

06
Т 78

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

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

ТРУДЫ
ВЫПУСК 247

КЛИМАТЫ ЗЕМНОГО ШАРА

Под редакцией
д-ра геогр. наук
А. Н. ЛЕБЕДЕВА

БИБЛИОТЕКА
Ленинградского
Гидрометеорологического
Института



ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАД • 1969

В сборнике содержатся статьи по вопросам методики расчета, комплексирования и номографирования климатических параметров применительно к запросам практики, по вопросам исследования климатических закономерностей распределения осадков в районе Филиппинского архипелага, ураганов в районе Кубы, суточной изменчивости облачности над Северной Африкой. Даются новые карты заморозков и безморозного периода для территории СССР.

Сборник рассчитан на географов, метеорологов, климатологов, студентов гидрометеорологических институтов и университетов.

И. А. ГОЛЬЦБЕРГ

КАРТЫ СРЕДНИХ ДАТ ЗАМОРОЗКОВ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ БЕЗМОРОЗНОГО ПЕРИОДА ДЛЯ СССР

Климатологами местных гидрометеорологических обсерваторий (ГМО) за последние годы проделана очень большая работа по подготовке к изданию нового Справочника по климату СССР [1]. В числе прочих были составлены также новые таблицы по средним и крайним датам заморозков и длительности безморозного периода, для которых уточнены нормы за счет удлинения ряда наблюдений до 1960 г., по многим районам увеличено число станций, включенных в таблицы.

Хотя и нельзя ожидать существенного изменения в нашем представлении об особенностях географического распределения дат заморозков и длительности безморозного периода по территории СССР, все же представляется интересным, насколько новые данные изменяют конфигурацию изолиний на ранее опубликованных картах этих характеристик термического режима страны.

На рис. 1 и 2 приведены карты средних дат начала и конца безморозного периода в воздухе, по данным минимального термометра в метеорологической будке на высоте 2 м, а на рис. 3 — карта средней длительности этого периода в днях. Все карты составлены как фоновые по данным метеорологических станций, расположенных на ровном открытом месте в равнинной части территории или на склоне в условиях нормальной инверсии для части территории с пересеченным холмистым или горным рельефом, по методике, принятой автором в ранее опубликованных работах [2, 3, 4].

Сопоставление этих карт со старыми картами показывает существенное уточнение их на севере Азиатской территории СССР (АТС). Здесь могли быть более точно выделены территории со средней длительностью безморозного периода менее 45 дней при средних датах начала его в последних числах июня и конца в середине августа. В этих условиях при очень частых, преимущественно адвективных заморозках в июле и августе разделение дат заморозков на весенние и осенние может быть сделано только условно.

На многих станциях в пределах этой территории отмечено отсутствие безморозного периода. В этих случаях его длительность не превышает 10—15 дней, хотя такие относительно «теплые» периоды могут наблюдаться два-три раза за лето.

В широкой полосе, ограниченной изолиниями средней длительности безморозного периода от 45 до 75 дней, заморозки в воздухе также возможны в течение всего лета, но частота их по мере увеличения средней

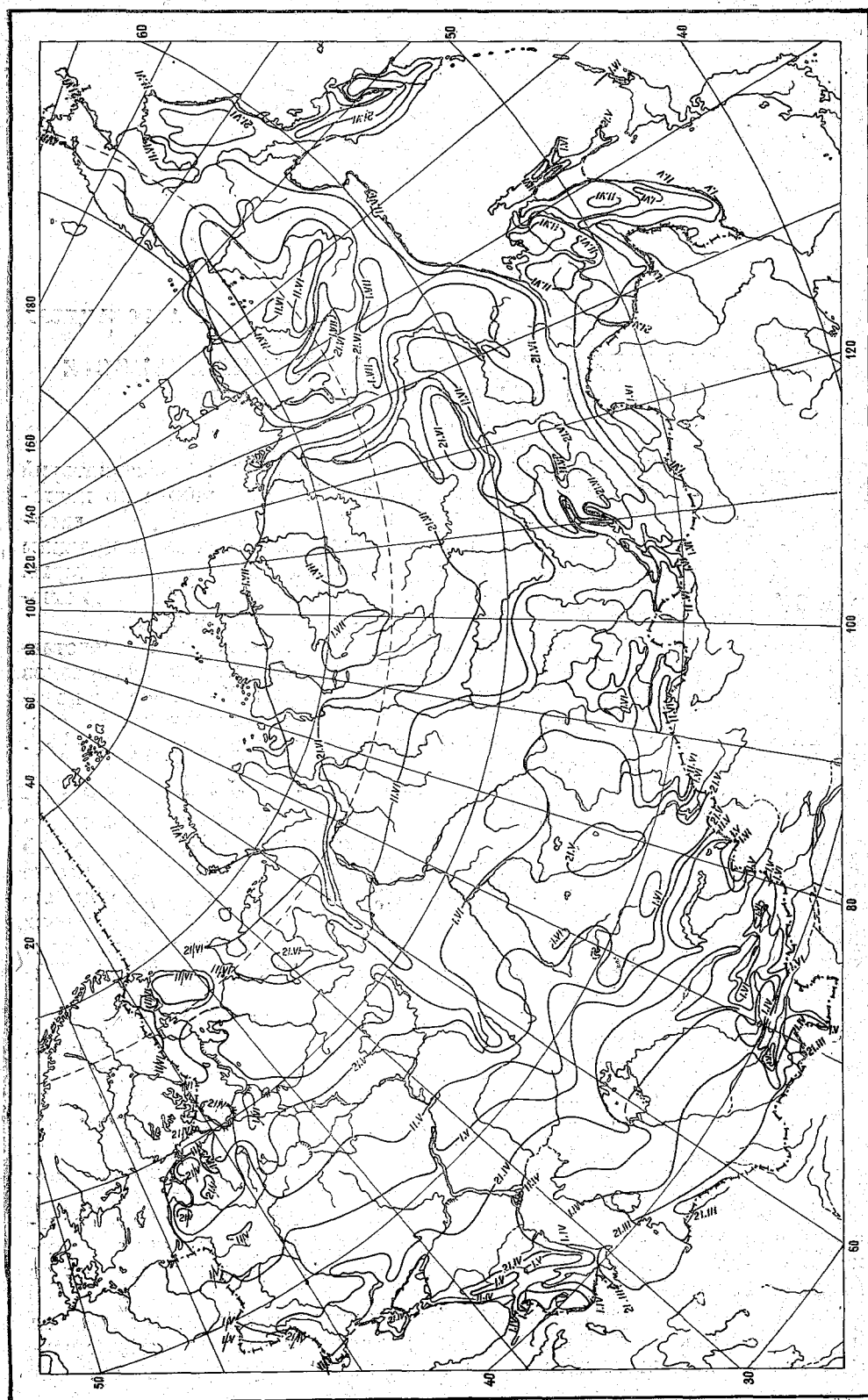


Рис. 1. Средняя дата начала безморозного периода на ровном открытом месте.

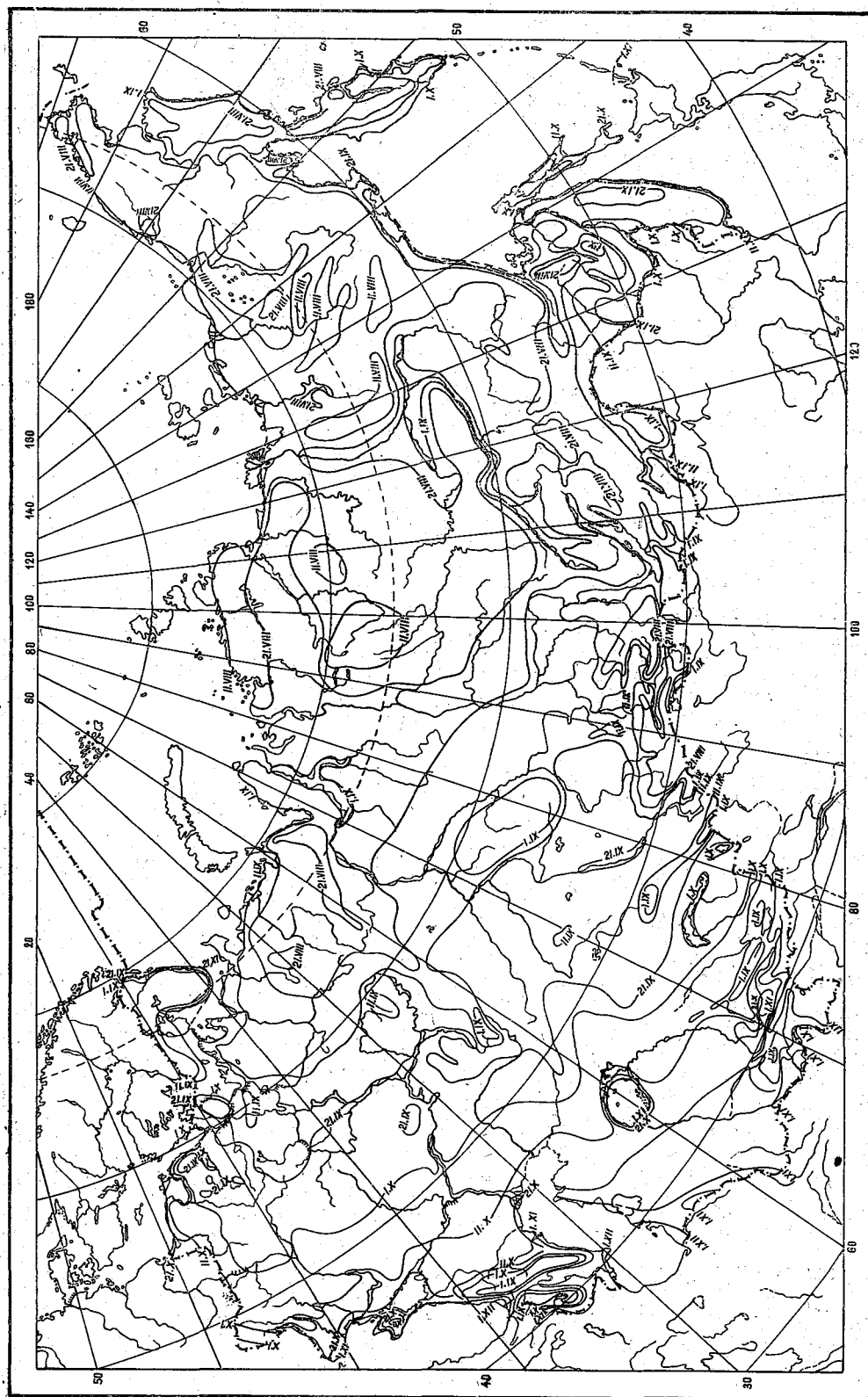


Рис. 2. Средняя дата конца безморозного периода на ровном открытом месте.

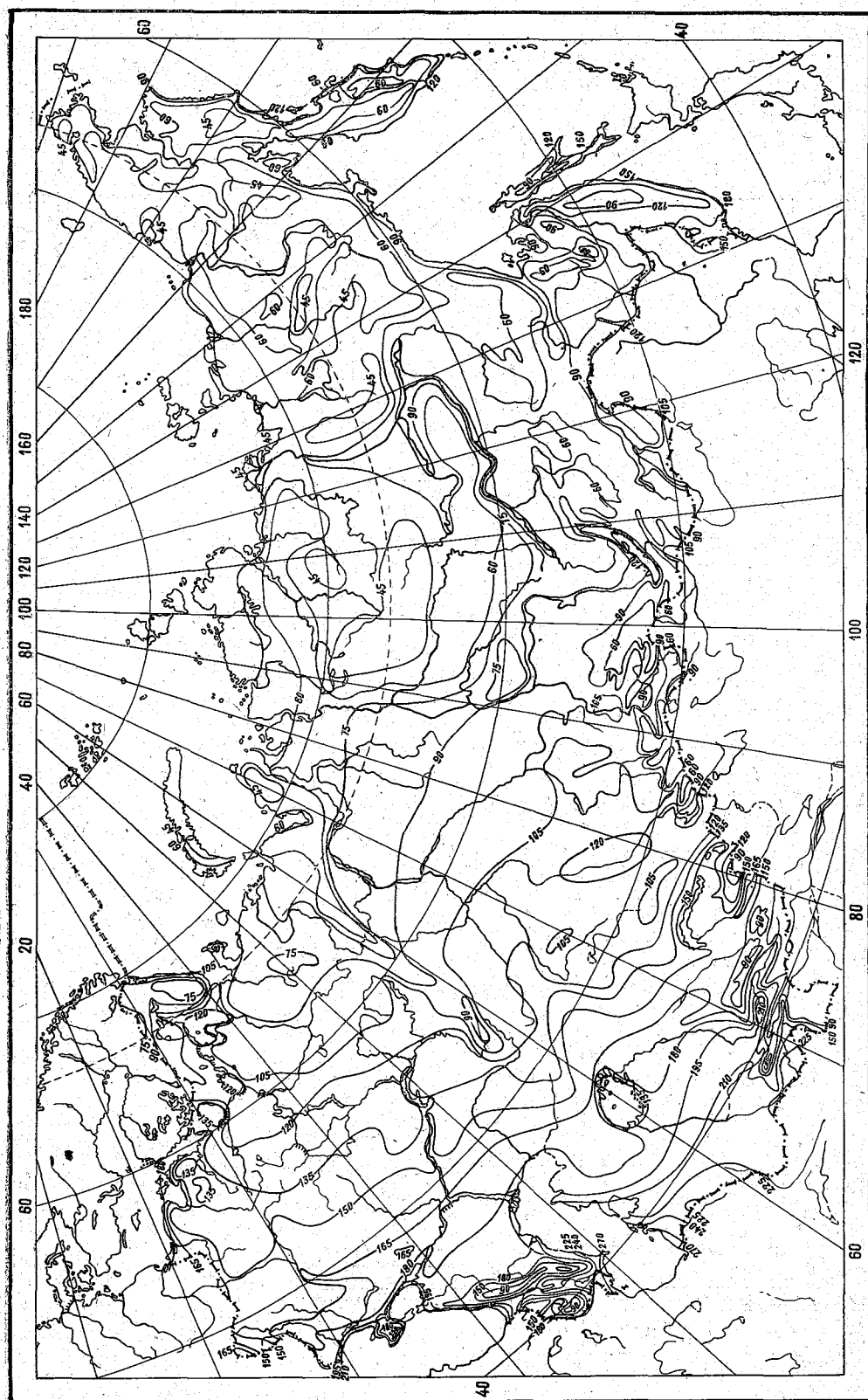


Рис. 3. Средняя длительность безморозного периода (дни) на ровном открытом месте (минимальная температура воздуха на высоте 2 м выше 0°).

длительности периода уменьшается. Весенние и осенние заморозки в большинстве лет разделяются четко, что способствует более точному определению средних дат этих заморозков.

Редкие заморозки в июле и начале августа на поверхности почвы и в морозобойных положениях в воздухе возможны еще при средней длительности безморозного периода около 108—110 дней, при средней дате начала его около 25 мая и конца в середине сентября. Южнее соответствующих изолиний летние заморозки отмечаются только на полях осушенных торфяников в первый период освоения их при слабой минерализации торфа. Некоторые незначительные уточнения в положении изолиний на всех трех картах следует отметить в Полесье, Поволжье, Казахстане, на Дальнем Востоке (ДВ).

Зависимость между средней длительностью безморозного периода и средними датами начала и конца его очень четко проявляется обычно на ограниченной территории. Определение этой зависимости для всей территории СССР показало, что в приморских зонах даты весенних и осенних заморозков сдвинуты на более поздние сроки по сравнению с континентальной частью страны при одинаковой длительности безморозного периода (табл. 1). В средней части Европейской территории СССР (ЕТС) и АТС, несмотря на большую разницу в долготе, даты начала и конца периода одной длительности в среднем одинаковы. Установление зависимости между различными характеристиками отдельных элементов климата, функционально связанных между собой, как длительность периода и даты начала и конца его, позволяет значительно уплотнить информацию о них.

Таблица 1
Сравнение средних дат начала и конца безморозного периода
на побережьях морей и озер и на континенте при одинаковой
средней длительности его

Район	Средний безморозный период		
	длительность, дни	начало	конец
Побережье оз. Байкал	120	1 VI	28 IX
Побережье Ладожского озера	120	24 V	21 IX
Побережье Белого моря	120	1 VI	28 IX
ЕТС, долгота 40°	120	21 V	18 IX
АТС, долгота 70°	120	19 V	16 IX
АТС, долгота 130°	120	21 V	18 IX
Закарпатье	165	30 IV	11 X
Север Украины	165	21 IV	4 X
Юг Казахстана	165	21 IV	4 X
Приморский край ДВ	165	30 IV	11 X
Черноморское побережье Украины	210	4 IV	1 XI
Черноморское побережье Грузии	210	4 IV	1 XI
Побережье Каспия	210	5 IV	2 XI
Пустыни Туркменистана	210	30 III	25 X

Из рассмотрения карт 1—3 видно, что характер проведения изолиний на них не меняется. Поэтому для основной части территории СССР возможно использовать карту средней длительности безморозного периода также для оценки средних дат начала и конца его на ровном открытом месте (табл. 2). Понятно, что для ограниченных территорий точность получения таких зависимостей значительно выше, чем при осреднении их по всей территории СССР.

Таблица 2

Средние даты начала и конца безморозного периода в зависимости от средней длительности его для ровного открытого места в континентальной части СССР

Средний безморозный период			Средний безморозный период		
длительность, дни	начало	конец	длительность, дни	начало	конец
60	20 VI	19 VIII	150	1 V	27 IX
75	12 VI	26 VIII	165	21 IV	2 X
90 ¹	5 VI	3 IX	180	12 IV	9 X
90 ²	1 VI	29 VIII	195	6 IV	18 X
105	31 V	12 IX	210	30 III	25 X
120	21 V	18 IX	225	26 III	6 XI
135	10 V	22 IX			

¹ Для Европейской территории СССР.

² Для Азиатской территории СССР.

Для оценки изменчивости безморозного периода под влиянием особенностей подстилающей поверхности надо использовать соответствующие таблицы, опубликованные ранее [3]. Проверка этих таблиц по данным нового Справочника подтвердила их правильность и не дала существенного уточнения. Также подтвердились расчеты высотного градиента дат заморозков и длительности безморозного периода. Средний высотный градиент для дат начала и конца безморозного периода равен 2—3 дням на 100 м высоты и соответственно 6—7 дням для длительности периода.

Таблица 3

Средняя длительность безморозного периода (дни) по высотам в разных условиях стока холодного воздуха для района верховьев р. Колымы и ее притоков и западной части Юкагирского плоскогорья

Высота, м	Сумма температур выше 10°	Длительность безморозного периода для мест			
		очень теплых	теплых	нормальных	холодных
200	1200	—	80	72	< 50
400	1050	≥ 90	70	60	< 40
600	900	≥ 75	58	48	< 30
800	700	≥ 60	45	35	< 20
1000	600	≥ 50	34	25	< 20

Новые данные по высотному градиенту получены по Магаданской области для района верховьев р. Колымы и ее притоков и западной части Юкагирского плоскогорья, где число станций за последние годы значительно увеличилось. Поскольку станции расположены в разных формах рельефа, то в табл. 3 приведены отдельно высоты изолиний для станций условно очень теплых с большим безморозным периодом, расположенных на вершинах, в верхней части склона или на берегу озера (одна станция на оз. Джека Лондона, высота 808 м), для станций теплых, на склонах с хорошим стоком холодного воздуха, и «нормальных» станций, расположенных на пологих склонах или в широких долинах вне зоны застоя холодного воздуха. В четвертую группу вошли все станции, расположенные в холодной зоне на дне нешироких долин и в кот-

ловинах. В таблице приводятся также суммы температур воздуха выше 10° , служащие, с одной стороны, для контроля приведенных расчетов, а, с другой стороны, при сравнении с длительностью безморозного периода позволяющие оценить агроклиматические ресурсы разных местоположений в условиях изрезанного рельефа и резко континентального климата этого района. Высотный градиент безморозного периода здесь также равен 6—7 дням на 100 м высоты для первых трех групп станций. В условиях резко выраженной инверсии в нижней части отрицательных форм рельефа безморозный период практически отсутствует даже при малой высоте над уровнем моря.

Следует отметить, что приведенные выше расчеты не совпадают с данными Н. И. Хлыновской [5] для этого же района. В составленной ею таблице дано изменение длительности безморозного периода в зависимости от высоты и формы рельефа в Магаданской области с учетом ширины долин рек. В этой таблице правильно отмечено увеличение морозоопасности с уменьшением ширины долины. Например, для высоты 200 м Н. И. Хлыновская рассчитала, что длительность безморозного периода в широких, более 10 км, долинах равна 70 дням; при ширине 3—4 км — 57 дням; в заболоченных долинах шириной 2—3 км — 42 дням, что хорошо согласуется с приведенными в табл. 3 данными для нормальных (72 дня) и холодных (менее 55) мест. Но для больших высот в таблице Хлыновской везде принято прямолинейное значительное увеличение длительности безморозного периода с высотой, что не согласуется с исходными материалами, приведенными в Справочнике по климату СССР, и по существу неправильно. Нельзя ожидать, что длительность безморозного периода в узких долинах на высоте 1200 м (65 дней по Хлыновской) будет такой же, как и в широких долинах на высоте 100 м (68 дней). На высоте 1200 м температура самого теплого месяца ниже 10° и адвективные заморозки возможны в любой день теплого периода на всех формах рельефа. Нельзя, конечно, отрицать возможное наличие относительно более теплого пояса в горах этого района на средних высотах (примерно в пределах 200—500 м) с несколько увеличенной длительностью безморозного периода. Однако для четкого выявления его пока еще слишком мало данных наблюдений.

В прибрежных районах Магаданской области длительность безморозного периода сильно изменяется в зависимости от близости к морю. На прибрежных станциях при общем низком уровне температуры (сумма температур выше 10° только порядка 1000 $^{\circ}$) она равна 100 дням. При удалении от моря на высотах от 100 до 300 м длительность безморозного периода составляла 55—60 дней с очень большим высотным градиентом в нижних горизонтах около моря — до 15 дней на 100 м высоты. Выше градиент уменьшается до нормального — 6—7 дней на 100 м. Таким образом, низкие температуры вод Охотского моря оказывают очень большое влияние на термический режим побережья, которое выражается как в общем понижении уровня температуры лета, так и в значительном увеличении длительности безморозного периода в узкой прибрежной полосе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по климату СССР, ч. II «Температура воздуха и почвы», вып. 1—34. Гидрометеоздат, Л., 1965—1967.
2. Атлас сельского хозяйства СССР. ГУГК, М, 1962.
3. Гольцберг И. А. Климатическая характеристика заморозков и методы борьбы с ними в СССР. Труды ГГО, вып. 17 (79), 1949.
4. Гольцберг И. А. Агроклиматическая характеристика заморозков в СССР и методы борьбы с ними. Гидрометеоздат, Л., 1961.
5. Агроклиматический справочник по Магаданской области. Магадан, 1966.

О. Д. КОДРАУ

АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ И ЦИРКУЛЯЦИЯ НАД ЮЖНОЙ АЗИЕЙ

Наиболее важной особенностью климата Южной Азии является сезонная смена направлений ветра и чередование сухих и влажных сезонов, обусловленные сезонным перемещением планетарных зон давления и ветра и сезонной сменой барических центров у земной поверхности.

В январе над Южной Азией у земной поверхности преобладают северо-восточные ветры, обусловленные азиатским антициклоном. Севернее 20° с. ш. на высоте около трех километров результирующие ветры имеют западное направление. На высоте 12 км проходит струйное течение, южная ветвь которого располагается приблизительно вдоль 27° с. ш. Предполагается, что ее существование поддерживается большими градиентами температуры за счет излучения снежного покрова в горах. Горизонтальное сближение разнородных воздушных масс на высотах, вертикальные движения в тропосфере и опускание изобарических поверхностей на высотах, связанное с падением давления у поверхности земли и понижением температуры в тропосфере, вызывают деформацию струйного течения. Полярный фронт, который в нижних слоях тропосферы зимой проходит вдоль $29-30^{\circ}$ с. ш., определяет зимне-весенний максимум осадков в Афганистане и западной части Западного Пакистана. В это же время на севере Индии прохождение циклонов сопровождается дождями и вторжением холодного воздуха на равнину Ганга.

Южнее 20° с. ш. на высоте изобарической поверхности 700 мб результирующие ветры в январе имеют восточную составляющую. В южной части Индии хорошо выражен зимний муссон с вертикальной мощностью около двух километров. Здесь преобладают континентальные воздушные массы с низким влагосодержанием воздуха, так что в центральной части Индии, Восточном Пакистане и Бирме в среднем за месяц отмечается 10—20 мм осадков. На высоте изобарической поверхности 200 мб над всей Южной Азией отмечаются западные ветры.

С марта по май в Индии наступает переходный сезон, который характеризуется жаркой погодой, быстрым нарастанием температуры воздуха и почти безоблачным небом. Уже в апреле на средних картах приземного давления появляется переднеазиатская депрессия. В июле центр этого южноазиатского минимума расположен в Западном Пакистане, приблизительно там, где сливаются реки Инд и Панджнад. Развитию и длительному существованию этой депрессии способствует не только вы-

сокая температура в приземном слое воздуха и динамическая депрессия над Тибетом, но и появление с наступлением летнего муссона меридиональных ускорений, способствующих восходящим движениям на 25—30° с. ш. Южноазиатский минимум определяет в дождливый сезон в районе Гималаев, Непале и долине Ганга преобладание у земной поверхности юго-восточного направления ветра, а на малабарском побережье и в Западных Гатах — юго-западных ветров. В нижней тропосфере над южноазиатским минимумом отмечается циклоническое вращение ветра.

Результирующий ветер на высоте около трех километров (над уровнем земной поверхности) в Афганистане и Западном Пакистане имеет северное или северо-восточное направление, что летом определяет преобладание в этих районах сухих континентальных воздушных масс. Южнее 23° с. ш. отмечаются западные ветры и только в долине Ганга и в Бирме юго-восточные ветры.

На высотах 7—9 км муссонная депрессия на средних картах давления не выражена, и над Южной Азией преобладают восточные ветры, обусловленные субтропическим антициклоном.

Образование в июне струйного течения на северном склоне Тибета и смещение в северные широты полярного фронта благоприятствуют перемещению междутропической зоны конвергенции из южного полушария в северное. Одновременно с этим начинаются дожди в Южной Индии и Бирме, которые затем быстро распространяются в северные районы Индии.

Наступление влажного муссона в июне происходит почти одновременно на малабарском побережье, в долине Ганга и Бирме в виде двух влагонесущих потоков. Поток влажного воздуха с Аравийского моря и восходящие движения в горах способствуют обильному увлажнению Западных Гат, где на склонах, обращенных к Аравийскому морю, в отдельных пунктах в среднем многолетнем отмечается более 3000 мм осадков в год. Например, в Бомбее за сутки иногда выпадает до 700 мм осадков.

Влажный южный и юго-восточный поток воздуха поступает с Бенгальского залива в Бирму и затем в долину Ганга. Влажные потоки наиболее часто встречаются в районе Ориссы, где перемещающаяся барическая ложбина определяет распределение большого количества осадков. Перемещение этой сезонной муссонной ложбины и изменение ее интенсивности определяют характер муссонных осадков в Индии и Бирме. За сутки в этом районе часто выпадает от 250 до 500 мм осадков. В Черрапунджи в среднем многолетнем отмечается более 11 тыс. мм осадков в год. Во время летнего дождливого сезона, продолжающегося с июня по сентябрь, периоды дождей чередуются с бездождными периодами.

Такие обильные осадки связаны с продвижением тропических циклонов из Бенгальского залива или Аравийского моря в Южную Азию. Перемещение глубоких циклонов летом происходит через Центральную Индию. Активность междутропической зоны конвергенции, неустойчивость атмосферы и вертикальные движения способствуют увеличению количества осадков.

Уже в июле междутропическая зона конвергенции располагается в северных широтах Индии и определяет проникновение экваториального муссона в северные районы Индии и восточную часть Западного Пакистана. В связи с этим на территории большей части Южной Азии, за исключением Афганистана и западной части Западного Пакистана, наблюдается летний максимум осадков. В Мултане, Лахоре, Симле и Лехе тоже отмечается летний максимум осадков, а в Пешаваре и Сринагаре наряду с главным зимне-весенним максимумом осадков отме-

чается вторичный летний максимум. Границу между районами с зимним и летним максимумами осадков можно наметить по междуречью Джелам и Инд, затем по р. Инд и несколько севернее Карачи. Прилегающие к этой границе равнины и пустынные области Западного Пакистана являются как бы переходной климатической зоной между областями с субтропическим типом климата и с климатом экваториальных муссонов. Юго-западный и юго-восточный влажные потоки в атмосфере, поступающие с Бенгальского залива и Аравийского моря в Южную Азию, включаются в один из четырех главных потоков атмосферной влаги на материк Азии в виде летнего индийского муссона [4]. В районе Черапунджи в отдельные годы отмечается более 15—16 тыс. мм осадков. Это одно из наиболее влажных и богатых осадками мест на земном шаре. В пустыне Тар и в Западном Пакистане, где располагается центр южно-азиатского климатологического минимума давления, в районе Джейкобабада в отдельные годы выпадает 3—5 мм осадков.

На северо-западе Индии муссон отступает в середине сентября, и здесь устанавливается ясная и прохладная погода. Октябрь и ноябрь являются месяцами отступающего муссона в Индии, Восточном Пакистане и Бирме. К концу октября область низкого давления перемещается из Северной Индии к центру Аравийского моря и Бенгальского залива, и усиление дождей осенью отмечается на восточном побережье Южной Индии. Здесь самым дождливым периодом года является вторая половина октября и ноябрь. К концу декабря область низкого давления перемещается к югу Бенгальского и Аравийского заливов. Ясная погода устанавливается с момента отступления муссона вплоть до третьей или четвертой недели декабря, т. е. до тех пор, когда западные возмущения приносят похолодания. Примерно с середины декабря хорошая погода в северной части Индии прерывается западными депрессиями и волновыми возмущениями, приходящими сюда через Иран. В течение января и февраля в среднем наблюдается около двенадцати возмущений, при прохождении которых в Пенджабе и Кашмире отмечаются дожди, а в Гималаях — снег. В Гималаях берут начало Инд и Ганг, питающиеся за счет таяния ледников и муссонных дождей. Эти реки не пересыхают и служат постоянным источником для орошения засушливых областей, в то время как на юге Индии реки в сухой сезон становятся маловодными и почти непригодными для орошения. В связи с этим осадки летнего муссона для Индии и Бирмы являются основным источником снабжения влагой.

Для того чтобы показать, в каких пределах изменяется месячное и годовое количество осадков, и для характеристики частоты возможного месячного и годового количества осадков над Южной Азией были выбраны 62 станции. Из них 33 станции имеют период наблюдений над осадками от 61 до 69 лет, 12 станций — от 51 до 60 лет, 17 станций — от 41 до 50 лет.

Из этих станций только 12 расположены в горах, а 50 на равнине и в предгорьях. Для всех станций была рассчитана суммарная вероятность месячного (для июля) и годового количества осадков по формуле Алексеева [1]

$$P = \frac{m - 0,25}{n + 0,50} \cdot 100,$$

где P — суммарная вероятность (обеспеченность) в процентах, m — порядковый номер члена ряда, n — число лет наблюдений.

По данным суммарной вероятности и среднему количеству осадков были построены интегральные кривые, при анализе и сопоставлении

которых особое внимание обращали на ту их часть, где обеспеченность осадков составляет более 50%. Эта часть интегральных кривых отражает обеспеченность наиболее часто встречающегося месячного количества осадков и в области обеспеченностей, близкой к 100%, характеризует основные особенности в условиях циркуляции и температурно-влажностном режиме атмосферы различных районов. По данным, снятым с интегральных кривых, были составлены месячные и годовые таблицы, характеризующие обеспеченность (суммарную вероятность) возможного среднего месячного и годового количества осадков. При выявлении зависимости между обеспеченностью возможного количества осадков и их средним количеством оказалось, что зависимость эта носит прямолинейный характер, но существует некоторый разброс точек, что позволило объединить данные многих станций в соответствующие группы по районам, наметить границы трех районов и построить для них номограммы.

Таблица 1а

**Обеспеченность годовой суммы осадков (мм).
Засушливый тропический и субтропический климат**

Станция	Среднее количество осадков	Обеспеченность, %										
		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Гилгит	129	215	185	155	140	135	130	120	110	90	70	60
Скардо	167	250	240	225	200	175	155	140	120	105	85	75
Кабул	314	540	440	380	345	320	300	280	260	235	210	185
Пешавар	342	560	490	435	390	365	335	300	275	245	210	140
Сринагар	662	940	850	780	740	700	660	625	580	540	490	450
Лех	99	175	139	120	108	99	91	82	75	67	54	42
Лахор	461	755	690	600	535	490	460	410	365	320	280	255
Кветта	233	385	340	285	255	235	225	210	185	165	130	115
Мултан	161	350	300	244	196	158	130	116	103	84	62	47
Дальбандин	83	154	135	110	98	90	82	76	74	50	28	12
Калат	168	296	260	227	220	186	170	150	130	110	82	50
Джейкобабад	91	240	210	175	150	125	92	62	40	22	8	5
Панджгур	120	250	200	160	140	120	100	95	80	75	60	40
Пасни	168	—	390	250	210	170	130	95	65	40	29	25
Карачи	193	560	450	330	250	180	130	95	70	60	50	35

К первому району были отнесены все станции, расположенные к западу от границы, разделяющей зимний и летний максимумы осадков [2] (табл. 1а, 1б и рис. 1). Это район с субтропическим типом климата и зимним максимумом осадков. Зимой здесь преобладают воздушные массы умеренных широт, а летом тропический воздух (лето сухое и жаркое). Только в отдельные годы возможно проникновение экваториального муссона. В восточной части гор Гиндукуш и Каракорум наблюдается проникновение экваториального муссона и отмечается вторичный летний максимум осадков на большей части территории Афганистана и Западного Пакистана.

Юго-западная часть Западного Пакистана характеризуется жарким засушливым климатом с большой суточной амплитудой температуры воздуха и почвы.

Ко второму району относится западное побережье Индостана от Ахмадабада до мыса Коморин. Далее граница второго района идет от Нагапаттинама, расположенного на восточном побережье Индостана, на север приблизительно вдоль 80° в. д. до Джабалпура, затем на Джайпур и Новый Дели, Горакхпур, Динаджпур, Черапунджи и по хребту Аракан-Йома (табл. 2а, 2б и рис. 2).

Таблица 16

Обеспеченность среднего месячного количества осадков (мм).
Засушливый тропический и субтропический климат. Июль

Станция	Среднее количество осадков	Обеспеченность, %										
		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Гилгит	11	41	29	18	12	8	5	4	3	1	1	0
Скардо	9	27	17	10	8	6	5	4	4	3	2	1
Кабул	2	13	8	3	1	0	0	0	0	0	0	0
Пешавар	33	150	100	63	35	20	13	10	6	4	1	0,5
Сринагар	58	161	117	85	69	56	46	38	30	24	17	13
Лех	14	41	33	22	16	11	8	6	4	3	2	1
Лахор	125	290	261	214	165	120	98	82	67	47	28	19
Кветта	11	65	42	24	15	8	4	2	1	0	0	0
Мултан	50	164	125	85	60	41	31	22	13	4	0	0
Дальбандин	3	26	15	4	3	2	1	0	0	0	0	0
Калат	16	62	51	34	19	9	5	2	1	1	0	0
Джейкобабад	30	230	102	63	45	31	18	9	4	2	1	0
Панджгур	23	106	72	44	25	10	3	1	0	0	0	0
Пасни	2	13	8	3	1	0	0	0	0	0	0	0
Карачи	83	300	245	156	96	64	43	24	9	2	0	0

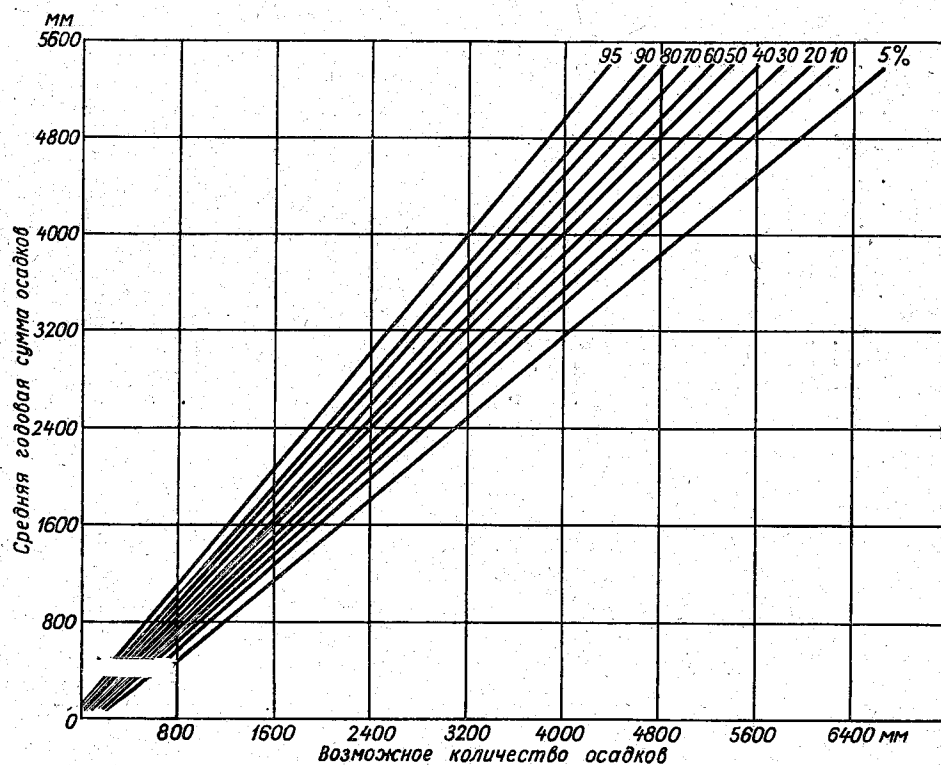


Рис. 1. Номограмма для расчета обеспеченности возможного годового количества осадков. Первый и третий районы.

