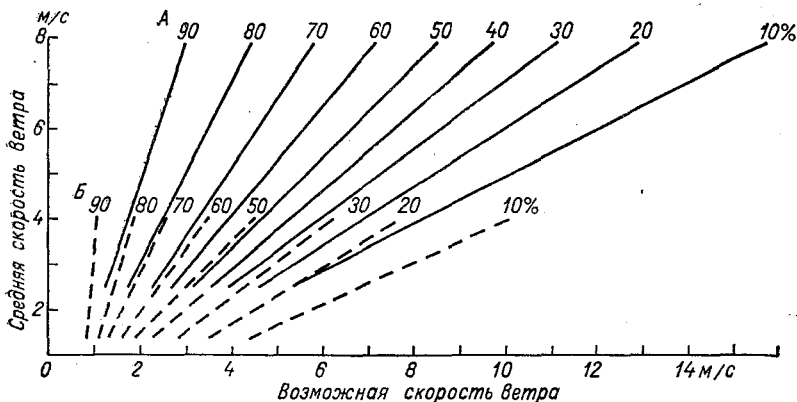


Рис. 2. Номограмма для расчета скорости ветра различной обеспеченности.

А — сухой тропический климат, Б — влажный тропический и субтропический климаты.

Из номограммы А видно, что в сухом тропическом климате скорости ветра могут колебаться в сроки наблюдений от нуля до величин, часто превышающих 10 м/с. Например, при средней скорости, составляющей 4—6 м/с, в 10% случаев возможны ветры 10—12 м/с и более.

Из номограммы *Б* следует, что при средних месячных скоростях ветра от 1,5 до 3,5 м/с велика вероятность относительно слабых ветров. Например, при средней месячной величине 3 м/с лишь в 10% случаев возможны скорости, превышающие 8 м/с. Во внутренних районах влажного климата скорости ветра, как правило, не превышают 10 м/с.

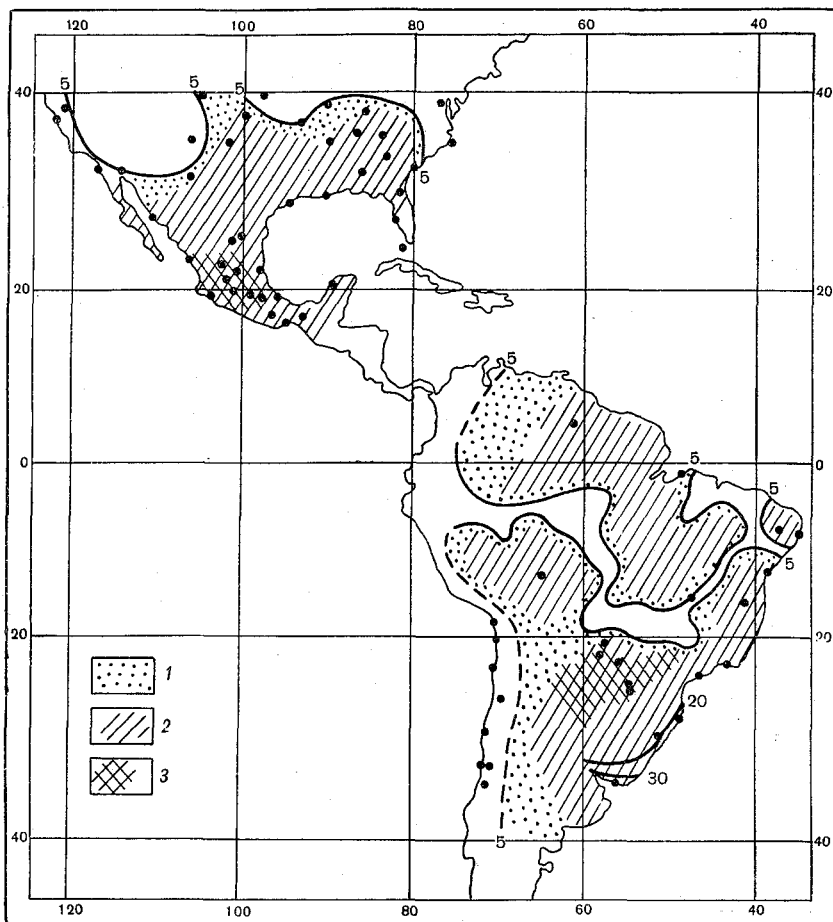


Рис. За. Среднее годовое число дней с сильным ветром. Америка.

1 — более 5, 2 — более 10, 3 — более 20.

Одной из важнейших характеристик ветрового режима являются сильные ветры. За сильный ветер в климатологии принимают ветер, скорость которого превышает заданный предел не только в сроки наблюдений, но и в промежутки между ними. В зарубеж-

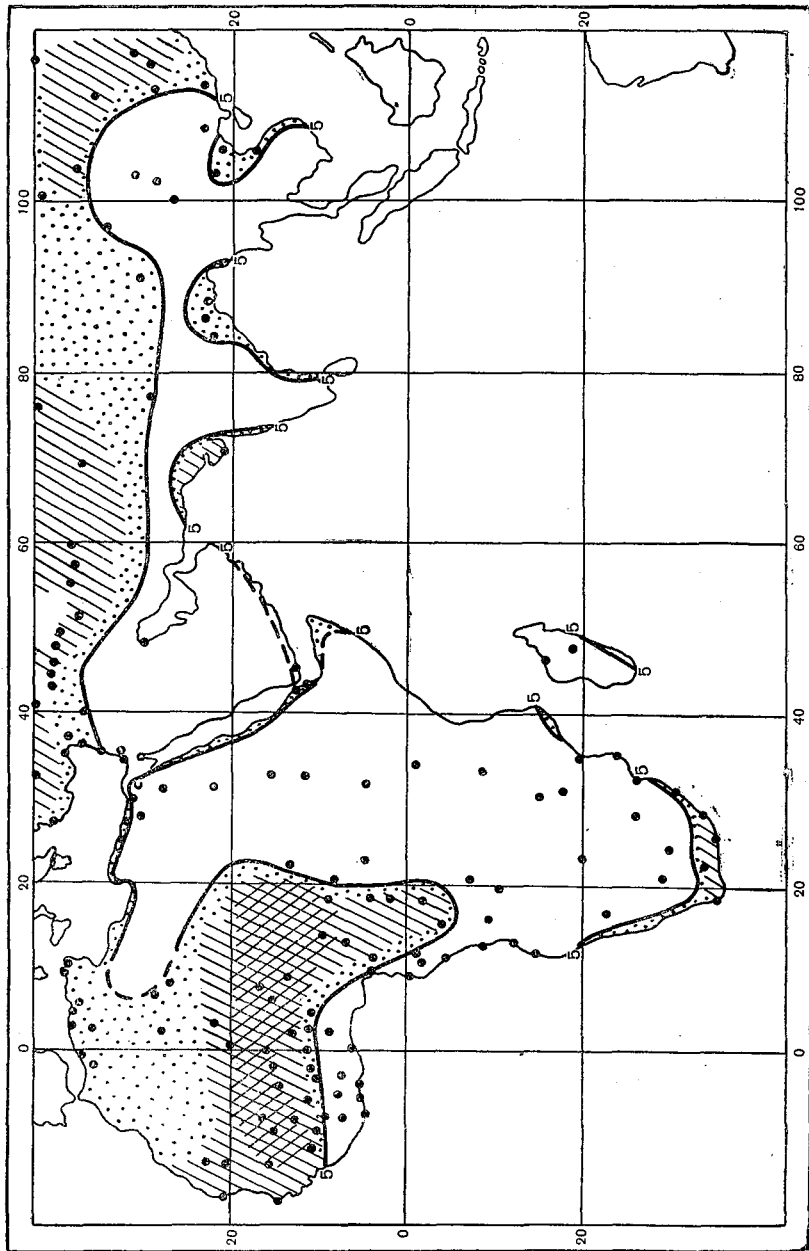


Рис. 3б. Среднее годовое число дней с сильным ветром. Африка и Азия.
Усл. обозн. см. рис. 3а.

ных странах этот предел принят равным 16 м/с, в отличие от величины 15 м/с в Советском Союзе.

На основании материала наблюдений по 247 пунктам получены средние значения числа дней с сильным ветром. Средние годовые величины легли в основу построения карты-схемы пространственного распределения числа дней с сильным ветром (рис. 3 а и 3 б).

Приведенная карта дает лишь схематическое представление о распределении числа дней с сильным ветром. Схематичность представления материала объясняется следующими причинами. Прежде всего на величине числа дней с сильным ветром сказались особенности местоположения станций и рельеф окружающей местности, в связи с чем данные отдельных пунктов не всегда можно распространить на соседние территории. Во-вторых, имеющиеся преимущественно 4—8-летние периоды наблюдений малы для получения материала достаточной точности из-за значительной изменчивости рассматриваемой характеристики. В-третьих, по отдельным районам тропического пояса данные отсутствуют.

Все же полученная карта-схема дает довольно ясную картину распределения рассматриваемого элемента. А именно, случаи сильного ветра наблюдаются почти во всех районах тропического пояса, за исключением Калахарской впадины. Например, во влажном тропическом климате наибольшая повторяемость сильного ветра, превышающая 10 дней в году, отмечается на территории Камеруна, на побережье и островах Центральной Америки, на отдельных станциях Бразильского нагорья.

В сухом тропическом климате сильные ветры явление более распространенное, чем во влажном тропическом климате. Наибольшее число дней с сильным ветром (свыше 20 в году) зарегистрировано в Западной Африке (от 12 до 20° с. ш.). Эта зона сильных ветров простирается от побережья в глубь материка до 20° в. д. Сильные ветры здесь обусловлены положением внутритропической зоны конвергенции, когда на участках встречи харматана и муссона возникают фронтальные шквалы (в мае — июле и сентябре — октябре), перемещающиеся на запад вдоль линии фронта.

В субтропическом климате сильные ветры повторяемостью 10 и более дней в году наблюдаются на северном и южном побережьях Африки, в горах Малой Азии и Ирана и вызваны прохождением циклонов.

Повторяемость сильных ветров может существенно изменяться от месяца к месяцу на отдельных станциях. Годовой ход их распределения представлен графиками-диаграммами (рис. 4 а, 4 б, и 4 в).

Как видно из рисунков, наибольшая повторяемость сильных ветров приходится повсеместно на летнюю половину года. На прибрежных станциях она вызвана усилением обмена воздушных масс в связи со значительным контрастом давления над сушей и морем весной и летом. Во внутренних частях материка рост числа сильных ветров объясняется развитием турбулентного перемешивания

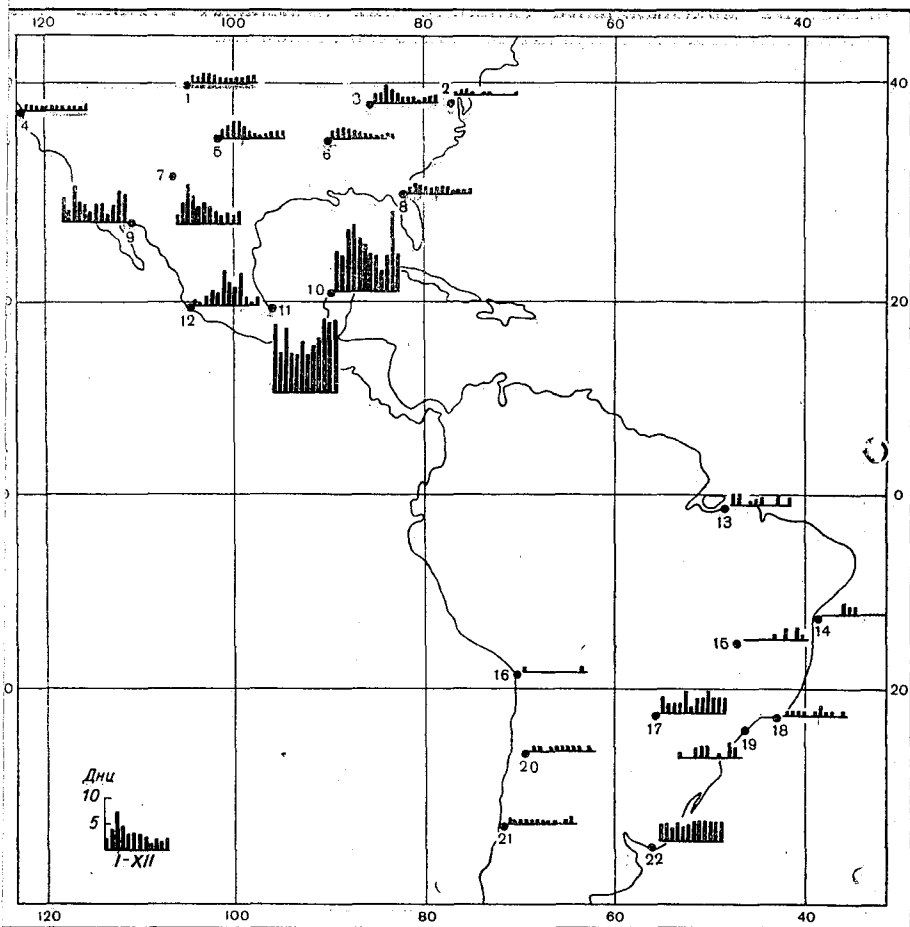


Рис. 4а. Годовой ход числа дней с сильным ветром. Америка.

- | | |
|------------------|--------------------|
| 1. Денвер | 12. Мансанильо |
| 2. Вашингтон | 13. Белен |
| 3. Луисвилл | 14. Сан-Сальвадор |
| 4. Сан-Франциско | 15. Бразилия |
| 5. Амарилло | 16. Арика |
| 6. Мемфис | 17. Понта-Поран |
| 7. Эль-Пасо | 18. Рио-де-Жанейро |
| 8. Джэксонвилл | 19. Сан-Паулу |
| 9. Гуаймас | 20. Потрерильос |
| 10. Прогресо | 21. Вальпараисо |
| 11. Веракрус | 22. Монтевидео |

с высоко лежащими слоями воздуха в период высокого положения солнца.

Значительный интерес для практики представляют сведения о возможных максимальных скоростях ветра. В табл. 2 приведены расчетные максимальные скорости для отдельных станций, где велика вероятность больших по величине скоростей.