Между двумя вышеуказанными районами располагается третий. Данные станций, расположенных в предгорьях и горах этого района, удалось объединить с данными станций, расположенных на плато Малва и плоскогорье Декан. Это обусловлено тем, что расхождения между

Таблица 2а

Обеспеченность годовой суммы осадков (мм).
Влажный климат экваториальных муссонов

Станция	Среднее количество осадков	Обеспеченность, %										
		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Барейли	1 047	1 605	1 465	1 320	1 200	1 110	1 010	920	840	760	660	580
Джайпур	600	1 050	910	775	690	620	565	500	450	395	325	280
Аллахабад	995	1 660	1 385	1 200	1 100	1 020	955	900	840	780	700	645
Динаджпур	1 821	2 590	2 350	2 100	1 940	1 840	1 780	1 710	1 610	1 430	1 260	1 210
Черапунджи	11 057	14 800	13 850	12 560	11 950	1 140	10 750	10 190	9 690	9 180	8 450	7 850
Бхудж	334	740	550	440	380	340	300	260	220	170	110	70
Ахмадабад	784	1 500	1 320	1 100	980	880	790	690	620	520	350	250
Калькутта	1 588	2 155	2 060	1 855	1 730	1 630	1 550	1 480	1 420	1 330	1 200	1 120
Читтагонг	2 860	3 800	3 560	3 260	3 120	2 980	2 860	2 735	2 550	2 370	2 210	2 050
Веравал	558	1 140	940	770	660	580	520	450	380	300	220	160
Патна	1 191	1 720	1 565	1 470	1 370	1 280	1 180	1 070	960	860	780	740
Каттак	1 548	2 180	1 970	1 780	1 665	1 570	1 495	1 445	1 375	1 285	1 145	1 120
Акьяб	5 204	6 700	6 150	5 800	5 530	5 330	5 170	5 000	4 780	4 500	4 140	3 980
Бомбей	1 878	2 650	2 465	2 270	2 100	1 970	1 880	1 780	1 680	1 480	1 200	980
Джагдалпур	1 567	2 190	2 010	1 760	1 640	1 600	1 560	1 500	1 420	1 320	1 180	1 030
Визагпатнам	960	1 430	1 345	1 200	1 095	1 010	930	860	810	725	605	510
Бельгаум	1 389	2 240	1 900	1 600	1 445	1 355	1 290	1 235	1 185	1 135	1 065	890
Масулипатам	1 061	1 650	1 500	1 330	1 200	1 090	1 010	935	880	790	690	620
Мангалор	3 330	4 110	3 910	3 750	3 630	3 520	3 410	3 240	3 070	2 950	2 820	2 550
Амини-Диви	1 463	2 150	1 930	1 700	1 600	1 520	1 420	1 350	1 240	1 160	1 020	950
Минькой	1 643	2 090	2 000	1 860	1 760	1 695	1 660	1 620	1 550	1 430	1 270	1 180
Мадрас	1 248	1 860	1 710	1 510	1 350	1 260	1 190	1 125	1 040	940	830	750
Каликут	3 062	3 900	3 600	3 400	3 260	3 130	3 030	2 920	2 800	2 665	2 525	2 400
Нагпаттиннам	1 315	2 070	1 920	1 740	1 580	1 420	1 280	1 180	1 060	960	800	680
Кочин	2 973	3 820	3 540	3 370	3 250	3 120	2 960	2 810	2 660	2 500	2 340	2 180
Коломбо	2 236	3 150	2 920	2 600	2 450	2 350	2 200	2 090	1 965	1 820	1 565	1 425

Обеспеченность среднего месячного количества осадков (мм).
Влажный климат экваториальных муссонов. Июль

Станция	Среднее количество осадков	Обеспеченность, %										
		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Барейли	313	680	560	430	390	330	290	250	230	180	115	70
Джайпур	190	400	340	270	230	200	175	150	130	105	70	45
Аллахабад	300	538	486	402	348	311	280	248	215	181	140	107
Динаджпур	395	690	620	552	486	420	366	336	304	258	208	192
Черапунджи	2464	4150	3700	3200	2850	2500	2250	2000	1830	1600	1200	880
Бхудж	146	410	290	230	190	150	120	90	70	50	20	10
Ахмадабад	315	660	530	460	390	340	290	240	185	140	90	65
Калькутта	321	580	512	416	368	330	300	276	250	214	174	144
Читтагонг	629	1130	1000	870	770	660	570	510	465	400	320	270
Веравал	230	650	545	415	320	230	170	130	105	85	60	40
Патна	290	520	460	380	350	320	280	260	220	180	140	100
Каттак	233	600	530	440	380	330	290	260	230	190	150	110
Акьяб	1348	2030	1870	1680	1530	1410	1200	1190	1080	980	900	850
Бомбей	638	1070	940	840	780	700	640	550	470	400	290	200
Джагдалпур	389	616	565	513	476	426	375	337	300	266	226	190
Визапатнам	109	240	180	140	120	115	110	90	80	60	40	20
Бельгаум	466	890	740	620	540	490	450	410	360	290	220	150
Масулипатам	172	290	260	230	210	190	160	150	130	110	90	60
Мангалор	1002	1540	1404	1282	1182	1088	998	912	840	770	660	508
Амини-Диви	300	560	480	420	380	350	320	250	220	170	90	50
Миникой	213	430	370	290	260	240	210	190	160	140	110	80
Мадрас	88	195	163	130	110	93	79	65	54	42	28	20
Каликут	844	1400	1230	1095	990	910	830	755	670	570	450	360
Нагпаттиннам	53	200	140	90	65	45	35	25	15	10	5	5
Кочин	605	1060	930	780	690	640	600	540	490	420	300	240
Коломбо	127	320	265	180	140	110	100	70	55	40	30	25

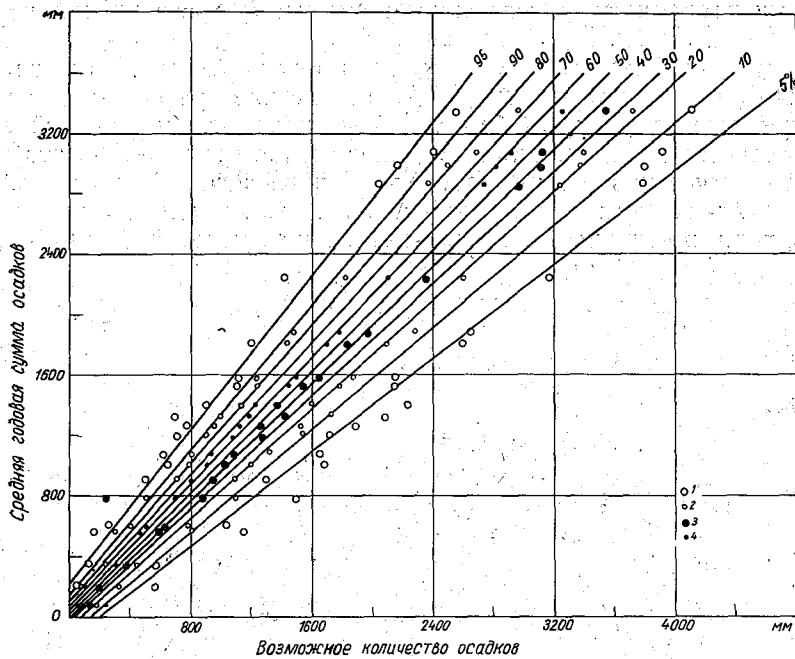


Рис. 2. Номограмма для расчета обеспеченности возможного годового количества осадков. Второй район.
1 — 5 и 95%, 2 — 20 и 80%, 3 — 40%, 4 — 60%.

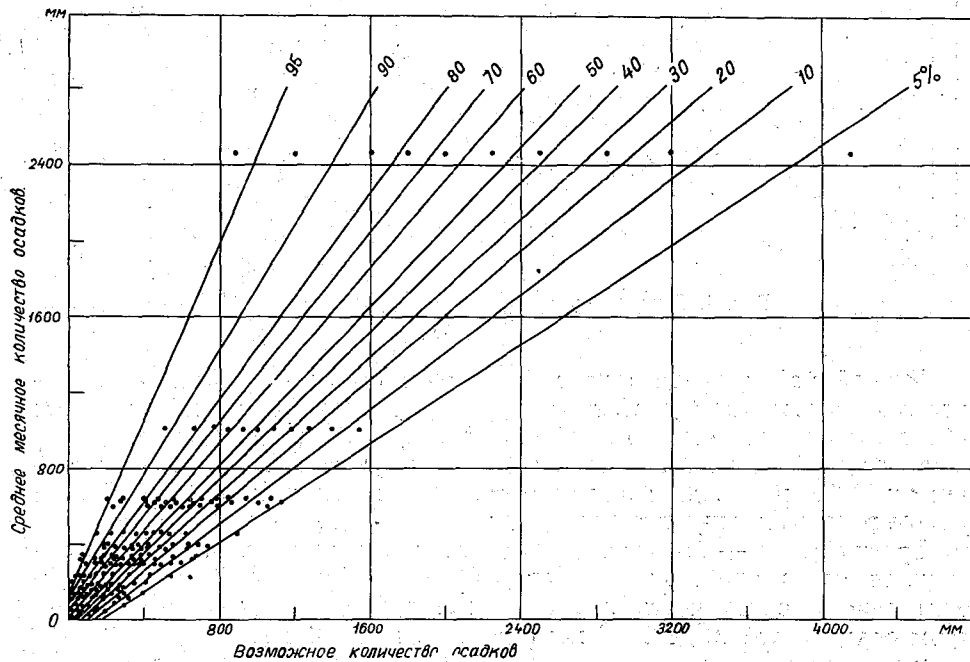


Рис. 3. Номограмма для расчета обеспеченности возможного месячного количества осадков. Июль.

принятыми градациями обеспеченности внутри третьего района не превышали 3—4% (табл. 3а, 3б и рис. 3).

Расхождения между принятыми градациями обеспеченности второго и третьего районов превышают 10%, вследствие чего они выделены в самостоятельные районы. Оба эти района находятся под воздействием экваториального муссона, что определяет резкое отличие климата экваториальных муссонов от климата субтропического. Различия между ними проявляются как в суммарной вероятности возможного количества осадков, так и в величине среднего многолетнего количества осадков.

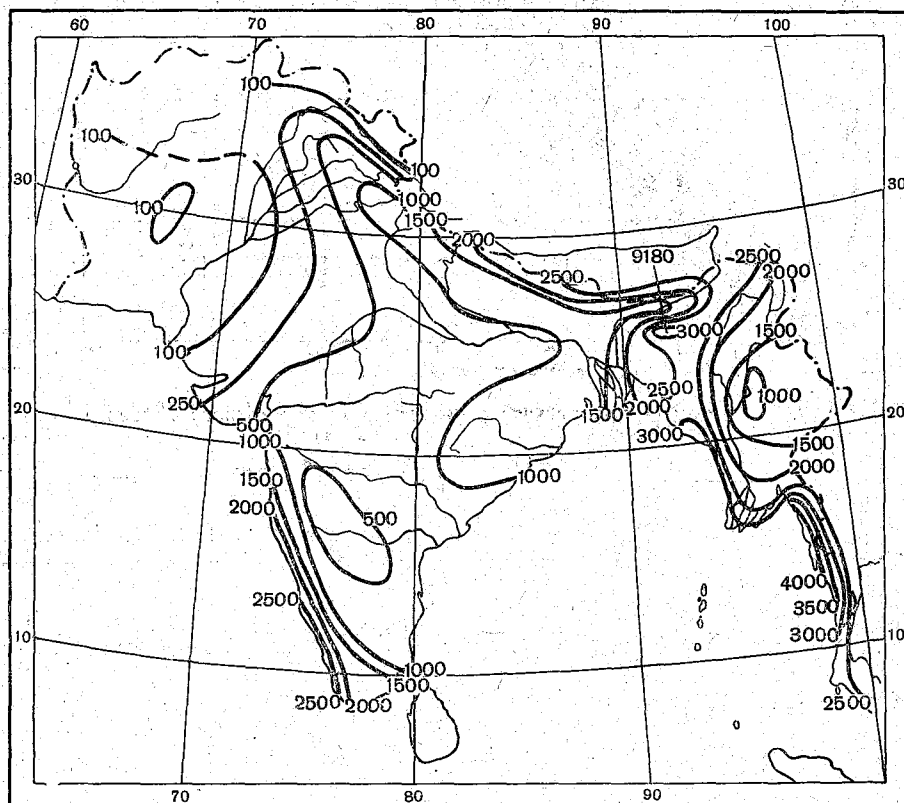


Рис. 4. Годовая сумма осадков обеспеченностью 80%.

Второй район представляет собой климатическую область экваториальных муссонов с достаточным увлажнением. Здесь, на западном побережье от Камбейского залива до мыса Коморин, в среднем за год выпадает от 1500 до 3500 мм, а у подножия горы Шиллонг в Черанпунджи 11 608 мм осадков за год. В дельте Ганга и на побережье Бирмы среднее годовое количество осадков колеблется от 2000 до 5000 мм.

Третий район — это область с неустойчивым увлажнением, она формируется под воздействием экваториального муссона. Здесь расположены районы с количеством осадков менее 250 мм, а также с количеством осадков от 250 до 1500 мм и от 1500 до 2500 мм.

В этом районе формируется субтропический засушливый климат пустыни Тар и высокогорный климат экваториальных муссонов, где среднее годовое количество осадков больше в пять раз и более, чем

Обеспеченность годовой суммы осадков (мм).
Умеренно влажный климат экваториальных муссонов

Станция	Среднее количество осадков	Обеспеченность, %										
		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Симла	1549	2140	1975	1770	1630	1550	1490	1440	1375	1310	1220	1115
Новый Дели	709	1025	975	910	845	795	750	700	630	550	430	365
Форакхур	1219	1670	1570	1435	1330	1250	1180	1140	1090	1035	950	860
Катманду	1395	1790	1720	1620	1520	1425	1360	1305	1260	1210	1150	1090
Дарджилинг	2920	3650	3415	3260	3135	3000	2885	2775	2660	2535	2390	2330
Дибругарх	2780	3270	3190	3090	2990	2880	2800	2700	2600	2500	2360	2260
Гаухати	1623	2040	1970	1875	1790	1710	1630	1510	1460	1370	1275	1220
Шиллонг	2119	2600	2480	2400	2340	2250	2160	2060	1930	1800	1630	1520
Бамо	1878	2400	2300	2150	2060	1970	1880	1790	1690	1590	1470	1430
Лашио	1574	2110	1940	1775	1660	1565	1490	1440	1405	1370	1315	1230
Мандалай	857	1170	1110	1030	970	900	840	785	740	715	640	550
Таунгу	2077	2640	2520	2340	2240	2150	2050	1950	1870	1800	1720	1600
Рангун	2640	3115	3030	2875	2765	2705	2640	2580	2500	2395	2245	2140
Моулмейн	4805	5630	5470	5320	5160	4960	4780	4620	4460	4310	4110	4000
Порт-Блэр	2953	3620	3480	3290	3180	3070	2970	2850	2710	2550	2420	2330
Мергун	4062	4765	4665	4475	4275	4120	4020	3920	3810	3700	3580	3420
Индор	961	1430	1280	1080	1000	930	860	800	740	680	580	490
Нагпур	1219	1625	1545	1455	1395	1350	1265	1180	1100	980	840	735
Бетүмпер	765	1240	1050	885	830	780	746	695	635	585	530	500
Бангалур	885	1240	1130	1035	975	902	870	820	780	720	650	610
Кодаканаль	1669	2100	2010	1880	1800	1730	1670	1615	1535	1430	1320	1230

Таблица 36

Обеспеченность среднего месячного количества осадков (мм).
Умеренно влажный климат экваториальных муссонов. Июль

Станция	Среднее количество осадков	Обеспеченность, %										
		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Симла	416	700	624	530	484	441	400	360	317	276	224	200
Новый Дели	229	460	445	360	275	235	205	170	140	110	60	30
Горакхпур	338	582	533	447	396	352	311	264	221	193	164	146
Катманду	374	580	510	445	416	383	353	331	308	284	261	249
Дарджилинг	768	1035	1050	925	840	815	775	725	665	610	540	450
Дибругарх	535	860	780	690	620	560	530	480	430	390	350	300
Гаухати	200	520	460	380	330	310	280	260	240	210	170	140
Шиллонг	339	660	560	450	400	350	320	280	240	190	120	100
Бамо	424	740	620	510	480	450	420	390	360	315	240	200
Лашо	302	460	420	370	330	300	280	255	240	225	200	180
Мандалай	82	200	155	125	105	85	70	55	45	35	20	15
Таунгу	436	615	570	520	480	460	435	415	390	350	300	265
Рангун	558	785	745	685	645	605	565	520	495	455	395	350
Моулмейн	1168	1670	1590	1440	1300	1200	1130	1060	1000	940	840	760
Порт-Блэр	373	740	630	470	425	380	340	320	270	240	220	180
Мергуи	793	1235	1130	985	880	790	765	710	660	600	520	450
Индор	288	495	450	396	350	300	260	236	218	196	156	104
Нагпур	370	570	536	486	442	404	366	332	295	250	204	165
Бегумпур	163	304	262	220	195	174	155	138	120	100	75	54
Бангалур	108	225	175	146	126	110	100	90	75	55	35	25
Коодаканаль	118	280	210	160	140	120	100	90	80	60	50	40

в Афганистане. По данным табл. 1—3 для Западного Пакистана, Индии, Восточного Пакистана и Бирмы построена карта годовой суммы осадков обеспеченностью 80% (рис. 4).

ВЫВОДЫ

1. На территории Южной Азии по характеру атмосферной циркуляции, годовому ходу осадков и по их годовой сумме выделено три района. Для этих районов построены номограммы для расчета обеспеченности возможной годовой суммы осадков и возможной месячной суммы осадков в июле.

2. Для Западного Пакистана, Индии, Восточного Пакистана и Бирмы построена карта годовой суммы осадков обеспеченностью 80%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Г. А. К вопросу определения эмпирических квантилей и коэффициента корреляции. Метеорология и гидрология, № 4, 1963.
2. Кодрау О. Д. Термико-влажностный режим тропосферы Центральной Америки и Вест-Индии и его связь с циркуляцией. Труды ГГО, вып. 232, 1968.
3. Лебедев А. Н. Влияние Атлантического и Индийского океанов на формирование климатов Африки. Труды ГГО, вып. 232, 1968.
4. Современные проблемы климатологии. Гидрометеиздат, Л., 1966.

О. Д. КОДРАУ

ХАРАКТЕРИСТИКА УРАГАНОВ НА КУБЕ

В тропических широтах одним из грозных атмосферных процессов является зарождение, развитие и перемещение тропических циклонов. Их возникновение связано либо с линиями сдвига в атмосфере, либо с барическими волнами, возникающими в пассатах. Путь тропического циклона зависит от циркуляции в высоких слоях атмосферы, от степени развития азорского антициклона и от характера подстилающей поверхности. В западной части Северной Атлантики при прохождении развившихся тропических циклонов в 60% случаев отмечается скорость ветра 38 м/сек. и более. Некоторые из таких циклонов перемещаются по одной или нескольким провинциям Кубы. Средняя годовая скорость ветра в районе о. Куба составляет 2,5—3 м/сек. В 34% всех случаев наблюдений в Гаване отмечаются скорости ветра 3 м/сек. и менее, а в 99% — менее 14,1 м/сек. С 1910 по 1929 г. в провинциях Лас-Вильяс и Камагуэй скорости ветра не превышали 27 м/сек.

Различная частота прохождения тропических циклонов через провинции Кубы определяет в этих провинциях различную частоту штормовых и ураганных скоростей ветра. Часто тропический циклон проходит через две провинции, вызывая в каждой из них штормовые или ураганные ветры. Иногда в одной провинции скорость ветра достигает штормовой, а в другой — ураганной силы. В таких случаях один тропический циклон отмечается в каждой провинции и в каждой из них с соответствующей скоростью ветра. Так, по данным Академии наук Кубы, за период с 1963 по 1966 г. на Кубе зарегистрировано пять тропических ураганов. При прохождении трех из них в пяти провинциях отмечалась скорость ветра от 56 до 61 м/сек. и порывы ветра с еще большей скоростью. Четыре урагана проходили через две или три провинции, производя на своем пути разрушения и причиняя значительный материальный ущерб.

Ураган «Альма» произвел большие разрушения и вызвал ливни в трех провинциях, а через провинцию Пипар-дель-Рио прошло два урагана. Самый жестокий ураган «Флора», с траекторией на Кубе в форме петли и со скоростями ветра, превышающими при порывах 90 м/сек., наблюдался на Кубе с 5 по 8 октября 1963 г. Этот ураган впервые был обнаружен 30 сентября 1963 г. восточнее о. Тринидад. При его прохождении на о. Гаити в зоне шириной около 25 км средняя скорость ветра достигала 49 м/сек., а отдельные порывы превышали 70 м/сек. В этой зоне было разрушено большинство домов легкой конструкции. Ураган «Флора» на пути следования от Табаго до Багамских островов оставил

большие разрушения, во время его погибло около 7000 человек [4]. Ранее такой силы разрушения отмечались только в 1780 г. во время прохождения Великого урагана. В провинциях Камагуэй и Ориенте за последние 200 лет такой ураган отмечался впервые. Здесь за пять дней выпало 1500 мм осадков, т. е. более годовой нормы.

Таблица 1

Число траекторий ураганов, их скорость и сила разрушений

Название урагана	Число траекторий в провинциях						Дата	Скорость ветра, м/сек.	Характер разрушений
	Пинар-дель-Рио	Гавана	Матансас	Лас-Вильяс	Камагуэй	Ориенте			
Флора . . .					1	1	5—8/X 1963 г.	56	Катастрофические разрушения и наводнения
Клео				1	1		21— 27/VIII 1964 г.	36—42	Небольшие разрушения
Исабель . .	1						13/IX 1964 г.	56—61	Большие разрушения и наводнения
Альма . . .	1	1	1				8/X 1966 г.	56—61	Большие разрушения и большие дожди
Инес	Дож- ди	Дож- ди		1		1	30/IX— 1/X 1966 г.	38	Дожди и сильное волнение на море

В табл. 1 дана характеристика ураганов, проникавших на Кубу с 1963 по 1966 г., а на рис. 1 показаны части их траекторий.

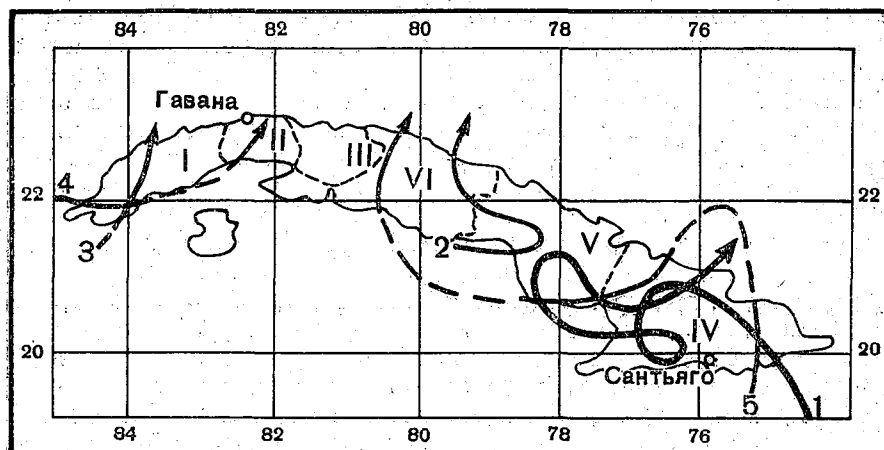


Рис. 1. Траектории ураганов на Кубе.

1 — Флора, 2 — Клео, 3 — Исабель, 4 — Альма, 5 — Инес.
Провинции: I — Пинар-дель-Рио, II — Гавана, III — Матансас, IV — Лас-Вильяс,
V — Камагуэй, VI — Ориенте.

В период с 1860 по 1967 г. наиболее часто тропические штормы и ураганы наблюдались с 1880 по 1889 г. В это десятилетие в четырех провинциях Кубы отмечались траектории ураганов со скоростью ветра более 53,7 м/сек. В каждой провинции было зарегистрировано от трех до семи траекторий штормов и ураганов со скоростью ветра 26,9 м/сек. и более.

Наибольшее число траекторий тропических циклонов со штормовыми и ураганскими скоростями ветра отмечено в провинции Пинардель-Рио. За период с 1860 по 1967 г. в этой провинции были отмечены траектории 14 ураганов со скоростью ветра более 40 м/сек. Из них в шести случаях скорость ветра превышала 53,7 м/сек. За этот же период в провинции Ориенте при прохождении тропических ураганов в шести случаях наблюдалась скорость ветра 40,2 м/сек. и более и только один раз более 54 м/сек.

По наблюдениям во всей Северной Атлантике, за период с 1901 по 1960 г. наибольшее число штормов и ураганов отмечалось в 1933 г. За этот год здесь образовался 21 шторм, из которых девять развились в ураганы [2].

В табл. 2 представлены данные, характеризующие по провинциям число случаев тропических циклонов различной интенсивности за период с 1860 по 1967 г.

Таблица 2

Число траекторий тропических циклонов различной интенсивности на Кубе за период с 1860 по 1967 г.

Интенсивность тропического циклона	Сила шторма или урагана	Скорость ветра, м/сек.	Число траекторий в провинциях					
			Пинардель-Рио	Гавана	Матансас	Лас-Вильяс	Камагуэй	Ориенте
Большая	Очень сильный ураган	53,6—67,0	6	5	3	1	2	1
Средняя . .	Сильный ураган	40,2—53,6	6	8	4	7	5	5
Малая . . .	Очень сильный шторм или ураган	26,8—40,2	17	14	12	12	11	15

Из табл. 1 следует, что траектория одного урагана обычно отмечается в двух, а иногда и в трех провинциях. Поэтому сумма всех случаев по провинциям с траекториями тропических циклонов различной интенсивности приблизительно в два раза больше, чем число самих тропических циклонов, проходивших по Кубе с 1860 по 1967 г. Около двух третей штормов и ураганов приходится на сентябрь и октябрь. В октябре очень сильные ураганы отмечаются в два раза чаще, чем в сентябре [3], [5]. В табл. 3 для определенных десятилетий дана повторяемость траекторий тропических циклонов, интенсивность скорости ветра которых в провинциях Кубы достигала штормовой и ураганной силы.

Очень редко тропические штормы и ураганы отмечались на Кубе в периоды с 1860 по 1869 г., с 1920 по 1929 г. и с 1950 по 1959 г. Так, с 1860 по 1869 г. при прохождении тропических циклонов было отмечено три случая, а с 1950 по 1959 г. пять случаев со скоростью ветра 26,8 м/сек. и более. За эти два десятилетия только один тропический циклон, проходивший через провинцию Гавана, сопровождался скоростью ветра 40 м/сек. и более. С 1920 по 1929 г. на Кубе отмечались ураганные скорости ветра в четырех провинциях. Всего за период с 1860 по 1967 г. на Кубу проникло 55—60 тропических циклонов, в которых скорость ветра превышала 26 м/сек.

Для определения скорости ветра, превышаемой за определенный

интервал времени по каждой провинции, были использованы данные табл. 2 и соотношение

$$F(u) = e^{-\left(\frac{u}{\beta}\right)},$$

где $F(u)$ — вероятность того, что скорость ветра в один из сроков наблюдений превзойдет u один раз в n лет;

N — количество наблюдений за год;

n — за сколько лет наблюдается один случай со скоростью ветра больше u ;

β и γ — параметры.

Вначале по данным скоростей ветра, соответствующим по величине середине градаций скорости, указанных в табл. 2, была определена суммарная вероятность ураганной скорости ветра. Затем, считая наблюдения четырехсрочными, был определен интервал времени, в который такая скорость ветра возможна во время урагана. С графика, построенного по этим данным, можно получить величину ураганной (максимальной) скорости ветра, возможной раз в год, раз в 5 лет и т. д. Аналогично можно получить максимальную скорость ветра и для наиболее частой за десятилетие (табл. 3) повторяемости ураганов, которая за 107 лет

Таблица 3

Повторяемость траекторий тропических циклонов различной интенсивности по десятилетиям. Куба

Период, годы	Скорость ветра, м/сек.	Провинция					
		Пинар-дель-Рио	Гавана	Матансас	Лас-Вильяс	Камагуэй	Ориенте
1860—69	54,0—67,0						
	40,0—54,0		1				
	27,0—40,0	2					
1870—79	54,0—67,0		2	2			
	40,0—54,0	1		1	2	1	2
	27,0—40,0	2	2	1	1	2	2
1880—89	54,0—67,0	1	1	1	1		
	40,0—54,0	1			2	1	2
	27,0—40,0	5	4	3	2	2	3
1890—99	54,0—67,0						
	40,0—54,0				1		
	27,0—40,0	1	2	2	3	2	2
1900—09	54,0—67,0						
	40,0—54,0		2			1	1
	27,0—40,0	4	1	1	2	3	3
1910—19	54,0—67,0	2					
	40,0—54,0	2	2				
	27,0—40,0		2				
1920—29	54,0—67,0	1	1				
	40,0—54,0	1		1			
	27,0—40,0						
1930—39	54,0—67,0					1	
	40,0—54,0	1	1	1	2		
	27,0—40,0		1	2			1
1940—49	54,0—67,0	1					
	40,0—54,0		2	1			
	27,0—40,0	2	1	1	2	1	
1950—59	54,0—67,0						
	40,0—54,0						
	27,0—40,0		1	1		1	2
1960—67	54,0—67,0	2	1	1		1	1
	40,0—54,0				1	1	
	27,0—40,0	1			1	1	1

Таблица 4

**Скорость ветра (м/сек.), возможная за определенные периоды лет
при средней и наибольшей повторяемости ураганов**

Провинция	Средняя повторяемость за период лет				Наибольшая повторяемость за период лет			
	1	5	10	20	1	5	10	20
Пинар-дель-Рио	26	38	50	61	33	47	60	67
Гавана	25	37	50	58	33	47	60	67
Матансас	23	30	41	48	33	47	60	67
Лас-Вильяс	23	33	42	47	33	50	60	67
Камагуэй	23	30	40	48	33	41	47	47
Ориенте	23	33	40	48	33	45	47	60

наблюдений отмечалась только в период с 1880 по 1889 г. Такие данные представлены в табл. 4.

Близкие результаты могут быть получены, если величины суммарной вероятности ураганных скоростей ветра нанести на график для сглаживания кривой распределения скоростей. Экстраполяция обработанных ежедневных четырехсрочных наблюдений за период с 1908 по 1912 г. показывает, что в Гаване один раз в год возможна скорость ветра не ниже 26 м/сек., в 5 лет — 29 м/сек., в 10 лет — 31 м/сек. и в 20 лет — 33 м/сек. [1].

Таблица 5

Максимальная скорость ветра (м/сек.). Сантьяго-де-Куба

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
1960	13,5	12,0	13,0	12,5	13,0	16,5	15,0	12,0	20,0	14,0	13,0	13,0	20,0
1961	10,0	18,5	14,5	13,0	12,5	13,5	15,5	20,0	14,5	21,0	16,0	14,0	21,0
1962	12,0	13,5	14,0	13,5	17,0	14,0	13,5	13,0	13,0	15,5	14,0	14,0	17,0
1963	12,5	13,0	14,0	14,0	15,5	15,5	20,0	16,0	15,0	29,0	—	14,0	29,0

Таблица 6

**Вероятность (числа случаев) возможности наблюдения циклона
со скоростью 57,6—67 м/сек. один раз за указанный период лет**

Провинция	Период лет				
	1	5	10	15	20
Пинар-дель-Рио	0,05	0,21	0,32	0,36	0,37
Гавана	0,04	0,17	0,29	0,35	0,37
Матансас	0,03	0,12	0,21	0,28	0,32
Лас-Вильяс	0,01	0,04	0,08	0,12	0,15
Камагуэй	0,02	0,08	0,15	0,21	0,26
Ориенте	0,01	0,04	0,08	0,12	0,15

Из табл. 4 следует, что максимальная скорость ветра в провинциях Пинар-дель-Рио и Гавана на 8—15 м/сек. выше, чем в других провинциях.

В табл. 5 дана максимальная месячная и годовая скорость ветра по наблюдениям в г. Сантьяго-де-Куба.

Если считать, что штормы и ураганы встречаются редко и поток ураганов ординарный и однородный, то для расчета вероятности появления ураганов с заданной скоростью за фиксированные интервалы времени представляется возможным применить закон распределения Пуассона

$$P_m = \frac{(\lambda t)^m}{m!} e^{-\lambda t},$$

где P_m — вероятность того, что ветер с заданной скоростью появится ровно m раз за t лет;

λ — средняя плотность потока ураганов, или среднее число ураганов за год;

t — интервал времени, за который подсчитывается число раз появления урагана с заданной скоростью;

m — число случаев за любой интервал времени t .

Результаты расчета по этой формуле даны в табл. 6.

ВЫВОДЫ

1. С 1860 по 1967 г. над Кубой прошло 55—60 тропических циклонов. При прохождении каждого из них в одной или нескольких провинциях отмечалась скорость ветра 26 м/сек. и более.

2. Наиболее часто штормы и ураганы наблюдались на Кубе в период с 1880 по 1889 г. В этот период в каждой провинции было отмечено от трех до семи траекторий тропических циклонов со штормовыми и ураганскими скоростями ветра.

3. Для каждой провинции Кубы за определенные интервалы времени дана максимальная скорость ветра и вероятность появления одного тропического циклона со скоростью ветра 57,6 м/сек. и более.

4. Данные о штормовых и ураганных ветрах на Кубе могут быть использованы в научных работах, а также для удовлетворения запросов со стороны народного хозяйства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анапольская Л. Е. Режим скоростей ветра на территории СССР. Гидрометеиздат, Л., 1961.
2. Кодрау О. Д. Характеристика штормовой деятельности, связанной с образованием тропических циклонов в западной части Северной Атлантики. Труды ГГО, вып. 182, 1965.
3. Русин Н. П. От Гаваны до острова Сокровищ. Гидрометеиздат, Л., 1964.
4. Хромов С. П. Тропические ураганы. Земля и Вселенная, № 2, 1966.
5. Рамирес М. Р., Кувшинов А., Фаньес Р. Р. Estudio Sobre presiones ciclonicas que pueden asumirse en Cuba para Los Disenos de lineas aereas. Nuestra industria Revista tecnologica, vol. 3. Havana, 1964—1965.

А. Ю. ЕГОРОВА

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОСАДКОВ В РАЙОНЕ ФИЛИППИНСКОГО АРХИПЕЛАГА

Характерной чертой климата Филиппинского архипелага является чрезвычайно неравномерное распределение осадков во времени и пространстве. Осадки на Филиппинах выпадают круглый год и общее их количество превышает местами 3000 мм. Здесь нет таких резко выраженных засушливых районов, как, например, в Бирме, Тайланде, Индии. Распределение осадков на Филиппинах зависит от многих факторов и в первую очередь от сезонной смены ветров, от степени изрезанности местности, от географического положения отдельных островов архипелага.

В различные сезоны года режим осадков на Филиппинах формируют следующие воздушные потоки. В зимне-весенний период над Филиппинами господствует северо-восточный муссон, идущий с Тихого океана к восточным берегам архипелага. В начале своего пути этот поток имеет северное направление и лишь в конце он принимает восточную составляющую. Влагосодержание потока велико. Горные хребты, преграждающие путь воздушным массам с востока, вытесняют их вверх; воздух конденсируется и увлажняется. Сильные дожди в этот сезон отмечаются вдоль всей восточной границы архипелага, так как она доступна действию северо-восточного муссона.

Осадки зимне-весеннего периода называют на Филиппинах северо-восточными муссонными дождями. Однако они не постоянны, так как зависят не только от миграции центра сибирского антициклона, но также и от прохождения депрессий, пересекающих зимой южную оконечность архипелага. Период начала дождей весьма неопределенный, ибо северо-восточный муссон вступает в силу в течение октября, ноября, а в иные годы он не наблюдается даже во второй половине декабря. Уже к марту центр высокого давления перемещается к востоку, юго-востоку и ветры начинают менять свое направление. Восточные берега еще богаты осадками, но уже в меньшей степени. Осадки распространяются далее на запад, преодолевая береговой барьер. Равномерность в распределении осадков нарушается.

В летне-осенний период происходит перераспределение сухих и влажных областей. Отчетливо появляется концентрация осадков на западе Филиппин. В силу вступает юго-западный муссон, который богат влагой до больших высот. Западные склоны гор являются в этот сезон

наветренными по отношению к господствующему муссону, в связи с чем летне-осенний период на западных берегах особенно дождливый. Перевалив через горные хребты, юго-западный муссон приходит на восточное побережье несколько обедненным влагой, но все же и здесь с ним связаны сравнительно большие количества осадков. Однако решающая роль в режиме увлажнения в этот период принадлежит тайфунам, которые пересекают архипелаг с востока, юго-востока на запад, северо-запад. Общие пути тайфунов располагаются по огромной параболе, обращенной вогнутостью на восток с точкой перегиба севернее о. Формоза.

Повторяемость тайфунных дождей целиком зависит от частоты прохождения тайфунов. В связи с этим они также не являются постоянными, а наблюдаются преимущественно с мая по октябрь. Эти дожди выпадают на всем архипелаге, но наиболее обильны они на о. Лусон, особенно в его западной части, которая больше всего подвержена действию тайфунов. Следовательно, как восточные, так и западные берега архипелага получают много осадков, но в различные сезоны года. Учитывая влияние орографии и сезонную смену ветров, на Филиппинах можно выделить 4 типа годового хода осадков.

Тип 1 характеризуется двумя резко выраженными сезонами. К сухому периоду относятся зима и весна, к дождливому — лето и осень. Преобладающими являются тайфунные дожди. Сухой сезон длится от 3 до 7 месяцев¹. Этот тип осадков встречается всюду на западных берегах островов.

Тип 2. Осадки наблюдаются в течение всего года с ясно выраженным максимумом зимой. Наибольшую повторяемость имеют так называемые северо-восточные муссонные дожди. Нередки также и летне-осенние тайфунные ливни. К этому типу относятся восточные берега всех островов.

Тип 3 — промежуточный. Для него характерно отсутствие ясно выраженного дождливого периода. Сухой период чрезвычайно короткий, 1—3 месяца. По годовому ходу этот тип ближе всего к типу 1, так как в нем короткий сухой сезон.

Тип 4 — промежуточный. Осадки выпадают в течение года и нет резкого различия между отдельными сезонами. Сухой сезон отсутствует.

Годовой ход осадков

Выделенные типы годового хода осадков показывают, что Филиппинский архипелаг характеризуется преимущественно резко выраженным сезонным распределением осадков. Средние годовые суммы варьируют от 1300 до 4400 мм, но на большей части территории островов они составляют 2000—4000 мм. На восточных и западных берегах годовое количество осадков не превышает 2500 мм, но в местах наиболее сильного увлажнения (восточные берега о. Лусон) оно превышает 3500 мм. К областям сильного переувлажнения относятся горные районы архипелага. Здесь находится наиболее дождливое место Филиппин — Багио, где при годовой норме 4400 мм 11/VII 1911 года была зарегистрирована рекордная сумма 1150 мм. Однако в этих местах осадки являются достаточно изменчивыми характеристиками, на что указывают коэффициенты вариации годовых сумм (около 0,30).

Наиболее северная часть Филиппин Баско получает в год столько же осадков, сколько и западные берега (1500—3000 мм). Самая засуш-

¹ Сухим месяцем на Филиппинах считается месяц, в котором выпадает не более 50 мм осадков. Однако за сухой иногда принимается и месяц с осадками 100 мм, особенно если он следует после трех или более влажных месяцев.

ливая область архипелага — долина Тугегарао, открытая с севера только для северо-восточного потока. Здесь годовые суммы ненамного больше 1500 мм. Относительно малыми годовыми суммами осадков характеризуются также острова Себу, Мариндуке, Бохоль, где они варьируют от 1500 до 1800 мм. Для западных берегов характерны большие годовые суммы осадков (2000—3000 мм), но, как мы увидим далее, они распределяются от месяца к месяцу крайне неравномерно. Здесь контрастно выделяются сухие и дождливые периоды.