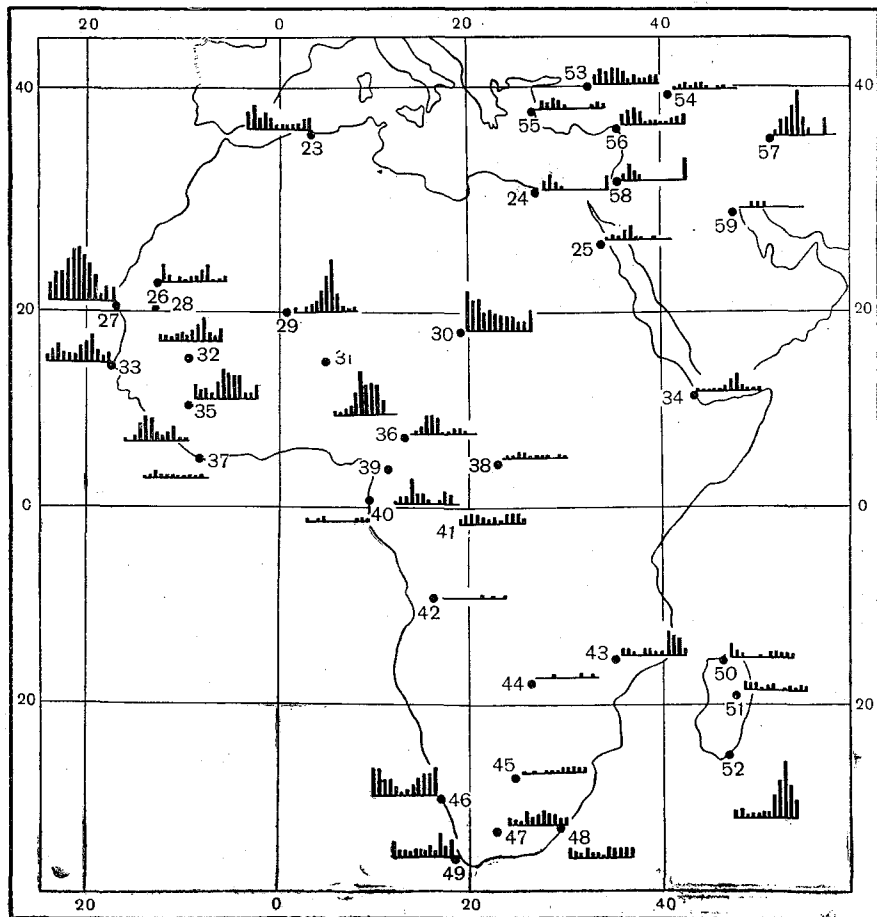


Рис. 46. Годовой ход числа дней с сильным ветром. Африка и Передняя Азия.

- | | | |
|------------------|--------------------|------------------|
| 23. Алжир | 35. Канкан | 47. Бофорт-Уэст |
| 24. Мерса-Матрух | 36. Нгаундере | 48. Ист-Лондон |
| 25. Эль-Гурдака | 37. Сасандра | 49. Кейптаун |
| 26. Иджиль | 38. Бангасу | 50. Мадзунга |
| 27. Порт-Этьенн | 39. Яунде | 51. Антананариву |
| 28. Агар | 40. Либревиль | 52. Форт-Дофин |
| 29. Тесалит | 41. Имфондо | 53. Анкара |
| 30. Ларжо | 42. Маланже | 54. Эрзурум |
| 31. Тахва | 43. Зомба | 55. Измир |
| 32. Нема | 44. Зумба | 56. Адана |
| 33. Дакар | 45. Кимберли | 57. Тегеран |
| 34. Джибути | 46. Александер-Бей | 58. Иерусалим |
| | | 59. Эль-Кувейт |

Из приведенных в таблице величин видно, что на станциях влажного тропического пояса расчетные скорости, как правило, велики, лишь в районах развития тропических циклонов возможны случаи штормовых ветров, превышающих 20 м/с. Они встречаются в районах Аравийского моря (Гоа), Индийского океана (Антананариву, Дарвин) и Карибского моря (Майами, Новый Орлеан).

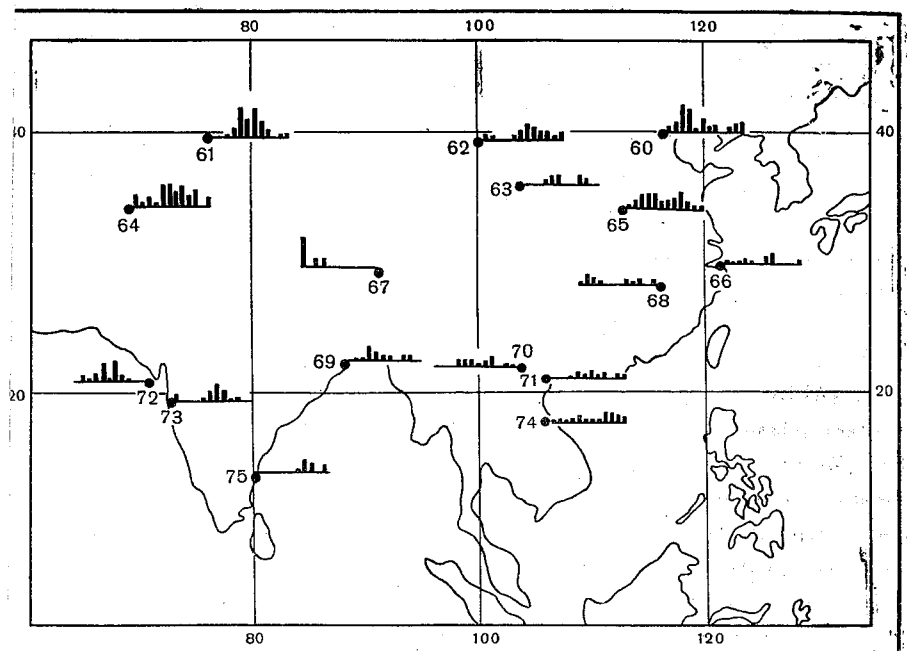


Рис. 4в. Годовой ход числа дней с сильным ветром. Азия.

60. Пекин	66. Шанхай	71. Ханой
61. Кашгар	67. Лхаса	72. Дну
62. Чжанье	68. Наньчан	73. Бомбей
63. Ланьчжоу	69. Калькутта	74. Донгхой
64. Саланг	70. Лаокай	75. Мадрас
65. Лоян		

В районах сухого тропического климата штормовые ветры наблюдаются не только на побережьях, но и внутри материков, причем ветры скоростью 25—30 м/с довольно частое явление на территории Центральной Африки и США.

Приведенные значения расчетных скоростей ветра, безусловно, не являются окончательными возможными максимальными величинами. При вторжении ураганов и тайфунов на острова и побережья материков были зарегистрированы отдельные случаи увеличения скорости ветра до 50—60 м/с, однако вероятность

Возможные максимальные расчетные скорости ветра

Станция	Период наблюдений	Число сроков	Скорость, возможная 1 раз в			
			год	5 лет	10 лет	20 лет
Влажный тропический климат						
Бисау (Гвинея)	6	3	8	9	9,5	10
Сан-Томе, остров	8	3	10	11	12	12,5
Лоренсу-Маркиш (Мозамбик)	8	3	10	11	12	13
Антананариву (Малагасийская Республика)	5	2	10	15	18	21
Гоа (Индия)	6	3	18	22	24	25
Майами (США)	20	24	20	27	35	45
Новый Орлеан (США)	20	24	20	25	31	35
Дарвин (Австралия)	10	24	30	34	37	42
Сухой тропический климат						
Каир (АРЕ)	4	24	16	17	18	19
Тесалит (Мали)	8	3	18	20	21	22
Гао (Мали)	8	3	20	24	26	28
Джибути (Сомали)	8	3	16	23	26	30
Питерсбург (ЮАР)	8	2	13	17	18	20
Кимберли (ЮАР)	8	2	17	20	22	24
Сан-Диего (США)	20	24	15	18	21	23
Гуаякиль (Эквадор)	6	3	10	12	13	14
Субтропический климат						
Мерса-Матрух (АРЕ)	4	24	20	22	23	24
Ист-Лондон (ЮАР)	9	2	19	22	24	26
Адана (Турция)	5	3	14	18	19	21
Сан-Франциско (США)	20	24	16	20	24	27
Вашингтон (США)	20	24	22	24	27	31
Рио-де-Жанейро (Бразилия)	8	8	17	22	25	28

прохождения тропических циклонов через один и тот же пункт, по крайней мере дважды в десятилетие, маловероятна.

Ураганный ветер исключительной силы наблюдался 13 октября 1970 г. в Республике Бангладеш. По газетным сообщениям, скорость ветра достигала 240 км/час, что составляло около 67 м/с.

Большая разрушительная сила ветра явилась причиной массовой гибели местного населения в нижнем течении р. Ганга и на прибрежных островах.

Оценка скорости ветра для прикладных задач

На жизнедеятельность человека существенно сказывается неблагоприятное сочетание определенных значений скорости ветра и температуры воздуха [1]. Такими неблагоприятными условиями для тропической зоны являются так называемые суровость и жесткость климата. Суровость климата характеризуется сочетанием сильного ветра и относительно низких температур воздуха, а жесткость (изнуряемость) климата — высокими температурами при различных скоростях ветра, особенно при безветрии.

Если в умеренных широтах климатические условия считаются суровыми при температуре воздуха ниже нуля, то в тропической зоне, как указывает Браак [5], местное население мерзнет уже при температуре 20° и ниже, так как не имеет привычки пользоваться более или менее теплой одеждой.

Что касается дневных высоких температур воздуха, когда проявляется жесткость климата, то, как отмечает Форрестер [4], повышение температуры до 25° (в условиях значительной влажности воздуха, около 80%) действует угнетающе на приезжее население. Погода с температурой воздуха 26° и выше определяется уже как очень жаркая. Оптимально благоприятные условия для работы человека на открытом воздухе обеспечиваются при температуре 24° , скорости ветра 0,7—1,0 м/с и относительной влажности 55—60%. Для напряженной физической работы оптимальная температура принимается равной 15— 20° , скорость ветра при этом не должна превышать 7—10 м/с.

Нами рассмотрены повторяемости низких и высоких температур воздуха в сочетании с различными скоростями ветра. Для расчетов привлечены материалы с периодом наблюдений 7—10 лет по трем станциям, расположенным в районе сухого тропического климата (Айн-Салах в Алжире, Эль-Гиза в АРЕ и Хартум в Судане). Выборка числа случаев производилась из ежедневных данных по градациям температур через 5° и скоростей ветра через 1 балл шкалы Бофорта.

Сочетания низких температур с различными скоростями ветра вычислены по наблюдениям за январь в утренний 8-часовой срок (один из наиболее холодных месяцев года и сроков наблюдений). Результаты приведены в виде сумм повторяемостей температур ниже значений, кратных 5° , при определенных скоростях ветра (табл. 3). Материалы представлены в процентах от общего числа наблюдений.

Из табл. 3 видно, что в утренние часы на приведенных станциях вероятность относительно низких температур велика. Например, в Айн-Салахе вероятность температуры ниже 10° достигает 89%, и даже зарегистрированы температуры ниже 0° . В Эль-Гизе

Таблица

Повторяемость сочетаний различных температур воздуха со скоростями ветра (% от общего числа наблюдений за месяц в определенный срок)

Станция	Скорость ветра, м/с								Сумма повторяемости
	0	0,6	1,8	3,4	5,3	7,5	9,9	12,5	
а) Январь, утро (7 час.)									
Температура 15° и ниже									
Хартум	0,32	2,91	3,56	4,83	3,56	1,63			16,81
Температура 10° и ниже									
Айн-Салах	16,97	13,19	33,32	13,21	6,91	4,40	1,25		89,25
Эль-Гиза	37,41	19,35	13,23	4,84	0,97				75,80
Хартум				0,32					0,32
Температура 5° и ниже									
Айн-Салах	9,43	8,79	18,23	6,30					42,75
Эль-Гиза	8,06	0,97	0,97						10,00
Хартум	Нет								
Температура 0° и ниже									
Айн-Салах		1,25							1,25
Эль-Гиза	Нет								
Хартум	Нет								
б) Июль, день (14 час.)									
Температура 30° и выше									
Эль-Гиза	6,47	29,08	40,13	15,53	6,15	1,94	0,32		99,62
Температура 35° и выше									
Айн-Салах	4,82	8,63	29,93	24,63	15,44	12,07	3,37	0,48	99,42
Эль-Гиза	2,27	9,99	13,59	7,44	2,59	0,32	0,32		36,52
Хартум	18,44	20,05	16,50	14,89	8,74	0,97	0,32		79,91

Станция	Скорость ветра, м/с								Сумма повторемости
	0	0,6	1,8	3,4	5,3	7,5	9,9	12,5	

Температура 40° и выше

Айн-Салах	4,82	8,68	28,49	22,22	13,51	8,21	2,41		88,34
Эль-Гиза		0,65							0,65
Хартум	5,50	4,20	1,94	0,0					12,29

Температура 45° и выше

Айн-Салах	0,89	2,89	8,69	4,83	1,44	0,48	0,48		19,77
Эль-Гиза	Нет								
Хартум	Нет								

вероятность температуры ниже 10° отмечается реже, чем в Айн-Салахе, и составляет 76%, что можно объяснить положением станции вблизи многоводного Нила. Еще мягче климат в Хартуме из-за более низкого широтного положения. Вероятность температуры ниже 10° здесь составляет лишь 0,3%, но температуры ниже 15° все же отмечаются в 17% случаев.

Из таблицы также видно, что повторяемость низких температур повсеместно на всех трех станциях наибольшая при скорости ветра от 0 до 3 м/с. Характерными являются материалы ст. Эль-Гиза, на которой наибольшая повторяемость низких температур (ниже 10°) соответствует штилевой погоде.

Полученные сочетания повторяемости низких температур при различных скоростях ветра позволяют рассчитать их обеспеченности любой заданной величины. Для этой цели суммарные повторяемости (обеспеченности) были нанесены на «клетчатку вероятности для кривых с умеренной асимметричностью» и с вычерченных на ней кривых распределения сняты значения обеспеченностью 1%, представляющие наибольший практический интерес. В результате получены следующие величины возможных сочетаний низких температур и скоростей ветра в утренний срок для января (табл. 4).

Из приведенных в табл. 4 соотношений видно, что на рассматриваемых станциях возможны случаи сочетания относительно низких температур и ветреной погоды (при затоке холодного воздуха, как правило, с северной составляющей). При крайне низких температурах воздуха (0—5°) отмечается заметное ослабление ветра.

Из анализа сочетания высоких температур воздуха и различных скоростей ветра за июль в 14 час. (табл. 3) видим, что днем в Айн-Салахе преобладают температуры 35—50°, в Эль-Гизе 30—40°

и в Хартуме 35—40°. Наибольший процент повторяемости приведенных температур соответствует слабым ветрам, скоростью 2—3 м/с. При указанных температурах велика также вероятность штилей. Например, в Хартуме при температуре воздуха выше 35° штили составляют 18%. Однако высокие значения температуры воздуха могут сопровождаться ветрами скоростью 8—10 м/с, что в некоторой степени способствует смягчению жесткости климата.