Суммы осадков за отдельные годы оказываются довольно изменчивыми величинами не только по территории, но и во времени. Случаются резкие отклонения от нормы. Показателями колебаний служат квадратичные отклонения σ и коэффициенты вариации c_v . Чем больше c_v , тем более изменчивы осадки от года к году. Во влажных районах (восточные берега) c_v годовых сумм осадков изменяется от 0,12 до 0,20 и в относительно сухих районах (Тугегарао, Холо, Пуэрто-Принсеса) — от 0,20 до 0,30 (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты вариации (c_v) годовых сумм осадков

Лаоаг	0,29	Манила	0,24
Тугегарао	0,21	Сорсогон	0,22
Инфанта	0,13	Байомбонг	0,12
Санта-Крус	0,17	Багио	0,31

Чтобы выяснить распределение годовых сумм осадков в различных частях архипелага, обработке были подвергнуты данные наблюдений за отдельные годы по 50 станциям. Для каждой из них строились интегральные кривые распределения, с которых снимались величины различной обеспеченности (5, 10, 20, ..., 90 и 95%). Результаты этих расчетов послужили основанием для номографирования.

Методика номографирования испытана на осадках умеренной зоны СССР [1], тропических и экваториальных широт Африки [2]. С научной и практической точки зрения интересно было применить эту методику к дождливой области Филиппинского архипелага, где почти всегда выпадают обильные осадки. Вместе с тем мы хотели проверить и возможность совмещения данных различных районов, отличающихся по типу годового хода осадков. В случае номографирования осадков, имеющих неодинаковый годовой ход, значительно упрощается вопрос обобщения исходных данных и появляется реальная возможность получения характеристик осадков различной обеспеченности с помощью графических приемов расчета. Как увидим ниже, годовые и месячные суммы осадков климатической области Филиппин поддаются приемам номографирования (рис. 1).

На построенных номограммах длина наклонных линий различной обеспеченности характеризует изменение сумм осадков по территории Филиппин, а расстояние между наклонными линиями, соответствующее 5 и 95% обеспеченности, указывает на изменение величин по территории во времени. Чем длиннее наклонные линии различных обеспеченностей и чем меньше угол их наклона к оси абсцисс, тем большим изменениям подвержены годовые осадки в пространстве и тем отчетливее выступают различия и характерные особенности их распределения по территории в зависимости от климатообразующих факторов. Изменчивость сумм осадков от года к году выражается степенью изреженности наклонных линий различной обеспеченности, а именно: чем меньше расстояние между наклонными линиями различной обеспеченности, тем меньше изменчивость осадков во времени, и, наоборот, чем больше расстояние, тем большую изменчивость испытывают осадки во времени.

На рис. 1 приведена номограмма годовых сумм осадков, полученная по данным 50 станций. Она выражает закономерность распределения годовых сумм осадков для всех островов Филиппинского архипелага. С ее помощью можно вычислить суммы осадков заданной обеспеченности для любого пункта или района архипелага, если известна многолетняя средняя величина. Общий вид номограммы показывает, что изменчивость годовых сумм осадков довольно велика, они варьируют от 1200 до 4500 мм. Суммы осадков обеспеченностью 5, 10, 20, ..., 90, 95% дают ясное представление, в каких пределах возможно отклонение годовых сумм осадков от нормы в 90% лет. Максимальные и минимальные значения годовых величин уточняют, каковы суммы осадков, встречающиеся реже одного раза в 20 лет. Так, например, при норме 2500 мм в 95% лет (один раз в 20 лет) выпадает менее 1500 мм и в 5% лет более 3700 мм; при норме 4000 мм один раз в 20 лет может выпасть менее

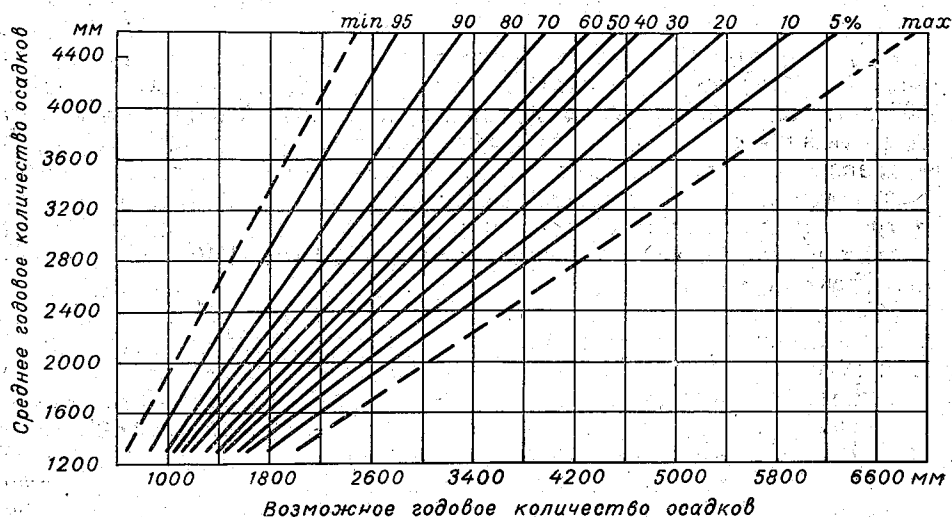


Рис. 1. Номограмма для расчета годовых сумм осадков различной обеспеченности для западного и восточного побережий Филиппин.

2500 мм и в 5% лет более 5900 мм. С помощью номограммы можно достаточно детально проанализировать возможные суммы осадков различной обеспеченности при той или иной норме. Но следует помнить, что годовые величины менее изменчивы, чем месячные, поскольку последние являются характеристиками значительно меньшего интервала времени.

Месячные суммы осадков варьируют в некоторых районах в довольно больших пределах. Наибольшие колебания внутри года отмечаются на ст. Багио. Максимальные разности по абсолютным значениям между средними величинами дождливого и сухого месяцев достигают здесь 1100 мм (в январе выпадает 20 мм, в августе 1118 мм). В других районах, например на островах Негрос (ст. Кулион), Папай (ст. Илоило), при годовых суммах осадков 2200—3000 мм в наиболее дождливый месяц в году (июль) выпадает 660—400 мм, а в сухой (март) только 11—35 мм. Сравнительно равномерное распределение осадков наблюдается на восточных берегах островов. В качестве примера можно привести ст. Вирак, где при годовой сумме осадков около 3000 мм в дождливый месяц (ноябрь) выпадает 475 мм, а в сухой (апрель) 115 мм. На ст. Катбалоган при годовой сумме около 3000 мм в дождливый месяц

Среднее квадратическое отклонение (σ мм) и коэф

Станция	I		II		III		IV		V	
	σ	c_v	σ	c_v	σ	c_v	σ	c_v	σ	c_v
Виган (з. п.)	13	2,78	16	2,08	15	1,74	29	1,45	170	0,77
Иба (з. п.)	10	1,28	9	1,38	27	1,65	41	0,96	263	0,88
Антиполо (з. п.)	26	0,96	23	1,19	22	1,14	45	0,98	129	0,65
Манила (з. п.)	18	0,93	11	1,02	19	1,10	36	1,12	111	0,80
Датт (з. п.)	184	0,52	224	0,79	149	0,65	114	0,74	87	0,50
Бутуан (в. п.)	204	0,60	135	0,71	95	0,56	71	0,44	95	0,53
Пуэрто-Принсеса (в. п.)	59	1,01	51	1,36	40	0,93	54	0,91	68	0,40
Себу (в. п.)	60	0,54	63	0,86	36	0,69	49	0,93	59	0,47

Примечание. з. п. — западное побережье, в. п. — восточное побережье.

(декабрь) выпадает 377 мм, а в сухой (апрель) 132 мм. Во многих районах, где в течение года выпадает как будто и много осадков (1500—2000 мм), тем не менее из-за неравномерного их распределения между сезонами значительная часть года оказывается засушливой. Такие условия характерны для западных берегов островов Лусон, Негрос, Панай. На западных берегах нет идеально равномерного распределения осадков внутри года по месяцам. Сухой период продолжается 6 месяцев. Норма дождливого месяца (июля) составляет 200—900 мм (Иба), а засушливого (февраля) — 5 мм.

Изменчивость месячных сумм осадков известным образом обусловлена сезонными процессами. Особенности распределения осадков по сезонам хорошо прослеживаются не только по самим нормам, но и по значениям коэффициентов вариации (c_v) и средним квадратическим отклонениям (σ). Значения σ имеют тот же годовой ход, что и сами месячные суммы осадков, но по этому признаку еще нельзя судить о самой изменчивости. Степень изменчивости элемента определяется c_v , который характеризуется обратным годовым ходом. Он быстро возрастает с увеличением засушливых признаков. Обычно чем больше засушливость, тем больше коэффициент вариации, поскольку осадки становятся более случайным явлением (табл. 2). В распределении c_v отчетливо проявляется сезонность. Это свидетельствует о том, что чередование влажных и сухих периодов представляет одну из характернейших черт в распределении осадков на Филиппинах. Так, наибольшие значения c_v , равные 2,78; 1,78 и т. д., наблюдаются на западных берегах в засушливый период с января по март. На восточных берегах в течение года коэффициент вариации составляет в среднем 0,50 с максимумом в зимне-осенний период. На фоне годовых сумм осадков (2500—4000 мм) выделяются декабрьские и январские осадки на восточном побережье. В качестве примера можно привести данные Суригао, где при годовой норме 3600 мм в декабре в среднем выпадает 625 мм, а в январе 550 мм. В зимне-осенний период наибольшие площади с осадками концентрируются на восточных берегах, начиная от 15° с. ш. к югу до Минданао. В то же время западные берега находятся в условиях засушливого климата. В районе Виган средняя сумма осадков января составляет лишь 3 мм, февраля — 6 мм. Январские суммы на западных берегах повсюду не превышают 50 мм. Такое положение сохраняется до апреля. Однако восточные берега по-прежнему остаются самыми влажными районами, где месячные нормы уменьшаются лишь до 200—300 мм.

Таблица 2

Коэффициент вариации (c_v) месячных сумм осадков

VI		VII		VIII		IX		X		XI		XII	
σ	c_v	σ	c_v	σ	c_v	σ	c_v	σ	c_v	σ	c_v	σ	c_v
154	0,42	426	0,55	462	0,58	349	0,78	123	0,96	37	1,19	22	1,78
251	0,42	439	0,44	498	0,52	357	0,55	119	0,57	112	1,24	28	1,19
187	0,57	227	0,38	394	0,65	210	0,48	124	0,47	172	0,83	81	0,85
142	0,55	229	0,54	329	0,71	144	0,41	105	0,56	108	0,76	53	0,72
108	0,62	119	0,49	76	0,45	187	0,54	182	0,32	234	0,34	239	0,41
61	0,38	73	0,51	54	0,51	75	0,56	118	0,55	99	0,42	152	0,52
76	0,39	110	0,50	72	0,40	72	0,34	150	0,57	206	0,73	213	0,81
69	0,41	76	0,43	83	0,58	79	0,45	121	0,56	84	0,49	61	0,51

В зимне-осенний период восточные берега архипелага получают почти в 30 раз больше осадков, чем западные. В июле происходит как бы территориальное перераспределение сухих и влажных областей. Бывшие засушливые области в зимний период теперь получают осадки с избытком. Восточные берега островов в июле получают 150—300 мм осадков (Вирак, Таклобан, Легаспи). В летний период на о. Лусон осадков выпадает в несколько раз больше (200—600 мм), чем в январе—феврале. Осадки распределяются сравнительно равномерно. Месячные суммы повсюду варьируют в пределах 200—700 мм. Стимулирующим механизмом осадков в это время является внутритропическая конвергентная зона, которая в июле располагается вблизи архипелага. Немалую роль в увеличении осадков в этот период играют тропические циклоны. Так называемые «тайфунные дожди» составляют в летний период большую часть общего количества осадков, выпадающих на архипелаге.

Таблица 3

Сезонные суммы осадков (мм) по типам годового хода

Станция	Тип осадков	Май — сентябрь	Ноябрь — март
Иба	1	3340	155
Багио	1	3650	265
Виган	1	2350	73
Легаспи	2	1040	1830
Суригао	2	760	2320
Думагете	3	650	540
Замбоанга	3	480	356
Тагбиларан	4	475	670
Давао	4	950	630

В табл. 3 приведены суммы осадков за периоды май—сентябрь (период тайфунных дождей) и ноябрь—март (период северо-восточных муссонных дождей). Из таблицы видно, что наибольшее количество осадков типа 1 наблюдается в летний период, когда их выпадает больше 3000 мм. Наибольшее количество осадков типа 2 наблюдается в зимний сезон, но достаточно много осадков и летом. При типах 3 и 4 осадки распределяются равномерно в течение года.

Ниже остановимся на характеристике дождливых периодов трех основных районов Филиппинского архипелага: о. Лусон, группы остро-

вов под общим названием Визайяс (острова Миндоро, Панай, Негрос, Себу, Самар, Лейте) и о. Минданао (табл. 4).

Таблица 4

Распределение осадков в трех основных районах Филиппин

Район	Периоды дождя			
	1-й макс.	2-й макс.	1-й мин.	2-й мин.
Лусон	август	—	апрель	—
Визайяс	июль	ноябрь	апрель	август
Минданао	июль	декабрь	апрель	август

На островах Минданао и Визайяс наблюдается два максимума и два минимума. Первый максимум обычно отмечается между июнем и августом, а минимум в апреле. Из трех рассмотренных районов наиболее влажной областью является Лусон.

Изменчивость месячных сумм осадков

На основании обеспеченностей месячных сумм осадков, вычисленных по данным 50 пунктов, были построены номограммы для западных и восточных берегов архипелага в сухой и влажный периоды (табл. 5). По этим номограммам можно вычислить месячные суммы осадков различной обеспеченности для всех значений норм. Суммы осадков обеспеченностью 5, 10, 20, ..., 90 и 95% дают ясное представление, в каких пределах возможно отклонение месячных сумм осадков от нормы в 90% лет. Крайние значения месячных величин уточняют, каковы суммы осадков, встречающиеся реже одного раза в 20 лет.

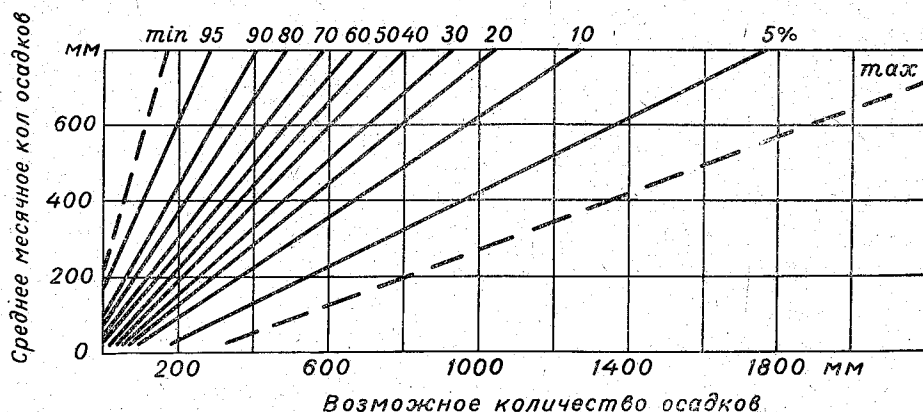


Рис. 2. Номограмма для расчета месячных сумм осадков различной обеспеченности на западном побережье в дождливый сезон (V — XI).

печенностью 5, 10, 20, ..., 90 и 95% дают ясное представление, в каких пределах возможно отклонение месячных сумм осадков от нормы в 90% лет. Крайние значения месячных величин уточняют, каковы суммы осадков, встречающиеся реже одного раза в 20 лет.

На рис. 2 представлена номограмма для западных берегов архипелага в дождливый сезон. Как уже отмечалось, западные берега отличаются большой изменчивостью годовых и межгодовых месячных сумм

Таблица 5

Месячные суммы осадков (мм) различной обеспеченности

Станция	Максимальное	Среднее	Обеспеченность, %										Минимальное
			5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95

Январь

Виган (з. п.)	66	5	27	14	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Иба (з. п.)	35	8	31	23	15	11	7	3	1	1	0	0	0	0
Антиполо (з. п.)	108	27	99	58	39	32	26	22	19	13	4	1	1	0
Манила (з. п.)	65	19	55	48	35	25	18	12	8	6	3	1	0	0
Дагт (в. п.)	759	355	753	665	475	440	400	345	275	217	178	155	145	142
Бутуан (в. п.)	820	340	745	650	530	454	380	300	225	165	135	115	100	97
Пуэрто-Принсеса (в. п.)	188	58	187	163	116	69	47	35	25	17	11	7	3	2
Себу (в. п.)	260	111	244	213	153	125	109	96	84	73	63	53	37	25
Багно (в. п.)	147	19	86	58	24	15	11	7	5	3	2	2	1	0

Апрель

Виган (з. п.)	105	20	93	70	32	19	13	8	4	1	0	0	0	0
Иба (з. п.)	147	43	136	116	80	47	33	26	20	16	13	8	4	0
Антиполо (з. п.)	194	46	144	109	76	56	42	32	24	16	10	4	1	0
Манила (з. п.)	174	32	110	83	56	42	28	17	12	8	5	2	1	0
Дагт (в. п.)	460	154	435	327	223	192	166	136	110	80	55	32	20	18
Бутуан (в. п.)	316	161	300	268	229	201	172	146	126	110	96	77	58	49
Пуэрто-Принсеса (в. п.)	224	60	157	128	90	64	52	42	34	26	18	11	6	4
Себу (в. п.)	222	52	154	117	89	64	50	40	30	20	13	5	2	1
Багно (в. п.)	376	118	275	210	160	136	120	110	94	84	68	37	15	6

Станция	Максимальное	Среднее	Обеспеченность, %										Минимальное
			5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95

Июль

Виган (з. п.)	1661	778	1620	1413	1167	1030	865	695	540	430	368	303	256	236
Иба (з. п.)	2114	989	1855	1640	1313	1175	1045	954	890	800	606	395	295	240
Антиполо (з. п.)	1061	602	940	865	787	740	690	630	560	485	390	255	185	168
Манила (з. п.)	1191	427	850	750	635	540	455	365	293	250	220	200	180	152
Дэгт (в. п.)	500	245	492	455	367	295	233	194	182	168	151	116	107	106
Бутуан (в. п.)	289	143	283	256	205	181	160	139	120	102	76	40	27	25
Пуэрто-Принсеса (в. п.)	572	218	486	344	265	235	215	198	185	168	148	110	59	53
Себу (в. п.)	339	178	320	278	237	221	205	183	155	131	108	73	44	34
Багио (в. п.)	3382	1138	2740	2220	1660	1350	1120	924	775	650	520	390	310	277

Октябрь

Виган (з. п.)	544	128	430	300	197	148	116	95	73	52	33	17	9	2
Иба (з. п.)	522	209	496	426	289	245	207	181	159	137	113	81	61	50
Антиполо (з. п.)	594	262	520	438	357	305	270	237	218	201	170	108	60	41
Манила (з. п.)	457	188	385	338	270	238	210	184	154	115	85	63	45	10
Дэгт (в. п.)	877	572	870	822	730	675	640	595	534	476	414	315	200	181
Бутуан (в. п.)	542	213	520	386	280	225	198	180	162	145	128	106	88	54
Пуэрто-Принсеса (в. п.)	739	268	620	430	355	316	280	250	218	195	162	103	55	38
Себу (в. п.)	589	216	410	334	303	285	260	204	157	129	105	76	57	44
Багио (в. п.)	883	305	835	650	457	345	267	220	197	170	143	113	93	63

осадков (от 8 до 990 мм). Дождливый период начинается с мая и продолжается до октября. От мая к июню и особенно к июлю месячное количество осадков увеличивается весьма значительно. Июльские суммы почти всюду в 3—4 раза больше майских. Результаты расчетов по вероятностным характеристикам показывают, что осадки дождливых месяцев отличаются весьма большой изменчивостью от года к году. По внешнему виду номограмм видно, как быстро с увеличением норм возрастает амплитуда между минимальными и максимальными суммами осадков, но изменчивость осадков от года к году постепенно уменьшается; в частности, в июле при норме 1660 мм разность между суммами осадков 5 и 95% обеспеченности ($x_5 - x_{95}$) составляет 522 мм, а при норме 3382 мм — 818 мм. Отношение разности к норме в первом случае равняется 0,32, а во втором 0,21. В сухой период при норме

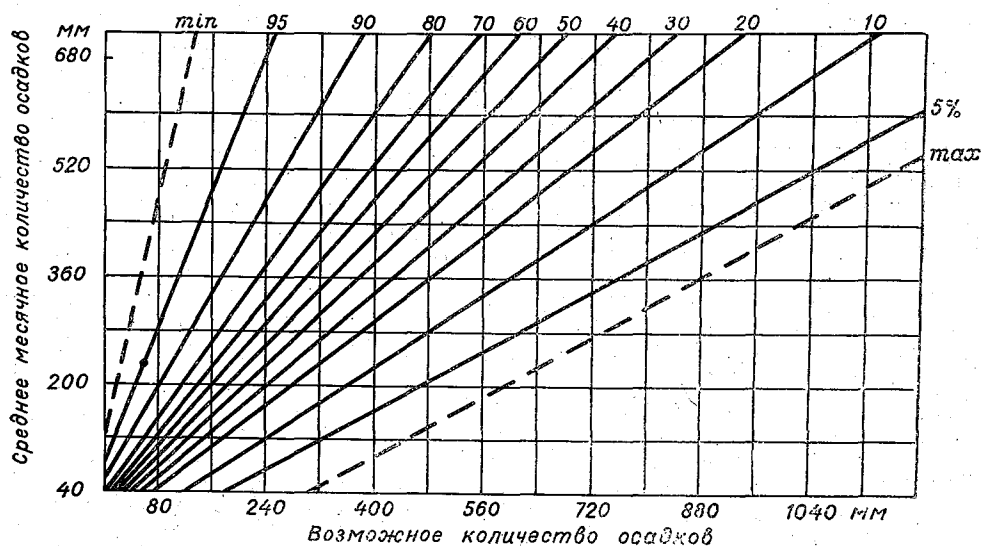


Рис. 3. Номограмма для расчета месячных сумм осадков различной обеспеченности на восточном побережье в сухой сезон (IV—XI).

300 мм выпадает 45 мм, при норме 600 мм — 110 мм. Во влажный период при этих же нормах соответственно выпадает 1050 и 1900 мм. В годы максимальных осадков на западных берегах в засушливый период при норме 50 мм может выпасть 280 мм, а при норме 150 мм — 600 мм.

Номограмма показывает также, что с увеличением норм максимально большие величины возрастают значительно быстрее, чем максимально малые. Так, при норме 100—200 мм минимальные суммы осадков варьируют от 5 до 35 мм, а максимальные в пределах 360—650 мм. Значительная изменчивость экстремально больших сумм подчеркивается наклонным положением линий обеспеченностей правой части номограммы. Эти особенности прослеживаются и на восточных берегах островов (рис. 3). Средние суммы осадков в период с IV по XI (сухой сезон) изменяются от 40 до 700 мм, а фактические колеблются от 20 до 80 мм и максимальные от 600 до 1120 мм. Минимумы в 5—10 раз меньше нормы, а максимум в 2 раза больше нормы. В годы максимальных осадков в этот период при норме 100 мм может выпасть 420 мм и при норме 400 мм — 1000 мм. В дождливый период (рис. 2) при нормах 200—

500 мм минимальные величины варьируют в пределах от 5 до 42 мм, а максимальные при той же норме изменяются от 720 до 1720 мм. В этом случае минимум меньше нормы.

Суточный максимум осадков

Суточные максимумы осадков распределяются в соответствии с годовым ходом осадков и общим характером увлажнения территории. Распределение максимальных величин осадков за сутки проанализировано по данным 33 станций, охватывающим все острова архипелага за период с 1919 по 1938 г. В течение этих лет самым большим суточным максимумом оказалась величина 880 мм, отмеченная в 1911 г. на ст. Багио. В табл. 6 представлены значения максимумов по месяцам на различных островах.

Таблица 6

Суточный максимум осадков (мм)

Станция	Остров	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Баско	Батан . . .	155	61	151	90	89	214	179	240	570	478	248	152
Апарри	Лусон . . .	119	72	92	137	131	168	236	206	261	236	310	134
Манила	Лусон . . .	38	44	51	62	211	217	294	276	235	194	278	70
Багио	Лусон . . .	92	48	56	88	161	497	880	533	800	650	171	184
Боронган	Самар . . .	531	233	236	232	240	333	87	75	164	196	571	221
Илоило	Панай . . .	119	79	58	85	224	155	233	222	152	183	237	172
Таклобан	Лейте . . .	247	132	180	136	143	105	244	88	116	150	206	184
Калапан	Миндоро	72	51	55	193	155	171	130	199	148	155	219	136
Пуэрто-Принсеса	Палаван . .	84	45	59	64	79	56	95	67	102	255	181	248
Суригао	Минданао	200	238	221	248	119	66	160	105	82	320	253	424
Холо	Сулу . . .	150	132	159	139	232	265	103	102	85	101	121	147

Наибольшие суточные максимумы осадков приходятся обычно на начало или конец дождливого сезона и значительно реже на его середину, а наименьшие их величины — на сухой сезон. Эта закономерность сохраняется всюду. Как правило, наибольшие суточные величины осадков наблюдаются, с одной стороны, в более увлажненных районах и, с другой стороны, в период развития юго-западного муссона и тайфунов. Поэтому самые большие суточные максимумы осадков характерны для восточных берегов. Наименьшие встречаются на западе архипелага с ноября по март, когда действие юго-западного муссона ослаблено. В ряде случаев суточные максимумы осадков оказываются больше, чем многолетние средние месячные величины, что видно из сравнения данных табл. 6 и 7. Это значит, что за один день может выпасть осадков больше месячной нормы.

Таблица 7

Средние месячные и годовые суммы осадков (мм)

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Баско (з. п.)	228	131	130	94	212	214	316	399	347	367	342	320	3100
Манила (з. п.)	24	11	18	32	128	250	425	420	350	190	142	64	2054
Вирак (в. п.)	232	188	158	115	168	206	226	154	238	346	475	420	2926
Илоило (з. п.)	60	40	35	49	155	264	396	366	287	264	206	121	2242
Пуэрто-Принсеса (в. п.)	36	15	60	34	126	158	177	178	222	190	216	121	1533
Холо (з. п.)	107	106	106	142	207	212	166	170	187	217	213	170	2004

Таблица 8

Число дней с осадками за год при различных
суточных суммах

Станция	Суточная сумма, мм					
	≥ 0,1 мм	≥ 1,0 мм	≥ 5 мм	≥ 10 мм	≥ 30 мм	≥ 50 мм
Апарри	170	144	85	58	20	6
Баско	221	178	108	71	30	9
Багио	190	162	119	87	35	13
Манила	163	128	84	60	29	7
Илоило	175	148	91	62	24	9
Себу	170	137	75	49	12	2

Например, в Баско почти во все месяцы года суточные максимумы осадков заметно больше средних месячных величин; в частности, при норме сентября 347 мм суточный максимум достигает 570 мм. Суточные максимумы в сухое время года могут в два-три раза и более превышать месячную норму. Это значит, что один ливень дает столько осадков, сколько выпадает в среднем за 2—3 года в данном месяце. Например, в Пуэрто-Принсеса в январе при норме 36 мм за сутки может выпасть 84 мм, в феврале при норме 15 мм — 45 мм. Там, где дождливые периоды продолжительны, суточные максимумы осадков не перекрывают месячных норм. Здесь они в два раза меньше средних месячных величин. Однако в большей части случаев обычные суточные величины до 10 мм. На их долю приходится 50—70% всех дней с осадками. Даже в районе Багио 70% годового объема осадков формируется за счет дождей, дающих не более 10 мм в сутки. В дождливый сезон суточные суммы ≥ 60 мм наиболее вероятны на западных берегах (табл. 8).

Число дней с осадками

Средние значения числа дней с осадками строго следуют за внутригодовым распределением количества осадков (табл. 9). Средние значения числа дней с осадками колеблются в широких пределах как внутри влажного, так и внутри сухого периода. В сухой период на западных берегах число дней с осадками колеблется от 1 до 6, во влажный — от 9 до 24. На восточных берегах осадки выпадают чаще и распределяются сравнительно равномерно от месяца к месяцу. Наибольшая изменчивость числа дней с осадками наблюдается повсюду в дождливый сезон. На всем архипелаге число дней с осадками в году велико. В районах Кальбайог, Таклобан, Суригао (восточное побережье) в среднем за год наблюдается 220 дней с осадками. В местах с продолжительным засушливым периодом (западные берега) число дней с осадками в году составляет 130—190, таких мест на Филиппинах немало. Полностью отсутствуют области, где число дней с осадками в году не превышало бы 100.

По годовому ходу числа дней с осадками можно выделить два типа. Для первого из них характерно резкое увеличение числа дней с осадками от засушливого к дождливому периоду. В этом случае наблюдается один хорошо выраженный летний максимум (до 26 дней) и хорошо выраженный зимний минимум (от 1 до 5 дней). К этому типу относятся все области, лежащие на западных побережьях островов Лусон, Негрос, Миндоро, Палаван, Панай.

Таблица 9

Среднее месячное и годовое число дней с осадками

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Виган	1	1	1	2	11	19	22	22	17	9	3	2	109
Иба	2	2	2	5	14	21	25	26	21	14	7	4	142
Сан-Хосе	5	4	3	5	15	21	23	21	21	16	11	6	143
Манила	6	4	4	4	13	18	24	23	21	19	15	10	160
Багио	4	4	6	10	22	23	27	26	24	19	11	7	179
Балер	16	15	17	18	18	16	18	14	17	19	117	18	208
Легаспи	22	16	16	15	15	16	20	16	19	21	24	23	213
Суригао	26	20	22	19	13	14	15	13	14	20	22	25	221
Тугегарао	7	5	6	7	12	12	16	15	13	13	15	11	136

Для второго типа характерно равномерное распределение числа дней с осадками от месяца к месяцу. Он прослеживается на северо-восточных и юго-восточных частях островов Лусон, Самар, Лейте, Минданао. Здесь нет ни четко выраженного максимума, ни четко выраженного минимума. На Филиппинах много районов, где возможны довольно длительные, непрерывные дождливые периоды. Иллюстрацией служат данные табл. 10.

Таблица 10

Продолжительность дождливых периодов (в днях)

Станция	Начало	Конец	Продолжительность
Виган	12/XII	24/V	165
Сан-Фернандо	11/XII	19/III	100
Куйо	29/XII	2/V	125
Илоило	20/I	28/III	68
Себу	19/I	7/III	48
Замбоанга	16/I	27/III	43
Давао	22/I	28/II	38
Багио	2/XI	7/XII	36
Манила	19/III	12/IV	25

Особенно дождливыми являются районы Виган и Лаоаг. Так, в 1925 г. в районе Виган дожди шли ежедневно с 12/XII по 24/V.

В отдельные годы число дней с осадками может значительно отклоняться от средних многолетних значений. Чтобы показать структуру изменчивости числа дней с осадками от года к году, можно воспользоваться данными, приведенными в табл. 11.

Из табл. 11 видно, что в январе в районе Баско при норме 20 дней число дней с осадками может колебаться от 6 до 30; в районе Легаспи при норме 22 дня — от 0 до 27 дней. Общие закономерности изменчивости числа дней с осадками по месяцам и в году описываются номограммами, представленными на рис. 4—6.

На рис. 4 номограмма дает представление о междугодовой изменчивости числа дней с осадками различной обеспеченности в зависимости от средних значений для всего архипелага. Так, при средней 150 дней с осадками в году в засушливые годы может быть 90 дней, а во влажные 200 дней, но в 60% лет наблюдений бывает 155 дней с осадками.

Номограмма на рис. 5 показывает изменение числа дней с осадками в сухой период на западных побережьях. Линии различных обес-

Таблица 11

Число дней с осадками различной обеспеченности

Станция	Среднее	Максимальное	Обеспеченность, %											Минимальное
			5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	
Январь														
Баско	20	30	30	28	25	23	21	20	18	16	14	10	7	6
Легаспи	22	27	27	26	26	25	24	23	21	18	16	12	4	0
Таклобан	22	30	29	28	26	24	23	22	21	20	19	17	15	12
Замбоанга	8	20	15	13	11	10	9	8	7	6	5	3	0	0
Пуэрто-Принсеса	7	17	15	13	10	8	7	6	6	5	3	1	1	1
Апрель														
Баско	9	17	16	14	12	11	11	10	9	7	6	5	4	4
Легаспи	15	21	21	20	19	17	16	15	14	12	10	8	6	6
Таклобан	16	25	23	21	20	19	18	17	15	14	12	10	8	6
Замбоанга	7	13	13	12	10	8	8	7	7	6	5	3	2	2
Пуэрто-Принсеса	7	16	16	14	10	9	8	7	6	5	4	3	2	2
Июль														
Баско	20	26	26	24	23	22	22	21	21	20	18	14	7	7
Легаспи	20	25	25	24	23	23	22	21	19	17	15	13	12	12
Таклобан	17	23	23	22	20	19	18	17	16	16	15	13	11	10
Замбоанга	14	22	20	19	17	16	15	14	12	11	10	9	8	7
Пуэрто-Принсеса	19	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	14	12	12
Октябрь														
Баско	21	29	28	26	25	24	23	22	21	20	19	16	8	8
Легаспи	21	29	28	27	25	24	23	22	21	19	18	16	14	7
Таклобан	20	25	25	24	23	22	21	21	20	20	19	15	14	14
Замбоанга	15	21	21	20	19	17	15	14	14	13	12	9	6	6
Пуэрто-Принсеса	20	26	26	25	24	23	22	21	20	19	17	14	11	9

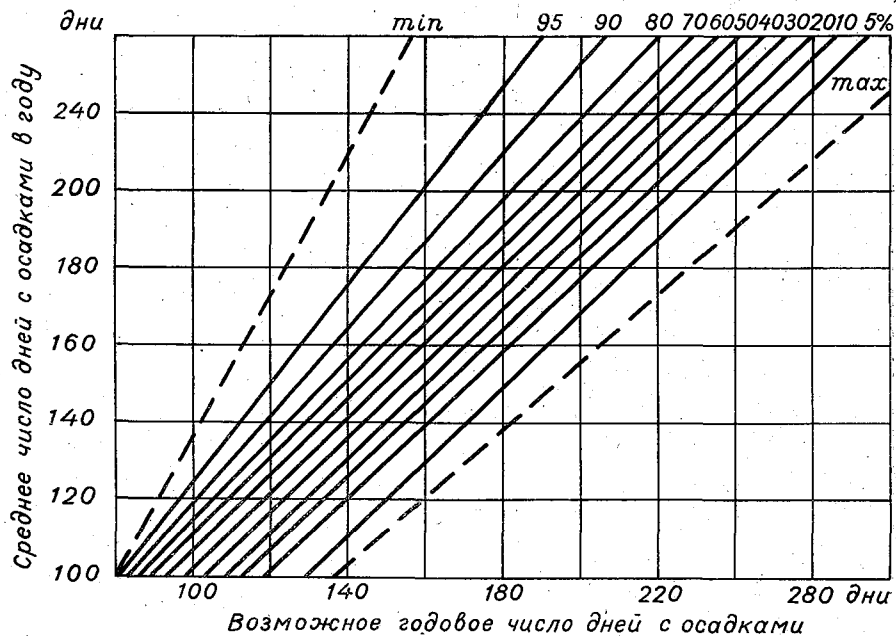


Рис. 4. Номограмма для расчета числа дней с осадками в году различной обеспеченности.

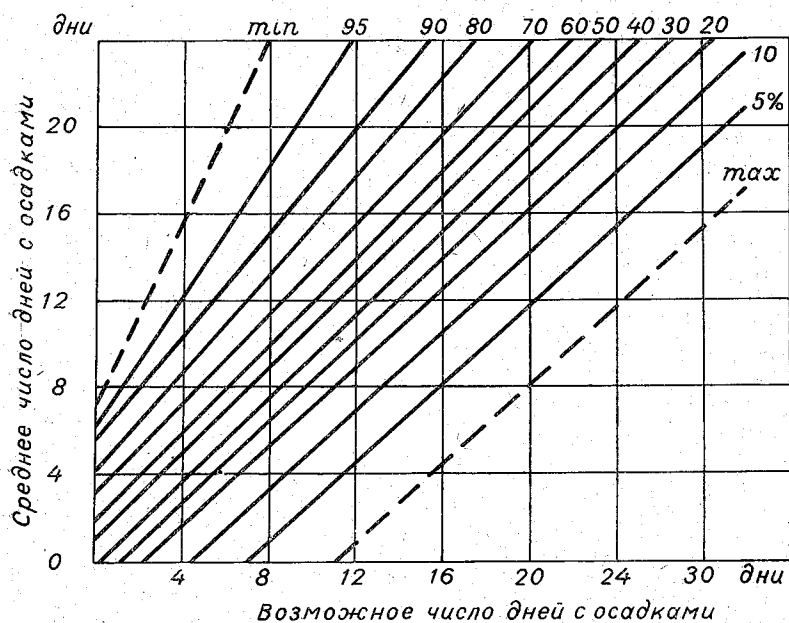


Рис. 5. Номограмма для расчета числа дней с осадками в месяц различной обеспеченности для западного побережья в сухой сезон.

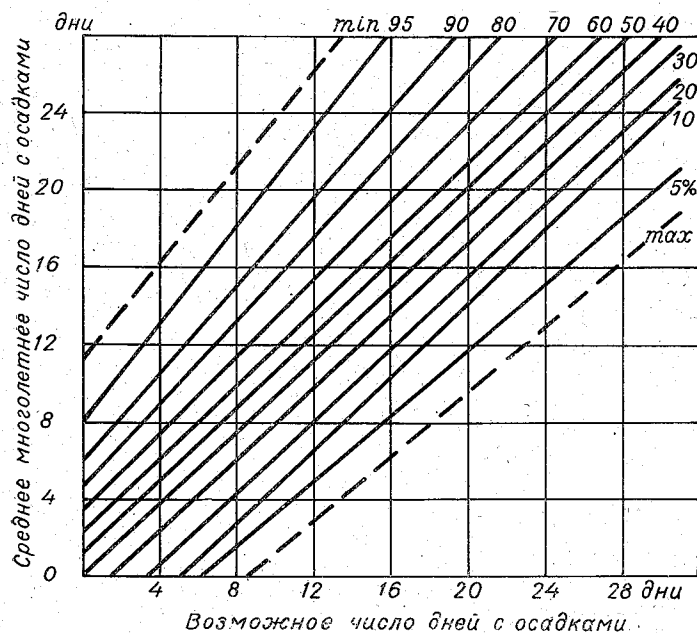


Рис. 6. Номограмма для расчета числа дней с осадками в месяц различной обеспеченности для восточного побережья в дождливый сезон.