Таблица 4

Сочетания относительно низких температур воздуха с расчетными скоростями ветра обеспеченностью 1%. Январь

Станция	Температура воздуха ниже указанного предела	Скорость ветра выше указанного предела обеспеченностью 1%
Айн-Салах . . .	10	10
Айн-Салах . . .	5	5
Айн-Салах . . .	0	0,5
Эль-Гиза	10	5
Эль-Гиза	5	2
Хартум	15	8

Таблица 5

Сочетания относительно высоких температур воздуха с расчетными скоростями ветра обеспеченностью 1%. Июль

Станция	Температура воздуха выше указанного предела	Скорость ветра выше указанного предела обеспеченностью 1%
Айн-Салах . . .	85	12
Айн-Салах . . .	40	11
Айн-Салах . . .	45	8
Эль-Гиза	30	8,5
Эль-Гиза	35	7
Хартум	35	7,5
Хартум	40	4

В табл. 5 приведены величины возможных сочетаний высокой температуры воздуха и скорости ветра обеспеченностью 1% за дневной срок в июле. Из таблицы видно, что при крайне высоких температурах воздуха обычно наступает небольшое ослабление ветра, но порядок величин скорости все же остается значительным, составляя в среднем около 8 м/с. Подобные скорости ветра объясняются значительной турбулентностью воздуха в дневные часы.

Таким образом, в тропических широтах, как следует из наблюдений на станциях Северной Африки, возможно неблагоприятное сочетание температуры воздуха и скорости ветра, которое отрицательно сказывается на самочувствии человека. Именно относительно низкие температуры воздуха (от 0 до 15°) могут сопровождаться значительными по величине скоростями ветра, достигающими 8—10 м/с. И, наоборот, относительно высокие температуры воздуха (превышающие 30°) наблюдаются часто при безветрии, которое усугубляет жесткость климата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анапольская Л. Е., Сократилина З. М. Методика оценки суровости климата для определения условий работы механизмов и машин.— Труды ГГО, 1967, вып. 210.
2. Брукс К., Карузерс Н. Применение статистических методов в метеорологии. (Пер. с англ.). Л., Гидрометеиздат, 1963.
3. Климатический справочник Африки. Ч. II. Под ред. А. Н. Лебедева. Л., Гидрометеиздат, 1967.
4. Форрестер Ф. Тысяча и один вопрос о погоде. (Пер. с англ.). Л., Гидрометеиздат, 1968.
5. Вгаак С. Klimakunde von Hinterindien und Insulinde. Berlin, 1931 (Handbuch der Klimatologie herausgegeben von W. Köppen u. R. Geiger, Bd. 4, Teil R).

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЫЛЬНЫХ БУРЬ В ТРОПИКАХ

Пыльные бури — частое явление в пустынях и полупустынях; они возникают также над степными районами в засушливый период. Частным случаем их являются песчаные бури.

Пыльные бури зарождаются при ветрах, когда скорости превышают 8 м/с. С поверхности земли поднимается масса песка и пыли, которая вызывает иногда настолько значительное помутнение воздуха, что на расстоянии нескольких метров невозможно различать предметы. Обыкновенно же за пыльную бурю принимают такое состояние атмосферы, когда горизонтальная видимость не превышает 1000 м.

Пыль, поднятая во время бурь, в виде желтых или красноватых облаков (в зависимости от цвета взвешенных частиц) распространяется до высоты около 500 м, но в отдельных случаях она может достигать 3—5 км. После прохождения пыльной бури вовлеченные в вихрь песчинки остаются взвешенными в воздухе в виде тонкого пудрообразного включения, которое снижает видимость до 10—15 км, а в отдельных случаях до 3—4 км. Однако наибольшее количество переносимых частиц находится в приземном слое воздуха, в непосредственной близости от поверхности земли. По данным П. С. Захарова [1], в Средней Азии 70% поднятой с земли пыли и песка переносится на высоте до 5 см над поверхностью почвы (при скорости ветра 11 м/с), т. е. происходит как бы дрейф песчинок. Не случайно пустынный ландшафт с песчаными барханами по внешнему виду напоминает море, застывшее в момент волнения.

Обычно длительность бурь колеблется от нескольких минут до 1—2 час., но иногда пыльные бури могут продолжаться 2—3 дня и более без перерыва при продолжительном сильном ветре. Наиболее благоприятным временем суток для их развития являются дневные часы, т. е. время, когда скорости ветра достигают наивысших значений.

На рис. 1 воспроизведен суточный ход повторяемости пыльных бурь в районе оз. Чад в засушливое время года, заимствованный из работы Экхарта [4]. Из рисунка видно, что около $\frac{4}{5}$ общего

исла зарегистрированных пыльных бурь приходится на светлую часть суток, от 6 до 18 час., при этом наибольшая вероятность их развития отмечена в полдень. Такой же суточный ход распределения наблюдается в пустынях СССР [3].

Располагая материалами наблюдений по числу дней с пыльной бурей на станциях тропического пояса Азии и Африки, мы получили карту среднего годового числа их распределения (рис. 2). Из рисунка видно, что пыльные бури наблюдаются преимущественно в зоне пустынного и полупустынного климатов. Эта зона на карте выделена пунктиром. В прилегающих к ней соседних зонах — субтропическом климате, а также влажном тропическом климате — пыльные бури, как правило, отсутствуют, и лишь в пограничных

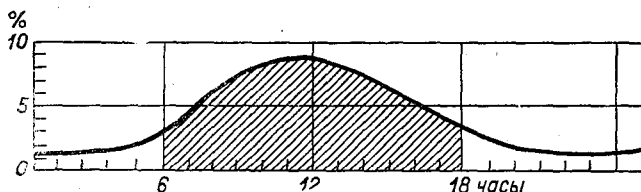


Рис. 1. Суточный ход повторяемости пыльных бурь на оз. Чад.

районах возможно прохождение облаков пыли. При вовлечении пыли в циркуляцию воздушных масс большого масштаба возможны отдельные случаи переноса пылевых частиц на расстояния в тысячи километров.

Наибольшее число дней с пыльной бурей отмечено в самых сухих пустынных районах тропического пояса с пассатной циркуляцией, где нередко отмечаются сильные ветры, обусловленные прохождением фронтов. На карте выделены области (штриховкой), где пыльные бури зарегистрированы более 20 дней в году. Это, как правило, внутренние районы величайших пустынь мира, а именно:

а) северная и центральная части Сахары, характеризующиеся максимальным числом пыльных бурь на станциях Айн-Салах (48) и Ларжо (48);

б) пустыни Аравийского полуострова со станциями Бадана (41) и Эр-Рияд (54);

в) пустыня Тар, ст. Далбандин (29);

г) пустыня Гоби, ст. Аньси (120) и Ланьчжоу (46);

д) пустыня Такла-Макан, ст. Кашгар (25).

Значительный интерес, с точки зрения развития пыльных бурь, представляет территория Австралии, подстилающая поверхность почвы которой преимущественно пустынная. Лёве [5] указывает, что пыльные бури в Австралии отмечаются почти по всей территории, за исключением юго-западной ее оконечности и полуостровов

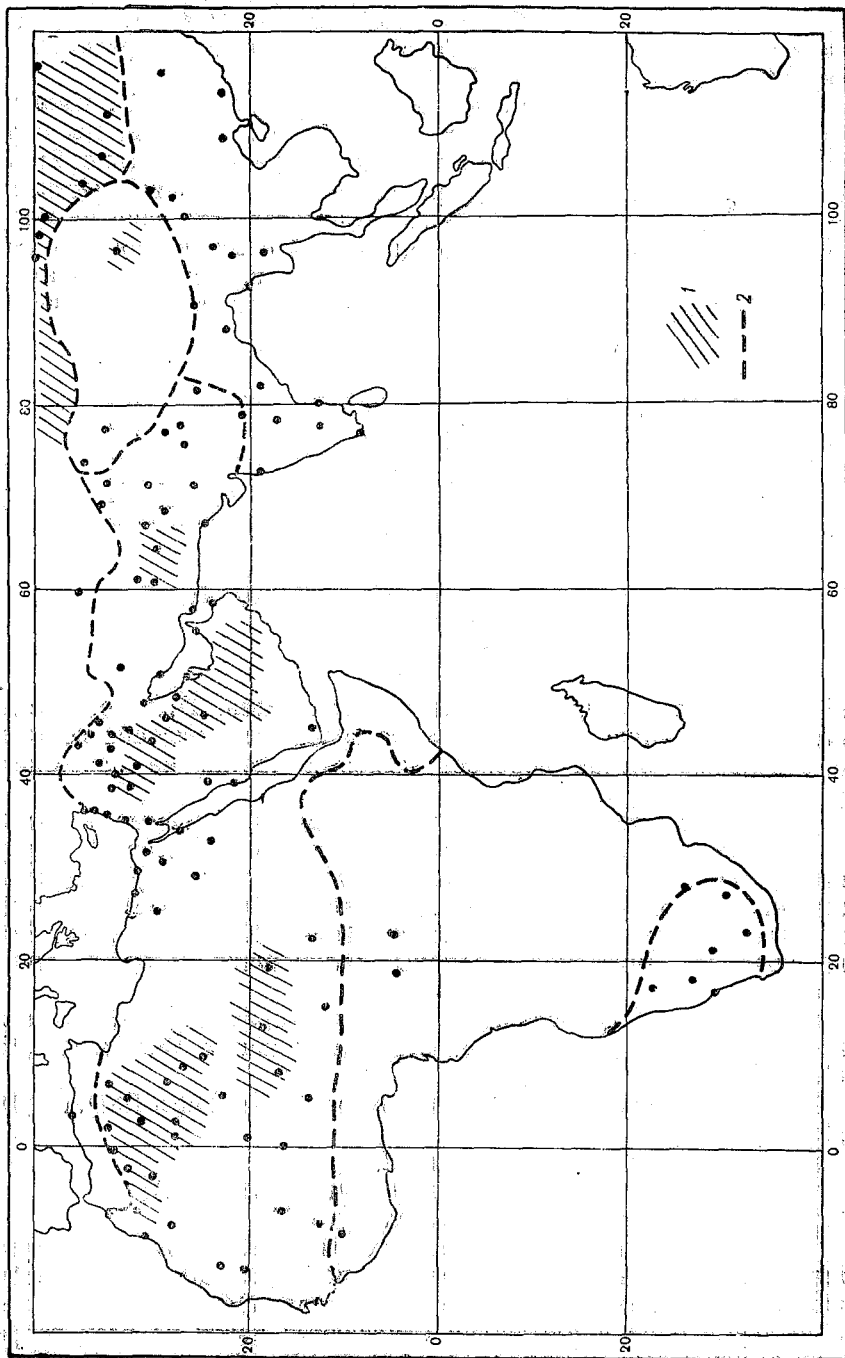


Рис. 2. Среднее годовое число овец.

Арнемленд и Кейп-Йорк, расположенных на севере. Чаще всего пыльным бурям подвергается провинция Маллее, лежащая в северной части Нового Южного Уэльса (примерно на пересечении 30° ю. ш. и 140° в. д.). В табл. 1 приведено среднее число дней

Таблица 1

Повторяемость числа дней с пыльной бурей по сезонам. Австралия

Район	Весна	Лето	Осень	Зима	Год
Маллее	12	14	8	1	35
Верхний и Западный районы Нового Южного Уэльса . .	8	9	4	1	22

с пыльной бурей, полученное по объединенным данным нескольких станций в двух округах страны.

Следует принять к сведению, что за последние десятилетия число пыльных бурь заметно увеличилось в обжитых засушливых районах земного шара из-за распахки целинных и залежных земель. Это так называемые черные бури. Классическим примером роста подобных бурь можно назвать рост бурь на Великих равнинах США. Здесь за три летних сезона (с 1933 по 1935 г.) прошли 22 бури вместо единичных случаев ранее. В результате был снесен верхний слой почвы с обширных площадей, равных многим тысячам квадратных километров. Увеличение пыльных бурь за счет распахки земель происходит в населенных районах Китая, Индии и Австралии.

Обычно пыльные бури имеют определенные названия в зависимости от места их образования: в Алжире — шехели, Тунисе — чылы, в Марокко — шерги, Ливии — гибли, АРЕ — хамсин, Сахаре — дшани, Судане — хабуб. В литературе часто употребляется итальянское название пыльных и сухих ветров пустынь Африки и Азии — сирокко. В прибрежных пустынных районах Персидского залива широко распространены красные и желтые пыльные бури — шемаль, у южного берега Аравии — белат. Сухие, горячие и пыльные ветры над долиной Ганга носят название мунчин.

Распределение пыльных бурь в течение года имеет обычно ярко выраженный ход с периодами максимального и минимального развития. Иллюстрацией годового хода пыльных бурь служит карта-диаграмма (рис. 3).

При рассмотрении годового хода пыльных бурь следует иметь в виду, что в полупустынях он определяется преимущественно ходом осадков, и лишь в засушливый период выступает второй фактор — наличие значительных по силе ветров, тогда как в пустынях годового ход определяется только распределением скоростей ветра.

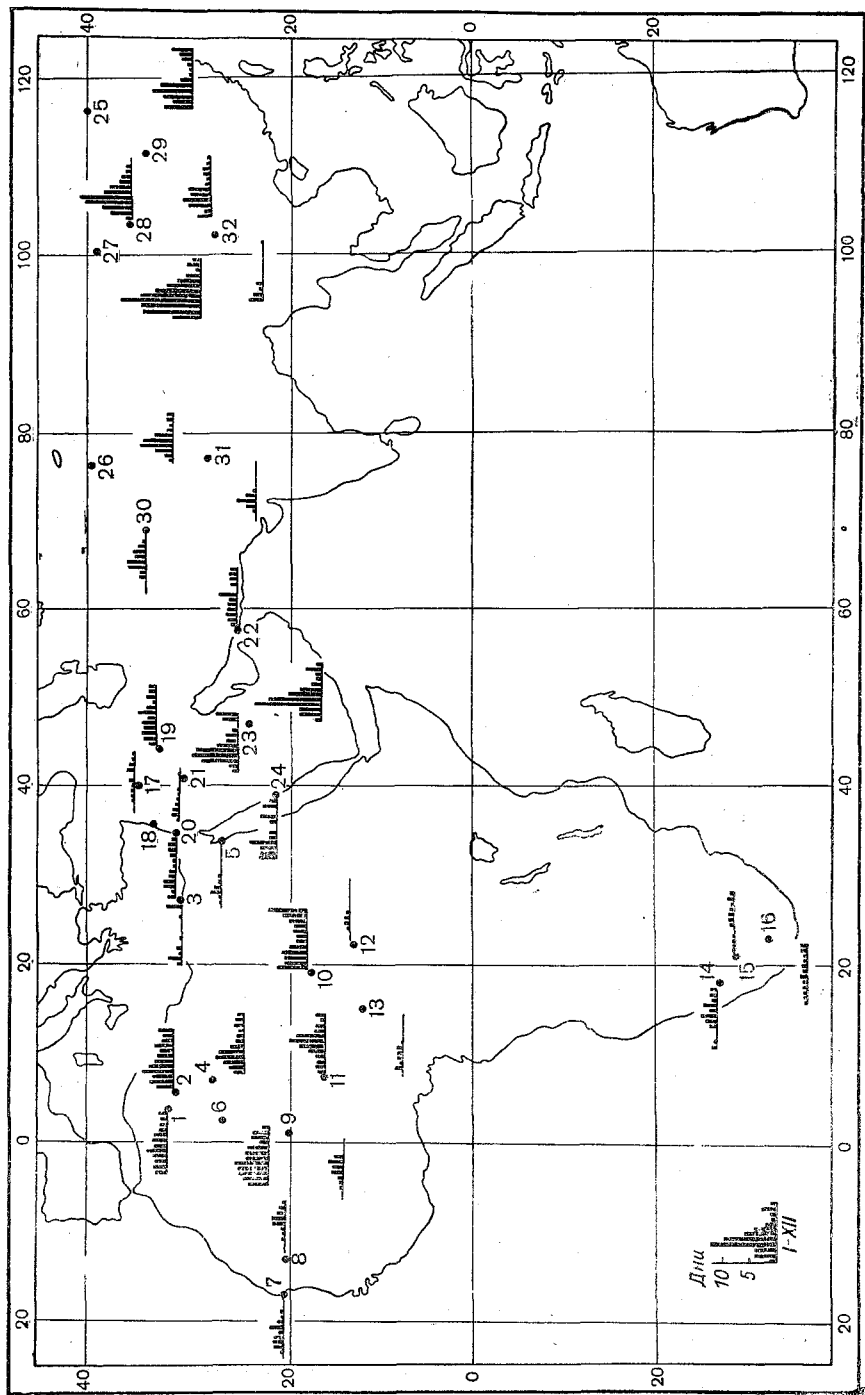


Рис. 3. Годовой ход числа дней с пыльной бурей. Африка и Азия.

1. Лагуат 2. Уаргла 3. Мерса-Марух 4. Форт-Флаггер 5. Эль-Гурлака 6. Айн-Салах 7. Порт-Этьенн 8. Атар 9. Тессаит 10. Ланжо 11. Аббад
 12. Абеше 13. Форт-Дами 14. Кермансход 15. Алингтон 16. Бабоса-Уа...

Повторяемость пыльных бурь в полупустынях представлена диаграммами станций: Форт-Лами и Абеше (Чад), Новый Дели (Индия), Сичан (Китай). Из графиков видно, что с наступлением сезона дождей (с мая по октябрь в Чад, с июня по сентябрь в Индии, с апреля по октябрь в Южном Китае) число пыльных бурь резко уменьшается до полного их исчезновения. С началом сухого сезона бури постепенно образуются вновь. Среднее число дней с пыльной бурей в самые знойные месяцы обычно не превышает 4. Таким образом, смена сезонов, даже при относительно небольших годовых суммах осадков (200—300 мм), благоприятно сказывается на восстановлении структуры почвы и закреплении ее растениями, а в связи с этим происходит сокращение числа пыльных бурь.

В пустынных районах пыльные бури отмечаются ежемесячно. В табл. 2 приведены средние значения, полученные по материалам преимущественно за последние годы наблюдений, за период около 10 лет, исключение составил Китай, где период 4 года.

Из данных табл. 2 видно, что максимальное число дней с пыльной бурей приходится на летний период, минимальное — на зим-

Таблица 2

Среднее месячное и годовое число дней с пыльной бурей

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Уаргла (Алжир) . . .	3	4	4	6	4	3	3	2	3	1,5	1,5	3	38
Форт-Флаттер (Алжир)	1,8	3	4	5	5	2	1,0	0,8	0,2	1,5	1,0	0,8	26
Аулеф-эль-Араб (Алжир)	1,2	3	1,7	3	2	4	2	3	1,0	1,2	1,1	0,7	24
Агадер (Нигер)	1,1	1,4	0,8	1,4	3	5	6	5	1,6	1,5	0,3	2	29
Кетсманскоп (Юго-Западная Африка) . . .	0,8	0,2	0	0	1,2	1,8	3	1,2	2	0,6	1	0,8	13
Заболь (Иран)	0,6	0,6	0,4	0,1	0,1	1,8	2	3	1,4	0,8	0	0,6	11
Джаск (Иран)	0,3	1,2	1,7	1,6	1,6	1,3	3	0,1	0,7	0,9	1,3	1,1	15
Эль-Хаббания (Ирак)	1,5	1,9	2,0	3	3	1,2	1,9	0,5	0,5	0,7	0,8	0,4	17
Берэр-Шева (Израиль)	1,3	0,6	2	2	1,0	1,0	0,1	0,3	0,7	1,1	1,1	0,6	12
Далбандин (Пакистан)	1,0	2	4	4	4	4	5	2	1,2	0,8	0,3	0,8	29
Аньси (Китай)	6	11	13	16	15	13	10	10	7	6	7	6	120
Цзюцюань (Китай) } . .	1,7	3	7	10	9	7	5	4	2	2	3	3	57

Примечание. Повторяемость выше 2,0 дана без десятих.

ний период северного полушария. Этот ход объясняется развитием циклонической и турбулентной деятельности над раскаленными равнинами пустынь летом и, наоборот, ослаблением воздушных течений над материками зимой из-за образования мощных анти-

циклонов. В отдельных случаях возможны отклонения во времени наступления экстремальных значений благодаря развитию, например, в зимний период фронтальной деятельности вблизи побережий или пассатной циркуляции над сушей.

Существует определенная связь между повторяемостями чисел дней с пыльной бурей и сильным ветром, которая зависит от структуры поверхности почвы (за сильный ветер в зарубежных странах

Таблица 3
Повторяемость числа дней с пыльной бурей и сильным ветром. АРЕ

Станция	Число дней	
	с пыльной бурей	с сильным ветром
Сиди-Барани	3,8	3,4
Мерса-Матрух	7,0	7,6
Александрия	1,6	1,3
Сива	3,2	1,6
Хургада	5,2	6,8

принимают ветер, скорость которого превышает 16 м/с). В частности, в пустынях Западной Сахары число дней с пыльной бурей меньше числа дней с сильным ветром, так как здесь преобладают глинистые, щебенчатые и каменистые почвы с незначительным содержанием переносимых частиц. Например, в Тесалите в среднем за год зарегистрировано 9,7 дня с пыльной бурей и 27,5 дня с сильным ветром. Следовательно, можно предположить, что в указанном районе из-за особенности структуры почвы пыльные бури достигают предельных характеристик только

при скоростях ветра, превосходящих 16 м/с.

В пустынях Северной и Центральной Сахары, а также Северного Китая, где почвы супесчаные, рыхлые с примесью лесса, число дней с пыльной бурей превышает число дней с сильным ветром. Так, например, на ст. Ларжо в среднем за год число дней с пыльной бурей составляет 39,6, а с сильным ветром 24,5, на ст. Кашгар соответственно 24,5 и 15,6 дня.

В Ливийской и Аравийской пустынях, песчаных и местами каменистых, соотношение между рассматриваемыми явлениями близко к единице. Примером их согласованности служат приведенные в табл. 3 величины по станциям АРЕ.

Число дней с пыльной бурей в любой отдельно рассматриваемый месяц и в целом за год может существенно меняться от года к году. Рассчитанные средние квадратические отклонения σ для июля составили на станциях Аулеф 2,9, Тесалит 2,4 и Ларжо 2,7 дня по отношению к средним месячным значениям 2,4, 1,8 и 2,1 соответственно. Из приведенных примеров видно, что коэффициент изменчивости c_v рассматриваемого элемента достигает 100% и более, т. е. его значения за отдельные годы могут в два и даже в три раза отличаться от средней многолетней величины.

Отметим, что приближение и развитие пыльных бурь действует крайне угнетающе на настроение человека, тогда как на самом деле эти бури не настолько опасны, как принято считать. Капорей [2], уроженец Франции, собирая материал по климату Сахары

много путешествуя по пустыне, утверждает, что пыльные бури легко переносятся, достаточно лишь иметь терпение их переждать, укутавшись тканью или укрывшись в палатке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров П. С. Пыльные бури. Л., Гидрометеиздат, 1965.
2. Капо-Рей Р. Французская Сахара. (Пер. с франц.). М., Географиз, 1958.
3. Романов Н. Н. Пыльные бури в Средней Азии. Ташкент, 1960.
4. Ekhart E. Die Stromung der Luft über Afrika und den angrenzenden Gebieten. (Forsch und Erfahr. Berichte des Reichwetterdienstes, A. 10.) Berlin, 1941.
5. Loewe F. Duststorms in Australia. Bulletin Nr. 28. Melbourne, 1943.

ПРИМЕНЕНИЕ УРАВНЕНИИ СВЯЗИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ НОМОГРАММ

Быстрое развитие технической климатологии привело к выводу, что практическая значимость многолетних средних мала. Они сильно затушевывают как суточные, так и сезонные закономерности изменения элементов. По ним не удается получить ясного представления и о пространственно-временных колебаниях, связанных с физико-географическими факторами и изменением циркуляционных процессов от года к году. Это и понятно, поскольку природная обеспеченность всякой средней величины близка к нулю. Среди некоторой части специалистов все же бытует мнение, что это мол и так ясно. Однако серьезных исследований по вопросам надежности истинных значений метеорологических элементов не так много. Пока не представляется возможным сказать, какие же характеристики климата могли бы полностью заменить многолетние средние данные, передав последние на бессрочное хранение в архив.

На практике пока наряду со средними существуют вероятностные параметры, чаще в виде обеспеченностей (суммированных вероятностей), которые с каждым годом в климатологии получают все более широкое применение. Из многочисленных форм представления обеспеченностей наибольшим преимуществом обладают графики, получившие название климатических номограмм. Они широко известны как в СССР, так и за границей.

Номографированию подвергались параметры температуры и относительной влажности воздуха, атмосферных осадков, облачности и солнечной радиации для территории СССР и тропических стран. Во всех случаях разработанная методика давала хорошие результаты [1—4]. К сожалению, при существующей методике для построения линий разных обеспеченностей точки наносятся вручную и сами линии равных обеспеченностей по сериям точек проводятся на глаз. С точки зрения самой техники построения номограмм и возможной корректности снятых с номограмм данных не все безупречно. Затруднения возникают в тех случаях, когда точки соответствующих обеспеченностей ложатся неровно, расплывчато. Получается, что для одной и той же линии связи можно провести

Таблица 1

Продолжительность обильных осадков различной обеспеченности
в УССР

Станция	Средняя продолжительность	Обеспеченность, %										
		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
еменовка	11,6	23,8	22,7	19,9	15,8	14,0	11,3	8,8	6,5	4,5	3,1	2,5
ежин	11,2	21,8	19,8	16,9	15,0	13,2	11,5	9,8	8,0	5,8	3,0	0,9
рилуки	8,0	16,8	14,7	12,3	10,7	9,3	8,0	6,6	5,1	3,6	2,3	1,7
онотоп	12,2	23,0	21,2	18,8	16,9	14,5	12,0	8,6	6,6	4,8	2,8	1,6
омны	11,4	22,8	17,8	16,5	14,2	12,3	10,8	9,3	8,0	6,3	4,2	2,8
овель	11,2	23,1	21,6	18,9	16,3	13,0	10,6	8,3	6,3	4,0	1,8	0,9
оростень	10,8	22,8	21,7	19,4	16,0	12,3	9,8	7,5	5,5	3,6	1,8	1,2
етерев	11,8	23,4	21,4	18,3	16,0	13,5	11,4	9,3	7,4	5,4	3,1	2,3
астов	8,8	22,0	18,9	15,2	12,0	9,4	7,3	5,2	3,7	2,6	1,6	1,0
епетовка	12,1	23,2	20,6	17,4	15,2	13,3	11,6	9,5	7,7	5,8	3,6	2,0
мельницкий	10,9	21,8	19,2	15,9	13,7	11,6	10,0	8,3	7,0	5,7	4,7	4,0
аменец-Подольский	9,4	19,9	17,4	14,5	12,1	10,2	8,4	6,7	5,3	3,9	2,4	1,7
убны	9,2	20,3	18,0	14,8	12,4	10,2	8,4	6,6	5,0	3,7	2,4	1,6
еселый Подол	8,7	15,6	13,7	12,4	10,0	8,8	7,6	6,3	5,1	3,7	2,0	1,3
риколотное	10,2	22,8	22,1	19,6	15,6	11,0	8,3	6,0	4,4	2,7	1,5	1,1
ережаны	11,5	22,7	20,6	17,6	15,5	13,3	11,4	9,2	7,3	5,4	3,4	2,0
ортков	9,6	22,8	20,5	17,0	14,1	11,0	7,8	5,2	3,8	2,6	1,7	1,3
олотоноша	7,4	18,7	14,6	10,5	8,6	7,3	6,3	5,3	4,3	3,3	2,3	2,1
ашков	9,4	23,8	21,1	15,8	12,2	9,4	7,5	5,5	4,3	3,1	1,7	0,9
мань	9,9	23,4	20,4	16,7	13,8	11,3	9,0	7,0	5,3	3,6	2,2	1,7
орошиловград, агро	7,4	17,0	14,0	10,9	9,0	7,5	6,3	5,3	4,5	3,7	2,6	1,8
елополье (Казатин)	11,6	22,7	21,0	18,5	16,5	14,2	11,6	8,6	6,3	4,5	2,7	2,3
инница	11,1	23,1	22,0	19,5	16,2	11,5	9,2	7,0	5,5	4,2	2,8	2,2
айсин	9,7	22,0	19,5	16,2	13,4	11,2	9,0	6,5	4,3	2,7	1,6	1,2
югилев-Подольский	10,8	22,3	19,8	16,5	14,0	12,0	10,3	8,5	6,6	4,7	2,7	1,6
айворон	9,4	20,9	18,1	14,8	12,4	10,2	8,4	6,6	5,0	3,4	2,0	1,5
обринец	8,9	21,5	17,9	13,8	11,0	9,2	7,8	6,2	4,8	3,5	2,4	1,8
омиссаровка	7,9	20,5	17,4	13,2	10,2	7,6	5,7	4,2	3,3	2,5	1,7	1,5
икополь	6,2	18,0	13,0	9,4	7,3	5,7	4,6	3,8	3,1	2,3	1,6	1,2
расноармейское	6,9	17,4	14,6	11,0	8,4	6,4	5,1	4,1	3,3	2,7	2,1	1,9
мвросиевка	7,6	18,1	14,3	11,3	9,2	7,6	6,0	4,9	4,2	3,5	2,8	0,5
атище	7,2	17,4	14,7	11,4	9,0	7,2	5,9	4,8	3,8	2,9	2,0	1,8
аздельная	7,7	20,2	16,8	12,5	9,7	7,5	5,5	4,2	3,4	2,5	1,6	1,2

Станция	Средняя продолжительность	Обеспеченность, %									
		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Болград	7,8	19,7	16,6	13,0	10,5	8,5	6,8	5,0	3,6	2,5	1,4
Кирилловка	6,9	15,5	12,7	9,9	8,4	7,2	6,0	5,1	4,0	3,1	2,2
Мелитополь	6,2	18,8	14,1	9,2	6,9	5,6	4,6	3,8	3,0	2,2	1,4
Первомайск	9,2	23,3	19,7	15,2	12,1	9,6	7,6	5,5	4,0	3,3	2,7
Баштанка	9,2	22,7	18,8	14,0	11,4	9,5	8,0	6,4	5,2	3,9	2,8
Аскания-Нова	8,3	19,6	16,9	13,2	10,9	9,0	7,3	5,7	4,2	3,0	2,1
Воронки	7,6	20,6	17,7	13,4	10,2	7,6	5,4	3,6	2,7	2,2	1,7
Керчь, АМСГ	6,9	18,8	14,1	11,2	9,1	7,4	5,8	4,4	3,5	2,7	1,7
Никитский Сад	9,0	21,0	17,5	13,5	11,1	9,3	7,8	6,4	5,2	4,1	3,0
Ай-Петри	9,1	21,8	18,9	15,0	12,1	9,8	7,9	5,8	4,2	2,9	1,7

несколько линий зависимости, если соблюдать правила интерполяции.