печенностей идут довольно близко друг к другу и лишь на краях в экстремальных значениях величина интервала заметно возрастает. Чем больше средняя, тем больше интервал между максимальными и минимальными значениями. Так, при средней 10 дней с осадками в месяц возможные величины варьируют от 1 до 22 дней, а при средней 20 дней число дней с осадками меняется от 6 до 30. Во влажный период при средней 16 дней с осадками возможные величины изменяются от 7 до 26 дней, а при средней 26 дней число дней с дождем варьирует от 12 до 30.

Анализ номограммы (рис. 6) для восточных берегов архипелага во влажный период показывает, что в общем число дней с осадками обычно испытывает небольшие колебания от года к году. Линия минимума упирается в ось ординат на уровне 12 дней. Это значит, что при средних 10—12 дней возможное число дней с осадками колеблется от 0 до 20—24. Но встречаются места, где минимальные величины равны нулю при средних 15 дней с осадками. Как правило, при средней 16 дней возможное число дней с осадками варьирует от 4 до 28 в месяц.

ВЫВОДЫ

1. Острова Филиппинского архипелага, лежащие в тропической зоне, являются одной из наиболее дождливых областей мира. Обильное увлажнение характеризуется как большими годовыми суммами осадков, так и продолжительными и частыми дождями в период их максимального выпадения.

2. На фоне больших средних месячных и годовых сумм осадков возможны как экстремально небольшие, так и экстремально очень большие величины, что связано с особенностями режима циркуляции отдельных лет.

3. Эффект орографии в распределении осадков велик. Месячные и годовые суммы наветренных и подветренных склонов существенно различны.

4. Метод номографирования, ранее применяемый для других климатических областей, пригоден и для климатической области Филиппин. С помощью приведенных номограмм надежно вычисляются суммы осадков и число дней с осадками заданной обеспеченности для любого района архипелага.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев А. Н. Климат СССР, вып. 1. Европейская территория СССР. Гидрометеоздат, Л., 1958.
2. Климаты Африки. Под ред. А. Н. Лебедева и О. Г. Сорочаи. Гидрометеоздат, Л., 1967.

А. Н. ЛЕБЕДЕВ

ДОСТОВЕРНОСТЬ СРЕДНИХ МЕСЯЧНЫХ СУММ ОСАДКОВ В ЭКВАТОРИАЛЬНЫХ И ПРИЭКВАТОРИАЛЬНЫХ ШИРОТАХ ПО 10-, 20-, 30-, 40- И 50-ЛЕТНИМ РЯДАМ НАБЛЮДЕНИЙ

§ 1. Общие замечания

При изучении климатических факторов с целью их учета в практической деятельности человека почти всегда возникает вопрос о погрешности средних величин метеорологических элементов. Этим вопросом постоянно интересуются и специалисты различных проектных и производственных организаций, которым приходится учитывать климатические факторы в своих расчетах. Вместе с тем величины абсолютных и относительных погрешностей редко даются в климатических справочниках, общих и специализированных описаниях климата. Чаще исследователи вслепую стремятся использовать данные метеорологических наблюдений за максимально длинные ряды работы метеорологических станций. Такой способ механически обеспечивает получение относительно устойчивых показателей климата.

Если выбор длинных рядов наблюдений для территории СССР решается сравнительно легко, то для зарубежной территории он сильно затруднен. Это понятно, поскольку при исследовании климатических закономерностей в этом случае приходится пользоваться в основном только теми материалами, которые содержатся в официальных ежегодниках и справочной литературе. Поэтому общий объем информации, служащей основой, не так велик. Это накладывает на исследователя особую ответственность за получение наиболее точных сведений.

Занимаясь вопросом погрешности климатических величин, прежде всего погрешностью многолетних средних значений (норм), нам не следует забывать, что ее источником являются многие причины.

Систематические ошибки и технические просчеты обычно поддаются учету при первичной обработке. Погрешности, связанные с изменчивостью элемента, могут быть учтены лишь при расчете многолетних средних. Однако эта причина весьма коварна, поскольку она связана не только с географическими и циркуляционными особенностями, но и с годовым ходом элемента. Из-за сезонного хода метеорологических процессов нельзя получить однозначно точные нормы для всех месяцев года по одному и тому же пункту, если в основе расчетов лежат даже совершенно однородные качественные исходные материалы наблюдений за один и тот же период. Исследованию влияния изменчи-

ности элемента на погрешность средних величин и посвящена настоящая статья.

Необходимо еще помнить, что любая многолетняя средняя величина (норма) далека от совершенства, она редко наблюдается в природе и имеет примерно такую же вероятность, как и отдельно взятый отсчет. В то же время норма является показателем того, что около ее значения более или менее часто встречаются натурные значения наблюдаемого элемента. Другим ценным свойством нормы может быть ее внутренняя связь со всеми возможными величинами всей совокупности наблюдаемых значений. Пользуясь этим свойством многолетней средней, можно легко получить параметры различной обеспеченности.

§ 2. Оценка погрешностей месячных сумм осадков, выпадающих на о. Ява

Исходными данными для расчетов послужили месячные суммы осадков метеорологической станции Каюмас ($7^{\circ} 56'$ ю. ш. и $114^{\circ} 09'$ в. д., 1060 м над ур. м.) за период с 1888 по 1950 г. Она находится на северном склоне горы Мерапи (о. Ява). По имеющимся наблюдениям, многолетняя средняя годовая сумма осадков в Каюмаса составляет 2475 мм с максимумом 3911 мм (1917 г.) и минимумом 1536 мм (1946 г.). Здесь год резко делится на два периода: дождливый с ноября по май и сухой с июня по октябрь. Самым дождливым является январь, а самым сухим июль. По общему характеру закономерностей климата режим июльских осадков более изменчив, чем режим январских осадков (табл. 1).

Таблица 1

Месячные суммы осадков (мм) января и июля. Каюмас, 1888—1950 гг.

Год	Январь	Июль	Год	Январь	Июль	Год	Январь	Июль
1888	95	0	1911	626	0	1934	654	82
1889	665	118	1912	474	47	1935	358	0
1890	299	52	1913	331	0	1936	551	1
1891	481	0	1914	216	0	1937	566	0
1892	658	4	1915	733	0	1938	428	86
1893	413	0	1916	600	124	1939	371	124
1894	323	0	1917	522	1	1940	492	0
1895	559	400	1918	448	3	1941	475	4
1896	380	6	1919	418	4	1942	447	33
1897	607	10	1920	629	16	1943	442	90
1898	257	21	1921	426	16	1944	378	0
1899	340	0	1922	366	2	1945	528	1
1900	644	95	1923	510	326	1946	487	0
1901	382	41	1924	663	5	1947	459	5
1902	493	0	1925	657	57	1948	291	9
1903	403	0	1926	724	0	1949	450	4
1904	312	1	1927	320	35	1950	349	36
1905	614	10	1928	515	0	Сумма Среднее	29 369 466	2147 34
1906	660	7	1929	467	1			
1907	368	10	1930	597	43			
1908	442	43	1931	255	0			
1909	407	102	1932	543	0			
1910	539	71	1933	262	1			

По характеру годового хода осадков район северных склонов горы Мерапи можно считать типичным для многих островов в Индонезии и Океании, где почти всегда происходит резкая смена дождливого сезона

Таблица 2

Годы рядов наблюдений разорванных 10-, 20- и 30-летних периодов

№ п/п	10-летние периоды	20-летние периоды	30-летние периоды
1	1888—91, 94—99	1888—95, 1900—05, 10—15	1888—1900, 05—10, 12—22
2	1895—98, 1903—06, 08, 10	1900—10, 15—23	1895—1915, 18—26
3	1897, 98, 1902—06, 10—12	1905—10, 13—17, 20—28	1900—10, 15—20, 25—30, 35—41
4	1900—05, 10—12, 14	1910—15, 20—25, 30—37	1903—14, 18—25, 40—49
5	1905—07, 10, 11, 13—16, 19	1915—18, 20—26, 28—30, 35—40	1905—20, 37—50
6	1907—10, 15—20	1888—1900, 20—26	1908—15, 20—41
7	1910, 11, 16—18, 20—24	1920—30, 34—42	1910—18, 20—30, 33—42
8	1895—99, 1920—24	1922—27, 30—35, 39—40, 45—50	1911—20, 23—32, 41—50
9	1915—17, 23—25, 30—33	1925—32, 35—40, 45—50	1888—90, 95—1900, 03—08, 15—19, 28—31, 45—50
10	1920—23, 30—36	1928—36, 40—50	1913, 15—18, 21—26, 29—34, 37—42, 44—50
11	1925—28, 30, 35—40	1915—25, 42—50	1913—20, 22—29, 32—45
12	1928—30, 40—43, 46—48	1900—15, 20—23	1888—1908, 42—50
13	1930, 36—38, 45—47, 49, 50	1910—20, 25—30, 35—37	1890—1910, 15—23
14	1932—34, 40—42, 45—47, 50	1915—23, 30—40	1902—08, 11—17, 20—35
15	1935—39, 46—50	1920—25, 30—36, 40—42, 45—48	1906—13, 15—19, 34—50
16	1910—14, 46—50	1925—35, 40—42, 45—50	1897—1906, 15—24, 41—50
17	1925—28, 31, 32, 47—50	1895—1910, 20—23	1908—17, 19—32, 36—41
18	1895—99, 1946—50	1913—23, 27—35	1915—29, 36—50
19	1920—23, 30—32, 41—44	1928—36, 36—42, 45—50	1901—08, 12—17, 22—29, 37—40, 46—49
20	1890—95, 1920—23	1921—23, 26—29, 32—35, 38—43, 45—47	1913—21, 24—30, 35—39, 41—44, 46—50

сухим и, наоборот, сухого — дождливым. Расчеты произведены для января и июля. Полученные выводы могут быть использованы не только для оценки погрешностей сумм осадков других месяцев по району Каюмаса, но и для оценки погрешностей месячных сумм осадков других районов экваториальных и тропических широт.

По данным января и июля с 1888 по 1950 г. были вычислены средние месячные суммы осадков, квадратические отклонения σ и коэффициенты вариации c_v по непрерывным 10-, 20-, 30-, 40-, 50- и 63-летним и по 10-, 20- и 30-летним прерывистым («разорванным») рядам наблю-

Значения x_0 , σ_0 , c_{v_0} , P , Δ , ε

Месяц	x_0	σ_0	c_{v_0}	Доверительный интервал,			
				$x_0 \pm \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}}$	$P\%$	$\Delta\%$	ε мм
I	466	137	0,29	449—483	8	4	17
VII	34	70	2,05	25—43	10	26	9

дений. Из общего 63-летнего периода было отобрано 54 ряда 10-летних, 44 ряда 20-летних, 34 ряда 30-летних, 24 ряда 40-летних и 14 рядов 50-летних непрерывных наблюдений. Для разорванных 10-, 20- и 30-летних наблюдений было взято по 20 рядов. Годы наблюдений, вошедшие в разорванные ряды, указаны в табл. 2. Разрывы в рядах производились искусственно, наудачу с целью придачи им случайного характера.

По данным табл. 2 видно, что перерывы в разорванных рядах различны. В 10-летних рядах имеется по 1—3 разрыва, каждый из которых охватывает неравное число лет; число лет в разрывах изменяется от 3—5 до 10—25. В 20 и 30-летних рядах число разрывов доходит до 4—5. Результаты расчетов по прерывистым рядам представляют особый интерес, поскольку на практике нередко приходится прибегать и к данным подобных наблюдений.

В наших расчетах эталонными характеристиками являются многолетние средние величины месячных сумм осадков января и июля (x_0), квадратические отклонения σ_0 и коэффициенты вариации c_{v_0} , вычисленные по наблюдениям за 1888—1950 гг. Границы доверительных интервалов x_0 определяются значениями $\pm \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}}$, $\pm t_{0,10} \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}}$, $\pm t_{0,05} \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}}$, где n — число лет в данном периоде наблюдений (63 года); $t_{0,10}$ — коэффициент при 10%-ном уровне значимости, равный 1,67; $t_{0,05}$ — коэффициент при 5%-ном уровне значимости, равный 2.

Для анализа данных по всем 10-, 20-, 30-, 40- и 50-летним рядам наблюдений вычислены вероятности нормы января и июля (P) в доверительных интервалах, квадратические ошибки (ϵ мм) и относительные погрешности средней ($\Delta\%$). Результаты этих расчетов приведены в табл. 3. По данным табл. 3 видно, что суммы осадков января в районе Каюмаса весьма устойчивы, они сравнительно мало изменчивы от года к году; показателем служат абсолютные (квадратические) и относительные погрешности x_0 . Значения ϵ в пределах 17—34 мм для x_0 , равного 466 мм, незначительны и составляют всего лишь 4—7%. Тем не менее норма является редко встречающейся величиной. Даже в доверительном интервале при 5%-ном уровне погрешности она бывает лишь в 20% случаев.

Совершенно иную картину имеем в распределении июльских сумм осадков, которые, как правило, малы или равны 0 мм. На фоне этих величин наблюдаются очень большие суммы осадков, которые достигают 300—400 мм. Именно они придают июльским суммам осадков изменчивый характер. Хотя квадратические ошибки по своей абсолютной величине и невелики, но при малом абсолютном значении нормы дают большие относительные погрешности. При $\frac{\sigma_0}{\sqrt{n}}$ относительная погрешность равна 26% нормы, а при $t_{0,05} \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}}$ — 53% нормы.

и доверительные интервалы

Таблица 3

погрешности и обеспеченность							
$x_0 \pm t_{0,10} \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}}$	$P\%$	$\Delta\%$	ϵ мм	$x_0 \pm t_{0,05} \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}}$	$P\%$	$\Delta\%$	ϵ мм
438—494	18	6	28	432—500	21	7	34
19—49	13	44	15	16—52	17	53	18

Из приведенных данных видно, что нормы января и июля характеризуются существенно различными значениями относительной погрешности. С ними нельзя не считаться как с реально существующими величинами и их свойствами. Для того чтобы сделать правильные выводы об изменчивости средних, полученных по данным за одно и то же число лет (10, 20, 30, 40 или 50), мы должны сравнивать их с нормами в различных доверительных интервалах, твердо помня, что сами нормы далеки от совершенства. Им присущи значительные погрешности, особенно нормам засушливых месяцев.

Из общих закономерностей климата известно, что изменчивость элемента определяется как пространственными, так и временными факторами климата. По данным табл. 3 нетрудно заключить, насколько сильно сказывается последний фактор, в данном случае сезонное изменение осадков. Под влиянием только одной этой причины нельзя рассчитывать на получение одинаково точных средних не только для различных пунктов, но даже для различных месяцев года по одному и тому же пункту, хотя период наблюдений абсолютно один и тот же.

Из рис. 1а видно, что в количестве выпадающих осадков не наблюдается какой-либо определенной закономерности от года к году. Один аномально дождливый январь сменяется 1—3 аномально сухими январями и наоборот. И так почти в течение 50-летнего ряда наблюдений. Исключение составляет лишь период после 1935 г., когда длительное время отмечались суммы осадков, близкие к норме. Поэтому неудивительно, что прямая горизонтальная линия, выражающая норму и пересекающая ломаную линию фактических значений сумм, выглядит весьма нереальным показателем климата. Большей частью фактические суммы осадков значительно ниже или выше нормы. Из графика видно, что и доверительные границы мало чем улучшают ее содержание. Это следует и из табл. 4.

По данным табл. 4 видно, что суммы осадков января близки к нормальному распределению. Одним из признаков нормальности можно считать хорошую сходимость нормы (466 мм) с центром распределения, в данном случае с величиной 50% обеспеченности. И концы интегральной кривой распределения находятся в удовлетворительном соответствии с центром распределения. Совершенно иная картина наблюдается в распределении июльских сумм осадков.

Норма осадков июля (рис. 1б) формируется из весьма отличающихся величин. Основное влияние на нее оказывают исключительно малые и нулевые значения. За период с 1888 по 1950 г. было 20 лет без осадков, 16 лет с осадками менее 10 мм и 7 лет с осадками от 10 до 34 мм. На эти годы приходится 70% всего периода наблюдений. Поэтому и осадки меньше нормы обеспечены на 70%. Вместе с тем исключительно дождливые июли, когда выпадает 5—12 норм осадков, занимают 5% лет общего периода. Отсюда должно быть ясно, насколько достоверна норма осадков июля и насколько велико ее практическое значение.

Ниже рассмотрим средние и их изменчивость внутри каждого обработанного ряда наблюдений. Это позволит сделать заключение о точности и достоверности многолетних средних, вычисленных по непрерывным и разорванным рядам наблюдений.

Чтобы получить объективные данные, нами была исследована достоверность средних месячных сумм осадков января и июля за различные периоды. С этой целью для всех 10-, 20-, 30-, 40- и 50-летних скользящих и разорванных рядов (всего 460 периодов) были вычислены средние значения. На основании их для каждого ряда (10, 20, 30, 40 и 50 лет) строились интегральные кривые распределения, с которых

снимались средние величины обеспеченностью 5, 10, 20, ..., 90 и 95%; Одновременно производилась выборка максимальных и минимальных величин из общей совокупности периодов, подвергшихся обработке. Конечные результаты расчетов приведены в табл. 5—10.

Таблицы 5—10 содержат средние суммы осадков, средние квадратические отклонения σ и коэффициенты вариации c_v различной обеспеченности отдельно для скользящих и разорванных рядов длительностью

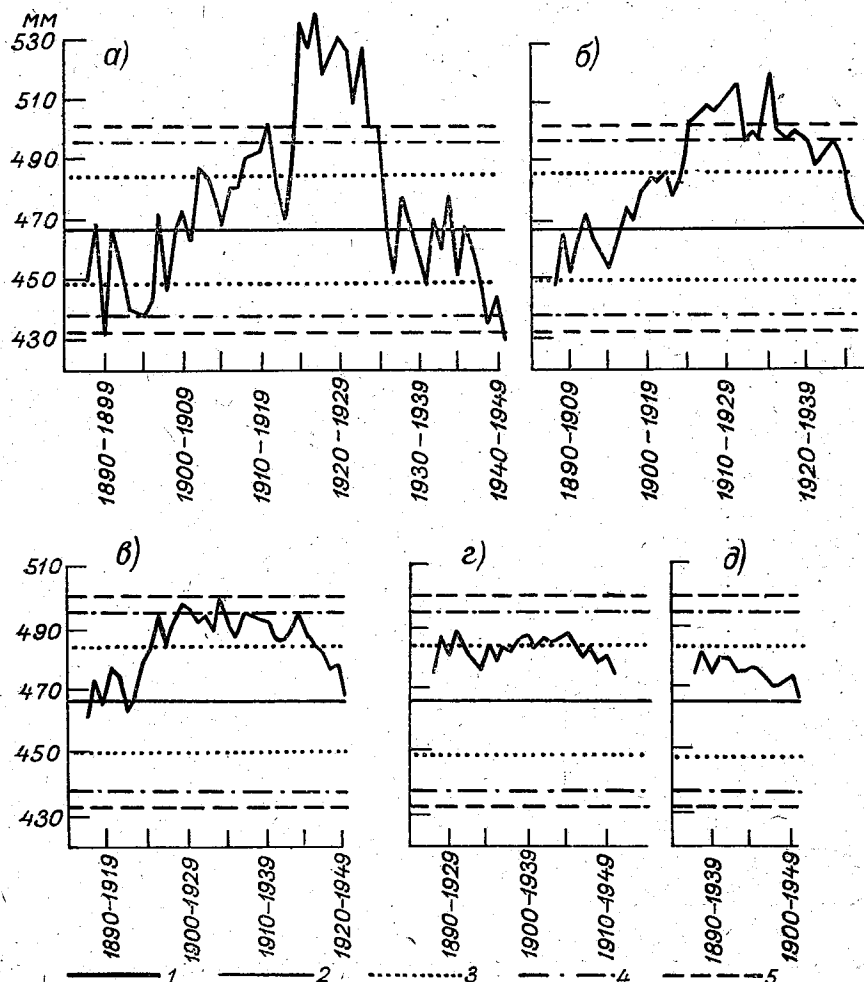


Рис. 1а. Кривые распределения месячных сумм осадков и доверительные границы многолетней средней в январе. Каюмас, Индонезия.

Периоды: а — 10-летний, б — 20-летний, в — 30-летний, г — 40-летний, д — 50-летний. 1 — средняя по периодам 10, 20, 30, 40 и 50 лет; 2 — норма; 3 — доверительные границы 68%-ной обеспеченности нормы; 4 — доверительные границы 10%-ного уровня значимости; 5 — доверительные границы 5%-ного уровня значимости.

10, 20, 30, 40 и 50 лет. Здесь же приводятся значения σ и c_v самих средних квадратических отклонений и коэффициентов вариации каждого ряда.

По идее данные табл. 5—10 призваны помочь получить ответ на вопрос, какая вероятность того, что средняя, вычисленная по 10-, 20-, 30-, 40- или 50-летним наблюдениям, будет находиться в доверительном интервале нормы при средней погрешности, при 10- и 5%-ном уровне

Суммы осадков января и июля (мм) различной

Месяц	Среднее (мм)	Максимальное		Обеспе					
		мм	период	5	10	20	30	40	
I	466	733	1915	685	649	590	539	492	
VII	34	400	1895	124	92	55	30	10	

Средние месячные суммы осадков (мм) по 10-, 20-, 30-, 40- и 50-летним

Периоды	Среднее (мм)	Максимальное		Обеспе					
		мм	период	5	10	20	30	40	
									Я н
10-летние	475	536	1917—26	530	521	500	486	478	
20-летние	480	515	1915—34	510	505	498	493	488	
30-летние	483	500	1905—34	498	496	493	490	488	
40-летние	483	488	1891—1930, 05—44	488	487	486	485	484	
50-летние	476	482	1889—1938	482	481	479	477	476	
									И ю
10-летние	34	61	1889—98	59	56	51	49	38	
20-летние	34	43	в 4 периодах	43	42	41	40	37	
30-летние	34	45	1894—1923, 1895—1924	43	39	35	34	34	
40-летние	34	41	1888—1927, 1889—1928	41	40	38	36	35	
50-летние	34	38	1894—1943, 1895—1944	38	38	38	37	36	

Примечание. σ' — квадратическое отклонение средних сумм осадков по
 c_v' — коэффициент вариации средних сумм осадков по перио

Средние квадратические отклонения σ средних месячных наблюдений различной обеспеченности.

Периоды	Среднее σ	Максимальное		Обеспе					
		σ	период	5	10	20	30	40	
									Я н
10-летние	130	182	1888—97	169	161	152	147	143	
20-летние	131	156	1888—1907	150	145	140	136	134	
30-летние	133	153	1888—1917	147	142	139	137	135	
40-летние	133	151	1888—1927	146	142	139	139	135	
50-летние	130	143	1888—1937	143	139	135	133	131	
									И ю
10-летние	63	127	1890—99	125	118	102	83	64	
20-летние	63	89	1888—1907	88	85	81	76	73	
30-летние	68	92	1895—1924	90	84	73	66	65	
40-летние	67	82	1888—1927, 1889—1928	82	82	80	76	70	
50-летние	66	75	в 8 периодах	75	75	75	75	73	

Примечание. σ — квадратическое отклонение сумм осадков за отдельные
 σ' — квадратическое отклонение средних сумм осадков по
 c_v' — коэффициент вариации средних сумм по периодам

обеспеченности. Каюмас, 1888—1950 гг.

Таблица 4

ценность, %							Минимальное	
50	60	70	80	90	95		мм	период
458 4	424 2	388 0	344 0	292 0	240 0		95 0	1888 в 20-х годах

Таблица 5

непрерывным рядом наблюдений различной обеспеченности. Каюмас, Индонезия

ченность, %							Минимальное		σ'	$c_{\sigma'}$
50	60	70	80	90	95	мм	период			
варь										
472	465	457	449	440	435	431	1941—50	28	0,06	
482	475	468	460	452	448	439	1931—50	20	0,04	
486	482	478	472	464	462	461	1888—1917, 15—44	11	0,02	
483	482	480	479	477	475	475	1888—1927, 11—50	4	0,01	
475	475	474	473	470	468	468	1901—50	22	0,05	
ль										
33	28	24	20	17	15	13	1928—37	14	0,41	
35	32	29	25	24	23	23	в 3 периодах	7	0,20	
34	33	33	32	31	31	31	в 7 периодах	3	0,09	
35	34	32	31	30	29	29	в 3 периодах	4	0,12	
34	32	30	30	30	29	29	1901—50	3	0,09	

периодам наблюдений;
дам наблюдений.

Таблица 6

сумм осадков 10-, 20-, 30-, 40- и 50-летних непрерывных рядов
Каюмас, Индонезия

ченность, %							Минимальное		σ'	$c_{\sigma'}$
50	60	70	80	90	95	σ	период			
варь										
138	130	122	113	85	61	48	1928—37	30	0,23	
132	131	129	125	113	103	100	1928—47	12	0,09	
134	133	131	127	119	116	115	1917—46, 18—47	9	0,07	
134	132	129	127	125	124	123	1908—47	6	0,05	
130	129	128	126	123	120	120	1900—49	3	0,02	
ль										
49	41	37	33	28	25	22	1924—33	36	0,57	
67	60	53	43	36	34	32	1896—1915	20	0,32	
64	64	64	64	63	63	63	1903—32, 02—31, 04—33	7	0,10	
64	60	59	59	58	57	57	1897—1936, 1898—1937	10	0,15	
68	63	59	55	54	54	54	1901—50	10	0,15	

годы;
периодам наблюдений;
наблюдений.

значимости. Под нормой, как отмечалось выше, подразумевается многолетняя средняя из 63-летнего ряда наблюдений (1888—1950 гг.).

Ниже дается анализ приведенных данных отдельно по скользящим и разорванным рядам наблюдений.

В табл. 5—7 приведены результаты по скользящим рядам наблюдений, по которым было отобрано 460 периодов (108 периодов по 10-летним рядам, 88 периодов по 20-летним рядам, 68 периодов по 30-летним рядам, 48 периодов по 40-летним рядам и 28 периодов по 50-летним рядам).

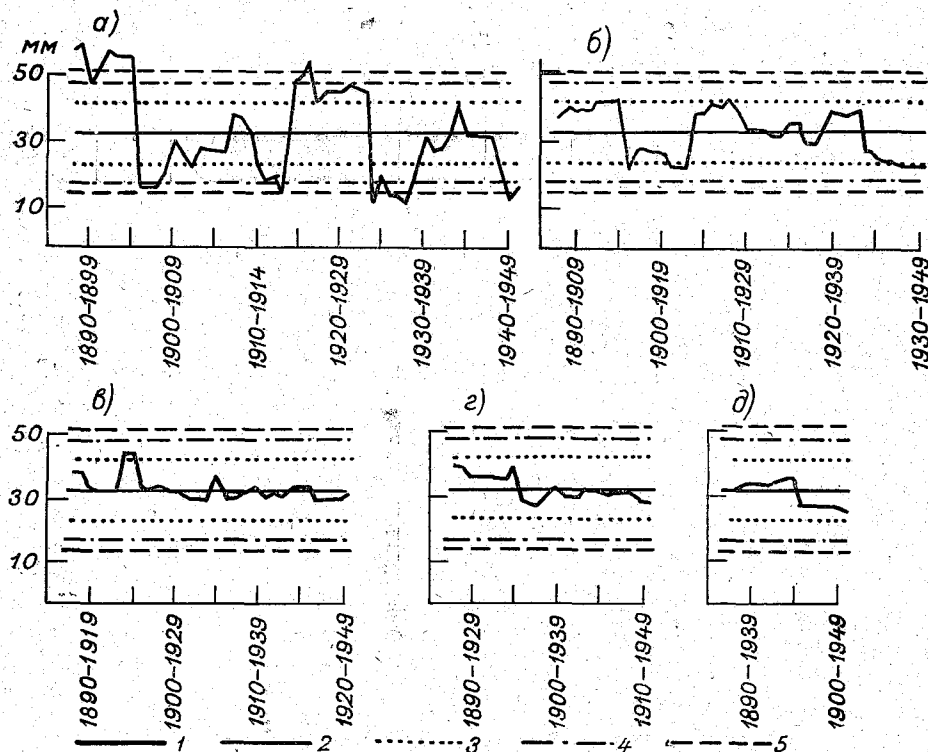


Рис. 16. Кривые распределения месячных сумм осадков и доверительные границы средней в июле. Каюмас, Индонезия.

Усл. обозначения см. рис. 1.

Дожливый период в Каюмасае, как показывают данные января, характеризуется достаточно большой устойчивостью режима осадков. Средняя абсолютная погрешность нормы составляет 17 мм, а относительная погрешность 4%; при 10%-ном уровне значимости абсолютная погрешность равна 29 мм, а относительная 6%, при 5%-ном уровне значимости соответственно 34 мм и 7%.

Для расчета средних из 10-летних рядов получено 54 различных значения. Из них наибольшая средняя величина января равна 536 мм (1917—1926 гг.), а наименьшая величина 431 мм (1941—1950 гг.). Разность между нормой и максимальной средней достигает 70 мм, а между нормой и минимальной средней — 35 мм. Если приведенные данные сопоставить со значениями последней графы табл. 3, то нетрудно заметить, что минимум лежит на нижнем пределе доверительной границы 5%-ного уровня значимости, а максимум — за пределами верхней доверительной границы этого уровня значимости; верхняя доверительная

граница совпадает со значением градации 20% обеспеченности (500 мм). Таким образом, только 20% случаев относительно завышенных значений (на 20—35 мм) будет находиться вне доверительного интервала. Даже при средней погрешности суммы осадков января из 10-летних рядов в 60% случаев совпадают со значениями нормы.

При увеличении ряда от 10 до 20 лет значения средних января заметно сглаживаются, разности между наибольшей средней и нормой, а также между наименьшей средней и нормой становятся меньше. Вероятность средней из 20-летнего ряда, совпадающей с нормой при средней погрешности, правда, уменьшается до 50%, но зато при 5%-ном уровне значимости возрастает до 80%; завышенные значения средних, составляющих 20% случаев и превышающих величину верхнего предела доверительного интервала, практически близки к средним, входящим в число 80% случаев. Разность между величиной верхнего предела доверительной границы 5%-ного уровня значимости и максимальной величиной среднего из 20-летних периодов не превышает 15 мм.

У 30-летних рядов по всем градациям обеспеченностей наблюдается дальнейшее уменьшение вероятности средних в доверительном интервале при погрешности $\pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$. В пределах от $x_0 - \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ до $x_0 + \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ средние укладываются уже только в 40% случаев. В 60% случаев они уходят за верхнюю границу доверительного интервала. Это связано с тем, что в общем периоде с 1888 по 1950 г. в течение многих лет наблюдались обильные осадки, которые в коротких рядах сказались на меньшем проценте периодов, чем в более длинных рядах. Вместе с тем в доверительном интервале 5%-ного уровня значимости 30-летние средние укладываются полностью. Для него амплитуда колебания в 40 мм оказывается достаточной, чтобы охватить все случаи. При 10%-ном уровне значимости в допустимый интервал входит только 80% средних из 34 периодов. 20% средних остается за верхним пределом доверительной границы. Однако эти средние превышают величину 20-процентной обеспеченности лишь на 3—7 мм.

При 40-летних рядах наблюдений в доверительный интервал со средней погрешностью входит несколько больше случаев, чем при 30-летних рядах наблюдений (50%). В доверительные интервалы 5- и 10%-ных уровней значимости попадают средние уже всех периодов.

При 50-летних рядах наблюдений сглаживание средних оказывается настолько существенным, что разность между наименьшей и наибольшей величинами, взятыми из 14 периодов, составляет лишь 14 мм. Все 14 значений средних 50-летних рядов наблюдений вполне укладываются в интервал при погрешности $\pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$.

Общие закономерности изменения средних месячных сумм осадков, связанные с увеличением рядов наблюдений, характерны и для их квадратических отклонений σ . Значения σ январских сумм осадков варьируют от 48 до 182 мм в 10-летних рядах, от 100 до 156 мм в 20-летних рядах, от 115 до 153 мм в 30-летних рядах, от 123 до 151 мм в 40-летних рядах и от 120 до 143 мм в 50-летних рядах наблюдений. Как видим, с увеличением периодов наблюдений минимальные значения σ становятся больше, а максимальные — меньше.

Значения σ самих средних сумм осадков по периодам невелики. Они убывают от 30 мм при средних 10-летних периодах до 9—3 мм при 30-, 50-летних периодах (табл. 6).

Коэффициенты вариации январских сумм осадков по градациям обеспеченностей наиболее сильно изменяются у 10-летних периодов.

Коэффициенты вариации c_v средних месячных сумм осадков различной обеспеченности.

Периоды	Сред- нее c_v	Максимальное		Обеспечен				
		c_v	период	5	10	20	30	40
Я н								
10-летние	0,27	0,41	1888—97	0,34	0,34	0,32	0,32	0,31
20-летние	0,27	0,35	1888—1907	0,31	0,30	0,29	0,28	0,27
30-летние	0,27	0,33	1888—1917	0,31	0,29	0,29	0,28	0,28
40-летние	0,28	0,32	1888—1927	0,30	0,29	0,28	0,28	0,28
50-летние	0,26	0,30	1888—1937	0,30	0,29	0,28	0,28	0,28
И ю								
10-летние	1,74	2,59	1890—99	2,37	2,28	2,16	2,03	1,88
20-летние	1,85	2,40	1917—36, 18—37	2,37	2,29	2,17	2,08	1,99
30-летние	2,00	2,24	1892—1921	2,23	2,17	2,06	2,04	2,02
40-летние	1,96	2,19	1893—1932	2,19	2,17	2,10	2,04	1,99
50-летние	1,95	2,14	1888—1937	2,14	2,11	2,06	2,02	1,98

Минимальное значение c_v приходится на среднюю сумму осадков за 1938—1947 гг. и составляет 0,11, максимальное — на среднюю сумму осадков за 1888—1897 гг. и достигает 0,41. Здесь минимум в 4 раза меньше максимума. По данным 20-, 30-, 40- и 50-летним периодам c_v колеблется значительно меньше: максимальные значения лишь в 1,2—1,5 раза больше минимальных значений c_v (табл. 7).

Чтобы закончить с анализом данных января, заметим, что норма за 63 года получилась неожиданно заниженной. Ничего подобного не отмечается в 30- и 40-летних данных. В частности, по 24 периодам 40-летних рядов средние месячные суммы осадков оказались в пределах от 475 до 488 мм, на 9—22 мм выше нормы. Невольно возникает вопрос, чем же можно объяснить такое необычное явление. Причиной служат относительно малые суммы осадков за период с 1937 по 1950 г. В течение этих лет осадки января были ниже или около нормы. В 1888 г. зарегистрированное количество осадков за этот месяц (95 мм) было в 5-раз меньше нормы. Засушливые январы, приходящиеся на концы общего периода наблюдений, и обусловили заниженную среднюю сумму осадков (466 мм) за 63 года.

Июльские суммы осадков Каюмаса являются значительно более изменчивыми, чем январские. Для общего 63-летнего периода их погрешность составляет 26%. С учетом ее 10-летние средние в доверительных границах от $x_0 - \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ до $x_0 + \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ встречаются лишь в 30% случаев. В доверительных границах при 10- и 5%-ных уровнях значимости они встречаются соответственно в 70 и 80% случаев, а в остальных 20—30% случаев уходят за пределы доверительных интервалов.

В доверительных границах от $x_0 - \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ до $x_0 + \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ вероятность средних 20-летних периодов наблюдений возрастает до 80%, а в доверительных границах при 10- и 5%-ных уровнях значимости — до 100%. Это значит, что при знании возможной погрешности можно пользоваться сравнительно короткими рядами и при достаточно большой изменчивости элемента. Значение σ средних 20-летних рядов равняется 7 мм, а 30-, 40- и 50-летних рядов 3—4 мм (табл. 5—7). Следовательно,

Таблица 7

10-, 20-, 30-, 40- и 50-летних непрерывных рядов наблюдений
Каюмас, Индонезия

ность, %						Минимальная	
50	60	70	80	90	95	c_v	период
варь							
0,29	0,28	0,26	0,23	0,18	0,14	0,11	1938—47
0,27	0,27	0,27	0,26	0,24	0,23	0,22	1928—47
0,28	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24	0,24	1919—48, 20—49, 20—50
0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,26	0,25	1908—47
0,27	0,27	0,27	0,27	0,26	0,25	0,25	1900—49
ль							
1,73	1,59	1,47	1,35	1,23	1,17	1,01	1907—16
1,90	1,78	1,62	1,49	1,38	1,34	1,31	1897—1916
1,99	1,96	1,93	1,90	1,87	1,85	1,83	1898—1927
1,95	1,91	1,87	1,83	1,77	1,75	1,74	1904—43
1,94	1,88	1,84	1,83	1,83	1,83	1,83	в 5 периодах

нельзя рассчитывать на улучшение многолетних средних величин с помощью одного механического наращивания рядов наблюдений свыше 30 лет. От этого они не уточняются и достоверность их не улучшается.

Возможность использования разорванных (прерывистых) рядов наблюдений проверялась на 20 периодах 10-, 20-, и 30-летних рядов наблюдений, т. е. для каждого ряда вычислялось 20 значений средних. Месячные суммы осадков за отдельные годы брались наудачу. Обеспеченности средних 10-, 20- и 30-летних разорванных рядов и значения σ и c_v этих средних даны в табл. 8—10.

Результаты расчетов, приведенные в табл. 8, показывают, что средние месячные суммы осадков 10-, 20- и 30-летних разорванных рядов, квадратические отклонения и коэффициенты характеризуются меньшей устойчивостью, чем соответствующие параметры непрерывных рядов наблюдений. В частности, в доверительных интервалах от $x_0 - \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ до $x_0 + \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ средние суммы осадков января 10-летних рядов наблюдений встречаются в 50% случаев, а средние суммы осадков июля — в 30% случаев.

С увеличением периодов наблюдений до 20—30 лет параметры месячных сумм осадков σ и c_v становятся менее изменчивыми по всем градациям обеспеченностей. Однако и характеристики 20-, 30-летних средних в доверительном интервале от $x_0 - \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ до $x_0 + \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ тоже укладываются не так хорошо. Лишь в доверительном интервале 5%-ного уровня значимости 30-летние средние бывают в 90 и 100% случаев. Несколько худшие результаты здесь получились, очевидно, из-за меньшего числа периодов для каждого ряда.