В связи с этим возникает вопрос, нельзя ли воспользоваться какими-нибудь объективными способами для построения номограмм, пользуясь уравнениями связи между средней и значениями обеспеченностей всех градаций (5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 и 95%). При этом для получения графической зависимости наиболее точно определяющей форму связи, целесообразно использовать существующие законы математической статистики.

Для этой цели простейшими уравнениями могут быть уравнения регрессии. В общем виде уравнение регрессии для нашей задачи может быть записано в следующем виде:

$$t_i = at_0 + c,$$

где t_i — суммарная продолжительность (часы) осадков при суточных суммах более 30 мм заданной обеспеченности, t_0 — средняя суммарная продолжительность осадков (часы), a — коэффициент при t_0 , c — свободный член.

На основании имеющихся наблюдений 43 станций УССР были вычислены средние значения суммарной продолжительности осадков при суточных суммах более 30 мм (t_0) и величины продолжительности осадков 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 и 95% (табл. 1). На методике получения этих данных нет необходимости останавливаться, она освещена в ряде работ [2—5].

Для того чтобы построить номограмму по этим данным, надо для каждой градации обеспеченности нанести 43 точки, а для всей номограммы 473 точки, исключая экстремальные значения. Процесс нанесения данных получается достаточно громоздким. К тому же могут быть допущены ошибки чисто технического характера. После того как все точки нанесены, по ним на глаз проводятся

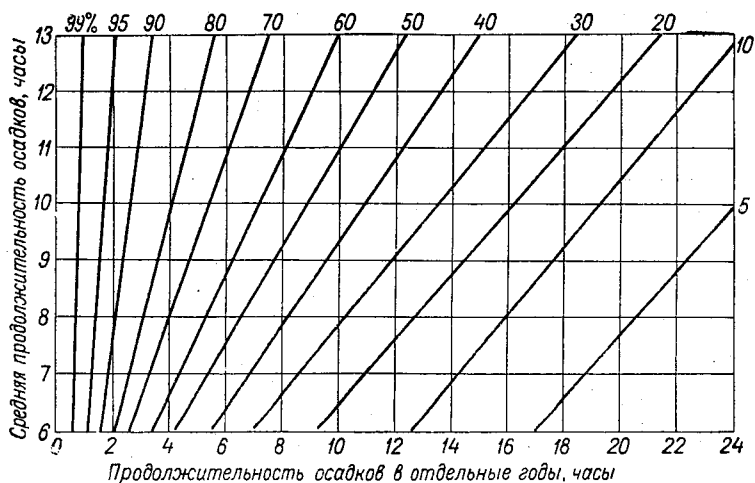


Рис. 1. Номограмма для расчета продолжительности осадков при суточных величинах более 30 мм различной обеспеченности, построенная по эмпирическим данным.

нии равных обеспеченностей. Они должны проходить по центру гучка точек. Последнее условие иногда сохраняется с большим трудом, так как точки могут ложиться неровно, расплывчато. Такая чисто эмпирическая номограмма продолжительности осадков при суточных суммах более 30 мм приведена на рис. 1. Конечно, внимательный и критический анализ данных при знании общих физико-географических условий территории и закономерностей распределения исследуемых характеристик позволяет вносить необходимые коррективы в номограмму при ее построении. Однако все эти элементы связаны с определенным субъективизмом.

Поскольку на многих номограммах линии равной обеспеченности выражаются прямыми, для определения положения каждой из них достаточно иметь две точки. С этой целью необходимо в уравнении регрессии для каждой линии обеспеченности иметь значения a и c . Эти параметры легко определяются с помощью ЭВМ.

Таблица 2

Параметры a и c
и погрешность σ час.

Линия обеспеченности, %	Параметр		σ
	a	c	
5	1,2	9,9	1,18
10	1,4	5,2	1,38
20	1,6	0,0	1,28
30	1,6	-2,5	0,68
40	1,4	-2,9	0,48
50	1,1	-2,0	0,70
60	0,9	-1,9	0,69
70	0,7	-1,5	0,70
80	0,5	-1,5	0,68
90	0,2	0,5	0,60
95	0,1	0,7	0,58

Такая опытная работа была выполнена на ЭВМ и таким образом удалось для каждой линии обеспеченности получить свое уравнение с конкретным выражением значений a и c . Они приведены в табл. 2, в которой дана и возможная погрешность.

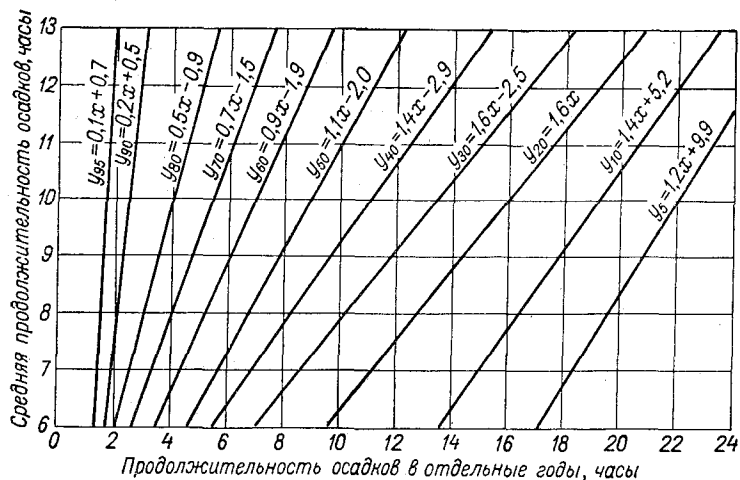


Рис. 2. Номограмма для расчета продолжительности осадков при суточных величинах более 30 мм различной обеспеченности, построенная по уравнению связи.

Пользуясь параметрами a и c , можно построить систему линий обеспеченностей, которые и будут представлять собой номограмму, аналогичную номограммам на рис. 1 и 2. Если совместить эти номограммы, то можно легко убедиться, что они весьма сходны между собой, если не считать отдельных небольших расхождений.

Выводы

1. При наличии современной электронно-вычислительной техники методика построения климатических номограмм может быть значительно упрощена. Основную долю всей обработки материалов и определения положения каждой линии обеспеченности на номограмме можно произвести с помощью машины. Исследователю надо будет лишь критически проанализировать полученную номограмму, чтобы убедиться в реальности ее содержания.

2. Чтобы избежать механического изображения каждой линии обеспеченности на номограмме, необходимо учитывать величины погрешности в параметрах климата, связанных с изменчивостью элемента, объемом выборки и характером физико-географических условий исследуемой территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев А. Н. Графики и карты для расчета климатических характеристик различной обеспеченности по Европейской территории СССР. Л., Гидрометеоздат, 1960.
2. Лебедев А. Н. Атлас карт и номограмм для расчета характеристик продолжительности осадков, периодов с дождями и без дождей на территории СССР. Л., Гидрометеоздат, 1964.
3. Лебедев А. Н. Приложение метода номограмм к исследованию климатических закономерностей в тропических и экваториальных широтах.—Труды ГО, 1965, вып. 182.
4. Климаты Африки. Под ред. А. Н. Лебедева и О. Г. Сорочан, Л., Гидрометеоздат, 1967.
5. Събев Л. и Събева М. Относно номограминте за определяне обеспечеността при климатичните показатели по данни за техните нормални стойности.— Гидрология и метеорология, 1969, год XVII, кн. 5, София.

ОБЛАЧНЫЕ СИСТЕМЫ ПО ДАННЫМ РЕЖИМНЫХ НАБЛЮДЕНИИ

Введение

Изучение облачности (количества облаков или облачного покрова) началось, по существу, с введения в практику наблюдений 10-балльной шкалы для определения степени покрытия неба облаками. В России такая шкала была принята на сети станций в 1870 г.

Первая работа об облачности России, появившаяся в 1872 г., принадлежит Г. И. Вильду. Это были лишь общие сведения об облачности по данным относительно редкой сети, хотя и для огромной территории.

В конце прошлого века, в 1895 г., вышла работа А. Шенрока, в которой, помимо климатических сведений об облачности по данным уже более густой сети станций России, рассматриваются также вопросы методики наблюдений, имевшие целью прежде всего определение точности визуального способа наблюдений.

Вопросами методики наблюдений занимались видные метеорологи в течение нескольких десятилетий. В России, затем в Советском Союзе, эти работы проводились в Павловской магнитно-метеорологической обсерватории И. К. Надейным, Е. Е. Федоровым, Т. А. Кладом, Н. Н. Калитиным. Во Франции ими занимался Бессон, в Германии — Каснер, в США — Роч, в Швеции — Онгстрем. Исследования касались влияния закрытости горизонта, применения гелиографа (ночью — астрографа), влияния рефракции, учета индивидуальных ошибок и пр. Важнейшим результатом этих работ явилась, в частности, убежденность, что визуальный способ определения облачности дает погрешность, не превышающую 1 балла.

Наиболее ранней обобщающей идеей явилась идея облачных систем, высказанная еще в 70-х годах прошлого столетия французским метеорологом Гильбером и разработанная позднее, в первой четверти нашего столетия, польскими и французскими метеорологами — Добровольским, Шерешевским, Верле.

Поскольку в наиболее типичных случаях облачные системы связаны с определенным чередованием погодных условий, у многих

специалистов появилась уверенность, что на основе облачных систем мог бы быть модернизирован существовавший тогда изобарический метод анализа процессов.

В Советском Союзе наиболее убежденным последователем и активным популяризатором идеи облачных систем явился сотрудник Павловской обсерватории П. А. Риттих. Он сделал ряд переводов французских работ, посвященных данному вопросу, а по результатам наблюдений в Павловске исследовал температурный и ветровой режим облачных систем.

Однако в тех же 20-х годах производилась разработка фронтологического анализа и прогноза процессов. В работах основоположников этого метода (Я. Бьеркнеса, Сольберга, Бержерона) облачные системы получили теоретическое обоснование как показатели фронтального или внутримассового процесса, обусловленного, в свою очередь, термодинамическими свойствами соответствующего синоптического объекта. Изучение облачных систем, и притом лишь макромасштабных, было поставлено в связь с атмосферными фронтами, барическими системами и воздушными массами. Изучение облачности как таковой, независимо от синоптических объектов, практически приостановилось, оно казалось уже лишеным физического смысла, а изучение мезомасштабных облачных систем оказалось отодвинутым на несколько десятилетий, поскольку мезообъекты не могли быть обнаружены с помощью основных синоптических карт.

В 60-х годах появились метеорологические спутники. Снимки со спутников показали, что облачность организована в системы, которые наблюдаются как на фронтах, так и в однородных воздушных массах, и что макросистемы не всегда являются монолитами, а довольно часто состоят, особенно в конечной стадии развития, из мезосистем. Кроме того, спутники в полной мере подтвердили, что мезосистемы составляют довольно значительный класс облачных систем, существующих как в пределах макросистем, так и независимо от них. Таким образом, стало очевидно, что облачные системы разного масштаба, эти важнейшие структурные объекты облачного покрова, должны быть изучены прежде всего в статистическом плане независимо от каких-либо синоптических объектов.

В настоящее время климатологи используют лишь средние значения общей и нижней облачности, а также сведения о числе ясных и пасмурных дней и совсем не привлекают другие характеристики ее, которые также могут быть получены из режимных наблюдений. Речь идет, прежде всего, о группировке облаков в системы, о соотношении макро- и мезосистем, об их роли в общем режиме погоды, о видах и особенностях этих систем. Кроме того, большой интерес для климатологии и синоптической практики имели бы такие характеристики динамики облачного покрова, как продолжительность перехода от одного состояния неба к другому, быстрота эволюции облачного покрова в зависимости от величины самой облачности и др.

В настоящей работе приводятся названные характеристики для Воейково, полученные по ежечасным наблюдениям за 1966 г.

Определения и методика выявления облачных систем

Наличие, а также масштаб облачной системы, т. е. является ли она мезомасштабной или макромасштабной, определялись по изменению общей облачности в пункте наблюдения.

Если облачность, начиная с некоторого минимального значения n_{k-1} (k — произвольный порядковый член в ряду последовательных экстремальных значений облачности), увеличилась до максимального значения N_{k-1} , а затем уменьшилась до некоторого другого (или прежнего) минимального значения n_k и если увеличение и уменьшение происходили на величину, не меньшую 2 баллов, то принималось, что над местом наблюдения прошла облачная система. Общий вид ее может быть записан так:

$$n_{k-1} - N_{k-1} - n_k.$$

Если время прохождения (нахождения) системы от срока, когда облачность была n_{k-1} , до срока, когда она стала n_k , составляло от 2 до 12 час., то такая система считалась мезосистемой, а если это время превышало 12 час., то система считалась макросистемой.

Если увеличение облачности в системе происходило от ясного (нуля), а уменьшение заканчивалось полным прояснением, то такая система называлась простой. Ее обозначение:

$$0 - N - 0.$$

В зависимости от продолжительности влияния, как это определено выше, простая система может быть простой мезосистемой или простой макросистемой.

Если в облачной системе ясное небо наблюдалось только перед увеличением облачности или только в результате уменьшения ее, или, наконец, его не было ни в начале, ни в конце влияния системы, то такая система называлась структурной. Вид ее может быть записан треуголо:

- 1) $0 - N_1 - n_2$,
- 2) $n_{k-1} - N_{k-1} - n_k$,
- 3) $n_m - N_m - 0$,

где m — последний член ряда перед наступлением полного прояснения.

В зависимости от продолжительности влияния структурной системы она может быть мезоструктурной или макроструктурной.

Структурные облачные системы образуют сложные системы. Сложная система начинается структурной системой $0 - N_1 - n_2$, далее могут несколько раз повторяться структурные системы вида

$n_{k-1} - N_{k-1} - n_k$, а заканчивается она структурной системой вида $n_m - N_m - 0$. Общий вид сложной системы записывается так:

$$0 - N_1 - n_2 - N_2 - n_3 - \dots - n_{k-1} - \\ - N_{k-1} - n_k - \dots - n_m - N_m - 0.$$

В зависимости от продолжительности влияния, т. е. от периода времени, который начинается от последнего срока ясного неба перед увеличением облачности, а заканчивается первым сроком полного прояснения после неоднократных увеличений и уменьшений облачности, сложная система может быть сложной мезосистемой или сложной макросистемой.

Сложная мезосистема, естественно, может состоять только из мезоструктурных систем, тогда как сложная макросистема может состоять из одних мезоструктурных систем или из одних макроструктурных и, наконец, из тех и других.

Обобщая приведенные сведения, можно заметить, что общим для всех простых и сложных систем, независимо от их масштаба, является наличие ясного неба и в начале, и в конце системы. Структурные системы, также независимо от их масштаба, вообще не граничат с ясным небом или граничат с ним только с одного края.