Несмотря на указанные неточности данные табл. 8—10 позволяют заключить, что разорванные ряды тоже могут быть использованы для получения средних, если общее число лет в ряду достаточно велико (около 30 лет и более). Использование средних из разорванных 10- и 20-летних рядов допустимо, если их достоверность оценивать по довери-

Таблица 8

Средние месячные суммы осадков (мм) по 10-, 20- и 30-летним разорванным рядам наблюдений различной обеспеченности.
Каюмас, Индонезия

Периоды	Среднее	Максимальное	Обеспеченность, %										Минимальное	σ	c_{σ}	
			5	10	20	30	40	50	60	70	80	90				95
Январь																
10-летние	472	534	532	523	502	484	476	472	468	464	451	415	403	401	35	0,07
20-летние	482	531	529	519	504	494	485	478	473	466	460	453	449	449	22	0,05
30-летние	480	505	503	498	491	488	485	482	478	474	468	457	445	441	15	0,03
Июль																
10-летние	40	82	82	75	63	52	43	35	28	22	18	16	15	15	21	0,52
20-летние	35	59	58	51	42	41	40	38	34	29	23	17	15	15	12	0,34
30-летние	33	45	45	42	37	34	33	32	30	29	28	28	25	23	5	0,15

Таблица 9

Средние квадратические отклонения σ средних месячных сумм осадков 10-, 20- и 30-летних разорванных рядов различной обеспеченности. Каюмас, Индонезия

Периоды	Среднее σ	Максимальное σ	Обеспеченность, %												Минимальное σ	c_{σ}
			5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95			
Январь																
10-летние	124	176	173	160	147	137	129	121	115	111	101	88	79	77	0,21	
20-летние	127	168	166	156	144	137	131	124	118	112	107	103	101	100	0,16	
30-летние	128	148	148	145	139	134	131	128	125	121	115	108	104	104	0,10	
Июль																
10-летние	75	150	149	144	132	116	94	56	39	32	28	25	21	20	0,64	
20-летние	67	108	107	97	79	75	74	74	74	72	57	28	24	23	0,36	
30-летние	64	95	93	87	75	68	65	65	64	62	53	42	36	35	0,25	

Таблица 10

Коэффициенты вариации c_v средних месячных сумм осадков 10-, 20- и 30-летних разорванных рядов различной обеспеченности. Каюмас, Индонезия

Периоды	Среднее c_v	Максимальное c_v	Обеспеченность, %											Минимальное c_v	
			5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95		
Январь															
10-летние	0,26	0,44	0,41	0,35	0,30	0,29	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21	0,18	0,16	0,16	
20-летние	0,26	0,36	0,36	0,33	0,30	0,28	0,27	0,26	0,24	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22	
30-летние	0,27	0,32	0,32	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,26	0,25	0,24	0,23	0,22	0,22	
Июль															
10-летние	1,78	2,83	2,77	2,53	2,09	1,86	1,79	1,72	1,65	1,53	1,39	1,28	1,24	1,24	
20-летние	1,88	2,37	2,34	2,25	2,10	1,99	1,91	1,85	1,81	1,76	1,68	1,57	1,53	1,52	
30-летние	1,97	2,30	2,29	2,27	2,20	2,14	2,08	2,03	1,97	1,89	1,74	1,45	1,35	1,33	

тельными интервалам 5- и 1%-ного уровня значимости. В 70—100% случаев вычисленные средние будут находиться в принятом доверительном интервале.

Заключение

На основании приведенных данных можно сформулировать следующие выводы:

1. При расчете 10- и 20-летних средних месячных сумм осадков для экваториальных и тропических широт необходимо учитывать погрешности, связанные с изменчивостью элемента внутри года и от года к году. Достоверность полученных средних следует оценивать по доверительным интервалам 68, 90 и 95%-ной обеспеченности нормы.

2. Многолетние средние месячные суммы осадков, вычисленные по 30-, 40- и 50-летним рядам наблюдений, имеют почти одинаковую точность и одинаковую достоверность. Они могут быть использованы без дополнительных оценок. При этом следует лишь знать погрешность средней арифметической (или взвешенной) величины. В случае использования очень длинных рядов наблюдений (более 60 лет) не всегда их средние будут лучше, чем средние за более короткие ряды.

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ СУТОЧНЫХ ВЕЛИЧИН СУММАРНОЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ОСТРОВАХ ИНДОНЕЗИИ И ОКЕАНИИ

Установилось мнение, что радиационные характеристики климата и, в частности, величины суммарной солнечной радиации достаточно консервативны и для получения устойчивых средних по ним можно пользоваться короткими рядами наблюдений. Такой вывод вполне справедлив, когда речь идет о тропических областях, в которых наблюдается устойчивая безоблачная (Сахара) или, наоборот, очень устойчивая облачная погода в течение года (бассейн нижнего течения Конго и прибрежные области Камеруна). Но всюду, где облачный покров является весьма изменяющимся элементом, а он чаще таким и бывает, приведенное выше заключение оказывается несправедливым. Кроме того, надо учитывать и саму природу элемента, небольшие вариации в котором могут приводить к крупным погодно-климатическим явлениям.

В настоящей статье подвергнуты анализу суточные величины суммарной солнечной радиации по наблюдениям на станциях Сингапур ($1^{\circ} 18' \text{ с. ш.}$), Уэйк ($10^{\circ} 17' \text{ с. ш.}$) и Дили (о. Тимор) с 1964 по 1966 г. [1], [2]. Трехлетний период нельзя считать достаточно надежным для получения климатических данных, но он может служить основанием для получения приближенных количественных оценок с точки зрения изменчивости суточных величин. С этой целью по ежедневным наблюдениям были вычислены обеспеченности суточных величин суммарной солнечной радиации, которые приведены в табл. 1.

Данные табл. 1 показывают, что в условиях океанического климата экваториальных и тропических широт западной части Тихого океана и района Малайзии суточные величины суммарной радиации от одного дня к другому нередко претерпевают значительные колебания. В любой из месяцев года минимальная суточная сумма суммарной радиации может быть в 3—4 раза меньше максимальной суточной суммы. Внимательный анализ таблицы убеждает нас, что такие соотношения являются весьма обычными. Поскольку средняя облачность и месячные суммы осадков оказываются весьма изменчивыми от года к году, то нет основания считать, что подобные явления не присущи месячным характеристикам суммарной радиации за отдельные годы. Для обоснованного заключения пока нет необходимых данных за достаточно длинные ряды наблюдений.

Резкие колебания в притоке радиации, наблюдающиеся в отдельные дни, очевидно, служат прямой и косвенной причиной весьма

Таблица 1

Суточные величины суммарной солнечной радиации различной обеспеченности (кал/см²)

Месяц	Станция	Среднее	Максимальное	Обеспеченность, %										Мини- мальное	
				5	10	20	30	40	50	60	70	80	90		95
I	Уэйк	364	452	434	422	410	403	396	390	383	370	334	260	205	169
	Сингапур	432	637	616	596	562	518	478	448	424	394	310	244	164	138
	Дили	420	583	520	508	486	465	445	419	379	346	320	266	222	124
II	Уэйк	420	504	500	491	476	466	457	442	424	404	383	350	320	108
	Сингапур	474	645	626	594	550	519	495	476	456	437	410	374	334	255
	Дили	389	543	526	506	482	460	440	418	392	350	290	260	230	126
III	Уэйк	487	578	570	560	540	528	520	514	505	492	450	390	350	276
	Сингапур	453	681	624	596	552	524	494	460	426	398	364	316	270	214
	Дили	359	540	504	484	456	415	380	360	340	314	281	246	225	171
IV	Уэйк	506	618	610	596	576	563	555	545	526	496	457	387	320	152
	Сингапур	442	641	624	600	567	530	488	440	400	372	341	286	250	217
	Дили	427	540	520	503	486	470	456	444	434	424	414	374	304	150
V	Уэйк	528	641	626	615	598	583	568	552	534	512	478	433	388	178
	Сингапур	405	608	580	540	510	480	452	426	406	370	300	224	180	152
	Дили	374	464	463	454	438	418	400	384	368	352	330	298	276	197
VI	Уэйк	531	639		556	621	595	575	560	540	508	464	396	360	122
	Сингапур	416	563	480	460	535	509	480	450	416	365	304	225	176	165
	Дили	388	493			444	428	410	394	380	364	348	318	284	236

Месяц	Станция	Среднее	Максимальное	Обеспеченность, %											Мини- мальное
				5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	
VII	Уэйк	540	630	624	620	613	608	603	596	584	562	490	365	256	186
	Сингапур	448	583	572	559	535	514	493	469	444	416	390	332	270	185
	Дили	407	601	529	520	506	484	445	387	362	348	336	302	270	204
VIII	Уэйк	490	626	606	592	578	567	553	532	504	470	418	302	260	85
	Сингапур	440	630	604	582	545	514	480	450	418	390	360	330	260	179
	Дили	442	590	572	562	541	522	496	403	388	378	368	355	344	322
IX	Уэйк	493	592	580	567	556	544	533	522	508	490	450	390	350	199
	Сингапур	444	607	592	576	550	524	500	474	450	420	370	230	180	165
	Дили	483	614	608	597	580	565	550	525	430	400	386	372	358	229
X	Уэйк	389	531	521	508	490	475	457	430	388	350	301	243	210	68
	Сингапур	394	579	568	550	512	480	440	406	356	319	284	242	210	76
	Дили	520	628	626	602	580	564	553	540	526	505	476	422	384	351
XI	Уэйк	375	448			436	426	416	404	388	370	340	283	230	101
	Сингапур	416	569	564	564	498	462	436	411	389	364	342	313	295	270
	Дили	499	612	604	582	567	557	547	532	513	490	454	386	330	136
XII	Уэйк	361	515	425	414	402	395	387	378	364	347	328	302	275	202
	Сингапур	364	514	494	481	458	439	422	399	352	296	259	218	196	178
	Дили	443	562	531	522	509	496	482	467	449	426	401	330	282	256

неожиданных и больших скачков в температуре воздуха, когда последняя в течение 1—2 час. может измениться на $3-6^{\circ}$. Таких примеров не так уж мало. В частности, в Джакарте 8/IV 1945 г. в течение одного часа (от 16 до 17 час.) температура воздуха понизилась от $30,4$ до $24,5^{\circ}$; 19/X 1944 г. в течение двух часов (от 12 до 14 час.) она понизилась от $32,3$ до $27,8^{\circ}$. Конечно, эти изменения в термическом состоянии нижних слоев атмосферы могли быть чисто динамического происхождения, но сами динамические процессы, вероятно, являются следствием воздействия солнечного тепла. К сожалению, нет возможности произвести соответствующие сопоставления скачков температуры со всем комплексом погодных процессов, в том числе и с притоком солнечной радиации из-за отсутствия необходимых данных. Но такой анализ следует сделать, как только появится возможность.

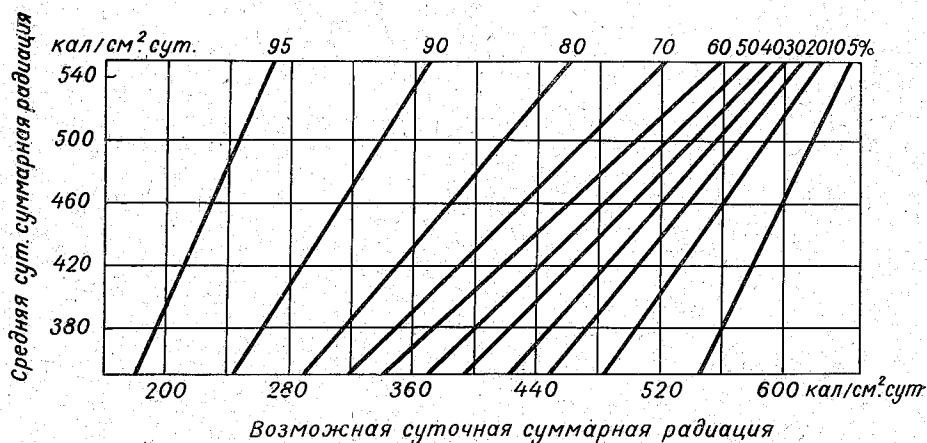


Рис. 1. Номограмма для расчета суточных величин суммарной солнечной радиации (кал/см² · сут.)

Учитывая, что вопрос пространственно-временных изменений суточных величин суммарной радиации на островах Индонезии и Океании остается слабоизученным, мы решили данные табл. 1 положить в основу номографирования. При этом исходили из того, что между средними суточными величинами, полученными по трехлетнему периоду, и суточными величинами по грациям обеспеченностей прослеживается определенная взаимосвязь. Пользуясь этой взаимосвязью, можно построить номограмму, которая послужит достаточным основанием для суждения о распределении суточных сумм радиации различной обеспеченности на громадном пространстве, на котором раскинулись многочисленные острова. Строя номограмму и анализируя суточные величины радиации, мы постоянно помним о том, что сами исходные данные недостаточно точны, многие из них получены путем экстраполяции.

Несмотря на ограниченность исходной информации и недостаточную корректность в наблюдениях, нам, как представляется, удалось получить общую номограмму суточных величин суммарной радиации. На ней удовлетворительно легли данные всех трех пунктов и для всех месяцев года. Если в этих данных имеется тесная согласованность, то нет основания отрицать ее существование в любом другом пункте, лежащем между станциями, вошедшими в обработку (рис. 1).

Номограмма может служить надежной основой для характеристики изменчивости суточных величин суммарной радиации на островах Индонезии и Океании, а также над акваториями между ними, поскольку в

литературе имеются некоторые сведения о распределении средних суточных величин по земному шару.

Анализ номограммы позволяет заключить, что здесь величины больше средней располагаются плотнее, чем величины меньше средней. Отсюда следует, что асимметричный вид интегральных кривых суточных величин суммарной радиации легко выявляется с помощью номографирования. На номограмме это выражается большой разряженностью линий 95-, 90- и 80%-ной обеспеченности и сравнительно малой разряженностью линий 5-, 10- и 20%-ной обеспеченности. Это значит, что в некоторые дни, особенно в дождливый период, наблюдается устойчивый плотный и мощный облачный покров, который сильно ослабляет приток радиации. При средних величинах 400—450 кал/см² возможные минимальные значения уменьшаются до 160—180 кал/см². В то же время при этих средних максимумы достигают 600—620 кал/см².

Данные показывают, что тепловые ресурсы могут изменяться достаточно сильно и это определенным образом сказывается на развитии погодных явлений. Поэтому средние суточные величины, из какого бы ряда наблюдений они ни получены, нельзя считать консервативными и малоизменяющимися элементами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Солнечная радиация и радиационный баланс (мировая сеть). 1964—1966 гг. Изд. ГГО, 1965—1967.
2. Observations made at the Royal Magnetic and Meteorological Observatory at Batavia. 1940—1944, vol. LXIII—LXVII—A. Meteorol. Geophys. Service.

А. Г. МЕРСИЯНОВА

О СУТОЧНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ОБЩЕЙ ОБЛАЧНОСТИ НАД СЕВЕРНОЙ АФРИКОЙ

Данные об изменении облачного покрова в течение суток имеют определенный научный и практический интерес. Они служат важными характеристиками климата и погоды. Поэтому неслучайно вопросу суточного хода облачности уделяется достаточно большое внимание в литературе [1, 2, 4, 6—8].

В одной из последних работ, посвященных изучению облачности [4], исследуются общие закономерности распределения этого элемента для всего Северного полушария на материалах МГГ. В ней приведены карты амплитуд и распределения типов суточных колебаний повторяемости пасмурного состояния неба за январь и июль. По мнению авторов, эти карты следует рассматривать как схему, требующую дальнейшего уточнения.

Наиболее полно сведения по облачному покрову Африки представлены в монографии «Климат Африки» [2], где наряду со средними данными рассматриваются вероятностные характеристики облачности в пространстве и во времени, однако суточная изменчивость облаков освещена недостаточно полно.

Следует обратить внимание на методику расчета данных, помещенных в «Климатическом справочнике Африки» [3], так как они послужили исходным материалом для настоящей статьи. Для 113 станций Северной и Экваториальной Африки были рассчитаны вероятности градаций облачности 0—2, 3—7, 8—10 баллов для 6, 12, 18 час. по гринвичскому времени и выражены в процентах к общему числу наблюдений за месяц соответствующего периода (5—10 лет, а для отдельных станций 20 лет). За 100% принималось общее число случаев по всем градациям вместе, а не для каждой градации в отдельности, как это сделано в [4]. С помощью использованной нами методики можно показать значимость каждой градации для данной станции и одновременно дать распределение внутри суток по срокам. Таким образом, повторяемости облачности различных градаций, полученные в [2, 4], однотипны по характеру распределения облачности в течение суток, но несравнимы по абсолютным величинам. Иначе говоря, нам приходится оперировать вероятностными характеристиками, гораздо меньшими по абсолютным величинам.

Наши данные позволяют дополнительно судить о распределении облаков в течение суток, особенно для тех территорий, где степень покрытия неба облаками не превышает 3—7 баллов. Над рассматриваемыми

мой частью Африки в 40% случаев преобладает полуясное состояние неба (3—7 баллов). Для более полного представления о структуре суточного хода облаков целесообразно было бы использовать данные ежедневных наблюдений как по общей, так и по нижней облачности. Однако такие данные по исследуемой территории отсутствуют, что затрудняет, но не исключает возможности выявления основных закономерностей и особенностей суточного хода облачности, поскольку наибольшие изменения его происходят, как правило, в часы захода и восхода солнца.

При определенных циркуляционных процессах над Африкой создаются условия для возникновения облаков, различающихся по структуре и по форме. Эти различия проявляются в некоторых характеристиках облачности, в том числе в годовом и суточном ходе ее. Суточная изменчивость облаков над исследуемой территорией зависит от многих факторов, главными из которых являются циркуляция атмосферы, суточный ход солнечного сияния, рельеф, влияние окружающих Африку океанов и морей.

С помощью карты-диаграммы повторяемостей ясного и пасмурного неба по срокам можно получить представление о пространственно-временной изменчивости суточного хода облачности (рис. 1, 2). Они составлены на основании данных ограниченной сети станций для четырех месяцев года (I, IV, VII, X). Станции выбирались по климатическим зонам, выделенным О. Г. Сорочан по годовому ходу облачности [2]. Из карт-диаграмм нетрудно видеть, что во всех климатических зонах преобладает утренний максимум облаков. Это характерное для прибрежных станций явление изменяется под влиянием рельефа по мере удаления от побережья. На суше, особенно в условиях пересеченного рельефа, суточный ход облачности имеет более сложный характер. На общем фоне выделяются станции, на которых максимум облаков сдвигается на день и на вечер. При этом на одних станциях он выражен более четко (Касабланка, Зигиншор, Галлабат, Ман, Сан-Томе, Луанда и др.), а на других менее четко (Бон, Нуакшот, Сен-Луи, Боке). Ниже дается более подробная характеристика суточного хода облачности по климатическим зонам, выделенным по типу годового хода облачности.

Субтропический тип. По имеющимся данным в субтропической зоне преобладают облака хорошей погоды — Cu, Sc (40—80%); облака плохой погоды — Cu, Cb, Sc, St — встречаются редко (5—29%). Таким образом, над субтропическими широтами существует характерный для кучевой облачности годовой ход с устойчивым зимним максимумом и летним минимумом облаков. Однако суточный ход облачности оказывается для этой зоны более изменчивой характеристикой, так как суточная изменчивость данного элемента сильнее зависит от влияния местной циркуляции, чем годовая.

По типу распределения облачности в течение суток выделяются прибрежные станции субтропической зоны, имеющие в свою очередь специфические особенности на западном и восточном побережье континента. Выделяются также высокогорные районы Атласского хребта, где устанавливается совершенно иной тип суточного хода облаков (рис. 1, 2).

Из анализа приведенных карт-диаграмм следует, что повторяемость пасмурного состояния неба является для субтропической зоны малоизменчивой характеристикой. Будучи наименьшей градацией из трех рассчитанных, она колеблется от 10 до 35% в период максимума облаков (I—II) и от 0 до 15% в период минимума (VII—VIII). Суточные амплитуды повторяемости этой градации не превышают на

большей части зоны 3—5%. Такие незначительные различия повторяемости градации облачности 8—10 баллов объясняются в основном условиями образования облачности.

Сплошной облачный покров над субтропическими широтами обычно связан с прохождением средиземноморских полярнофронтовых циклонов и изменчивость его от срока к сроку не прослеживается. Исключения составляют северо-западные береговые районы, вблизи которых проходит холодное Канарское течение. Суточный максимум повторяемости сплошной облачности приходится здесь на утро, 10—13%; в полдень повторяемость ее имеет минимум, 1—5%, а к вечеру снова увеличивается до 8—10%. Двойной максимум общей облачности в течение суток наиболее четко проявляется в этом районе с апреля по октябрь. Амплитуды повторяемостей пасмурного состояния неба составляют в эти месяцы 8—11% (Касабланка, Рабат). На побережьях облачность имеет обратный суточный ход по сравнению с континентальными районами. При наличии холодного течения эффект гашения конвекции в дневные часы еще более усиливается, поэтому в суточном ходе облачности выделяются два максимума в течение суток. Дневной минимум и вечерний максимум в суточном ходе облачности на холодных морских побережьях был замечен еще Литцнаром [8].

На северном побережье Африки при продвижении с запада на восток двойной максимум в суточном ходе облаков постепенно исчезает. Уже над Боном устанавливается другой тип суточного хода (рис. 1, 2).

Повторяемость ясного состояния неба также имеет суточный ход. В отдельных районах субтропической зоны он выражен более резко, чем суточный ход повторяемости пасмурного неба. На ст. Гиза, например, амплитуда повторяемости градации 0—2 балла (18%) увеличивается в июле вдвое по сравнению с повторяемостью градации 8—10 баллов (9%). Это позволяет нам лучше выявить типы суточного хода и косвенным образом оценить суточный ход облачности других градаций, особенно на восточных станциях, где пасмурное состояние неба практически отсутствует.

На восточном побережье с января по декабрь максимум облаков отмечается утром, а минимум вечером. Амплитуды повторяемости ясного неба в Александрии колеблются от зимы к лету от 4 до 8%. С удалением в глубь материка суточный ход облаков приобретает черты континентального климата с максимумом облачности в полдень. Это достаточно четко можно проследить по повторяемости ясного неба в течение суток. С октября по апрель из-за дневного максимума облаков повторяемость ясного состояния неба имеет минимум (12—18%) в полдень, а максимум (20—30%) вечером.

В летние месяцы года, когда влияние Средиземного моря сказывается здесь довольно сильно, суточный ход облаков имеет такое же распределение, как и на восточном побережье.

Характер суточного хода облачности меняется над Атласскими горами. В послеполуденные часы здесь обычно развивается конвективная облачность, занимающая к вечеру обширные пространства на небосводе. В результате над всей областью Атласских гор отмечается вечерний максимум градации облачности 3—7, 8—10 баллов и вечерний минимум градации 0—2 балла. Анализ данных показывает, что утром и вечером отклонения вероятности градации 0—2 балла от средней за три срока приобретают противоположный знак по сравнению с прибрежными станциями. Происходит это за счет смещения максимума облаков на вечерние сроки. Вечерний максимум облачности наблюдается почти круглый год. Однако в зимние месяцы из-за слабо развитой кон-

вективной деятельности суточный ход повторяемости ясного и пасмурного неба выражен не так четко, как летом. Очевидно минимум облачности наступает уже в ночные часы и сохраняется до утра. Из сравнения значений повторяемости ясного состояния неба в 12 час. с повторяемостями этого же состояния неба в 6 и 20 час. следует, что степень покрытия неба облаками в полдень ближе к вечернему сроку, чем к утреннему.

Тропический тип характеризуется зимним (XII—I) минимумом и летним (VII—VIII) максимумом общей облачности. В условиях тропического муссона выделенный тип годового хода облачности заметно выражен и характерен для большей части исследуемой территории. Четкая смена сухого (X—III) и влажного (IV—IX) периодов сказывается как на годовом, так и на суточном ходе облачности. Влажный воздух летнего муссона господствует большую часть года и создает условия для образования утреннего максимума (28—33%) и вечернего минимума (17—27%) повторяемости пасмурного неба. В полдень и утром степень покрытия неба мало отличается, соответственно вероятности пасмурного состояния неба близки по значению. Этот тип суточного хода облачности наиболее отчетлив для прибрежной полосы вдоль Гвинейского залива, расположенной примерно до 12° с. ш. Именно здесь образуются максимальные для рассматриваемой зоны суточные амплитуды облачности градации 8—10 баллов. На Берегу Слоновой Кости суточные колебания достигают 18—19%.

По мере удаления от Гвинейского залива в глубь континента влияние летнего муссона несколько ослабевает. Уже на низменности Ферло (Сенегал, Гамбия), защищенной с юга горами, устанавливается суточный ход, характерный для континентальных районов, т. е. с полуденным максимумом облачности. Зона континентального типа суточного хода облачности прослеживается севернее 12° с. ш. и простирается с запада на восток, совпадая в общих чертах с зоной, выделенной в [4], где также отмечается, что максимум пасмурного состояния неба наблюдается в июле днем, а минимум обычно ночью, иногда вечером и утром. Это достаточно четко можно проследить на ряде станций, расположенных с запада на восток примерно на 12—13° с. ш. (Зигиншор, Кутиала, Бирнин-Конни, Маради, Майне-Сороа, Галлабат). Как видно из рис. 1, над Галлабатом, расположенным на высоте 764 м, с марта по октябрь время наступления максимума сдвигается с дневного срока на вечерний. Таким образом, континентальный тип суточного хода облачности над Абиссинским нагорьем нарушается.

Время наступления минимума облачности также не является постоянным для данной зоны. Выделяются, например, береговые низменные районы, занимающие крайне западное положение на континенте (Зигиншор, Дакар, Кольда). Здесь снова проявляется действие холодного Канарского течения, увеличивающего вечернюю повторяемость пасмурного неба до максимальных дневных значений. В результате минимум данной градации отмечается в утренние часы, в то время как внутри зоны — в вечерние часы.

В сухой период года над тропиками преобладает устойчивый суточный ход облачности. В отличие от влажного периода наибольшие значения вероятностей пасмурного неба (4—17%) приходятся на вечер, а наименьшие (2—7%) на утро.

Для более полной характеристики суточного хода облачности над тропиками представляет интерес годовое распределение вечерней повторяемости пасмурного состояния неба (Канкан, Одиенне, Фадан-Гурма, Канди, Чауру, Ман, Натитингу и др.). При общем увеличении облач-

ности от зимы к лету повторяемость пасмурного состояния неба в вечерние часы заметно уменьшается (рис. 3). С января по март она превосходит по значению утреннюю и дневную повторяемость, с апреля по июнь повторяемость градации 8—10 баллов резко уменьшается. На прибрежных станциях Гвинейского залива это уменьшение составляет 7—9%. (Гауа, Ман). С июня по октябрь повторяемость пасмурного состояния неба является самой низкой по величине, после чего снова становится преобладающей характеристикой, т. е. суточный ход перестраивается на зимний тип. Таким образом, апрель—июнь и октябрь являются переходными месяцами между зимним и летним распределением суточного хода облачности.

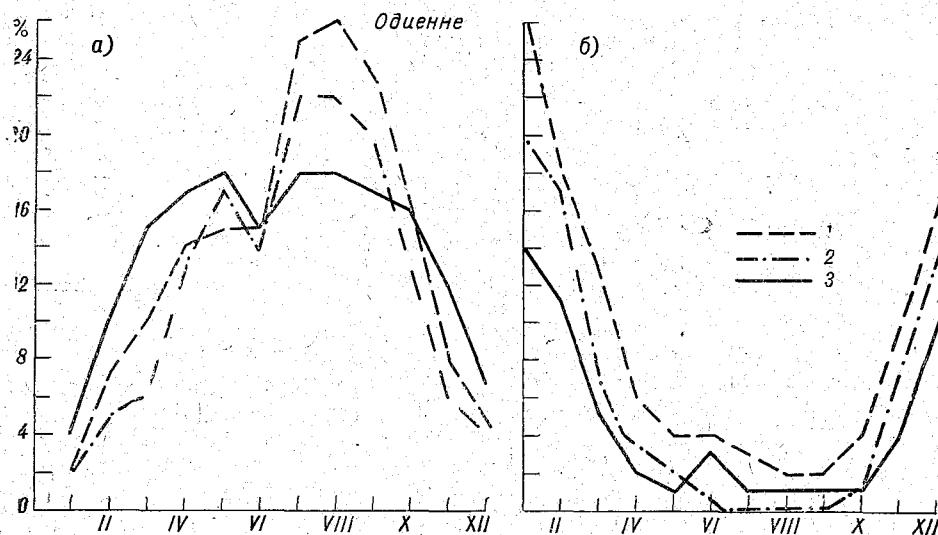


Рис. 3. Годовой ход повторяемости пасмурного (а) и ясного (б) состояния неба по срокам. Тропическая зона.

1 — утро, 2 — день, 3 — вечер.

Экваториальный тип годового хода облачности занимает ограниченные территории на западном и восточном берегу континента (рис. 1). Его отличительной чертой является сглаженный годовой ход общей облачности и четко выраженный суточный ход. Во все месяцы года максимальные значения повторяемости градации 8—10 баллов соответствуют здесь утренним срокам (22—32%), а минимальные, как правило, вечерним (3—15%) (Ганьоа, Сан-Томе, Луанда). При этом в каждом конкретном случае эта общая закономерность видоизменяется в зависимости от местоположения станций. В тех районах экваториальной зоны, где степень покрытия неба облаками составляет 9—10 баллов и идут непрерывные обложные или морсящие дожди, суточная изменчивость отсутствует.

Очень специфичен суточный ход повторяемости градации 8—10 баллов на островной станции Сан-Томе и на побережье Анголы (Луанда) (рис. 4).

С июня по август суточные колебания градации 8—10 баллов на Сан-Томе не превышают 4%, а остальные месяцы года они колеблются около 12%. Дневная и вечерняя повторяемости пасмурного неба имеют два максимума в годовом ходе: один в апреле, мае и второй в октябре. Минимум этих же повторяемостей приходится на июнь—август. В то

же время вечерняя повторяемость пасмурного состояния неба имеет только один максимум в августе. На востоке экваториальной зоны эта специфика сохраняется (Монгалла); однако максимум наступает раньше, чем на западе (утренний и дневной — в марте, августе; вечерний — в июне).

Примерно такие же периоды экстремальных значений выделяются в годовом ходе осадков [2], [3]. Описанная годовая изменчивость суточного хода хорошо согласуется с полученными в монографии [2] данными о несоответствии выраженного двойного максимума осадков и

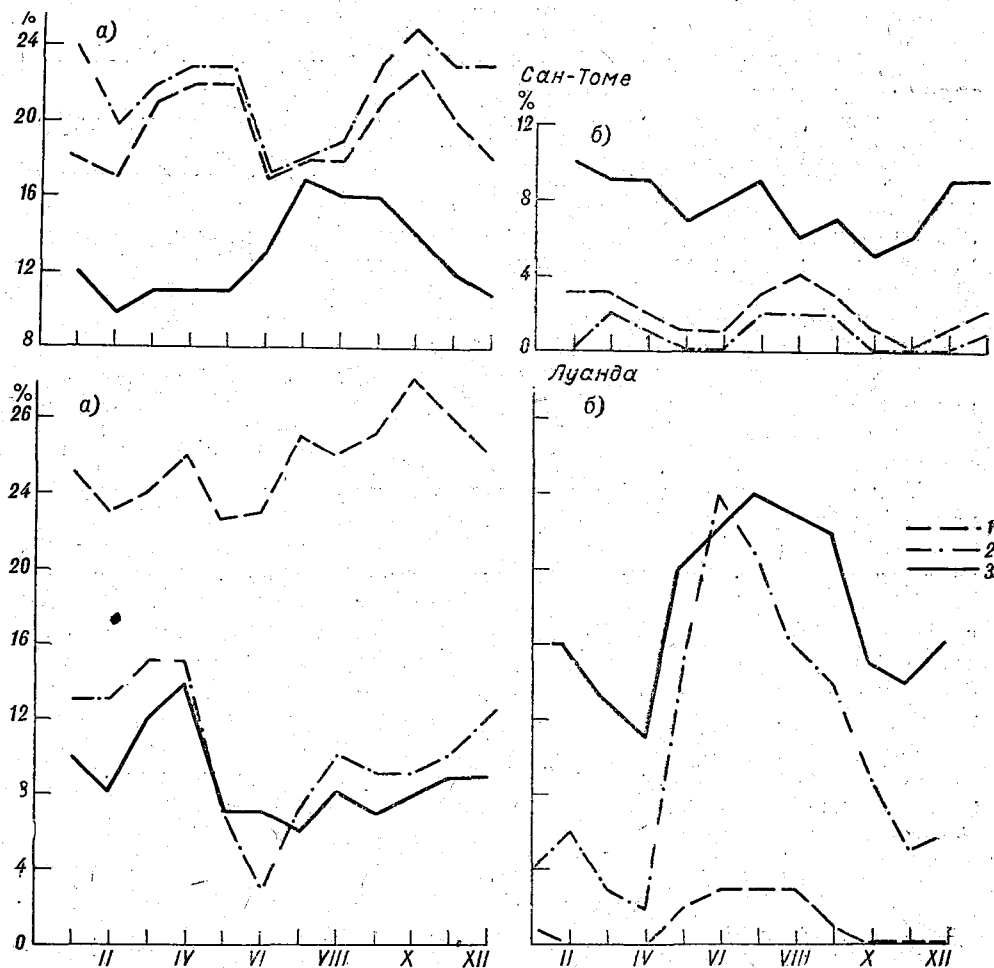


Рис. 4. Годовой ход повторяемости пасмурного (а) и ясного (б) состояния неба по срокам. Экваториальная зона.

Усл. обозначения см. рис. 3.

сглаженного годового хода общей облачности над экватором. Поскольку ежемесячная общая облачность получена путем осреднения трехсуточных данных, она дает сглаженный ход по месяцам и не отражает особенностей суточного хода.

На побережье Анголы, где господствуют воздушные потоки с океана и влияние холодного Бенгальского течения сказывается довольно сильно, суточный ход облачности имеет свои особенности. Во все ме-

сяны года максимальные значения повторяемости пасмурного неба (26—30%) приходятся здесь на утро, а минимальные (4—14%) — на дневные и вечерние часы. Амплитуды суточных колебаний этой градации достигают больших значений (20—23%). Такие контрасты суточного пасмурного неба на экваторе хорошо согласуются с суточным ходом грозовой деятельности и могут быть объяснены усилением развития конвекции в утренние часы.

ВЫВОДЫ

1. Суточный ход облачности над Африкой представляет сложное явление и носит изменчивый характер. Он изменяется как по климатическим зонам, выделенным по годовому ходу общей облачности, так и внутри зоны в зависимости от местоположения станций.

2. Одним из распространенных типов суточного хода облачности над Африкой является океанический тип. Наиболее четко он проявляется над холодными морскими побережьями. Для этих районов характерны и максимальные суточные амплитуды. В районах, находящихся под воздействием Канарского и Бенгальского течений, суточный ход градации облачности 8—10 баллов приобретает некоторые особенности (Рабат, Касабланка, Дакар, Зигиншор, Луанда).

Над горными массивами субтропической и тропической зон, а также над возвышенными плато переходной зоны устанавливается высокогорный тип суточного хода облачности с вечерним максимумом конвективной облачности.

Над тропической зоной выделяется континентальный тип суточного хода облачности с дневным максимумом облаков.

3. Средняя суточная повторяемость пасмурного состояния неба дает сглаженный годовой ход и не учитывает особенностей суточного хода. Исследование годового хода градации облачности 8—10 баллов в разные сроки позволило выявить два годовых максимума утренней и дневной повторяемости и один годовой максимум вечерней повторяемости и этим самым объяснить несоответствие сглаженного годового хода общей облачности и двойного годового максимума осадков на экваторе.

4. При общей облачности 3—7 баллов целесообразно рассматривать суточный ход только повторяемости ясного состояния неба.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берлянд Т. Г. Распределение солнечной радиации на континентах. Гидрометеопиздат, Л., 1961.
2. Климат Африки. Под ред. А. Н. Лебедева и О. Г. Сорочан. Гидрометеопиздат, Л., 1967.
3. Климатический справочник Африки, ч. II. Гидрометеопиздат, Л., 1967.
4. Кравцова Л. М., Муравьева Н. М. Некоторые характеристики суточного хода облачности над северным полушарием. Труды НИИАК, вып. 44, 1967.
5. Моретт Ф. Экваториальная, Восточная и Южная Африка (пер. с франц.). Изд-во иностр. лит., М., 1951.
6. Риль Г. Тропическая метеорология (перевод с англ.). Изд-во иностр. лит., М., 1963.
7. Köppen W. Wie ist der tägliche Gang der Bewölkung auf Meer? Annal. d. Hydrogr. Bd. 66, 1938.
8. Litznar I. Über den täglichen Gang der Bewölkung. Zeitschr. d. Österreich. Gesellschaft für Meteorol. Wien, 1885.

О. Г. СОРОЧАН

О МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА ИНТЕНСИВНОСТИ ОСАДКОВ

Расчет интенсивности атмосферных осадков, ее вероятности и обеспеченности с учетом выбранных градаций по многолетним данным имеет большое практическое значение. Эти характеристики одного из важнейших метеорологических элементов необходимы при планировке городов, для ряда водохозяйственных расчетов при проектировании и эксплуатации различных гидросооружений, автомобильных дорог и пр.

Трудности непосредственного расчета интенсивности осадков и ее статистических параметров для территории Советского Союза связаны прежде всего с трудоемкой обработкой лент плювиографов для теплого периода года и с отсутствием надежных данных по твердым осадкам в холодный период [4].

Расчет интенсивности осадков по зарубежной территории представляет еще большие сложности. Для этой территории полностью отсутствуют в имеющихся у нас публикациях данные самописцев осадков, весьма редко издаются и по очень ограниченной сети станций материалы ежечасных наблюдений. То же можно сказать относительно публикации в периодических изданиях (ежемесячники, ежегодники) фактических материалов по интенсивности осадков или их продолжительности за различные периоды времени.

Таким образом, наиболее возможным методом определения интенсивности осадков и ее статистической структуры является косвенный метод расчета, основанный на учете связей между различными характеристиками осадков, как, например, месячная сумма осадков, число дней с осадками и суммарная продолжительность осадков за месяц.

Методы косвенного расчета отдельных характеристик осадков используются во многих исследованиях. Наибольший интерес из них для наших целей представляют работа А. Н. Лебедева [1] по продолжительности дождей на территории СССР и исследование С. Л. Руссака и Д. У. Истли [5].

Методика расчета продолжительности осадков, приведенная в [1], дает возможность оценить точность расчетов продолжительности явления по формулам, предложенным В. П. Кеппенем и Бонтроном. Лебедев дает свою эмпирическую формулу, расчеты по которой для территории СССР позволяют получить наиболее точные результаты. Уточнил он также методику косвенного расчета продолжительности осадков, выпадающих в твердом и жидком виде. Это уточнение имеет большую практическую ценность для расчетов по территории СССР и многих районов земного шара, над которыми определенную часть года

температура воздуха опускается ниже 0°. Результаты расчетов проверялись для переходных сезонов по районам Советского Союза с суровым климатом (Восточная Сибирь, Дальний Восток).

Для зарубежной территории по ряду районов расчеты продолжительности осадков прямым и косвенным методами были выполнены И. А. Афрамеевой [2]. При расчете косвенным методом ею получены переходные коэффициенты, учитывающие связь между фактической продолжительностью осадков и числом дней с осадками за соответствующие периоды времени. Поскольку фактические данные немногочисленны, а данные по числу дней с осадками публикуются по многим станциям земного шара, полученные Афрамеевой переходные коэффициенты с определенной степенью точности, которая оценивается в ее работе, могут быть распространены на другие районы земного шара с одинаковыми типами климата.

Данные по продолжительности осадков (фактические и полученные косвенными методами) необходимы для расчета интенсивности осадков (I), если имеются соответствующие им данные по количеству осадков за одинаковые отрезки времени — месяц, сезон, год.

В этом случае расчеты можно выполнять по формуле

$$I = \frac{R}{T},$$

где R — сумма осадков (за месяц, сезон, год) в миллиметрах; T — фактическая или рассчитанная продолжительность осадков за те же интервалы времени.

При наличии данных по количеству осадков и их продолжительности за отдельные годы по многолетнему периоду можно рассчитать вероятность и обеспеченность интенсивности осадков различных градаций, а также некоторые другие статистические характеристики, которые необходимы для оценки особенностей распределения. Расчеты этих характеристик могут быть выполнены на электронной вычислительной машине (ЭВМ), что не представляет особых трудностей.

Пример расчета для некоторой станции (назовем ее «Х») приведен в таблицах 1 и 2. Данные, помещенные в табл. 2, получены по данным табл. 1.

Расчет вероятности интенсивности осадков может быть выполнен для любых градаций в зависимости от запросов практики.

На основании данных таблиц 1 и 2 могут быть построены номограммы обеспеченностей, позволяющие рассчитывать возможные интенсивности осадков различной обеспеченности в зависимости от средней ее величины.

Период наблюдений, по которому использовались данные при расчете на ЭВМ «Минск-22», составлял 26 лет. Годы в табл. 1, в которые представлены сведения об осадках за месяц (сумма осадков и соответствующая им продолжительность), даны в условных обозначениях: Δ — отклонение интенсивности осадков данного месяца соответствующего года от средней многолетней величины; Δ^2 , Δ^3 , Δ^4 — степени этого отклонения, которые, как и Δ , используются для расчета интересующих нас статистических характеристик.

По этим данным могут быть построены карты распределения вероятности интенсивности осадков различных градаций на любых территориях земного шара, для которых имеются данные по количеству осадков, числу дней с осадками и переходные коэффициенты, позволяющие рассчитать продолжительность явления.

Таблица 1

Расчет интенсивности осадков и ее обеспеченности. Ст. «Х», июль

Годы в порядке возрастания	Сумма осадков, мм	Продолжи- тельность осадков, часы	Интенсивность осадков, мм/час	$I_{\text{ср}} - I_i = \Delta$	Δ^2	Δ^3	Δ^4	Интенсивность осадков в порядке убывания	Годы, соот- ветствующие порядку	Обеспечен- ность, %
1	280	19	14,74	4,56	20,78	94,72	431,78	23,27	7	2,83
2	74	14	5,29	-4,89	23,94	-117,12	573,04	21,00	13	6,60
3	29	10	2,90	-7,28	52,98	-385,57	2806,36	20,50	20	10,38
4	106	13	8,15	-2,02	4,10	-8,30	16,80	19,00	20	14,15
5	78	13	6,06	-4,18	17,46	-72,95	304,82	15,28	9	17,92
6	512	9	2,44	-7,73	59,81	-492,60	3577,72	15,24	24	21,70
7	22	22	23,27	13,09	171,46	2245,17	29399,05	14,74	1	25,47
8	05	23	13,26	3,08	9,28	29,28	90,28	13,60	21	29,25
9	332	25	15,28	5,10	26,03	132,78	677,37	13,26	8	33,02
10	44	11	4,00	-6,18	38,17	-235,85	1457,15	12,88	12	36,79
11	323	17	19,00	8,82	77,82	686,50	6056,06	10,25	15	40,57
12	322	25	12,88	2,70	7,30	19,72	53,27	9,95	19	44,34
13	462	22	21,00	10,82	117,11	1267,29	13714,07	8,15	4	48,11
14	72	17	4,24	-5,94	35,32	-209,91	1247,53	7,07	18	51,89
15	123	12	10,25	0,07	0,01	0,00	0,00	6,93	22	55,66
16	86	13	6,62	-3,56	12,70	-45,23	161,16	6,52	16	59,43
17	125	19	6,58	-3,60	12,96	-46,63	167,86	6,58	17	63,21
18	99	14	7,07	-3,11	9,65	-29,99	93,19	6,00	5	66,98
19	309	21	9,95	-0,23	0,05	-0,01	0,00	5,94	23	70,75
20	328	16	20,50	10,32	106,54	1099,62	11349,81	5,29	2	74,53
21	272	20	13,60	3,42	11,71	40,06	137,06	5,29	2	78,30
22	104	15	6,93	-3,25	10,53	-34,17	110,89	4,80	26	82,08
23	95	16	5,94	-4,24	17,99	-76,27	323,47	4,71	25	85,85
24	259	17	15,24	5,06	25,57	129,32	653,94	4,00	14	89,62
25	66	14	4,71	-5,46	29,86	-163,14	891,41	2,90	10	93,40
26	72	15	4,80	-5,38	28,93	-155,58	836,78	2,44	3	97,17
Сумма			264,64	-0,00	928,25	3701,12	75130,88			0,60
Среднее			10,18	-0,00	6,09	0,63	-0,90			

Таблица 2

Расчет вероятности (повторяемости) интенсивности осадков заданных градаций (%). Ст. «Х», июль

Градация интенсивности I мм/час	Число случаев	Вероятность, %	Градация интенсивности I мм/час	Число случаев	Вероятность, %
$0,25 < I \leq 1$	0	0	$15 < I \leq 50$	6	24
$1 < I \leq 4$	3	8	$I > 50$	0	0
$4 < I \leq 15$	17	68			

Точность предлагаемого метода расчета определяется длиной периода наблюдений, по которому имеются синхронные данные по количеству осадков и их продолжительности за месяц, сезон или год. По предварительным оценкам 10%-ная погрешность средних данных (с обеспеченностью порядка 90%) может быть получена при длине периода наблюдений порядка 35—40 лет при обязательном условии, что в расчетах берутся корректные данные по количеству осадков. Методика оценки точности рассчитываемых характеристик в зависимости от длины периода подробно изложена в монографии «Климаты Африки» [3].

Предлагаемый метод расчета интенсивности осадков и ее статистических характеристик отличается от методов, изложенных в работах других авторов. В связи с этим коротко остановимся на работе С. Л. Руссак и Д. У. Истли [5]. В ней дается полуэмпирическая формула расчета, которая, по мнению авторов, позволяет получить надежные данные по интенсивности осадков для любой точки земного шара и определять, когда выпадет норма осадков или ее максимум. Формула имеет вид

$$Hr = m \left(\frac{p}{d} - a \right),$$

где H — продолжительность осадков за год в часах, когда их интенсивность превысила норму для данного пункта; r — интенсивность осадков, дюймы/час; p — среднее годовое количество осадков в дюймах; d — число дней с осадками; m — наклон линии регрессии для точки a , где пересекаются ось x и линия регрессии для r .

Формула была получена на основании учета связи интенсивности осадков за год со средней годовой их суммой и числом дней с осадками за год. С помощью расчетов по этой формуле можно сократить трудоемкий процесс обработки и получать для любой станции земного шара полное распределение частоты выпадения осадков, пользуясь средней годовой их суммой и числом дней с осадками за год.

Мы не проверяли надежность расчетов по формуле, предложенной Руссаком и Истли, однако считаем, что расчеты интенсивности осадков, ее вероятности и обеспеченности за более короткие интервалы времени (порядка месяца) должны дать более точные результаты, чем расчеты по данным за год, при небольшой затрате времени счета на ЭВМ. Выбор для расчета интервала времени порядка месяца позволяет учитывать сезонные характеристики выпадения осадков особенно в муссонных, полупустынных районах, а также в районах со сложной орографией. Для названных районов Руссак и Истли не гарантируют высокой точности полученных результатов расчета интенсивности осадков, так как данные за год недостаточно хорошо, по их мнению, отражают сезонные особенности явления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев А. Н. Продолжительность дождей на территории СССР. Гидрометеоздат, Л., 1964.
2. Абрамеева И. А. Методика косвенного расчета продолжительности осадков. См. наст. сб.
3. Климаты Африки. Под ред. А. Н. Лебедева и О. Г. Сорочан. Гидрометеоздат, Л., 1967.
4. Швер Ц. А. Исследование результатов наблюдений по дождемеру и осадкомеру. Гидрометеоздат, Л., 1965.
5. Russak S. L. and Easley J. W. A Practical Method for Estimating Rainfall Rate Frequencies Directly from Climatic Data. Bull. Americ. Meteorol. Soc., vol. 30, No. 9, September, 1958.

И. А. АФРАМЕЕВА

МЕТОДИКА КОСВЕННОГО РАСЧЕТА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ОСАДКОВ

В настоящее время одним из наименее изученных вопросов, имеющих практическое и теоретическое значение, является временная характеристика осадков. Учет продолжительности осадков имеет важное значение для промышленности, строительства и сельского хозяйства. За последние годы наиболее детальные работы были выполнены по Советскому Союзу. По территории зарубежных стран имеются лишь единичные исследования. Одна из первых работ по этому вопросу была выполнена В. Г. Кеппеном по методике расчета продолжительности осадков [1]. В ней указывается, что точную характеристику осадков можно получить лишь в том случае, когда известна средняя продолжительность и интенсивность дождя. Им была предложена расчетная формула для вычисления продолжительности осадков, которая была использована Окадо для территории Японии [2]. В послевоенные годы этот метод был применен в СССР для изучения продолжительности туманов, метелей и осадков [3]. В 1958 году Бонтроном [4] были получены формулы для расчета продолжительности осадков с учетом климатических особенностей Франции.

На основании расчетов продолжительности осадков по формулам Кеппена и Бонтрона и их сопоставления А. Н. Лебедевым [5] была сделана оценка возможности применения этих формул для территории Советского Союза. Исследуя эти формулы и анализируя фактический материал наблюдений, он предложил новую формулу, которой можно пользоваться во всех районах СССР. Расчетные данные, полученные по этой формуле, дают более согласованные результаты с фактическими величинами. Исследование продолжительности осадков позволяет рассчитывать интенсивность осадков и дать их количественную характеристику.

Настоящая статья посвящена исследованию продолжительности осадков по территории Западной Европы. В результате проведенного расчета были получены коэффициенты, позволяющие вычислить продолжительность осадков, используя связь числа дней с фактической продолжительностью осадков на любой станции, расположенной на этой территории.

Работа выполнена по данным, опубликованным в периодической печати. Было установлено, что систематические наблюдения за продолжительностью осадков велись в основном в послевоенные годы. При этом на большей части станций не ведется точной регистрации продол-

ности осадков по пьювиографу. Для оценки продолжительности осадков используются буквенные обозначения. При такой характеристике явления не представляется возможным определить фактическую продолжительность осадков, поэтому нами были использованы данные 25 станций, на которых проводились непрерывные наблюдения продолжительности выпадения осадков. Используемый период наблюдений, весьма различен, он изменяется от 5 до 18 лет (табл. 1).

Таблица 1

Список станций, их координаты и периоды наблюдений

Станция	Координаты		Высота, м	Период наблюдений, годы
	широта	долгота		
Гарделеген	52°31' С	11°24' В	47	1948—1958
Варнемюнде	54 11	12 05	4	1948—1958
Лейпциг	51 19	12 25	153	1948—1958
Брно	49 12	16 34	223	1947—1953
Кошице	48 42	21 16	207	1946—1953
Познань	52 25	16 50	86	1954—1962
Устка	54 36	16 52	6	1956—1962
Вроцлав	51 08	16 59	116	1954—1962
Будапешт	47 31	19 02	130	1949—1958
Сомбатхей	47 15	16 36	216	1949—1958
Карлстад	59 22	13 28	47	1953—1960
Хапаранда	65 50	24 09	7	1945—1960
Осло	59 56	10 44	96	1949—1966
Скопье	41 58	21 28	240	1949—1962
Титоград	42 26	19 17	53	1949—1962
Белград	44 48	20 28	132	1949—1962
Бухарест	44 30	26 05	92	1939—1947
Малин-Хед	55 22	07 20	25	1957—1963
Роушз Пойнт	51 48	08 15	41	1957—1963
Россиэйр	52 15	06 20	25	1957—1963
Килкенни	52 40	07 16	64	1957—1963
Бирр	53 05	07 53	72	1957—1963
Дублин	53 26	06 15	81	1957—1963
Кью	51 28	0 19	1	1946—1956
Эскдальмур	55 19	03 19	13	1946—1956

Для выбранных станций удалось получить фактическую и расчетную продолжительность осадков. При определении фактической месячной продолжительности осадков суммировались значения продолжительности за каждый день. Как показали результаты расчетов, наиболее длительные осадки наблюдаются в осенне-зимний период, в летний период продолжительность осадков значительно меньше. Для расчета продолжительности осадков косвенным способом была использована формула Кеппена

$$S = \frac{n}{N} r, \quad (1)$$

где S — суммарная продолжительность осадков в часах; n — число сроков, в которые наблюдались осадки; r — число часов в месяце; N — общее число сроков наблюдений в данном месяце.

Формула Кеппена может быть упрощена, поскольку значения коэффициента при n зависят от числа сроков наблюдений: при трехсрочных наблюдениях $S = 8 n$, при четырехсрочных $S = 6 n$, при восьмисрочных $S = 3 n$.

Из сравнения результатов вычисления по Кеппену с фактической продолжительностью в центральные месяцы сезонов (табл. 2) видно, что формула Кеппена дает завышенные значения на 10—15%. Однако в отдельных случаях расхождения достигают большей величины. Так, на ст. Брно они составляют 38% от фактической продолжительности, а на ст. Кошице — 32%. Значительные расхождения между расчетными и фактическими величинами, очевидно, объясняются несколькими причинами.

Таблица 2
Средняя месячная продолжительность осадков (часы)
и ее погрешность (%)

Станция	Продолжительность по Кеппену				$\delta = \frac{S_{\Phi} - S_K}{S_{\Phi}} \cdot 100$			
	I	IV	VII	X	I	IV	VII	X
Титоград	144	87	18	93	0	6	28	1
Белград	131	101	55	70	1	6	14	2
Хапаранда	177	105	68	114	24	3	7	12
Устка	93	57	71	76	0	12	26	2
Брно	64	40	30	32	14	38	7	10
Гарделеген	130	82	72	77	9	23	13	17
Варнемюнде	142	83	71	84	8	14	5	11
Лейпциг	151	76	73	73	14	0	6	6
Кошице	96	80	65	45	6	23	3	32
Вроцлав	94	87	62	65	3	2	6	4
Познань	111	82	79	64	0	4	9	10
Будапешт	114	77	41	60	12	25	24	16
Сомбатхей	84	87	69	76	6	16	17	3

Примечание. S_{Φ} — фактическая продолжительность осадков;
 S_K — продолжительность осадков, рассчитанная по формуле Кеппена;
 δ — погрешность вычисления по формуле Кеппена относительно фактической продолжительности.

Во-первых, сама продолжительность выпадения осадков регистрируется недостаточно точно. Погрешности, связанные с этими причинами, наиболее существенны при кратковременных и прерывистых осадках. Во-вторых, формула Кеппена может дать достаточно хорошие результаты только при продолжительных осадках. При невыполнении этих условий появляются значительные неувязки между данными, полученными различными способами. В частности, большие расхождения между вычисленными и фактическими величинами на станциях Кошице и Брно, надо полагать, связаны со второй причиной. Кроме того, на большинстве станций по наблюдениям за продолжительностью осадков невозможно определить число сроков, в которые наблюдались осадки, а следовательно, рассчитать продолжительность выпадения осадков по формуле Кеппена. Таким образом, метод расчета продолжительности осадков, предложенный Кеппеном, не дает возможности по имеющимся данным определить временную характеристику осадков для сети станций Западной Европы. Поэтому нашей целью являлось найти способ определения продолжительности выпадения осадков на станциях, где наблюдения за ними не производились.

Просмотр данных метеорологических ежегодников показал, что число дней с осадками регистрировалось на многих станциях. Исходя из этого была установлена связь между продолжительностью осадков и числом дней. С этой целью были построены корреляционные графики по всем станциям для января, апреля, июля и октября. В качестве примера на рис. 1 приводятся графики для станций Брно, Хапаранда, Вроцлав. Анализ графического материала показал, что между продолжительностью осадков и числом дней существует довольно тесная связь.

Найденные коэффициенты перехода от числа дней к продолжительности осадков представлены в табл. 3. Эти коэффициенты характеризуют среднюю продолжительность осадков в день с осадками, определенную за 5—18 лет.

$$k = \frac{\sum \frac{S_{\Phi}}{C}}{n},$$

где C — число дней с осадками, n — число лет, S_{Φ} — фактическая продолжительность.

Как видно из табл. 3, наибольшие значения коэффициентов приходятся на январь, наименьшие на июль. В летний период осадки более кратковременные и более интенсивные. Продолжительность осадков зависит не только от времени года, но и от физико-географических особенностей данного района. Учитывая распределение продолжительности осадков, на территории Западной Европы было выделено 4 района:

- 1) центральная часть Западной Европы;
- 2) Скандинавия;
- 3) юго-восточная часть Западной Европы;
- 4) Англия, Ирландия.

По каждому из этих районов вычислены значения осредненных коэффициентов (табл. 4) и с их помощью определена средняя месячная суммарная продолжительность осадков за характерные для каждого сезона месяцы по формуле

$$\bar{S}_p = \frac{\sum \bar{k} C}{n}.$$

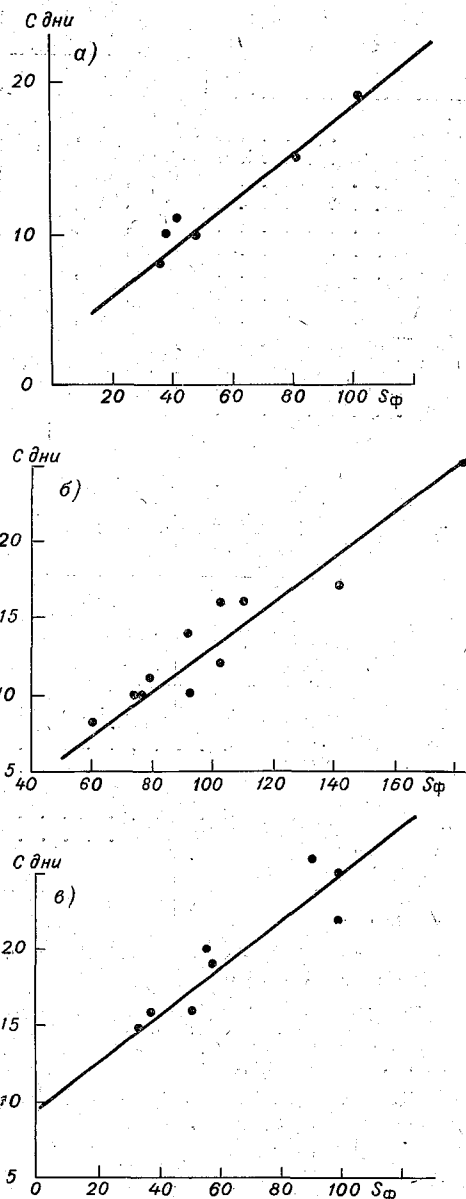


Рис. 1. Корреляционная зависимость между продолжительностью осадков (S_{Φ} , часы) и числом дней с осадками (C). а — Брно (январь), б — Хапаранда (апрель), в — Вроцлав (июль).

Таблица 3

Коэффициенты для расчета продолжительности осадков по числу дней с осадками

Станция	Коэффициент перехода				Станция	Коэффициент перехода			
	I	IV	VII	X		I	IV	VII	X
Гарделеген	6,5	4,4	3,3	4,3	Скопле	6,6	5,0	2,2	5,7
Варнемюнде	6,0	4,5	3,3	4,0	Титоград	9,7	7,0	2,1	7,7
Лейпциг	6,0	4,6	3,3	5,0	Белград	6,6	5,7	3,6	6,1
Брно	4,9	3,1	2,2	4,0	Бухарест	6,7	4,6	2,4	5,5
Кошице	5,7	4,8	4,1	4,0	Малин-Хед	3,4	3,1	3,0	2,8
Познань	5,2	4,6	3,5	4,0	Роушз Пойнт	4,2	3,1	2,8	2,8
Устка	4,6	4,1	3,0	4,6	Россиэйр	4,2	3,4	3,2	3,0
Вроцлав	4,6	4,8	3,2	4,7	Килкенни	4,5	3,6	3,1	3,6
Будапешт	5,8	4,0	2,1	5,6	Бирр	3,8	3,3	3,3	3,4
Сомбатхей	5,8	5,3	3,7	6,1	Дублин	3,2	2,6	2,7	2,9
Карлстад	7,2	6,8	4,1	7,1	Кью	2,6	2,6	1,8	2,2
Хапаранда	7,8	7,3	4,5	6,4	Эскальдмур	5,8	4,6	5,0	4,1
Осло	3,4	3,6	2,9	3,2					

Таблица 4

Коэффициенты для расчета продолжительности осадков по числу дней с осадками, осредненные по районам

Район	$\bar{k}$			
	I	IV	VII	X
Центральная часть Западной Европы	5,5	4,3	3,2	4,6
Скандинавия	6,1	5,9	3,8	5,5
Юго-восточная часть Западной Европы	7,4	5,6	2,6	6,2
Ирландия, Англия	4,0	3,3	3,1	3,1

Полученные результаты приведены в табл. 5. Анализ этих данных показывает, что средняя ошибка расчетов продолжительности осадков при использовании коэффициентов по районам составляет 15—20% от фактической продолжительности. По отдельным станциям имеются значительные расхождения между фактическими и расчетными величинами. Это, видимо, связано с орографическими особенностями данных станций, с недостаточной точными наблюдениями на них, а также с отсутствием достаточного количества исходного материала.

Таким образом, для станций Западной Европы временная характеристика осадков может быть определена с помощью указанных в табл. 4 коэффициентов по числу дней с осадками на данной станции за имеющийся период наблюдений. При дальнейшем накоплении данных наблюдений за продолжительностью осадков полученные коэффициенты перехода могут быть уточнены.

Таблица 5

Фактическая и расчетная месячная продолжительность осадков (часы)
и ее погрешность (%)

Станция	Фактическая продолжительность				Расчетная продолжительность				$\frac{S_{\Phi} - S_p}{S_{\Phi}} \cdot 100$			
	I	IV	VII	X	I	IV	VII	X	I	IV	VII	X
Гарделеген	138	77	68	75	115	75	63	79	17	3	7	5
Варнемюнде	131	72	67	76	118	71	66	90	10	1	1	18
Лейпциг	132	76	69	77	119	68	61	72	10	10	12	6
Брно	56	29	28	29	63	42	42	35	11	45	50	21
Кошице	91	65	63	66	90	54	44	46	1	17	30	30
Познань	111	79	72	58	113	71	61	68	0	10	15	15
Устка	93	65	56	75	113	66	59	74	21	1	5	0
Вроцлав	97	89	66	68	114	77	64	64	18	14	3	6
Будапешт	101	62	33	52	128	86	39	66	26	35	18	27
Сомбатхей	79	75	59	74	72	56	46	53	9	25	22	28
Карлстад	119	76	66	108	102	65	58	73	0	0	6	2
Хапаранда	143	102	63	102	114	82	50	90	20	9	20	12
Осло	52	45	52	62	98	81	66	87				
Скопье	100	63	21	68	107	73	24	64	1	16	14	6
Титоград	144	82	14	92	109	64	18	75	24	22	27	18
Белград	130	95	49	69	127	94	34	71	2	1	31	3
Бухарест	80	50	20	63	82	59	22	72	2	18	9	14
Малин-Хед	73	57	62	59	85	64	64	66	16	12	3	12
Роушз Пойнт	83	42	49	47	78	49	49	52	6	17	0	11
Россиэйр	69	48	51	53	67	47	50	48	0	2	2	9
Килкенни	84	60	56	63	74	56	55	53	12	7	1	16
Бирр	74	50	57	63	71	55	58	62	4	10	2	2
Дублин	52	38	42	45	69	54	57	50	33	42	36	11
Кью	43	31	22	28	64	40	36	36	33	29	64	29
Эскдальмур	135	85	95	87	90	60	60	61	33	29	37	30

ЛИТЕРАТУРА

1. Köppen W. Regenhäufigkeit und Regendauer Zeitschrift der Österreich. Gessellschaft für Meteorologie. Bd. 15, 1880.
2. Okada T. The Climate of Japan. Washington, 1944.
3. Методы климатологической обработки метеорологических наблюдений. Гидрометео-издат. Л., 1957.
4. Bontrond E. A. La duree des precipitations. Meteorol., N 52, 1958.
5. Лебедев А. Н. Продолжительность дождей на территории СССР. Гидрометео-издат. Л., 1964.

А. Н. ЛЕБЕДЕВ, В. П. ХОДАКОВА

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ЧИСЛА ПУНКТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ КЛИМАТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МАТЕРИАЛЫ

При испытании новых видов промышленной продукции, предназначенной для длительного использования на открытом воздухе, важно знать, какое воздействие на нее могут оказать климатические условия в различных физико-географических районах страны. В СССР эти вопросы очень актуальны, поскольку размеры территории очень велики, рельеф и характер подстилающей поверхности весьма разнообразны, а атмосферные процессы исключительно изменчивы во времени и пространстве. У нас находятся почти все типы климата, начиная от холодного, сурового арктического климата и кончая жарким сухим климатом пустынь Средней Азии. Летняя жара сухих областей среднеазиатских республик является аналогом сахарской жары в Африке, а верховьянско-оймяконский район — обжитым полюсом холода на земном шаре.

Чтобы выбрать научно-обоснованные районы испытания, необходимо знать, как исследуемый материал реагирует на изменения температуры и влажности окружающей среды, на облучение солнечными лучами, нахождение водной пленки на его поверхности, интенсивность испарения влаги, частые переходы температуры через 0° , а также на все резкие колебания значений параметров метеорологических элементов. Ясно, что в природе все совершается по более сложным законам. Каждый из климатических параметров действует совместно с другими и нередко со многими из них, т. е. комплексно. Выделить значение какого-нибудь одного параметра обычно представляет определенные трудности. Поскольку речь идет об учете климатических воздействий, то, естественно, испытания должны производиться круглосуточно и во все сезоны года в течение нескольких лет и в фиксированном месте, где организованы метеорологические наблюдения в соответствии с существующими наставлениями. Для этого выбираются места с наиболее различающимися режимами температуры, влажности воздуха, осадков, солнечной радиации и пр. Здесь имеются в виду не только количественные их различия, но и суточные, и сезонные изменения.

Выбор мест испытания значительно облегчается, если имеется возможность воспользоваться готовой классификацией (районированием) климата. К сожалению, известные классификации очень общи и не отвечают специальным задачам. Тем не менее они полезны и для узко прикладных целей, поскольку с их помощью легко выявляются закономерности географического распределения и годового хода метеорологических элементов.

Применительно к территории СССР наиболее распространенными являются классификация Б. П. Алисова [1], построенная на учете циркуляционных факторов и режима солнечной радиации, и классификация М. И. Будыко и А. А. Григорьева [2], построенная на учете индекса сухости. Хотя методические основы той и другой классификации принципиально отличны, тем не менее в положении поясов наблюдается определенная зональность (за исключением гор). Зональностью климатических поясов подчеркивается доминирующее значение радиационных и термических признаков в формировании климата. В термических характеристиках это наилучшим образом согласуется с летними температурами. Нельзя отрицать полностью и зональный характер зимних температур (табл. 1).

Таблица 1

Средние месячные температуры воздуха января и июля

Параллели	Меридианы																
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170		
Январь																	
75							-30	-34	-34								
70				-20	-25	-28	-32	-36	-40	-40	-38	-38	-38	-32	-28		
65	-12	-4	-17	-18	-25	-28	-32	-36	-38	-38	-36	-44	-36	-36	-30		
60	-8	-12	-15	-17	-20	-22	-23	-26	-30	-32	-36	-36	-34	-14			
55	-7	-11	-14	-16	-19	-20	-18	-22	-24	-30	-30	-16		-20			
50	-6	-10	-13	-17	-18	-16	-20		-24		-28	-24	-6				
45		-2	-5	-5	-10	-16											
40			-6	-2	-3												
Июль																	
75							2	2	2								
70	9	7	7	6	6	10	12	12	12	13	13	12	10	6	4		
65	15	14	14	8	15	15	14	14	14	16	12	8	14	10	12		
60	17	17	18	14	17	17	17	16	16	18	16	12	12	8			
55	18	19	19	16	19	18	16	16	12	14	16	10	8	14			
50	19	21	24	22	21	22	8		12		18	16	8				
45		23	25	25	26	8											
40			25	31	26												

Данные табл. 1 показывают, что летом средние месячные температуры воздуха мало изменяются по широтным кругам. Некоторую пестроту вносят лишь горы и моря. Если пренебречь их влиянием, то увидим, что средняя температура июля варьирует на широте 70° — от 10 до 13°, на широте 60° — от 16 до 18°, на широте 50° — от 20 до 24°. При продвижении с севера на юг на 5° широты температура повышается на 2—3°. Лишь под влиянием местных орографических условий этот градиент может быть меньше 2° или больше 3°. Иная картина наблюдается зимой.

Средние температуры января понижаются от —8, —12° у северо-западных границ Европейской территории СССР (ЕТС) до —36, —44° и ниже в Восточной Сибири. На одной и той же широте Восточная Сибирь холоднее западных областей страны на 30—40°. И между тем почти на каждом меридиане температура повышается в южном направлении; у крайних западных границ она изменяется от —12° на широте 65° до —6° на широте 50°, на востоке (на меридиане 110°) — от —40° на широте 70° до —24° на широте 50°. В пределах слабовсхолмленной территории страны повышение средней температуры января в южном

направлении составляет 1° на 5° широты. Этот градиент примерно вдвое меньше, чем летний.

В суммах средних суточных температур, как и в любых интегральных характеристиках, термические различия между западными и восточными районами страны выступают еще более резко (табл. 2).

Так, по данным табл. 2, суммы средних суточных температур ниже -10° в Калининградской области сходят на ноль, в то время как в Забайкалье они превышают $3000-3500^{\circ}$. На широте Ленинграда эти контрасты между западными и восточными районами страны достигают более $5000-5500^{\circ}$.

Таблица 2

Суммы средних суточных температур воздуха ниже $-20, -15, -10, -5, 0$
и выше $0, 5, 10, 15, 20$ и 25°

Градации температуры	Калининград	Москва	Волгоград	Новосибирск	Якутск	Сковородино	Владивосток	Алма-Ата	Ташкент	Термез	Баку	Батуми
Ниже -15	0	0	0	1600	5170	3110	0	0	0	0	0	0
" -10	0	365	0	2010	5400	3390	875	530	0	0	0	0
" -5	145	925	723	2230	5530	3550	1165	860	0	0	0	0
" 0	430	1045	820	2290	5575	3602	1250	950	30	0	0	0
Выше 0	2300	2470	3635		1870	1950	2730	3580	4915	6220	5260	0
" 5	2160	2370	3545	2210	1795	1870	2645	3500	4750	6050	5015	0
" 10	1745	2055	3300	1940	1565	1580	2240	3245	4390	5630	4460	4245
" 15	920	1290	2880	1380	1150	1050	1500	2650	3805	5010	3830	3365
" 20	0	0	2000	0	0	0	390	1665	2945	4225	0	2030
" 25	0	0	0	0	0	0	0	0	1585	3185	0	0

Суммы положительных средних суточных температур распределяются более или менее зонально. Обособленным является лишь район Средней Азии, где суммы температур выше 29° достигают более $3000-4000^{\circ}$. Столь резко выраженного жаркого климата в СССР больше нигде не встретишь. В юго-восточных областях ЕТС суммы температур выше 20° почти вдвое меньше. Но это характерно преимущественно для сухих районов страны. Относительно высокие температуры и высокая влажность воздуха характерны для Черноморского побережья Кавказа и Приморского края Дальнего Востока. Летняя жара в сочетании с высокой влажностью воздуха служит здесь благоприятным фактором для развития плесени и других грибковых организмов, хотя суммы средних суточных температур выше 20° в 2—4 раза меньше, чем в Термезе.

В воздействии климатических факторов, очевидно, ведущим является термический режим как холодного, так и теплого полугодий. При этом большая роль принадлежит длительным устойчивым низким и высоким температурам ниже $-45, -50^{\circ}$ и выше $25-35^{\circ}$. Классическим районом холода, как известно, у нас считаются центральные части Якутии, а классическим районом жары — среднеазиатские пустыни. В районах с более умеренными температурами агрессивность климатических факторов может значительно активизироваться и за счет частых переходов температуры через 0° .

По материалам наших исследований, переходы температуры воздуха через 0° наблюдаются во всех районах СССР, где средние месячные их значения варьируют от $+12$ до -14° . Наиболее часто эти явления отмечаются при средних месячных величинах, близких к 0° . Харак-

терными временами для переходов температуры являются весенне-осенние месяцы; в районах с мягкими зимами, на западе ЕТС и в южных присубтропических областях, переходы температуры через 0° бывают и зимой, когда вынос холода нередко перекрывается выносом тепла, а на юге ночное выхолаживание днем сменяется радиационным прогревом. Для примера ниже приведены данные по переходу температуры через 0° в октябре—декабре в различных районах страны (табл. 3).

Таблица 3
Число случаев перехода температуры через 0°

Станция	Октябрь		Ноябрь		Декабрь	
	T_c	П	T_c	П	T_c	П
Архангельск	2,3	14	-4,7	9	-8,6	6
Ленинград	5,5	7	-0,4	11	-4,3	11
Минск	5,9	10	0,1	15	-4,8	10
Москва	4,9	9	-2,4	15	-7,5	9
Салехард	-3,2	17	-15,8	2		
Свердловск	1,8	16	-8,3	7	-12,0	2
Оренбург	4,9	16	-5,7	14	-9,8	7
Целиноград	4,3	18	-5,8	14	-11,6	4
Алма-Ата	9,0	7	-0,6	17	-5,4	15
Новосибирск	2,3	23	-11,4	6	-16,0	1
Братск	0,0	30	-12,5	5		
Николаевск-на-Амуре	1,7	25	-10,5	6		
Владивосток	9,1	4	-1,3	14	-9,5	6

Примечание. T_c — средняя месячная температура воздуха; П — среднее число переходов температуры через 0° .

Они показывают, что осенью, когда температура идет на спад и средняя величина за месяц близка к 0° , создаются наиболее благоприятные условия для частых переходов через 0° . Ярким примером служит Братск, где при средней температуре октября 0° число переходов через 0° достигает 30. По наблюдениям других пунктов нетрудно видеть, что число переходов через 0° около 15 является характерной величиной как для отрицательных, так и для положительных средних месячных температур от $+5$ до -5° .

По имеющимся расчетам, на большей части территории страны за весь осенний период в каждом отдельно взятом пункте бывает около 40, местами около 50 переходов через 0° , а за год, очевидно, около 100 и более. Как показывают данные табл. 3, при одних и тех же средних месячных температурах в мягком морском климате переходов через 0° меньше, чем в континентальном климате. В частности, в октябре при средней месячной температуре $2,3^{\circ}$ в Архангельске число переходов через 0° достигает 14, а в Новосибирске 23.

Очевидно, по своим агрессивным свойствам не все переходы через 0° равнозначны. В условиях континентального климата Нижней Волги, Казахстана, Восточной Сибири и других районов перепады через 0° происходят на фоне резких суточных колебаний температуры, при которых днем может быть относительно тепло (до 10° и выше), а ночью холодно (до -10° и ниже). На морских побережьях и в западных областях страны перепады через 0° совершаются на фоне более ровного суточного хода. Кроме того, следовало бы учитывать вероятность перехода температуры от положительных значений к отрицательным в дни с осадками.

и в дни без осадков; эти особенности, надо полагать, по-разному воздействуют на состояние физико-механических свойств материалов.

Из приведенной характеристики видно, что сезональное распределение подчиняются лишь характеристики термического режима холодного периода года. В теплый период они ближе к зональному распределению.

Ниже остановимся на характеристике режима увлажнения и рассмотрим прежде всего распределение продолжительности осадков теплой половины года. В это время они менее продолжительны, чем в холодную половину года, но зато способны на длительное время покрывать материалы пленкой воды. Время нахождения пленки определяется условиями интенсивности испарения. В первом приближении продолжительность испарения водной пленки с материалов невелика по сравнению с суммарной продолжительностью осадков; она может быть в 5—10 раз меньше. Поэтому общее время нахождения воды на поверхности материалов сопоставимо с общей продолжительностью выпадения осадков независимо от их суточного количества. Такие расчеты нами были опубликованы в 1964 г.

Данные, приведенные в табл. 4, показывают, что в северных районах СССР, преимущественно в тундровой полосе, в муссонной области Дальнего Востока и в горах Западного Кавказа продолжительность водной пленки на материалах в теплое время года достигает около 700—1000 час. Если учесть дни с росой и время пребывания влаги на материале после прекращения осадков и выпадения росы, то суммарная продолжительность нахождения влаги будет еще больше. На сколько больше, сказать трудно. Для точной оценки нужны специальные наблюдения, которых нет в природе. О продолжительности нахождения влаги на материалах после прекращения дождя и осадков росы можно судить только косвенно и интуитивно, зная климатические закономерности. Очевидно, это время составляет примерно 20—50% суммарной продолжительности осадков. Например, в Новосибирске в теплое полугодие (IV—X) наблюдается 700 час. с осадками, а с учетом длительности нахождения росы и полного высыхания предметов после выпадения осадков общая длительность нахождения влаги на материалах составит, наверное, около 1000 час. и более.

По продолжительности выпадения осадков и относительной влажности воздуха наиболее увлажненными являются прибрежные районы Кольского п-ова, северо-востока страны (включая Камчатку, юго-восточные прибрежные районы Дальнего Востока, Курильские острова и о. Сахалин). Повышенной влажностью и большой продолжительностью осадков на западе выделяются прибалтийские республики, Белорусская ССР и др. С точки зрения влияния влаги на материалы эти районы должны отличаться повышенной агрессивностью режима увлажнения.

Такие районы, как степные и полупустынные районы юга страны, а также Центральная Якутская низменность, наоборот, выделяются пониженной относительной влажностью воздуха, меньшей продолжительностью осадков и, как следствие, ослабленной агрессивностью режима увлажнения.