Масштаб облачной системы, определенный по продолжительности влияния ее в месте наблюдения, не всегда будет соответствовать действительному масштабу в пространстве, поскольку макросистема может пройти над данным местом не широкой, а наиболее узкой частью, и наблюдатель воспримет ее как мезосистему. По этой причине, казалось бы, количество выявленных нами мезосистем будет преувеличенным, а количество макросистем, наоборот, преуменьшенным. Однако этот вывод, беспорный с точки зрения, например, наблюдателя на спутнике, является формальным для наземного наблюдателя, поскольку узким участкам макросистем соответствуют не макро-, а мезомасштабные явления, судя по их продолжительности¹. Таким образом, временной признак разделения облачных систем может считаться в полной мере отвечающим погодному режиму данного места.

Общая характеристика облачных систем

В 1966 г. в Воейково наблюдалось 511 простых и структурных облачных систем, из них 357 (70%) мезомасштабных и 154 (30%) макромасштабных. Следовательно, преобладали мезомасштабные системы. Однако с мезосистемами связано всего лишь 25% общего числа сроков, тогда как на макросистемы приходится 75% сроков.

Мезосистемы. Как показывает табл. 1, преобладающая часть мезосистем (74%) относится к структурным системам, входящим в сложные макросистемы. Иначе, преобладающая часть мезосистем находится внутри сложных систем и только 17%, пред-

¹ Окончательное разрешение этот вопрос получит лишь в практике увязки наземных и спутниковых наблюдений за облачными системами.

ставленные простыми системами, являются самостоятельными образованиями.

Структурные системы, входящие в сложные мезосистемы, сохраняя влияние не более 7 час. Такой же период влияния имела и преобладающая часть всех других мезосистем.

Таблица 1

Повторяемость мезосистем и продолжительность их влияния

Мезосистемы	Количество	Продолжительность влияния, процент случаев с данной продолжительностью	Доля общего времени, %
Простые	59 (17 %)	1—7 час., 87	15
Мезоструктурные:			
входящие в сложные мезосистемы . . .	31 (9 %)	2—7 час., 100	6
входящие в сложные макросистемы . . .	267 (74 %)	2—12 час., 100	79
Всего	357 (100 %)		100

Макросистемы. По данным табл. 2, преобладающая часть макросистем (88%) относится к структурным, составляющим сложные макросистемы. На эти системы приходится и основная доля сроков. Продолжительность влияния их достигала 15 суток. Сложные макросистемы состояли из 267 мезоструктурных систем и из 135 макроструктурных, т. е. на 66% они состояли из мезосистем.

Таблица 2

Повторяемость макросистем и продолжительность их влияния

Макросистемы	Количество	Продолжительность влияния, процент случаев с данной продолжительностью	Доля общего времени, %
Простые	19 (12 %)	1/2—3 сут., 100	10
Макроструктурные, входящие в сложные макросистемы	135 (88 %)	1/2—3 сут., 90	90
Всего	154 (100 %)		100

Из общего числа 94 сложных макросистем 89 (95%) включали мезосистемы и только 5 существовали без мезосистем.

Обобщая данные табл. 1 и 2, следует отметить, что простые мезо- и макросистемы, имеющие одноразовое увеличение облачности, составляют лишь 15% общего числа систем. Остальные 85% систем являлись структурными, входящими в сложные системы.

Более подробные данные о продолжительности влияния облачных систем, не приведенные в этих таблицах, показывают, что постепенного изменения повторяемости систем с изменением продолжительности их не наблюдается.

Так, мезосистемы в большинстве случаев находились над местом наблюдения не более 7 час., причем на диапазон 3—7 час. приходятся максимумы повторяемости. Продолжительность влияния преобладающего числа макросистем была не более 3 суток, а в диапазоне $1/2$ —3 суток также наблюдались максимумы повторяемости.

Таблица 3

Повторяемость (число случаев) простых систем с различной максимальной облачностью

N									Всего
2	3	4	5	6	7	8	9	10	
12	12	8	0	3	1	3	1	38	78

Если же учитывать не отдельные системы, а их комплексы в виде сложных систем, то и в этом случае соотношение периодов оказывается аналогичным. Так, всего за год было отмечено 14 сложных мезосистем и 94 сложные макросистемы. Первые из них наблюдались чаще всего в течение 7 час., тогда как вторые — около 2,5 суток.

Таблица 4

Продолжительность периодов эволюции и периода максимальной облачности в простых системах

Период	Продолжительность, процент случаев	Число случаев
t_1	1—10 час., 100	78
t_2	2—12 час., 71	34
t_3	1—9 час., 100	78

Примечание. Здесь и в табл. 6 и 8 t_1 — период увеличения облачности от 0 до N баллов, t_2 — период с максимальной облачностью N_1 (более 1 часа), t_3 — период уменьшения облачности от N до 0 баллов.

Таким образом, если по продолжительности влияния (следовательно, по размерам) явно выступают два разных масштаба систем, отличающиеся один от другого на целый порядок величины, то разделение систем на мезо- и макросистемы не явилось искусственным.

Характеристика основных типов облачных систем

Приведем сведения об основных типах облачных систем, не разделяя их на мезо- и макросистемы.

а) Простые системы:

$$0 - N - 0.$$

Данные табл. 3 показывают, что в простых мезо- и макросистемах преобладает небольшая облачность или сплошная.

Наибольшее значение t_1 составило 10 час., а t_3 равно 9 час. Период t_2 имеет большой разброс величин, достигающих 62 час.

Соотношение периодов в системах 0—10—0, составляющих половину всех простых систем, практически не отличается от приведенного в табл. 4.

б) Начальные структурные системы, т. е. находящиеся в начале сложных систем:

$$0 - N_1 - n_2.$$

Данные табл. 5 показывают, что максимальная облачность в начальной структурной системе чаще всего оказывается сплошной, тогда как минимальная — небольшой.

Таблица 5

Повторяемость начальных структурных систем с различной экстремальной облачностью

Экстремальная облачность	Облачность										Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
N_1	—	0	6	4	3	4	6	9	8	69	109
n_2	21	12	15	14	11	12	13	11	—	—	109

Наибольшая продолжительность периода сплошной облачности в начальных структурных системах (табл. 6) достигала 12 суток.

Таблица 6

Продолжительность периодов эволюции и периода максимальной облачности в начальных структурных системах

Период	Продолжительность, процент случаев	Число случаев
t_1	1—11 час., 100	109
t_2	2—9 час., 50	68
t_3	1—6 час., 100	109

в) Внутренние и тыловые структурные системы, т. е. находящиеся как внутри, так и в тылу сложных систем:

$$n_{k-1} - N_{k-1} - n_k \quad (0).$$

Данные табл. 7 показывают, что начальная минимальная облачность в данных системах может быть почти с одинаковой вероятностью как небольшой, так и значительной. Наименее вероятной оказывается облачность 5 баллов (не считая облачности 1 балл). Максимальная облачность преобладает сплошная.

Таблица 7

Повторяемость внутренних и тыловых структурных систем с различной экстремальной облачностью

Экстремальная облачность	Облачность											Всего
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
n_{k-1}	—	41	48	48	37	31	42	42	34	—	—	324
N_{k-1}	—	—	—	1	6	4	13	17	18	24	240	324
n_k	107	21	38	32	23	21	27	30	24	—	—	324

Минимальная облачность в тылу структурной системы (когда эта система не замыкает сложную) может быть, как и в начале ее, самой различной.

Период сплошной облачности в некоторых внутренних и тыловых структурных системах (табл. 8) продолжался до 10 суток.

Таблица 8

Продолжительность периодов эволюции и периода максимальной облачности во внутренних и тыловых структурных системах

Период	Продолжительность, процент случаев	Число случаев
t_1	1—8 час., 100	324
t_2	2—8 час., 55	204
t_3	1—10 час., 100	324

г) Сложные системы в целом включали различное количество структурных систем: мезосистемы — от 2 до 5, макросистемы — от 2 до 17.

На рис. 1, построенном по данным табл. 3—8, представлены для сравнения характеристики трех основных типов облачных систем. Повторяемость экстремальной облачности в системах дана в вертикальных столбцах (в процентах). Значения баллов показаны на вертикальной шкале. Как следует из рисунка, максимальная облачность, равная 10 баллам, чаще всего (74%) наблюдается во внутренних и тыловых структурных системах и реже всего (50%) в простых системах.

Первое убывание облачности в сложной системе (значение n_2 несколько чаще происходит до 1 балла, тогда как до всех других значений облачность убывает примерно с одинаковой вероятностью

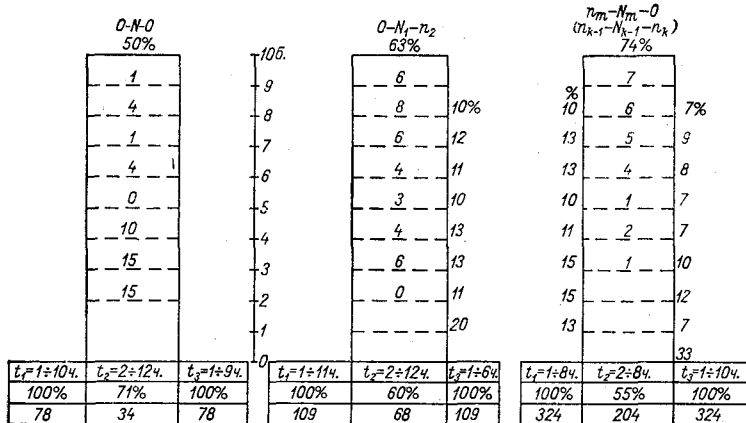


Рис. 1. Характеристика основных типов облачных систем.

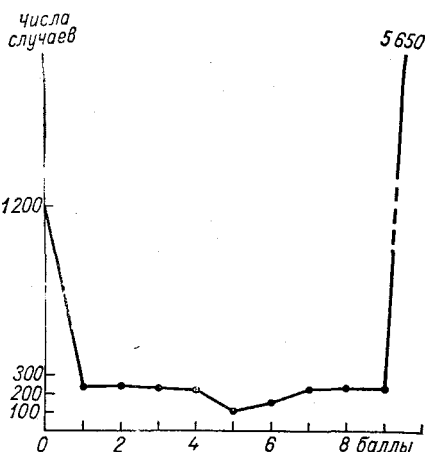


Рис. 2. Повторяемость числа случаев с различной облачностью.

Внизу показаны значения периодов t_1 , t_2 и t_3 (диапазоны в часах), процент случаев с данным диапазоном и число случаев.

Из рисунка видно, что периоды увеличения и уменьшения облачности в различных типах облачных систем примерно одинаковы и не превышают 11 час. Особо следует выделить периоды уменьшения и увеличения облачности внутри сложных систем, не превышавшие 6—8 час.

Скорость изменения облачности в зависимости от ее количества

Каждая облачная система проходит через стадии увеличения и уменьшения облачности. На участках, соответствующих этим стадиям, активность эволюции облачности находится, как оказывается, в зависимости от величины самой облачности.

По данным табл. 7, на что уже указывалось, наименьшая повторяемость минимальной облачности во внутренних и тыловых структурных системах приходится на 5 баллов. Эта же особенность повторяемости минимальной облачности отмечается, хотя менее четко, в табл. 3 и 5. Наконец, общая повторяемость различных значений неполной облачности, представленная на рис. 2, также показывает, что наименьшее число случаев приходится на баллов.

Данные рис. 2 находятся в согласии с табл. 9, где показано, то в течение 10 месяцев минимальное число случаев (отклонение = 1) приходится именно на 5 баллов, и только в течение 2 месяцев

Таблица 9

Число сроков с облачностью от 1 до 9 баллов по ежечасным наблюдениям

Ме- сяц	Баллы								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	33	25	19	11	1	9	9	11	9
II	9	21	10	11	7	11	8	9	6
III	19	18	17	14	3	14	8	10	3
IV	5	4	9	6	3	5	7	9	12
V	31	20	27	22	9	20	19	15	23
VI	47	38	37	25	24	24	45	29	31
VII	27	36	38	40	26	27	42	35	39
VIII	28	23	43	27	27	20	26	44	30
IX	11	17	19	12	13	20	23	26	37
X	24	18	16	13	9	10	13	12	13
XI	13	8	7	13	4	6	6	6	8
XII	6	19	5	13	2	9	11	4	7

минимум приходится на соседние значения облачности (4 и 6 баллов). Попутно отметим, что максимальное число случаев в 92% случаев приходится на 1 и 2 балла, а также на 8 и 9, т. е. на значения облачности, близкие к ясному и пасмурному состоянию неба.

Для умеренной зоны наименьшая повторяемость сроков с облачностью около 5 баллов известна в климатологии уже давно, однако это до сих пор еще не получило физического объяснения.

Попытаемся объяснить этот факт. Выясним, прежде всего, в каких диапазонах изменялась облачность при прохождении облачных систем и какова была повторяемость различных диапазонов.

В табл. 10 дана повторяемость различных диапазонов увеличения облачности от минимальных значений n ($n=0, 1, \dots, 8$ баллов) до максимальных значений N ($N=2, 3, \dots, 10$ баллов).

Таблица 10

Повторяемость различных диапазонов увеличения облачности (от n до N) в системах

N	n									Сум- ма	%
	0	1	2	3	4	5	6	7	8		
2	12									12	2
3	18	1								19	4
4	12	3	2							17	3
5	3	0	1	3						7	1
6	6	3	2	3	5					19	4
7	8	7	4	4	0	1				24	5
8	12	2	3	4	2	3	4			30	6
9	11	3	5	1	4	2	4	4		34	7
10	108	21	30	33	26	25	31	40	35	349	68
Сум- ма	190	40	47	48	37	31	39	44	35	511	
%	37	8	9	9	7	6	8	9	7		100

Суммы, приведенные в вертикальной графе, показывают, что максимальная облачность в системах реже всего оказывается равной 5 баллам и что, следовательно, процесс увеличения облачности реже всего приостанавливается при 5 баллах. Суммы в горизонтальной графе показывают, что увеличение облачности реже всего начинается от 5 баллов и что, следовательно, случаев минимальной облачности, от которых происходило увеличение, также наблюдается меньше всего.

В табл. 11 приводится повторяемость различных диапазонов уменьшения облачности от N ($N=2, 3, \dots, 10$ баллов) до n ($n=0, 1, \dots, 8$ баллов). Эти данные подтверждают, что при уменьшении до минимального значения облачность реже оказывается равной 5 баллам, а само уменьшение реже всего начинается от максимального значения, равного 5 баллам.

Таким образом, наблюдается не только вообще относительно малая повторяемость облачности 5 баллов, но имеет место также малая повторяемость экстремальных значений облачности в системах, равных 5 баллам, что указывает уже на особенность физического процесса образования систем.