В январе средняя относительная влажность воздуха составляет 80% и более на ЕТС и севернее параллели 60° в Западной Сибири. На юге Западной Сибири, на всей территории Восточной Сибири, Дальнего Востока и Казахстана относительная влажность меньше, ее средние значения варьируют от 70 до 80%. Только в Средней Азии они понижаются до 65%. Сходная картина наблюдается и в декабре. Число дней с отно-

Таблица 4

Средняя (ср.), максимальная (макс.) и минимальная (мин.) продолжительность осадков (часы) при суточных суммах 0,0 мм

Станция	Продолжи- тельность	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Лето (VI—VIII)	Теплый период (IV—X)
Архангельск	Ср.	119	100	71	58	73	108	156	202	685
	Макс.	157	211	144	115	139	185	292	275	922
	Мин.	53	42	27	7	25	22	84	142	530
Ленинград	Ср.	98	65	61	51	61	81	121	173	538
	Макс.	187	140	172	98	107	217	224	294	800
	Мин.	29	18	24	14	4	22	37	92	254
Мийск	Ср.	89	60	44	51	50	65	91	145	450
	Макс.	194	131	79	93	90	140	169	205	691
	Мин.	32	20	14	29	4	9	35	74	262
Москва	Ср.	71	64	50	46	57	66	106	153	460
	Макс.	216	117	110	87	163	109	239	272	613
	Мин.	21	16	4	18	12	13	32	70	266
Салехард	Ср.	159	131	98	71	92	144	203	261	898
	Макс.	284	208	212	152	124	328	392	365	1343
	Мин.	107	54	52	27	30	28	77	178	552
Свердловск	Ср.	97	92	62	69	70	106	178	201	654
	Макс.	238	168	120	133	141	199	349	343	918
	Мин.	31	10	19	11	25	20	60	76	464
Оренбург	Ср.	62	47	30	30	26	46	94	86	335
	Макс.	129	98	55	85	88	136	159	195	594
	Мин.	22	7	5	5	2	10	36	25	189
Целиноград	Ср.	72	50	40	43	38	44	87	121	374
	Макс.	137	118	71	101	88	91	226	218	534
	Мин.	16	82	16	9	13	0.8	19	64	215
Алма-Ата	Ср.	92	76	48	34	28	26	50	110	354
	Макс.	174	175	89	63	66	52	154	206	492
	Мин.	36	22	18	7	12	4	1	52	195
Новосибирск	Ср.	91	65	56	50	62	78	138	165	540
	Макс.	152	134	121	98	143	166	290	298	700
	Мин.	19	22	17	17	17	10	54	84	299
Братск	Ср.	77	54	54	62	68	72	134	181	522
	Макс.	136	120	104	116	103	126	234	277	645
	Мин.	20	23	21	28	39	14	25	92	384
Николаевск-на-Амуре	Ср.	145	152	88	87	106	118	112	281	808
	Макс.	253	320	153	194	190	207	181	370	1017
	Мин.	50	75	13	12	42	47	59	82	572
Владивосток	Ср.	72	103	165	176	124	63	43	465	746
	Макс.	130	209	269	280	257	114	78	654	964
	Мин.	26	22	86	108	29	16	19	343	612

сительной влажностью более 80% в 13 час. изменяется от 24—27 на северо-западе страны и в Прибалтике до 1—5 на Дальнем Востоке и на юге Средней Азии.

С февраля и до июня средняя относительная влажность постепенно понижается; одновременно уменьшается и число дней с относительной влажностью более 80% в 13 час. В июне на значительной части территории СССР (в степной части УССР, на юго-западе ЕТС, в Казахстане, Средней Азии и на юге Восточной Сибири) средняя относительная влажность понижается до 50% и ниже, а в бассейне Аральского моря и на юге среднеазиатских республик до 20—30%. Положение изолиний равных значений относительной влажности воздуха летом как бы копирует положение изотерм. Вместе с тем уже в июле происходит общее почти повсеместное повышение относительной влажности воздуха, продолжающееся до января.

Известно, что наиболее высокие средние месячные значения отно-

Средняя годовая продолжительность

Параллели	Мери						
	30	40	50	60	70	80	90
75				1000			1200
70				1200	1200	1300	1400
65	1500	1500	1300	1350	1400	1450	1600
60	1600	1600	1550	1600	1600	1650	1650
55	1500	1700	1800	1800	1800	1800	1750
50	1700	1800	2300	2300	2250	2400	2300
45	2200	2100	2400	2800	2800	2800	
40			2300	3000	2500		

сительной влажности наблюдаются в течение года в арктических широтах, в осенне-зимний период в умеренной зоне, а также в ночные часы, когда суточный ход температуры заметен. Причем высокие значения влажности, как правило, наблюдаются при относительно низких температурах. Так, на территории СССР при температурах воздуха выше 30° относительная влажность обычно менее 40—50%. Исключение составляют лишь Черноморское побережье и южные прибрежные районы Дальнего Востока, где высокая относительная влажность (70—80%) бывает и при температурах около 27—29°.

Черты зонального распределения прослеживаются и в годовых величинах солнечного сияния. Это не исключает значительного искажения зональности в горных районах, где увеличение облачности заметно уменьшает годовые значения продолжительности солнечного сияния. Примером служат данные, приведенные в табл. 5. Они сняты с карт, построенных Р. Ф. Сохриной по данным всех метеорологических станций СССР.

Таблица 5 построена по тому же принципу, что и табл. 1. Благодаря этому облегчается сопоставление данных по всей территории страны. Во всех случаях с продвижением на юг наблюдается уменьшение продолжительности солнечного сияния, что связано с влиянием горного рельефа. На равнинах с засушливым характером климата, наоборот, происходит резкое увеличение продолжительности солнечного сияния. Примером являются данные на меридианах 60, 80° и др. Здесь с уменьшением широты на 5° продолжительность солнечного сияния возрастает на 400—500 час. Повышенная продолжительность солнечного сияния наблюдается на Центральной Якутской низменности, что связано с большой длиной дня и малой облачностью в весенне-летний период.

Сравнительно мала продолжительность солнечного сияния в прибрежных районах Дальнего Востока, на п-ове Камчатка и на о. Сахалин, где лето — самое облачное и дождливое время года (1300—1500 час.). На Северном Кавказе (в горной облачной части) годовая продолжительность солнечного сияния уменьшается до 1700 час. Подобное явление наблюдается и в горах Средней Азии.

Анализ основных элементов климата показывает всю сложность и многообразие климатических условий СССР. При их оценке приходится учитывать многие факторы, не только одни зимние или летние температуры. В частности, с точки зрения суровости зим наиболее характерен северо-восток Восточной Сибири (с абсолютным минимумом до —70°); продолжительности осадков, высокой влажности воздуха, интенсивного развития грибковых явлений в летние месяцы — прибрежные районы

Таблица 5

солнечного сияния (часы)

днаны							
100	110	120	130	140	150	160	170
1200	1100						
1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1400
1700	1800	1900	2000	1900	2100	1700	1500
1700	1700	1700	1900	1800	1800	1500	1000
1700	1900	2000	2000	1600			
2200			2300	1800			
			2200				

Дальнего Востока, о. Сахалин и Курильские острова; большой продолжительности осадков, высокой относительной влажности воздуха, сравнительно ровного годового хода температуры (лето прохладное, зима мягкая, теплая) и частых переходов температуры через 0° — северное побережье Кольского п-ова; резкой смены термического режима от лета к зиме и наоборот — Средняя Азия, Казахстан и вся Азиатская территория СССР; максимально высоких температур и низких значений относительной влажности воздуха — только южные пустынные районы среднеазиатских республик; загрязнения атмосферы и ее агрессивного влияния на материалы — только климат крупных промышленных центров (Москва, Ленинград, Свердловск, Харьков и др.) и т. д. Все зависит от того, какие параметры принимаются за основные при оценке специфических сторон климата.

Если подходить с этих позиций к существующим классификациям климата, предназначенным для технических целей, то применительно к территории СССР удовлетворительной классификации не найти. Все они очень грубы и схематичны, поскольку сама практика не в состоянии учесть хотя бы немногие важные стороны климата отдельных областей. Детализировать существующие подобные схемы тоже не так просто. В этих случаях авторы оказываются в «плёну» какого-нибудь отдельного элемента. Примером является районирование климата СССР, произведенное С. К. Копелиович [3]. Хотя автор и указывает, что границы районов определены по средним суточным температурам января и июля и по относительной влажности за 13 час., однако схема районов не содержит каких-либо признаков учета июльской температуры и относительной влажности воздуха. Климатические границы технического районирования копируют лишь общий характер отдельных изотерм января. Такой вывод совсем нетрудно сделать, если сопоставить схему районирования с картами соответствующих характеристик климата. Если бы автор учел вклад летних температур и относительной влажности воздуха за 13 час. (летних и зимних месяцев), то он никак не мог бы получить указанную выше схему районирования.

Если корректно подходить к учету климатических факторов, то схема расположения пунктов испытания должна строиться из учета жестких метеорологических параметров по температуре и влажности.¹ Так, например, в схеме оптимума пункты закладки следовало бы иметь на северном побережье Кольского п-ова (район Мурманска или

¹ В понятие «влажность» должны быть включены продолжительность выпадения осадков, продолжительность росы, облачности и влажность воздуха.

несколько западнее), на арктическом побережье (район п-ова Таймыр или несколько восточнее его), на побережье Балтийского моря, в Якутске (или Оймяконе, или Верхоянска), Петропавловске-Камчатском, на Черноморском побережье (Батуми или Потти), в Туркмении (Термез), на Дальнем Востоке (Владивосток или Уссурийск), девятым желательно иметь Москву как контрольный базовый пункт центральной части ЕТС. Непременным условием должно являться хранение контрольных (эталонных) образцов в условиях постоянной температуры (10—15°) и относительной влажности воздуха (40—50%), поскольку последние нельзя отождествлять с физико-механическими свойствами, зафиксированными перед закладкой материалов. Это не одно и то же. Иногда думают, что эталон не идеален, что он тоже со временем может претерпевать некоторые изменения, хотя бы по причине старения. С этим нельзя не согласиться. Тем не менее эталонный образец, если условия его хранения стационарны, для исследования представляет большой интерес: он более надежен, чем голые первоначально установленные физико-механические свойства.

Испытание материалов требует также систематических, правильно поставленных и предусмотренных программой наблюдений за комплексом параметров метеорологических элементов на площадке закладки. Отсутствие таких материалов следует считать недопустимым явлением. К сожалению, эти требования на практике не всегда выполняются.

При постановке испытаний необходимо сохранять также стационарное положение на площадке закладки. Ни о каких переносах материалов с одного района в другой не может быть и речи. Хранение материалов в неотапливаемых помещениях должно удовлетворять минимальным требованиям с точки зрения однотипности помещений и положения материалов в них. В таких помещениях и в самой таре, в которой находятся материалы, необходимо обеспечить регистрацию температурно-влажностного режима.

ВЫВОДЫ

1. Предложенную схему пунктов для испытания материалов в различных климатических условиях СССР в первом приближении можно считать рациональной.

2. Для получения более обнадеживающих выводов пункты испытания должны быть подтверждены данными экспериментальных наблюдений.

3. В местах закладки необходимо организовать метеорологические наблюдения по программе, разработанной специально для этих целей.

4. При закладке материалов необходимо выделить контрольные (эталонные) образцы, которые должны храниться в закрытом (темном) помещении при заданных значениях температуры и относительной влажности воздуха.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алисов Б. П. Принципы климатического районирования СССР. Изв. АН СССР, сер. геогр. № 6, 1957.
2. Григорьев А. А., Будыко М. И. Классификация климатов СССР. Изв. АН СССР, сер. геогр. № 3, 1959.
3. Копелиович С. К. Опыт климатического районирования территории СССР для технических целей. Труды НИИАК, вып. 37, 1966.

ЧИСЛО ДНЕЙ С ОСАДКАМИ РАЗЛИЧНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

Изучение распределения и вариации числа дней с осадками имеет большое теоретическое и практическое значение [5].

Наиболее важен этот вопрос для работников сельского хозяйства, транспорта и т. д. Числу дней с осадками особенно в засушливых районах присуща большая изменчивость, что вызывает необходимость в дополнительных, помимо средних, вероятностных характеристиках. Для получения достаточно надежных вероятностных характеристик в работе использован 30-летний период наблюдений (с 1936 по 1965 г.). Целесообразность такого периода указывается в [2]. Исследования проводились по данным месяцев теплого периода (апрель—октябрь) семи станций Северного Казахстана (Алексеевка, Целиноград, Володарское, Атбасар, Кокчетав, Кустанай, Петропавловск).

Кривые распределения числа дней с осадками получены графоаналитическим методом по формуле Алексеева [1], [4]

$$P = \frac{m - 0,25}{n + 0,50} \cdot 100,$$

где P — обеспеченность в процентах, m — порядковый номер члена ряда, n — число членов ряда (объем совокупности).

Как показал опыт, интегральные кривые распределения числа дней с осадками хорошо спрямляются на клетчатках умеренной асимметрии. Кривые имеют незначительную скошенность.

Основные статистические показатели, полученные с кривых распределения, сведены в табл. 1, где $\bar{x}$ — среднее значение; $\mu_{\bar{x}}$ — ошибка определения среднего; δ — относительная ошибка определения среднего в процентах; c_s — коэффициент асимметрии; σ — среднее квадратическое отклонение; C_v — коэффициент вариации в процентах.

Все закономерности территориального и временного распределения числа дней с осадками — изменение средней в двух измерениях, колебания отдельных значений вокруг средней и многие другие — нашли отражение на графиках-номограммах. В качестве примера на рис. 1 приводится номограмма апреля. Она строилась на основании осредненных данных указанных ниже групп станций по методике, изложенной в [4], [5].

На графиках-номограммах и по данным табл. 1 видно, что среднее многолетнее число дней с осадками в теплый период года на исследуе-

Таблица I

Статистические показатели рядов чисел дней с осадками

Станция	Высота станции, м	Индекс	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	ТП
Алексеевка . . .	383,4	$\bar{x}$	8,3	10,1	11,1	12,6	10,3	8,5	11,9	74,3
		$\mu_{\bar{x}}$	0,8	0,7	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	2,4
		δ	10	6	8	7	8	8	7	3
		c_s	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,5	0,2
		σ	4,2	3,8	4,7	5,1	4,7	3,9	4,5	13,1
		C_v	51	38	44	40	45	46	38	18
Целиноград . . .	347,2	$\bar{x}$	7,5	9,2	9,1	10,5	9,6	8,0	9,5	65,3
		$\mu_{\bar{x}}$	0,6	0,7	0,7	0,8	0,7	0,6	0,7	2,0
		δ	8	8	8	8	7	8	7	3
		c_s	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,5
		σ	3,5	3,7	4,0	4,3	4,0	3,4	3,9	10,4
		C_v	47	40	44	41	42	43	41	16
Володарское . . .	328,0	$\bar{x}$	8,4	9,8	10,5	12,3	10,5	10,1	12,5	73,4
		$\mu_{\bar{x}}$	0,7	0,8	0,9	1,0	0,9	0,9	1,0	3,2
		δ	8	8	9	8	9	8	8	4
		c_s	0,2	0,0	0,4	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2
		σ	3,7	4,2	4,5	5,0	4,4	4,5	4,9	15,5
		C_v	44	43	42	41	42	44	39	21
Атбасар	307,8	$\bar{x}$	7,0	8,2	9,1	10,5	8,2	7,3	9,1	60,3
		$\mu_{\bar{x}}$	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	2,4
		δ	8	7	8	7	9	10	8	4
		c_s	0,0	0,0	0,2	0,0	0,3	0,0	0,1	0,2
		σ	3,1	3,2	3,9	3,8	3,8	3,8	3,7	13,4
		C_v	45	39	43	36	47	53	40	22
Кокчетав	228,0	$\bar{x}$	6,6	9,0	10,6	12,4	9,9	9,1	9,9	67,7
		$\mu_{\bar{x}}$	0,6	0,6	0,7	0,9	0,7	0,7	0,8	2,6
		δ	9	7	7	7	7	8	8	4
		c_s	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	0,2	0,2	0,3
		σ	3,4	3,6	4,3	4,8	4,2	3,9	4,4	14,1
		C_v	51	40	40	39	42	43	45	18
Кустанай	169,2	$\bar{x}$	7,1	8,3	9,2	11,7	9,5	8,5	10,5	64,6
		$\mu_{\bar{x}}$	0,5	0,5	0,7	0,4	0,7	0,6	0,6	2,3
		δ	7	6	8	3	7	7	6	4
		c_s	0,1	0,3	0,3	0,2	0,1	0,0	0,1	0,3
		σ	3,2	3,0	3,9	4,1	3,8	3,6	3,6	12,5
		C_v	46	36	42	35	40	42	34	19
Петропавловск	134,4	$\bar{x}$	7,1	8,6	10,6	11,6	11,3	10,2	11,3	70,4
		$\mu_{\bar{x}}$	0,6	0,7	0,7	0,6	0,9	0,8	0,8	2,6
		δ	8	8	7	5	8	8	7	4
		c_s	0,1	0,3	0,0	0,4	0,1	0,0	0,2	0,2
		σ	3,4	3,8	3,9	3,4	4,7	4,5	4,5	13,7
		C_v	48	45	36	30	42	44	40	19

мой территории изменяется от 6—8 в апреле до 11—12 в июле, затем несколько понижается и вновь достигает максимума (11—12) в октябре. Такое распределение числа дней с осадками соответствует распределению годового хода осадков в Северном Казахстане.

Общее теоретическое положение об увеличении осадков, а следовательно, и числа дней с осадками с увеличением высоты места хорошо прослеживается по данным станций Алексеевка (383,4 м) и Целиноград (347,2 м). На протяжении всех месяцев теплого периода (ТП) среднее число дней с осадками в Алексеевке больше, чем в Целинограде, на 1,0—2,4. Сравнивая эти значения с ошибками определения среднего для

обеих станций (табл. 1), видим, что они выходят за пределы ошибки, т. е. являются не случайным отклонением, а закономерным фактором.

Однако на севере исследуемой территории закономерность изменения с высотой числа дней с осадками нарушается. Северные районы Казахстана, имеющие небольшие высоты, дают повышенное число дней с осадками. Объясняется это усилением интенсивности процессов цикло- и фронтогенеза.

Все же общую для всех закономерность увеличения дней с осадками с высотой можно проследить по данным всех станций, воспользовавшись методом условных средних [6]. Разделим станции по высоте на две группы: 1 — Алексеевка, Целиноград, Володарское и 2 — Атбасар, Кокчетав, Кустанай, Петропавловск. Подсчитаем для этих групп станций среднее число дней с осадками.

Группа	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Средняя высота, м
1	8,1	9,7	10,2	11,8	10,1	8,9	11,3	352,9
2	6,9	8,5	9,9	11,6	9,7	8,7	10,2	209,8

Вычисленные условные средние подтверждают закономерность возрастания числа дней с дождем с увеличением высоты места.

Что касается распределения числа дней с осадками по градациям обеспеченности (табл. 2), то здесь влияние высоты затушевывается всем комплексом местных условий отдельных станций. В результате на номограммах (рис. 1) влияние высоты места прослеживается слабо.

До сих пор рассматривалось лишь среднее многолетнее число дней с осадками. Однако эта величина значительно изменяется от года к году. Вариация значений числа дней с осадками в отдельные годы составляет 30—50% от среднего (коэффициент вариации). При 7—12 днях с осадками среднее квадратическое отклонение составляет 3—5 дней. При этом с ростом среднего увеличивается интервал изменения возможных значений. На номограммах это выражается расхождением кривых.

Как видно из номограммы и табл. 1, наиболее изменчиво число дней с осадками в весенние и осенние месяцы, когда коэффициент вариации достигает 44—53%. В эти сезоны осуществляется быстрая перестройка циркуляционных процессов от зимних к летним и наоборот. В весенний период по западной периферии сибирского антициклона в Северный Казахстан выносятся значительно прогретые и сухие воздушные массы из районов Средней Азии.

В годы с преобладанием южных потоков часты засухи, пыльные бури, в переходные сезоны возрастает вероятность западных влажных воздушных потоков.

Построенные нами графики-номограммы могут найти широкое применение для решения целого ряда задач. Так, например, можно найти наиболее вероятное (в пределах 25—75% обеспеченности) число дней

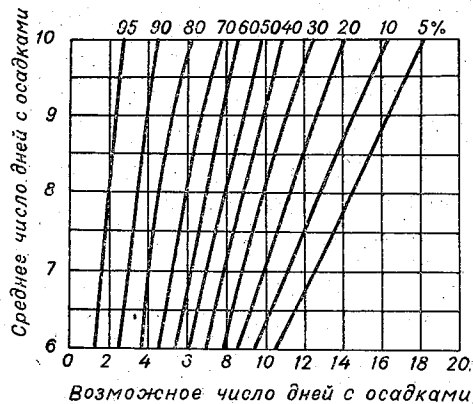


Рис. 1. Номограмма для расчета числа дней с осадками различной обеспеченности. Апрель.

Таблица 2

Обеспеченность числа дней с осадками. Апрель

Станция	Сред- нее	Наибольшее		Обеспеченность, %											Наименьшее	
		дни	год	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	дни	год
Алексеевка	8,3	15	1937 1950 1959	15,0	13,8	11,8	10,3	9,2	8,2	7,2	6,1	4,8	2,9	2,0	0	1963
Целиноград	7,5	13	1936	12,6	11,4	10,3	9,4	8,6	7,5	6,8	5,7	4,4	3,2	1,7	0	1963
Володарское	8,4	16	1956	15,0	13,2	11,6	10,3	9,2	8,3	7,2	6,2	5,2	3,9	2,2	2	1951
Атбасар	7,0	13	1965	12,2	11,0	9,9	8,6	8,0	7,0	6,3	5,3	4,2	3,0	1,8	1	1953
Кокчетав	6,6	14	1941	11,7	10,4	9,3	8,4	7,6	6,8	5,9	4,8	4,0	2,4	1,0	0	1963
Кустанай	7,1	13	1959	12,4	11,4	10,1	9,0	8,2	7,0	6,4	5,3	4,2	3,0	1,9	0	1963
Петропавловск	7,1	12	1941 1948 1952	12,0	11,1	10,0	9,1	8,1	7,0	6,0	5,1	4,2	3,0	1,6	1	1953

с осадками в любом месяце теплого периода; распределение числа дней с осадками для любой точки исследуемой территории, даже не освещенной метеорологическими данными; вероятные значения дней с осадками, которые могут наблюдаться один раз в 20, 25, 50 и т. д. лет. Номограммы позволяют решить и другие важные задачи прикладного характера.

Однако, несмотря на всю ценность номограмм, их недостаточно для агрометеорологического обслуживания. Общеизвестно, что влияние осадков на сельскохозяйственные культуры различно в зависимости от их величины. Поэтому очень важно знать наряду с числом дождей их количественную характеристику.

Связь числа дней с осадками с выпадением эффективных осадков (суточная сумма $\geq 5,0$ мм) находилась путем построения двойных корреляционных таблиц (табл. 3).

Такие таблицы позволяют выяснить важные закономерности распределения числа дней с осадками. Можно, например, определить, какому числу дней и с какими осадками принадлежит абсолютный максимум. Этот вопрос особенно важен для авиации и строительства. Так, в апреле в Целинограде чаще всего бывает 7—8 дней с дождями неэффективного характера (25%), а эффективные дожди составляют чаще всего не более двух дней.

В летнее время число дней с эффективными осадками увеличивается. В это время выпадают осадки в основном ливневого характера со значительными суточными суммами. В июле 85,7% всех дней с осадками в Целинограде приходится на дни с эффективными осадками. При 11—15 днях с осадками 10 из них могут быть со значительными (более 5,0 мм) суточными суммами.

Кроме того, с помощью двойных корреляционных таблиц двумерных случайных величин можно получить числовые характеристики случайных величин, характеристики

Таблица 3

Число дней с осадками в Целинограде (в процентах). Апрель

Общее число дней с осадками	Число дней с эффективными осадками			
	0	1—2	3—4	5—6
0	3,6			
1—2	7,1			
3—4	3,6	3,6		
5—6	3,6	14,3		
7—10	25,0	7,1	3,6	
11—15	10,7	10,7	3,6	3,6

связи и условные характеристики. Наибольший интерес представляет вопрос, какое число дней с эффективными осадками можно ожидать при определенном (вычисленном по графикам-номограммам) общем числе дней с осадками. Это можно определить нахождением условного распределения [3]

$$P(B/A) = \frac{P(AB)}{P(A)},$$

где P — вероятность; A, B — случайные события.

Например, в Целинограде ожидается в апреле 11—15 дней с осадками. Сделав простое преобразование двойной корреляционной таблицы (табл. 3) и обозначив через y число дней с эффективными осадками, а через x общее число дней с осадками, получаем

$$P(\bar{y} > 0/11 \leq x \leq 15) = \frac{10,7 + 3,6 + 3,6}{10,7 + 10,7 + 3,6 + 3,6} \cdot 100\% = 62,5\%.$$

Таким образом, с вероятностью 62,5% можно утверждать, что в эти 11—15 дней с осадками войдут дни с дождями, дающими за сутки более 5,0 мм. Вместе с тем число таких дождей будет не более 6 (см. табл. 3). Возможно, что все 11—15 дней будут с неэффективными дождями, но вероятность их составляет всего 37,5%.

В летние месяцы число дней с эффективными осадками будет относительно больше, что видно также из двойных корреляционных таблиц.

ВЫВОДЫ

1. Число дней с осадками в Северном Казахстане характеризуется большой пространственно-временной изменчивостью, которая особенно велика в весенний и осенний периоды. Изменчивость эта тем больше, чем больше среднее значение числа дней с осадками.

2. Максимумы числа дней с осадками на всех станциях приходятся на июль и октябрь.

3. Среднее число дней с осадками несколько увеличено на севере исследуемой территории и на возвышенных ее местах. На графиках-номограммах влияние высоты местности в силу небольшой разницы высот между станциями сглаживается за счет всего комплекса местных условий и прослеживается слабо.

4. Применение построенных графиков-номограмм облегчает решение ряда задач прикладного характера относительно нахождения наи-

более вероятного числа дней с осадками, аномально малого или большого числа дней с осадками и др.

5. Зная возможное число дней с осадками (полученное по номограмме), можно определить, используя двойные корреляционные таблицы, число дней с эффективными осадками и вероятностное его значение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Г. А. Графо-аналитические способы определения и приведения к длительному периоду наблюдений параметров кривых распределения. Труды ГГИ, вып. 73, 1960.
2. Будыко М. И., Дроздов О. А. О применении осреднения в климатологических исследованиях. Метеорология и гидрология, № 10, 1966.
3. Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей. Изд-во. «Наука», М., 1965.
4. Лебедев А. Н. Приложение метода номограмм к исследованиям климатических закономерностей в тропических и экваториальных широтах. Труды ГГО, вып., 182, 1965.
5. Лебедев А. Н. Продолжительность дождей на территории СССР. Гидрометеопиздат, Л., 1964.
6. Мамонтов Н. В. Корреляция влажности воздуха, скорости ветра и количества облачности с температурой воздуха в таежной зоне Западно-Сибирской низменности. Труды НИИАК, вып. 42(2), 1966.

АНОМАЛИИ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ СРЕДНЕЙ МЕСЯЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА

Изучение закономерностей пространственного распределения больших аномалий температуры воздуха представляет интерес как для климатологических исследований, так и для долгосрочного прогнозирования.

В последние годы появился ряд работ, в которых авторы пытались выявить географические районы с наиболее часто встречающимися крупными аномалиями температуры. А. Д. Геденовым [3] были определены ареалы больших аномалий температуры воздуха (к большим аномалиям были отнесены отклонения средней месячной температуры воздуха на 10° и более). Из представленных в работе карт видно, что большие положительные и большие отрицательные отклонения наблюдаются над относительно небольшой частью северного полушария и обеспеченность их невелика, причем ареалы положительных и отрицательных аномалий температуры географически не совпадают. Градация в 10° и более для определения больших аномалий, по-видимому, является чрезвычайно завышенной. Появление таких больших аномалий в поле температуры можно считать статистически маловероятным событием, поскольку среднее квадратическое отклонение температуры воздуха на континентах составляет зимой приблизительно $3-4^\circ$. Величина аномалий в 10° , оказывается, превышает среднее квадратическое отклонение в 2,5—3 раза. Правильнее было бы считать эти аномалии экстремальными, статистически же более оправдано называть большими температурными аномалиями такие, которые превышают 1—2 σ .

В [7] приводятся карты вероятностей отклонений средней месячной температуры воздуха от средней многолетней по территории СССР на $\pm 5^\circ$ и более для зимних месяцев. Из этих карт видно, что наибольшая вероятность отклонений $\geq \pm 5^\circ$ наблюдается в середине зимы и увеличивается к центру Азиатского материка, достигая в Восточной Сибири 40%. Для определения больших аномалий В. П. Зорина [5] использовала градацию $\pm 5^\circ$. Однако для отдельных месяцев эта градация слишком завышена и правильнее было бы для каждого месяца выбрать свою среднюю величину аномалии. Для зимних месяцев пределы градации считаются удовлетворительными.

Из приведенных в [5] карт видно, что районы больших положительных и больших отрицательных аномалий географически совпадают. Распределение аномалий в общем симметрично относительно нормы, районы с большими положительными аномалиями являются районами больших

отрицательных аномалий. Это указывает на то, что данные области земного шара характеризуются большой изменчивостью циркуляционного режима, так как в формировании крупных аномалий, безусловно, основную роль играет циркуляция атмосферы. Месячные аномалии температуры, достигающие больших значений, могут формироваться над континентами только в районах большой неустойчивости циркуляции от года к году, в районах смены циклонических полей на антициклонические и наоборот. Наибольшая изменчивость месячных аномалий здесь объясняется, по-видимому, тем, что радиационные и адвективные факторы проявляют себя с максимальной силой, действуют в отдельные годы в разных направлениях.

Ханн [12] писал, что «Изменчивость особенно велика в пограничной зоне между континентальным и морским климатом, вернее в той зоне континентальной области, которая время от времени попадает в сферу морских течений». Например, зимой такие районы должны располагаться западнее климатических максимумов. В одни годы в этих районах наблюдается высокое давление и выхолаживание приземного слоя воздуха, а в другие — преимущественно передняя часть циклона и соответственно облачное небо и потепление. Районы наибольших аномалий и изменчивости — это районы наиболее частых и глубоких вторжений циклонов.

Совпадение ареалов больших положительных и отрицательных аномалий позволяет исследовать районы большой изменчивости температурных аномалий с помощью довольно распространенной характеристики в метеорологии — изменчивости температуры воздуха. К этой характеристике обращались многие авторы при изучении полей температуры и давления. Так, еще в 1924—1926 гг. Экснером [10, 11] были построены карты средней квадратической изменчивости по температуре и давлению для 72 станций, распределенных по всему земному шару. В те годы Экснер еще не мог воспользоваться рядами большой продолжительности. Позже подобные карты строились для ограниченных территорий [1, 9], часто по небольшому числу станций. Так, в недавно опубликованной работе А. В. Мещерской [8] были представлены карты изменчивости средней месячной температуры по северному полушарию, построенные по 78 точкам. Поэтому районы, выделенные на них, можно считать весьма ориентировочными.

В настоящей работе изменчивость средней месячной температуры представлена средним квадратическим отклонением σ , которое вычислялось по картам отклонения средней месячной температуры воздуха от нормы за 80-летний период [6]. С этой целью по 378 точкам, равномерно расположенным по всему северному полушарию между широтами 20 и 85°, снимались значения аномалий температуры в узлах градусной сетки для трех зимних (XII, I, II) и трех летних месяцев (VI, VII, VIII). Карты отклонений средней месячной температуры воздуха от многолетних средних позволили впервые достаточно полно осветить Северный Ледовитый, Тихий и Атлантический океаны, поскольку при их построении были использованы не только островные данные, но и данные кораблей погоды и станций СП.

Карты изменчивости для трех зимних месяцев в общих чертах повторяют друг друга. Из приведенной на рис. 1 карты изменчивости температуры воздуха для центрального зимнего месяца видно, что значения σ уменьшаются с севера на юг и при переходе с материков на океан. Над океанами, как и следовало ожидать, изменчивость невелика, от 0,2 до 1,0°, и даже в северных широтах, где наблюдаются арктические вторжения, она едва достигает 1,5°, что свидетельствует о сглаживаю-

щей роли водной поверхности. Такие же результаты получены для декабря и февраля, карты которых здесь не приводятся.

Изолиния в $1,5^\circ$ опоясывает материки, повторяя их очертания, исключая Мексику, Индию и юго-восточную часть Азии.

Очаги максимальной изменчивости в $4-5^\circ$ расположены в районах западной Гренландии, центральной части Северной Америки, Аляски, Чукотки и над Восточно-Сибирским плоскогорьем. Эти районы характеризуются большой изменчивостью циркуляционного режима. Они располагаются западнее климатических максимумов и подвергаются попеременному воздействию либо со стороны минимумов — положительные аномалии, либо со стороны максимумов — отрицательные аномалии температуры.

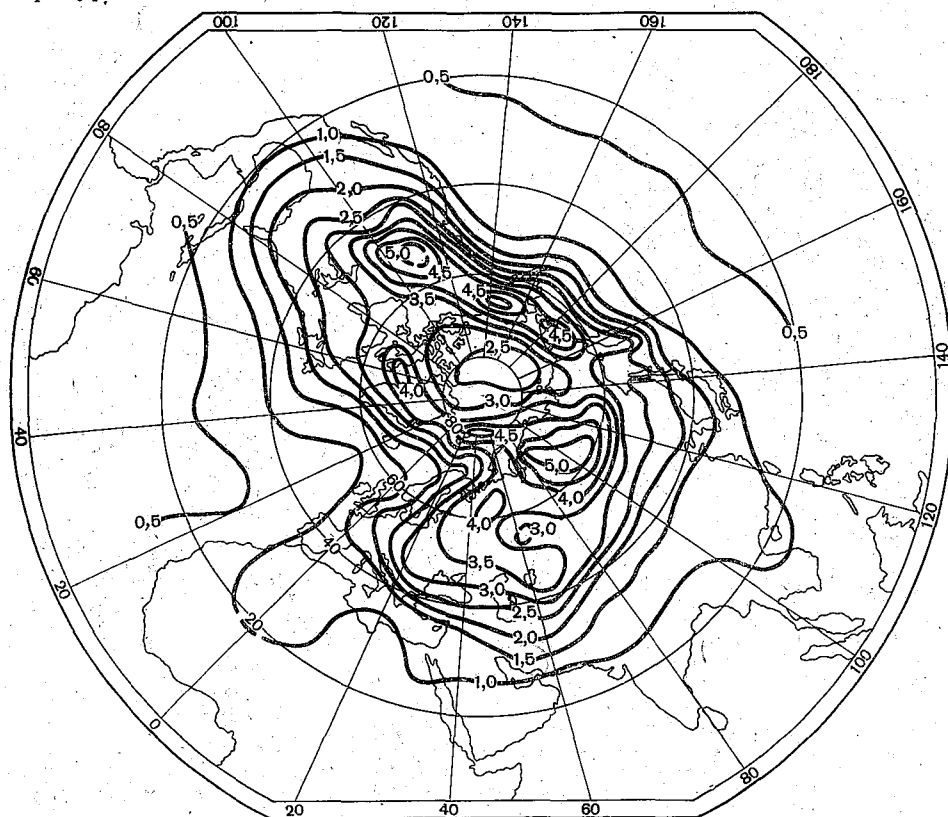


Рис. 1. Карта изменчивости (σ) средней месячной температуры воздуха за январь.

Эти области хорошо согласуются с районами повторяемости больших положительных и больших отрицательных аномалий температуры, полученными В. П. Зориной [5].

Над восточно-сибирским максимумом давления во все зимние месяцы значения σ падают до $2,0-2,5^\circ$. Велики значения изменчивости температуры над Восточно-Европейской равниной и Сибирью вплоть до естественных границ южных гор, которые задерживают потоки воздушных масс. На северном побережье Черного моря изменчивость такая же, как на Кольском п-ове, а в районе Аральского моря и Ташкенте — как на Таймыре. Над Американским континентом значения изменчивости понижаются от Кордильер к побережью Атлантического океана

и дальше к центральной части Атлантики. Изменчивость над Северным Ледовитым океаном уменьшается по сравнению с материками, достигая 2° в американском секторе. В районе островов Северная Земля, Земля Франца-Иосифа и Шпицберген она резко возрастает, превышая $4,5^\circ$.

Летние карты изменчивости так же, как и зимние, подобны друг другу. Летом величина изменчивости с ослаблением температурных контрастов резко падает и максимальные значения достигают только 2° (рис. 2); тем не менее изолиния в 1° охватывает материки вплоть до 40° с. ш. Над океанами колебания средней месячной температуры

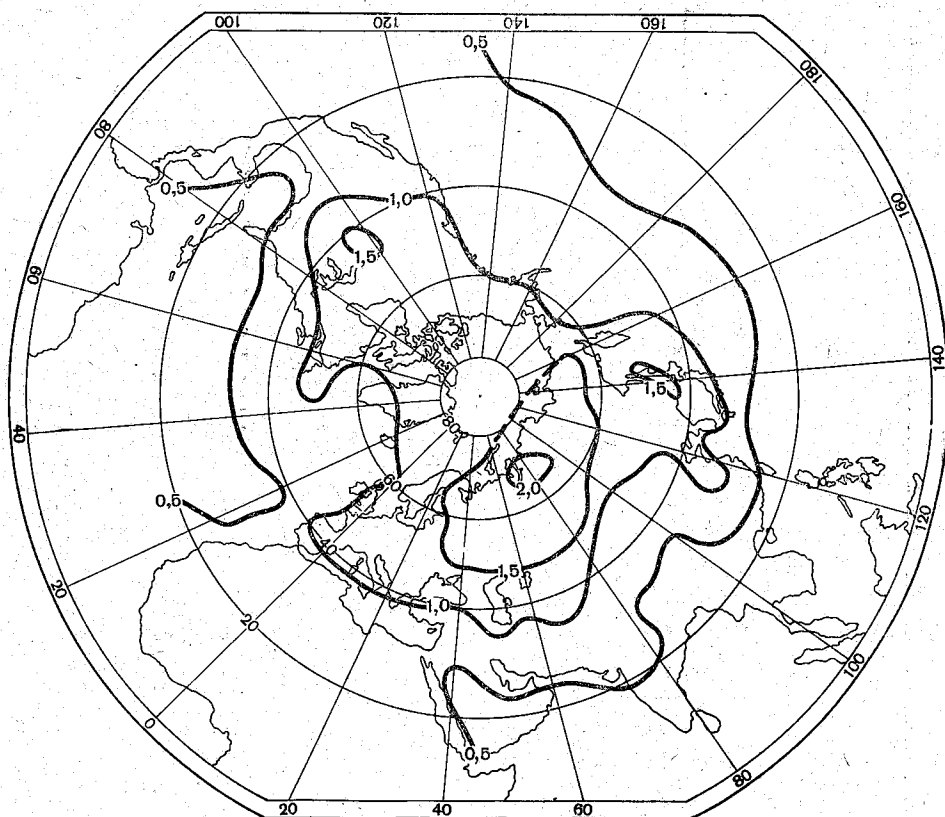


Рис. 2. Карта изменчивости ($^\circ$) средней месячной температуры воздуха за июль.

не достигают 1° . Очаги максимальных значений изменчивости располагаются над континентами в тех же районах, что и зимой.

Если сравнить летние и зимние карты, можно заметить, что в районах максимальной изменчивости зимние значения превышают летние в 2—2,5 раза. С уменьшением широты летние и зимние различия сглаживаются. И летом, и зимой ход изолиний весьма плавный, т. е. колебания температуры связаны с крупномасштабными синоптическими процессами, захватывающими большие площади. Поскольку среднее квадратическое отклонение является хорошей характеристикой циркуляции атмосферы, интересно было проследить его изменение при изменении атмосферной циркуляции.

Многие авторы [2], [4] относят резкое изменение общей циркуляции атмосферы к 20-м годам XX столетия. Нами были подсчитаны средние

широтные значения месячных аномалий температуры для 11 широтных кругов.