Причина малой повторяемости в системах экстремальных значений облачности 5 баллов состоит в том, что, как показывают приведенные данные, при данной облачности процесс увеличения или уменьшения ее относительно устойчив. Иначе, при этой облач-

Таблица 11

Повторяемость различных диапазонов уменьшения облачности (от N до n) в системах

n	N									Сум- ма	%
	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	12	13	12	3	8	5	9	10	115	187	36
1		6	2	1	3	3	3	3	21	42	8
2			4	1	3	7	3	2	29	49	9
3				2	2	5	3	3	32	47	9
4					4	1	5	5	24	39	8
5						2	4	2	21	29	6
6							3	5	32	40	8
7								3	41	44	9
8									34	34	7
Сум- ма	12	19	18	7	20	23	30	33	349	511	
%	2	4	4	1	4	5	6	6	68		100

ности наметившийся процесс происходит активнее, чем при какой-либо другой, и поэтому он редко приостанавливается или меняется на обратный. Этот процесс можно уподобить колебанию маятника: при 5 баллах изменение облачности происходит с наибольшей скоростью подобно скорости движения маятника в точке отвеса, но вблизи 0 и 10 баллов скорость изменения облачности наименьшая (хотя, как увидим, и не одинаковая). Приведем возможное объяснение этого изменения облачности.

Можно подумать, что малая повторяемость облачности 5 баллов имеет место в результате преобладания таких процессов, при которых облачность группируется около двух диапазонов, один из которых охватывает облачность менее 5 баллов, а другой —

более 5 баллов. Однако это не так. Зная повторяемость различных интервалов изменения облачности, представленную в табл. 10 и 11, можно найти вероятную повторяемость облачности любого балла. Например, облачность 3 балла могла наблюдаться в интервалах от $n=0 \div 2$ баллов до $N=3 \div 10$ баллов (табл. 10), а также в интервалах от $N=3 \div 10$ до $n=0 \div 2$ (табл. 11).

На основании учета соответствующих интервалов изменения облачности были получены вероятные значения повторяемости для всех баллов (табл. 12). Данные табл. 12 показывают, что вероят-

Таблица 12

Вероятная и фактическая повторяемость различных значений облачности

Балл	Вероятная повторяемость		Сумма	Фактическая повторяемость	Фактическая вероятность	Число экстремумов	Процент обратимых состояний
	при увеличении	при уменьшении					
0	—	—			—	—	—
1	230	229	459	250	0,54	—	—
2	277	266	543	251	0,46	59	21
3	313	274	587	248	0,42	67	21
4	331	295	626	207	0,33	54	17
5	345	317	662	127	0,19	38	11
6	377	337	714	175	0,25	58	15
7	402	358	760	209	0,28	68	17
8	413	362	775	212	0,27	65	16
9	383	349	732	218	0,28	—	—
10	—	—			—	—	—

ная повторяемость различных значений облачности по мере увеличения ее от 1 до 8 баллов постепенно возрастает и что облачность 5 баллов не выпадает из этой последовательности. Таким образом, малая фактическая повторяемость облачности 5 баллов может быть объяснена только большой скоростью изменения ее, т. е. наблюдатель чаще застает на небесном своде более устойчивые положения, когда облачность изменяется медленно, и реже застает облачность 5 баллов и близкие к ней значения.

Отношение фактической повторяемости той или другой облачности к вероятной, т. е. доля вероятных случаев, отмеченная наблюдателем при данной частоте наблюдения, представлены на рис. 3. Как видно, при незначительной облачности наблюдатель отмечает около 0,5 возможных случаев, при 5 баллах — всего лишь 0,19, а при значительной облачности — до 0,28. Изменение облачности 5 баллов происходит в 2,5 раза быстрее, чем изменение не-большой облачности.

Итак, в чем же дело? Почему при 5 баллах скорость изменения облачности оказывается наибольшей, касается ли это увеличения или уменьшения облачности?

По-видимому, при 5 баллах влияние вертикальных токов, определяющих данную эволюцию, оказывается наибольшим. Прежде всего в этом случае достигается равенство площадей открытого и закрытого неба, т. е. равенство участков с противоположно направленными токами. Кроме того, вертикальные токи, определяющие начальную эволюцию, являются более интенсивными по сравнению с противоположными токами, и эта большая интенсивность их сохраняется вплоть до облачности 5 баллов.

Рисунок 3 показывает, что число отметок 5 баллов меньше вероятного числа их примерно в 5 раз. Это позволяет считать, что при наблюдениях через каждые 10 мин., т. е. в 6 раз чаще, могут быть отмечены почти все состояния неба (исключая случаи очень быстрого изменения вида неба). Интервал 10 мин. можно считать оптимальным интервалом.

Экстремальные значения облачности (исключая 0 и 10 баллов) в облачных системах соответствуют наименее устойчивым состояниям, поскольку они связаны с изменением эволюции на обратную. Так как наименьшее число экстремальных значений приходится на 5 баллов, то это показывает, что «обратимость» этого состояния является наименьшей. В табл. 12 приводится характеристика обратимости (для увеличения облачности) в виде отношения числа экстремальных случаев с данной облачностью к вероятному числу случаев с той же облачностью. Как видно, облачность 5 баллов обладает обратимостью лишь в 11% случаев, тогда как облачность 1—2 балла обратима в 21% случаев.

Явление неодинаковой относительной скорости изменения облачности при различном количестве ее относится к мезофизической характеристике облаков и может быть использовано для учета естественного процесса мезомасштабного изменения облаков. Дальнейшее изучение этого явления позволит оценить, в каких условиях (при каком фронте, в какой воздушной массе, в какое время суток, при какой форме облаков и т. д.) оно выражено наиболее отчетливо.

В заключение заметим, что при определении количества облаков было бы полезно определять и группировку их, т. е. сгруппированы ли они в какие-либо массивы (гряды, полосы и др.) или разбро-

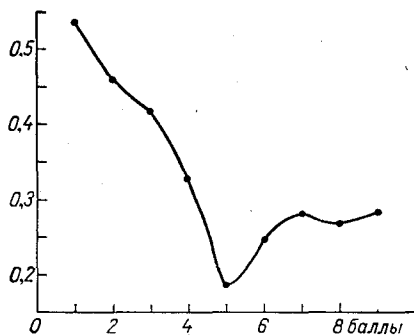


Рис. 3. Отношение фактической повторяемости различных значений облачности к вероятной.

саны по всему небу. Это позволило бы, прежде всего, иметь представление о соотношении площадей открытого и закрытого неба и облегчило бы локальный прогноз эволюции облачности. Кроме того, такие данные окажутся необходимы в целях увязки наземных и спутниковых наблюдений.

Выводы и предложения

Климатологи и синоптики могут извлечь из режимных наблюдений за облачностью значительно большую информацию, чем это удастся в настоящее время.

1. Облачные системы в преобладающем числе случаев (85%) наблюдались в виде сочетаний, образующих 94 сложные макросистемы и 14 сложных мезосистем.

Из общего числа 94 сложных макросистем 89 систем содержали структурные мезосистемы, количество которых составляло 66% общего числа структурных систем.

Таким образом, облачный покров в Воейково и, следовательно, в средней полосе ЕТС представлен в основном сложными макросистемами, состоящими на $\frac{2}{3}$ из мезосистем. Это позволяет считать, что изменение вида неба чаще всего происходит за счет происхождения мезосистем и в меньшей мере за счет макросистем.

2. Сложные макросистемы состоят из следующего числа структурных систем:

Число структурных систем, %	2	3	4	5—6	7—9
Доля сложных систем	34	20	13	18	11

Таким образом, преобладающее количество сложных макросистем (96%) включает от 2 до 9 структурных систем, однако половина их (54%) состоит всего лишь из 2—3 систем.

3. Климатологи могут иметь, в частности, характеристику (индекс) изменчивости вида неба.

Как указывалось в статье, в Воейково в течение 1966 г. частота чередования ясного и пасмурного (или ясного и облачного, или облачного и пасмурного) неба в 30% случаев определялась прохождением (влиянием) макросистем и в 70% случаев — влиянием мезосистем. Отношение 30/70, или сокращенно $\frac{3}{7}$, и является индексом изменчивости вида неба, показывающим и динамику облачного покрова, и масштабность облакообразовательного процесса.

Например, индекс, равный $\frac{1}{3}$, указывал бы на еще большее преобладание в режиме облачности мезосистем, на более быструю изменчивость облачного покрова, на незначительную повторяемость длительных пасмурных периодов, а индекс $\frac{7}{3}$ свидетельствовал бы о значительном преобладании устойчивого пасмурного неба, большой повторяемости циклонов и о малом влиянии мезосистем.

Индекс изменчивости вида неба мог бы явиться ценной характеристикой в дополнение к величине средней облачности, ибо при одинаковой средней облачности в разных пунктах изменчивость неба в них может быть совершенно различной, определяя свои условия освещенности, число часов солнечного сияния и пр.

Данный индекс (с учетом синоптических процессов) мог бы быть использован для разделения изучаемой территории на регионы с одинаковой динамикой облачного покрова в целях климатического районирования территории.

4. Синоптики могут иметь более детальную информацию об облачных системах.

Прежде всего, они могут иметь сведения о фронтальных и внутримассовых мезосистемах, которые не удастся получить с помощью существующих синоптических карт, хотя эти системы и определяют в 70% случаев изменения вида неба.

Как отмечалось в статье, макросистемы облаков только в 12% случаев являются обособленными. В преобладающем же большинстве случаев они представлены структурными объектами в виде макро- и мезосистем, причем доля мезосистем в них составляет 66%. Заметим, кстати, что, поскольку фронтальные облачные системы в большинстве случаев являются именно комплексными образованиями, состоящими из макро- и мезосистем, существующие схемы монолитных фронтальных облачных систем не могут считаться отвечающими действительности.

Чтобы синоптики располагали информацией об облачных системах, необходимо на сети станций производить некоторые дополнительные наблюдения. В частности, в срок наблюдения было бы желательно отмечать продолжительность влияния облачной системы, что и явилось бы основой мезоанализа атмосферных процессов.

5. Синоптики могут иметь дополнительные сведения для локального прогноза эволюции облачности.

В использованном ряду наблюдений изменение облачности при 5 баллах происходило в 2,5 раза быстрее, чем при 1—2 баллах, и в 1,5 раза быстрее, чем при 7—9 баллах. Облачность 5 баллов оказывается в данном месте особенно кратковременной, и поэтому не удивительно, что при записи наблюдений число отметок с такой облачностью наименьшее. Природа этого явления кроется, по-видимому, в более или менее благоприятном соотношении противоположно направленных вертикальных токов, т. е. в соотношении (для этих случаев) площадей открытого и закрытого неба.

Однако приведенные данные о различной скорости изменения облачности в зависимости от ее величины можно рассматривать и в более широком плане. Действительно, то или другое соотношение участков открытого и закрытого неба может относиться не только ко всему небесному своду в целом, что учитывается при определении количества облаков, но и к отдельным участкам неба, где это должно сказываться на изменении облачности. Возможно, когда мы наблюдаем противоположную эволюцию облаков на разных участках неба, это связано с наличием благоприятного для данной эволюции соотношения противоположно направленных вертикальных токов. В связи с этим целесообразно использовать для локального прогноза облачности также и сведения о группировке облаков. Но без предварительных экспериментов невозможно говорить о каких-либо деталях этого учета.

СТАРЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ТЕРРИТОРИИ СССР

Развитие современной техники характеризуется исключительным значением задачи обеспечения высокой надежности технических систем. Это связано с ростом требований к качеству этих систем, с появлением в их конструкциях все более новых прогрессивных материалов, в том числе полимерных, и, наконец, с желанием создать во многих областях техники изделия, способные безотказно функционировать в различных климатических районах — от арктических до экваториальных широт. Решение вопросов стабильности качеств материалов под воздействием окружающей среды необходимо для дальнейшего совершенствования и самих технических систем, удовлетворяющих требованиям высокой сохраняемости. В решении этой проблемы первостепенное значение имеют вопросы оценки связи изменчивости свойств материалов с интегральным воздействием факторов окружающей среды.

В настоящей статье рассматриваются вопросы атмосферного старения полимерных материалов. Исходными материалами для исследования послужили результаты испытаний физико-механических свойств термопластиков типа «390». Образцы этих материалов экспонировались в атмосферных условиях в районах умеренного континентального климата Москвы, влажного субтропического климата Батуми и сухого субтропического климата Ташкента в период с сентября 1963 г. по 1968 г.

Через равные промежутки времени (шесть месяцев) образцы снимали со стендов, установленных на открытых площадках в атмосферных условиях, и определяли их физико-механические свойства.

Каждый съем состоял из 10—15 образцов. Такое количество образцов необходимо и достаточно, учитывая природу полимерного материала. Полученные результаты подвергались статистической обработке. Наиболее показательным свойством прочности полимерных материалов из всех физико-механических характеристик является предел прочности при статическом изгибе. В табл. 1 приведены основные статистические характеристики материала

«390» по периодам испытаний. Оценка свойств материала произведена с применением доверительных материалов.

Впервые для целей климатологии вопросы точности и надежности параметров метеорологических элементов поставила и методически решила А. В. Дунаева. Она обосновала пределы довери-

Таблица 1

Статистические характеристики предела прочности при статическом изгибе (V_u кгс/см²) материала „390“

Район	Параметр	Срок съема (месяц)						
		исходный	6	12	18	24	30	36
Москва	\bar{V}_u	967	926	892	667	646	588	558
	σ	116	50	168	176	111	134	135
	C_v	0,12	0,30	0,19	0,26	0,17	0,23	0,24
	$\bar{V}_u \pm t_\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	1093	978	1066	849	860	727	697
		841	874	718	485	535	449	419
	n	10	10	10	10	10	10	10
Ташкент	\bar{V}_u	967	860	753	692	619	692	711
	σ	116	167	199	194	153	210	163
	C_v	0,12	0,19	0,26	0,28	0,25	0,30	0,23
	$\bar{V}_u \pm t_\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	1093	1032	958	750	774	908	879
		841	688	548	632	462	476	543
	n	10	10	10	10	10	10	10
Батуми	\bar{V}_u	967	645	730	776	534	589	770
	σ	116	183	188	211	137	103	240
	C_v	0,12	0,28	0,26	0,27	0,26	0,17	0,31
	$\bar{V}_u \pm t_\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	1093	834	924	993	676	701	1115
		841	456	536	559	392	477	535
	n	10	10	10	10	10	8	10

Примечание. \bar{V}_u — среднее значение предела прочности при статическом изгибе, σ — среднеквадратическое отклонение, C_v — коэффициент вариации, $\bar{V}_u \pm t_\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ — доверительные границы возможных колебаний средних значений.

тельных границ для малых и больших выборок [1]. Методика А. В. Дунаевой была использована А. Н. Лебедевым для выявления достоверности месячных сумм осадков в экваториальных и приэкваториальных широтах [3]. В 1970 г. ее испытала А. Ю. Егорова [4] на примере месячных сумм осадков субтропической зоны. В на-

стоящей статье доверительные интервалы изменения физико-механических свойств материала оцениваются при однопроцентном уровне значимости.

Анализ данных табл. 1 показывает, что значения C_v составляют 0,10—0,30 для всех сроков испытаний. Доверительные интервалы дают возможность определить амплитуду колебаний изменений свойств материала. В каждой выборке встречаются как относительно большие, так и относительно малые значения характеристик. Так, в принятых границах доверительного интервала численные значения амплитуды предела прочности при статическом изгибе материала «390» составляют около 250—350 кгс/см² в районе Москвы, около 300—400 кгс/см² в районе Ташкента и около 350—400 кгс/см² в районе Батуми. В отдельных случаях амплитуды этого свойства материала бывают как около 100 кгс/см², так и около 500 кгс/см². Данные по району Москвы позволяют заключить, что в умеренно континентальном климате предел прочности при статическом изгибе является более стабильным, чем в условиях сухих и влажных субтропиков. Общий характер изменения свойств материалов можно выявить с помощью графического представления результатов испытаний.

Результаты испытаний всех образцов наносим на график с полупологарифмической шкалой (рис. 1). Проведенная кривая изменений свойств материала описывается экспоненциальным законом. Так, для района Москвы изменение предела прочности при статическом изгибе материала «390» в зависимости от времени экспонирования может быть выражена уравнением

$$V_u = 980 e^{-0,0165 \tau},$$

где V_u — предел прочности при статическом изгибе, τ — время экспонирования (месяц), для района Батуми

$$V_u = 840 e^{-0,0111 \tau},$$

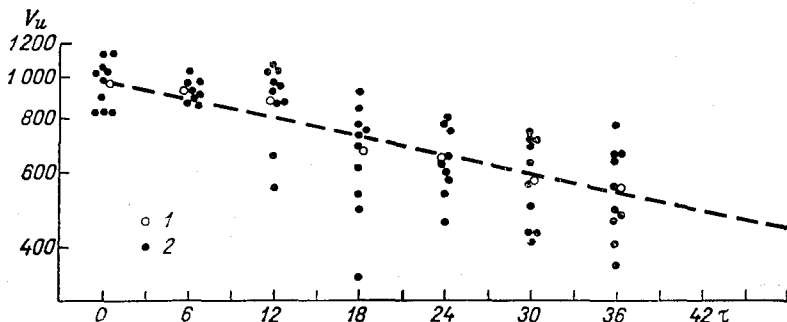


Рис. 1. Аппроксимация экспериментальных результатов измерений по пределу прочности при статическом изгибе экспоненциальной зависимостью (район Москвы, IX 1963 г.— IX 1966 г.). Материал «390».

1 — среднее значение предела прочности при статическом изгибе, 2 — экспериментальное значение.

для района Ташкента

$$V_u = 900 e^{-0,0117 \tau}.$$

Полученные уравнения достаточно точно характеризуют процесс старения материала в различных климатических районах в зависимости от времени под влиянием всего комплекса метеорологических условий. Указанные уравнения имеют вид кривых, изображенных на рис. 2. Районы испытаний выбирались с расчетом крупных климатических различий между ними. Общие существенно различные черты между климатическими районами Москвы, Батуми и Ташкента заметно сказались на старении физико-механических свойств материала.

Старение материала проявляется во всех рассматриваемых климатических районах. В первые месяцы пребывания материала в атмосферных условиях наиболее интенсивно происходит изменение свойств материала в субтропическом климате (Батуми и Ташкента). В умеренно континентальном климате района Москвы также происходит старение материала, но их абсолютные значения остаются выше, чем в Батуми и Ташкенте, и лишь с увеличением времени экспонирования старение материала в Москве начинает происходить интенсивнее, чем в субтропиках.

В табл. 2 приведены суммарные величины основных метеорологических элементов в районах закладки образцов за год экспонирования и соответственно за этот же период изменение предела прочности при статическом изгибе, которое вычислялось по формуле

$$V_u = \frac{V_u \tau}{V_{u0}} - 1 (\%),$$

где $V_u \tau$ — значение в период испытаний, V_{u0} — исходное значение.

Отрицательные значения статистического изгиба указывают, что получен результат, меньший исходного значения, т. е. произошло ухудшение свойств материала. Положительные же значения нельзя принимать как улучшение свойств материала, в данном слу-

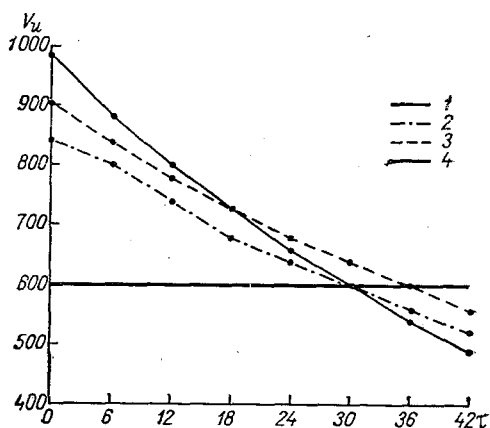


Рис. 2. Изменение предела прочности при статическом изгибе в различных климатических районах.

1 — Москва, 2 — Батуми, 3 — Ташкент, 4 — $V_u > 600$ кгс/см², по ТУ.

чае они будут рассматриваться как некоторая стабилизация свойств.

Анализ данных в годовом разрезе предопределяется постановкой самих экспериментов, исключавших сезонное рассмотрение. Данные табл. 2 показывают, что основные метеорологические факторы из года в год мало изменялись в рассматриваемых районах, что является закономерностью и говорит об устойчивости основных параметров климата. Существенные различия имеются только в продолжительности и количестве осадков. Так, в Москве в пери-

Таблица 2

Изменение статического изгиба материала „390“ и метеорологических факторов в различных климатических районах

Характеристика	Москва			Ташкент			Батуми		
	1963—1964	1964—1965	1965—1966	1963—1964	1964—1965	1965—1966	1963—1964	1964—1965	1965—1966
Предел прочности при статическом изгибе	—0,5	—32	—8	—33	3	12	—27	—18	32
Сумма температур:									
положительных	660	626	670	1234	1253	1328	1181	1251	1367
отрицательных	258	227	212	53	51	4	3	0	0
Суммарная радиация	86	87	86	135	150	143	—	—	—
Продолжительность солнечного сияния	1878	1800	1706	2875	3138	2991	1839	2041	1777
Продолжительность осадков	1838	1885	1933	505	362	348	1807	1471	1591
Количество осадков	372	655	785	494	238	244	2647	2437	2465

Примечание. Каждый годовой период начинается с сентября.

од с сентября 1963 г. по сентябрь 1964 г. осадков выпало 372 мм, в последующий период (1964—1965 г.) почти в 1,5 раза больше. В районе Ташкента, наоборот, в период 1963—1964 г. выпало 494 мм осадков, в другие два периода в 2 раза меньше; те же самые замечания относятся и к продолжительности осадков в Ташкенте. В Батуми количество осадков по периодам мало менялось, а продолжительность была наименьшей в 1964—1965 г. Старение материала проходило под влиянием всего комплекса метеорологических факторов, перечень которых может выйти за рамки данной таблицы. Однако о влиянии отдельных факторов можно говорить, сравнивая изменение свойств материала, вызванное воздействием различных климатических условий.

Наибольшее изменение статического изгиба (на 33%) произошло в первый год испытаний (1963—1964 г.) в Ташкенте и на 27%, в Батуми. В Москве в этот же период отмечались лишь незначительные изменения. Следовательно, можно определенно сказать о наиболее агрессивном воздействии климатических условий Ташкента в первое время испытаний материалов. Решающая роль в этом воздействии принадлежит солнечной радиации, продолжительности солнечного сияния. Образцы материала в Ташкенте находились под воздействием солнечных лучей на 1000 час. больше, чем образцы материала в Москве, причем величина суммарной радиации в Ташкенте составляла 135 ккал/см², в Москве 86 ккал/см². С радиационными факторами климата тесно связан и температурный режим. Суммы положительных температур в районах Ташкента и Батуми имеют близкие значения во все периоды, их абсолютные величины в 2 раза больше сумм температур в Москве. В районе Батуми большие суммы температур, характеризующие термическую напряженность в атмосфере, как известно, сопровождаются большой влажностью воздуха, которая тесно связана с количеством осадков и ее продолжительностью. В Батуми выпало осадков в 5 раз больше, чем в Ташкенте, в период 1963—1964 г., в остальные периоды — почти в 10 раз. Агрессивность осадков следует рассматривать как с точки зрения количества, так и вида самих осадков. В Московском и Батумском районах продолжительность осадков почти одинакова в рассматриваемые периоды, однако имеются существенные различия в количестве осадков и их виде. В Батуми огромные суммы осадков по сравнению с Москвой и Ташкентом выпадают при положительных температурах, что видно из табл. 2. Сумма отрицательных температур ничтожно мала в период 1963—1964 г., в два последующих периода отрицательные температуры не наблюдались. В Батуми осадки выпадают преимущественно в жидком виде и носят ливневый характер, они приводят к разрушению поверхностного слоя образцов материала и изменению прочностных характеристик материала.

Из общих климатических сведений известно, что продолжительность твердых осадков в районе Москвы больше продолжительности жидких осадков. К тому же, по методике испытаний ГОСТ 10226—62, осадки, выпадающие в твердом виде, счищаются с образцов, следовательно, осадки в Батуми в качественном отношении значительно агрессивнее, чем осадки в Москве.

Во второй (1964—1965 г.) и третий (1965—1966 г.) периоды наибольшее ухудшение свойств материала происходит в Москве, чем в Ташкенте и Батуми. В это время образцы материала подвергаются меньшему изменению, происходит как бы стабилизация прочностных свойств материала. Старение материала в районе Москвы вызвано всем комплексом метеорологических условий. Наиболее агрессивным фактором для этого района является частое замораживание поверхностной пленки воды, всегда появляющейся на образцах при переходах температуры воздуха через 0° (80—90 случаев в год), при выпадении росы и осадков. Важным фактором

является также продолжительность экспонирования образцов в этом климатическом районе. Если в районе Ташкента и Батуми старение материала происходит в течение первого года испытаний, то в районе Москвы оно достигает таких же значений к двухгодовому циклу испытаний.

Выводы

1. Старение полимерных материалов происходит под воздействием атмосферных процессов во всех климатических районах.
2. В климатических условиях района Ташкента и Батуми старение материала в первый год испытаний происходит быстрее, чем в условиях района Москвы.
3. Изменение физико-механических свойств полимерных материалов удовлетворительно описывается экспоненциальным законом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дунаева А. В. Выборочный метод как основа для правильной организации стационарных снегосъемок.— Труды ГГО, 1964, вып. 163.
2. Егорова А. Ю. К вопросу о достоверности средних месячных сумм осадков в субтропических широтах по различным рядам наблюдений.— Труды ГГО, 1970, вып. 266.
3. Лебедев А. Н. Достоверность средних месячных сумм осадков в экваториальных и приэкваториальных широтах по 10, 20, 30, 40 и 50-летним рядам наблюдений.— Труды ГГО, 1969, вып. 247.
4. Ходакова В. П. К вопросу методики комплексной обработки температуры и влажности воздуха.— Труды ГГО, 1969, вып. 247.

СОДЕРЖАНИЕ

А. Г. Кадырова, А. Н. Лебедев, Н. М. Михайленко, В. П. Ходакова. Закономерности температурно-влажностного режима тропической зоны	3
О. Д. Кодрау. Характеристика распределения влажных туманов в экваториальных и тропических широтах земного шара	18
Ф. Г. Токарь. Некоторые особенности распределения рос в тропических широтах	35
А. Ю. Егорова. Об изменчивости относительной влажности воздуха в тропической зоне	45
И. С. Борушко. О режиме скорости ветра в тропических широтах	60
И. С. Борушко. Некоторые особенности распределения пыльных бурь в тропиках	76
А. Н. Лебедев, И. Д. Лоева. Применение уравнений связи для построения климатических номограмм	84
Н. И. Новожилов. Облачные системы по данным режимных наблюдений	90
В. П. Ходакова. Старение полимерных материалов под влиянием метеорологических факторов на территории СССР	106

ТРУДЫ ГГО, ВЫП. 284

КЛИМАТЫ СССР И ЗЕМНОГО ШАРА

Редактор *Г. И. Слабкович*
Технический редактор *Л. М. Шишкова*
Корректор *З. Т. Тимченко*

Слано в набор 25/ХП 1971 г. Подписано к печати 12/VI 1972 г. М-08238. Бумага 60×90¹/₁₆, типографская № 1. Печ. л. 7,25. Уч.-изд. л. 7,3. Тираж 920 экз. Индекс МЛ-227. Заказ № 32. Цена 51 коп.

Гидрометеоздат, Ленинград, В-53, 2-я линия, д. 23

Сортавальская книжная типография Управления по печати при Совете Министров Карельской АССР. Сортавала, Карельская, 42

Закономерности температурно-влажностного режима тропической зоны. Кадырова А. Г., Лебедев А. Н., Михайленко Н. М., Ходакова В. П. Труды ГГО, 1972, вып. 284, стр. 3—17.

Рассмотрены характерные особенности температурно-влажностного режима влажного и сухого тропического климата. Закономерности этих особенностей иллюстрируются с помощью интегральных кривых, сетчатых номограмм и табличных материалов. Основными параметрами для этого служат суммарные продолжительности комплексов температуры и относительной влажности воздуха, а также индивидуальные показатели температуры и относительной влажности воздуха, снимаемые с интегральных кривых. Для тропического климата такой подход оценки температурно-влажностного режима применяется впервые. Такой способ оценки климата отвечает современным требованиям практики для технических целей.

Табл. 5. Илл. 4. Библ. 4.

Характеристика распределения влажных туманов в экваториальных и тропических широтах земного шара. Кодрау О. Д. Труды ГГО, 1972, вып. 284, стр. 18—34.

Использованы и обобщены данные наблюдений 500 метеорологических станций. Анализ построенных карт и номограмм позволил выявить ряд новых закономерностей пространственно-временного распределения туманов над материками в низких широтах. Так, в умеренно влажном и влажном тропическом климате, в бассейнах рек Конго и Амазонки, на значительной территории отмечается от 60 до 120 дней с туманом в среднем за год, в то время как в бассейне Ганга таких дней не более 60. В тропических и субтропических широтах 60 дней и более с туманом за год наблюдается только на незначительной по площади территории побережий, омываемых водами холодных морских течений. В областях, подверженных влиянию экваториального муссона, более 60 дней с туманом за год бывает только в горах и объясняется развитием облачности.

Для Экваториальной и Южной Африки, равнинной территории Индии и Чили построены номограммы для расчета годового числа дней с туманом различной обеспеченности.

Табл. 3. Илл. 6. Библ. 9.

Некоторые особенности распределения рос в тропических широтах. Токарь Ф. Г. Труды ГГО, 1972, вып. 284, стр. 35—44.

Статья посвящена исследованию распределения рос в тропических широтах. На основании анализа и обобщения полученных результатов выявлены некоторые закономерности географического распределения числа дней с росой в различных климатических условиях в тропических широтах Африки, Азии и Южной Америки. Данные, содержащиеся в этой работе, могут быть использованы научно-исследовательскими и производственными организациями, интересующимися вопросами климата земного шара.

Табл. 5. Илл. 3. Библ. 2.