Эти значения осреднялись по пятилетиям и рассматривались только те значения, которые превышали удвоенную квадратическую ошибку. С 1881 по 1920 г. и в зимний, и в летний периоды наблюдаются только отрицательные отклонения температуры от нормы, в то время как в последующее сорокалетие (1921—1960 гг.) — только положительные отклонения, что является отражением векового хода планетарной температуры. Это позволило разделить 80-летний период на два, с 1881 по 1920 гг. и с 1921 по 1960 гг., и построить карты средних квадратических отклонений за каждый период. На картах очаги максимальной изменчивости располагаются в тех же районах, что и на картах, построенных за 80 лет, однако величины изменчивости от периода к периоду варьируют. Чтобы проследить величину и знак изменений, были построены карты разностей σ (II—I).

На полученных разностных картах изменчивости температуры воздуха обнаруживаются большие поля одного знака, иногда занимающие целые континенты или основную часть океанов. Почти в каждом из таких полей выделяются очаги реальных систематических разностей, вероятность неслучайности которых равна 95% (разности оценивались с помощью критерия Фишера).

Из сравнения зимних и летних разностных карт можно видеть, что некоторые области увеличения или уменьшения значений изменчивости удерживаются в течение всей зимы или лета. Так, например, в зимний сезон в Европе, Сибири, западной части Северной Америки и на Аляске, в Северной Африке и в районе Антильских островов наблюдается увеличение изменчивости, причем в отдельных районах значения разности достигают 1—1,5°. Центральная часть Атлантики и западная часть Тихого океана в течение всей зимы заняты отрицательными значениями разностей σ . Таким образом, в зимний период изменчивость возрастает над материками и уменьшается над океанами.

Летом увеличение изменчивости во втором 40-летию наблюдается в Скандинавии, южной части Евразии и в восточной части Северной Америки и уменьшение — в северной части Атлантики, северной части Сибири, западной части Северной Америки, на п-ове Индостан и в юго-западной части Тихого океана. Если зимой над западной частью Северной Америки и Сибирью наблюдается увеличение изменчивости, то летом в этих районах она уменьшается.

Такие колебания изменчивости от одного периода к другому и зимой, и летом можно объяснить изменением циркуляционного режима атмосферы и колебанием климата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Багров Н. А., Шабунина Т. А. Изменчивость средних месячных температур на территории северной Евразии. Труды ЦИП 46(73), 1956.
2. Вительс Л. А. Многолетние изменения барико-циркуляционного режима и их влияние на колебание климата. Труды ГГО, вып. 8(70), 1948.
3. Гедеонов А. Д. Ареалы больших отклонений средней месячной температуры воздуха от многолетней средней в северном полушарии. Труды ГГО, вып. 211, 1967.
4. Гедеонов А. Д. О колебаниях климата в северном полушарии. Труды ГГО, вып. 227, 1968.
5. Зорина В. П. Пространственное распределение больших аномалий температуры воздуха в северном полушарии. Проблемы Арктики и Антарктики, вып. 24, 1966.
6. Карты отклонений средней месячной температуры воздуха от многолетних средних северного полушария. Вып. 1—4. Изд. ГГО. Л., 1961—1966.

7. Лебедев А. Н. Атлас карт вероятности отклонения средней месячной температуры воздуха от многолетней средней по территории Европы и СССР. Гидрометеониздат, Л., 1957.
8. Мещерская А. В., Клюквин Л. Н. Об изменчивости средних месячных температур. Труды ГГО, вып. 201, 1968.
9. Alt E. Die mittlere Abweichung der Temperatur-Monatsmittel in Mittel-und Südeuropa. Gerlands. Beiträge zur Geophys. Bd. 32. 1931.
10. Exner F. M. Monatliche Luftdruck und Temperaturanomalien auf der Erde. Sitzungsberichte d. Winer Akad. Wiss. Math. — Naturwiss. Klasse, Abt. II a, Bd. 133, Wien 1924.
11. Exner F. M. Beziehungen von Luftdruck — anomalien auf der Erde zueinander. Sitzungsberichte d. Winer. Akad. Wiss. Math. — Naturwiss. Klasse, Abt. II, Bd. 135, 7—8 Heft, 1926.
12. Hann J. Lehrbuch der Meteorologie, 4. Aufl., 1926.

Т. С. ТРИФОНОВА

СТРУКТУРА ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПРИ СНЕГОПАДАХ НА СЕВЕРЕ ЕТС

В последние годы практика настоятельно требует климатических параметров, имеющих комплексный характер. К их числу относятся и показатели температуры воздуха при осадках. В этом направлении нами была разработана методика обработки термических характеристик при летних осадках [2], в которой было показано, при какой температуре выпадают летние дожди и какое влияние на температуру оказывают они в различные часы суток. Таким образом, была выявлена структура термического режима при летних осадках в центральных районах Европейской территории СССР (ЕТС).

Настоящая статья посвящена вопросу исследования термического режима при твердых осадках — при снегопадах. Исходными материалами для работы послужили ежедневные наблюдения десяти станций северной полосы ЕТС за холодный период (XI—IV) с 1935 по 1965 г. По имеющимся материалам вычислены многолетние суммы числа дней со снегопадом и суммы числа дней без снегопада при различных средних суточных температурах воздуха. При этом в число дней со снегопадом вошли все случаи выпадения снега независимо от его интенсивности и продолжительности. В число дней без снегопада вошли и дни с жидкими осадками. С учетом требований к точности подобных характеристик температура воздуха бралась в целых по двухградусным интервалам.

При таком способе обобщения данных табличные материалы оказываются достаточно объемистыми. Поэтому в качестве примера дается лишь одна таблица по двум пунктам, составленная по наблюдениям с 1935 по 1965 г. (табл. 1).

Данные табл. 1 показывают, что снегопады бывают при весьма различной средней суточной температуре. В конце осени и в начале весны они выпадают при средней суточной температуре от 5—6 до —20, —25°, а в зимние месяцы при средней суточной температуре от 1, —1 до —37, —39°. Однако наиболее вероятны снегопады при температурах от 0 до —20°.

Анализируя данные, нетрудно заметить, что большей частью выпадение снега наблюдается при температуре от —1 до —15° и составляет более 70—80% случаев. При температуре около нуля и выше, а также при температуре ниже —15° вероятность снегопадов сравнительно не-

Многолетнее число дней с выпадением снега (с) и без выпадения

Месяц	День	Температура,										
		4,9 3,0	2,9 1,0	0,9 -0,9	-1,0 -2,9	-3,0 -4,9	-5,0 -6,9	-7,0 -8,9	-9,0 -10,9	-11,0 -12,9	-13,0 -14,9	-15,0 -16,9
Верхняя												
XI	с	1	30	88	96	102	61	59	35	26	16	16
	бс	36	47	28	32	24	21	19	14	11	8	7
XII	с		6	77	75	94	82	76	55	56	51	45
	бс		5	3	6	11	17	10	5	6	5	6
I	с		2	31	43	58	59	67	76	67	57	49
	бс			5	4	4	4	7	2	7	2	7
II	с			14	32	48	76	69	91	64	66	47
	бс				3	2	7	9	15	13	11	9
III	с		11	48	78	90	74	66	57	45	34	13
	бс	11	19	17	18	21	25	20	32	21	24	15
IV	с	12	53	57	43	40	20	15	3	4	1	1
	бс	119	88	33	35	36	27	9	8	10	2	2
Лешук												
XI	с	2	32	90	87	92	74	63	43	17	25	17
	бс	17	42	18	16	14	22	24	13	10	4	8
XII	с		7	48	86	87	92	69	62	54	33	35
	бс		3	2	4	8	15	11	10	7	11	4
I	с	1		22	41	50	66	75	75	77	72	55
	бс				1	3	9	5	9	9	7	8
II	с			12	26	36	76	87	74	91	68	53
	бс				4	4	9	5	4	4	5	10
III	с	1	14	47	77	82	100	77	62	61	38	29
	бс	5	6	2	16	9	18	18	22	20	19	13
IV	с	12	71	81	65	62	50	29	14	9	6	2
	бс	94	72	37	34	37	18	27	13	9	10	5

Примечание. Для сокращения размера таблицы крайние значения температуры даны с указанной в таблице общей суммой дней.

велика. Это характерно для всего холодного периода. Естественно, что в период предзимий и в начале весны снегопады наблюдаются при более узком интервале температур. В то же время значительное число случаев приходится на положительные средние суточные температуры.

Подмеченные закономерности характерны для всех станций, данные которых подверглись обработке. На основании табл. 1 можно графически представить выявленные взаимосвязи между температурой и частотой выпадения снега. Иллюстрацией таких графических построений служит рис. 1. На нем пики кривых весьма отчетливо показывают наиболее характерную величину средней суточной температуры, при которой снегопады достигают максимальной вероятности. От ноября к январю положение этого пика кривой опускается от -5° в ноябре до -12° в январе; от января к апрелю пик кривой снова поднимается, достигая наиболее высокого положения (0°) в апреле. Как видим, из-за большого интервала температур, при которых бывают снегопады, полученные результаты по форме табл. 1 трудно поддаются обобщению, а сами данные оказываются недостаточно обозримыми. Чтобы компактнее представить результаты расчетов и более точно определить интервалы температур при снегопадах, для всех месяцев холодного периода были построены интегральные кривые (рис. 2).

Таблица 1

снега (бс) при различной средней суточной температуре воздуха

град. (от—до)												сумма дней	число лет
—17,0 —18,9	—19,0 —20,9	—21,0 —22,9	—23,0 —24,9	—25,0 —26,9	—27,0 —28,9	—29,0 —30,9	—31,0 —32,9	—33,0 —34,9	—35,0 —36,9	—37,0 —38,9			

Тойма

9	8	4	2		1	1					553	28
5	5	9	5		9	3	2				287	
26	16	13	14	4	9	10	6	5	3	1	704	28
10	8	11	9	18	9	5	5	2	1		164	
47	26	26	15	12	10	7	9	13	5	4	658	26
6	8	13	11	14	12	3	3				148	
37	25	11	5	5	4	3	3				600	27
15	16	12	11	13	13	5	3	3	4		164	
7	8	4			1						536	27
32	21	13	5	7	1						301	
											259	25
											491	

онское

18	9	8	5	1							583	27
7	7	6	7	2	2	1		1			227	
24	20	14	16	11	6	2	2	2	2	1	673	27
7	8	6	9	10	9	12	12	9	5	2	164	
49	27	28	20	14	10	5	6	2	1	1	698	28
11	16	8	16	12	15	14	7	10	9	5	170	
53	24	24	18	8	6	5	1		1		663	28
14	10	17	7	9	8	9	7	2		1	128	
25	20	11	9	3		2					658	29
25	12	13	9	12	6	4					241	
2											407	29
2	2										463	

исключены. Поэтому результат сложения приведенных данных не везде будет совпа-

С последних снимались затем значения температур при снегопадах заданной обеспеченности (5, 10, 20, ..., 90, 95, 98%). Результаты расчетов, полученные таким образом, приведены в табл. 2.

Здесь, как и в табл. 1, наряду с данными для дней со снегопадом даются и температуры для дней без снегопада. В зимние месяцы в дни со снегопадом температура заметно выше, чем в дни без снегопада. При высоких значениях обеспеченности расхождения между этими характеристиками достигают 10—15°. Так, в Верхней Тойме в декабре при 80% обеспеченности в дни со снегопадом средняя суточная температура выше —14°, а в дни без выпадения снега — выше —27°.

С помощью табл. 2 нетрудно определить вероятность снегопадов при любой заданной температуре. При правильном понимании содержания табл. 2, следовательно, можно получить еще другие характеристики, не производя заново обработку основных наблюдений. В частности, из табл. 2 видно, что в ноябре и апреле средние суточные температуры в дни без снегопада выше средних суточных температур в дни с выпадением снега. В середине зимы, наоборот, дни без снегопада значительно холоднее дней со снегопадом. Этот вывод легко проверить по данным табл. 3. Особенно резко выделяются низкие температуры бесснежных дней в декабре—январе. Снежные дни почти в два раза теплее бесснежных дней.

Таблица 2

**Обеспеченность средней суточной температуры воздуха
при выпадении снега (с) и без выпадения снега (бс)**

		Обеспеченность, %													
Месяц	День	2	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	98	
Верхняя Тойма															
XI	с	2	1	1	0	-1	-2	-3	-5	-6	-8	-12	-16	-19	
	бс	6	5	4	3	1	0	-1	-3	-6	-9	-16	-20	-22	
XII	с	1	1	0	-2	-3	-5	-7	-8	-11	-14	-17	-22	-26	
	бс	2	0	-2	-5	-7	-13	-18	-21	-24	-27	-30	-32	-34	
I	с	1	0	-2	-4	-6	-8	-10	-12	-14	-17	-21	-24	-28	
	бс	1	-1	-5	-11	-17	-20	-23	-25	-28	-31	-34	-36	-39	
II	с	0	-1	-3	-5	-6	-8	-9	-11	-13	-15	-18	-21	-27	
	бс	-3	-5	-7	-10	-12	-15	-18	-20	-28	-25	-28	-31	-34	
III	с	1	1	0	-1	-3	-4	-5	-7	-9	-10	-13	-15	-19	
	бс	4	3	1	-2	-5	-7	-9	-12	-15	-17	-20	-22	-25	
IV	с	6	4	3	2	1	1	0	-1	-2	-4	-6	-7	-10	
	бс	11	9	7	6	5	4	3	2	1	-1	-4	-7	-10	
Котлас															
XI	с	2	1	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-7	-10	-13	-17	
	бс	5	4	3	2	1	0	-2	-4	-6	-9	-13	-16	-21	
XII	с	1	1	0	-1	-4	-5	-8	-9	-12	-14	-20	-23	-25	
	бс	1	1	-1	-3	-5	-7	-10	-13	-17	-22	-28	-32	-35	
I	с	1	0	-2	-4	-6	-8	-10	-12	-14	-17	-21	-24	-28	
	бс	0	-1	-4	-8	-12	-15	-18	-20	-23	-26	-30	-33	-35	
II	с	0	-1	-3	-5	-5	-8	-9	-10	-13	-15	-18	-21	-25	
	бс	0	-1	-3	-7	-10	-13	-15	-17	-20	-25	-27	-30	-33	
III	с	1	1	0	-1	-3	-4	-5	-6	-8	-10	-13	-16	-19	
	бс	3	2	1	-3	-3	-5	-7	-10	-12	-15	-18	-20	-23	
IV	с	5	4	3	2	1	1	0	-1	-3	-4	-6	-9	-9	
	бс	14	11	9	7	6	5	4	3	2	1	-3	-6	-9	
Лешуконское															
XI	с	2	1	1	0	-1	-2	-3	-5	-7	-9	-14	-18	-21	
	бс	5	4	3	2	1	-1	-4	-6	-8	-13	-19	-22	-25	
XII	с	1	1	0	-2	-3	-5	-7	-8	-11	-14	-19	-23	-27	
	бс	1	-1	-3	-6	-9	-14	-18	-22	-26	-29	-32	-34	-35	
I	с	0	-1	-2	-5	-7	-9	-11	-12	-14	-17	-21	-25	-29	
	бс	-6	-7	-10	-14	-18	-20	-23	-25	-28	-31	-34	-37	-39	
II	с	0	-2	-4	-6	-7	-9	-10	-12	-14	-16	-20	-23	-26	
	бс	-3	-5	-7	-12	-16	-18	-20	-22	-24	-27	-30	-31	-33	
III	с	1	1	0	-2	-3	-5	-6	-8	-10	-12	-16	-19	-22	
	бс	4	1	-2	-5	-7	-9	-11	-14	-17	-19	-23	-26	-28	
IV	с	4	3	2	1	0	0	-1	-2	-4	-5	-7	-10	-12	
	бс	10	8	7	5	4	3	2	1	-1	-4	-8	-11	-14	

Таблица 3

**Многолетняя средняя суточная температура воздуха в дни
с выпадением снега (с) и без выпадения снега (бс)**

Станция	XI		XII		I		II		III		IV	
	с	бс	с	бс	с	бс	с	бс	с	бс	с	бс
Карпогоры . . .	-6	-6	-9	-17	-11	-20	-11	-18	-7	-12	-1	1
Лешуконское . .	-6	-6	-9	-18	-12	-23	-12	-20	-8	-12	-2	0
Верхняя Тойма .	-5	-4	-8	-16	-11	-22	-10	-18	-6	-10	-1	2
Няндама	-5	-4	-8	-13	-10	-18	-10	-16	-6	-7	-2	2
Котлас	-5	-4	-9	-13	-11	-18	-11	-15	-6	-8	-1	3
Емца	-5	-4	-8	-14	-10	-18	-10	-16	-6	-9	-2	2

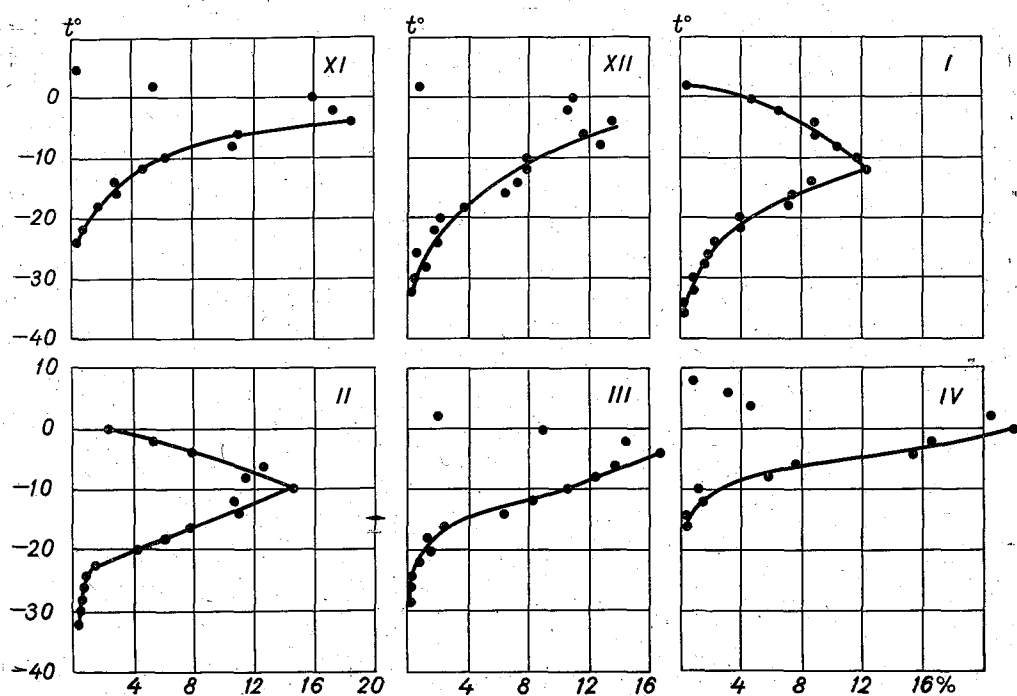


Рис. 1. Графики связи многолетней суммы дней со снегопадом (%) со средней суточной температурой воздуха (XI—IV).

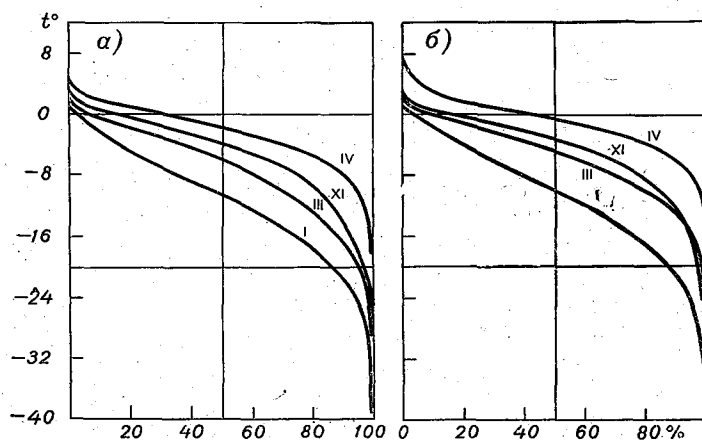


Рис. 2. Обеспеченность средней суточной температурой воздуха при выпадении снега (I, II, VI, IX).

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев А. Н. Продолжительность дождей на территории СССР. Гидрометеоздат, Л., 1964.
2. Трифонова Т. С. К вопросу исследования термического режима при выпадении осадков. Труды ГГО, вып. 232, 1968.

В. П. ХОДАКОВА

К ВОПРОСУ МЕТОДИКИ КОМПЛЕКСНОЙ ОБРАБОТКИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

В последние годы появилось значительное количество работ, посвященных исследованию воздействия атмосферных условий на промышленные материалы. В одних из них исследование ограничивается получением данных в искусственных камерах климата и их анализом, в других используются некоторые натурные сведения. Наряду с этим имеются разработки, в которых привлекаются обширные климатические данные, полученные с помощью обычных климатологических средних. Однако когда речь идет о воздействии атмосферы, то нельзя забывать, что эта среда, характеризующаяся многими физическими параметрами, находится в состоянии постоянного движения и изменения. Причем все метеорологические элементы, как-то: температура воздуха, относительная и абсолютная влажность воздуха, облачность, солнечное сияние и другие — между собою взаимосвязаны и взаимообусловлены и, конечно, ни один из них не имеет самостоятельного значения с точки зрения воздействия на материалы.

При исследовании воздействия метеорологических условий на материалы особый интерес представляет температурно-влажностный комплекс и установление между ними зависимостей и количественных связей.

В настоящей статье излагается методика обработки температурно-влажностных комплексов для Москвы, Батуми и Ташкента по данным за 1962—1966 гг., которые для нас представляли наибольший интерес. Исходной информацией послужили ежечасные наблюдения, конечные результаты по которым могут выводиться как в виде повторяемостей комплексов в процентах, так и в виде суммарной их продолжительности в часах.

С целью более полного представления температурно-влажностной структуры изменение температуры воздуха учитывалось по градациям через 1° , а относительной влажности воздуха через 5%. Расчеты производились отдельно по месяцам, по периодам, которые определялись сроками съема материалов отдельно за каждый год и за весь обрабатываемый период в целом. Чтобы выделить различия температурно-влажностного режима в суточном ходе в месяцы теплого периода, сутки делились на день от 8 до 18 час. и на ночь от 19 до 7 час. Для иллюстрации здесь приведена табл. 1, включающая в себя данные по температуре

воздуха и относительной влажности за июль с 8 до 18 час. На месте пересечения соответствующих градаций температуры и относительной влажности стоят цифры (в часах), показывающие суммарную продолжительность каждого данного комплекса.

В нижних двух строках приведены повторяемости и обеспеченности температуры воздуха, в двух правых столбцах — повторяемости и обеспеченности относительной влажности воздуха.

При такой методике обработки данных полученные результаты можно выразить не только в абсолютных величинах суммарной продолжительности в часах, но и в относительных единицах — в процентах к общему интервалу времени. Одновременно удастся получить и характер распределения каждого элемента отдельно, значения экстремальных величин и их вероятность. Таким образом, можно полнее рассмотреть содержание температурно-влажностных комплексов, глубже вникнуть не только в суточные и сезонные явления, но и в те особенности, которые встречаются в отдельных районах или в отдельные месяцы и годы.

Распределение численных характеристик комплексов температуры и относительной влажности воздуха по полю таблицы позволяет судить о наиболее частых сочетаниях двух элементов и о связи между ними. С помощью таких табличных материалов сравнительно легко могут быть получены и уравнения связи. В частности, по данным табл. 1, уравнение связи имеет следующий вид:

$$\bar{y}_x = 98,0 - 1,85\bar{x},$$

где $\bar{y}_x$ — относительная влажность воздуха,
 x — температура воздуха.

Результаты расчетов по комплексам могут быть представлены графически. Один из приемов графического изображения показан на рис. 1. На нем представлены дневные (8—18 час.) комплексы для летних месяцев (июль—август) Москвы по данным с 1963 по 1966 г.

По вертикальной оси отложены значения абсолютной влажности воздуха, по горизонтальной оси — значения температуры воздуха; в поле координат проведены наклонные линии относительной влажности, а различной штриховкой показаны значения комплексов, составляющие вероятность 25, 50, 75 и 100%. При таком графическом представлении четко выступают как наиболее вероятные сочетания температуры и относительной влажности воздуха, так и наименее вероятные. По графику легко определить экстремальные сочетания и их вклад в структуру температурно-влажностного режима.

По наблюдениям в дневные часы за период с 1963 по 1966 г. результаты расчетов приведены в табл. 2—3. В них значения температуры и относительной влажности выше указанных значений выражены в процентах (обеспеченность), но их можно перевести и в интервалы времени, выраженные в часах. Так, в январе 1963—1966 гг. 1% случаев приходится на положительные температуры 2° и выше. Если учесть, что это касается дневных сроков (от 8 до 18 час.) четырех январей, то нетрудно подсчитать суммарную продолжительность этих значений температуры. За четыре месяца температура воздуха 2° и выше в сумме сохранялась в течение 12 час. Поскольку на температуру ниже 25° тоже приходится 1%, то суммарная продолжительность с такими значениями тоже

Суммарная продолжительность температурно-влажностных

Относи- тельная влажность, %	Температура,												
	8,1—9,0	9,1—10,0	10,1—11,0	11,1—12,0	12,1—13,0	13,1—14,0	14,1—15,0	15,1—16,0	16,1—17,0	17,1—18,0	18,1—19,0	19,1—20,0	20,1—21,0
100—96		1							6				
95—91		3	3		9	4	1	2	11	7		2	
90—86			1	2	3	1	5	1	13	3	11	2	4
85—81		1	2		5	5	2	4	4	8	3	6	4
80—76	1	1				4	5	2	7	7	11	12	14
75—71		3	2	3		3	3	5	7	6	7	11	11
70—66			5	1	2		5	3	11	8	8	9	10
65—61						3	2	6	6	13	16	18	8
60—56					2	1	3	2	7	6	8	12	7
55—51						3	4	7	7	9	11	12	14
50—46						1	6	9	7	7	14	7	17
45—41								1	3	3	5	7	4
40—36										3	4	4	13
35—31											2	1	1
30—26													
Σ	1	9	13	6	21	25	36	42	89	80	100	103	107
%	0,0	0,6	1,0	0,4	1,5	1,8	2,5	3,0	6,6	5,9	7,4	7,6	7,9
* P		100%	99,4	98,4	98,0	96,5	94,7	92,2	89,2	82,6	76,7	69,3	61,7

составит 12 час. С помощью таких таблиц легко определить значения температуры любой заданной обеспеченности.

Таким же образом может быть проанализирована и таблица с данными по относительной влажности. Плотность распределения температуры и относительной влажности, представленную в табл. 2—3, нетрудно дать в графическом изображении (рис. 2).

По вертикальной оси (рис. 2) нанесена относительная влажность по градациям через 5%, а по горизонтали температура воздуха через 1°. Вертикальные и горизонтальные линии в поле графика без численных значений элементов дают фактическое поле обоих элементов. Степень разряженности этих линий неодинакова, поскольку они определяются плотностью распределения в различных интервалах обеспеченности от 1 до 99%. Но такой «слепой» график (без цифр внутри клетки,

[illegible]

которые обозначают число случаев данного комплекса) недостаточны. Априори можно утверждать, что правый верхний и нижний левый углы графика являются нерабочими. Это ясно, поскольку при высоких температурах выше 24—30° дневная относительная влажность в Москве летом не повышается выше 70—75%, а дни резкой похолоданий (при температуре ниже 12°), наоборот, относительная влажность воздуха не понижается ниже 50—60%. Число случаев с комплексами, нанесенными на график, наилучшим образом характеризует это положение.

Цифрами показано число случаев с соответствующими комплексами. Они в сочетании с сеткой обеспечивают для возможности количественно определить структуру наиболее часто и наиболее редко наблюдаемых сочетаний температур и относительной влажности воздуха. По-

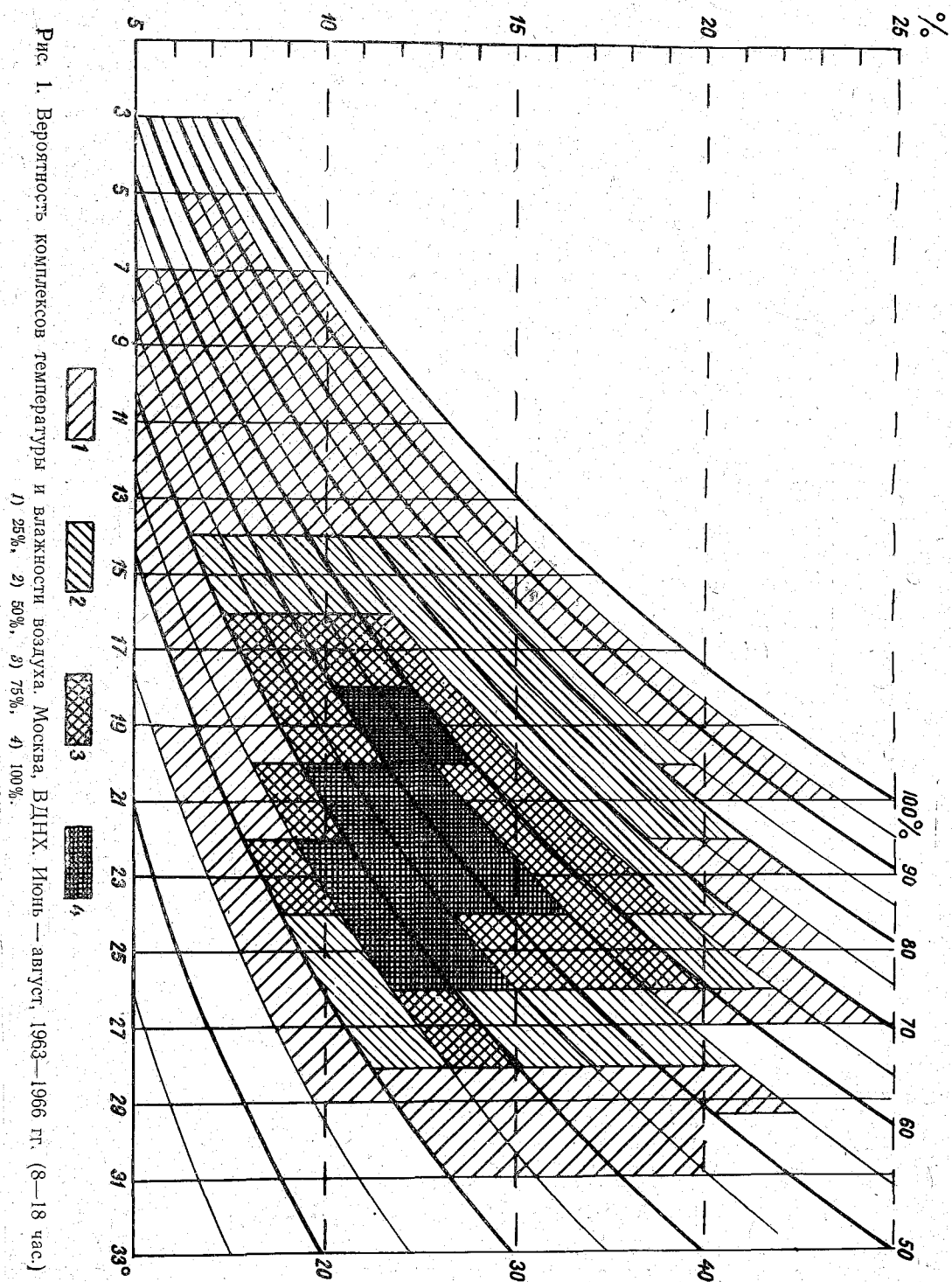


Рис. 1. Вероятность комплексов температуры и влажности воздуха. Москва, В.И.Н.И. Июнь — август, 1963—1966 гг. (8—18 час.)

Таблица 2

Дневная температура воздуха различной обеспеченности. Москва, ВДНХ. 1963—1966 гг.

Месяц	Обеспеченность, %												
	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	99
I	2	1	0	-3	-5	-7	-9	-11	-14	-17	-20	-22	-25
II	3	2	0	-3	-5	-6	-8	-10	-11	-13	-16	-18	-26
III	7	5	3	2	1	0	-1	-3	-5	-7	-10	-13	-17
IV	20	17	15	12	10	9	8	6	5	2	-1	-4	-7
V	28	27	24	21	19	18	17	15	13	11	9	6	3
VI	27	26	25	24	22	21	20	18	17	15	13	11	8
VII	30	29	27	26	24	23	22	21	19	18	16	14	11
VIII	28	26	25	24	22	21	20	19	18	16	14	12	7
IX	27	24	21	18	17	16	15	13	12	11	8	6	3
X	17	14	13	10	9	8	7	6	5	3	1	-1	-3
XI	8	7	6	3	2	1	0	-2	-4	-7	-11	-13	-15
XII	5	3	2	1	0	-1	-2	-4	-6	-8	-12	-16	-20

Примечание. День в IV—X с 8 до 18 час., в XI—III с 9 до 17 час.

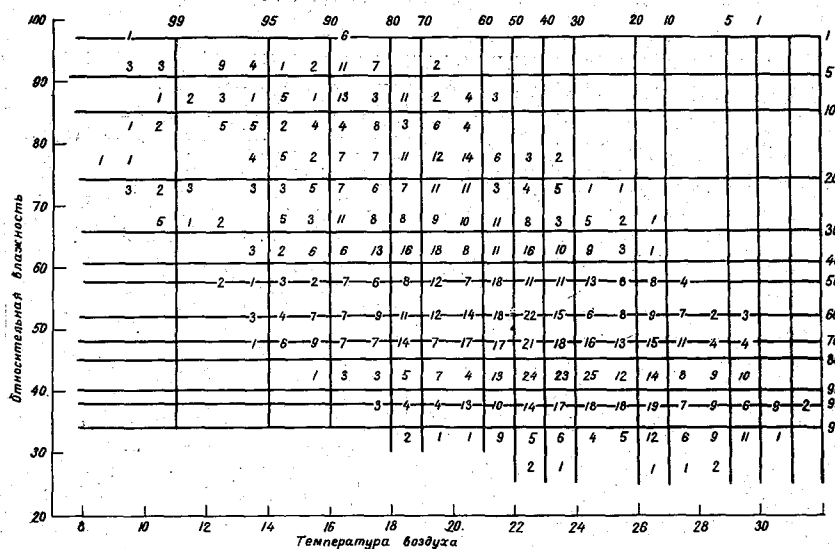


Рис. 2. Номограмма комплексов температуры и относительной влажности воздуха. Москва, ВДНХ. Июль, 1963—1966 гг.

такому графику легко определяются как абсолютные значения редко встречающихся низких и высоких величин относительной влажности воздуха, так и значения температуры воздуха, соответствующие им.

Изложенная выше методика обработки комплексных характеристик была применена для обработки данных за дневные и ночные часы по московскому, ташкентскому и батумскому районам за 1961—1966 гг.

ВЫВОДЫ

1. Настоящая методика обработки данных температуры и относительной влажности воздуха позволяет выявить структуру этих элементов и определить суммарную продолжительность отдельных комплексов.

Таблица 3

Дневная относительная влажность воздуха различной обеспеченности.
Москва, ВДНХ. 1963—1966 гг.

Месяц	Обеспеченность, %												
	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	99
I	98	93	91	88	86	84	83	82	80	78	75	71	62
II	96	93	91	88	85	82	80	76	72	68	61	54	40
III	98	94	92	86	80	76	70	65	60	53	46	40	33
IV	98	94	90	83	75	68	60	54	48	43	37	33	26
V	96	87	79	69	62	56	50	45	41	38	33	30	25
VI	97	92	85	74	66	58	52	48	44	41	38	35	31
VII	97	91	85	74	66	61	57	52	48	45	40	38	34
VIII	95	90	85	76	70	64	60	56	52	49	44	41	35
IX	99	95	91	85	79	73	67	63	58	54	49	45	39
X	99	96	95	92	88	84	80	76	72	66	58	51	42
XI	99	96	94	91	88	85	82	79	76	73	67	62	51
XII	98	96	94	93	91	89	87	84	82	80	76	73	63

Примечание. День в IV—X с 8 до 18 час., в XI—III с 9 до 17 час.

2. С помощью предложенных приемов графического представления данных можно достаточно точно определить плотность распределения комплексов и количественно охарактеризовать вероятность каждого из них. При этом легко описываются абсолютные величины температуры и относительной влажности при малых и больших их значениях.

3. В предлагаемых графиках особая роль придается расчету сетки графика, которая выражает плотность распределения температуры и относительной влажности воздуха.

В. П. ХОДАКОВА

ОБ УЧЕТЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОТКРЫТОМ ВОЗДУХЕ

Вопросы влияния климатических факторов на работу механизмов, машин, приборов и на промышленные материалы превратились в крупную научную проблему. Они обсуждаются на страницах печати как в СССР, так и за рубежом, преимущественно в технической литературе. Как правило, имеющиеся исследования принадлежат перу не метеорологов и климатологов. По характеру самих публикаций видно, что во всех случаях данные об атмосферном воздействии ограничиваются использованием сведений в виде многолетних средних месячных и годовых величин температуры воздуха, относительной влажности воздуха и очень редко по каким-нибудь другим элементам. Некоторые авторы [2], [3] привлекают также повторяемости средних суточных значений этих элементов в различных пределах. Для температуры воздуха такими пределами служат пятиградусные градации, а для относительной влажности — десятипроцентные градации.

Из желания получить площадные характеристики для больших территорий в технической климатологии прибегают к осреднению средних по группам пунктов. В итоге для больших районов получаются грубые характеристики, не согласующиеся с действительностью. Вычисленные таким образом климатические характеристики теряют свою истинную основу, превращаясь в абстракции, вымышленные величины. При этом все расчеты производятся отдельно по какому-либо элементу, без учета существующей взаимосвязи между явлениями.

В конечном счете для экспериментальных расчетов используются параметры, ничего общего не имеющие с реальным климатом как объектом живой природы. При таком подходе объединяются в одну климатическую область такие районы, которые находятся даже в разных климатических зонах [2]. Насколько правильно такое объединение, никаких доказательств не приводится, поскольку техника и промышленные материалы, очевидно, считаются достаточно устойчивыми, консервативными объектами относительно климатического воздействия.

Средние месячные и годовые величины, заимствованные из Справочников и осредненные еще раз по площади, берутся затем в основу моделирования или имитации реального климата. Причем сами эти средние нередко берутся с грубыми допусками в сторону их увеличения. Основанием для этого обычно служит неверное заключение: если тот или иной предмет выдержал заведомо, например, высокие температуры,

то, конечно, он выдержит и сравнительно более низкие, которые наблюдаются на открытом воздухе.

Параметры температуры обычно берутся произвольно в сочетании с относительной влажностью воздуха около 95—100%. Сюда относятся рекомендации по термостатированию при температуре воздуха 55—60° и относительной влажности воздуха 98—100%, тогда как в естественных условиях подобные сочетания не встречаются. Вместе с тем отсутствуют и объяснения, как и с какими естественными комплексами они сопоставимы.

Из современной литературы по технической климатологии нам не известна ни одна работа, в которой содержалась бы корректная обработка метеорологических наблюдений. В них отсутствуют и научно-обоснованные выводы по климатическому воздействию на полимерные материалы.

В настоящей статье сделана попытка проанализировать изменение температурных и влажностных характеристик во взаимосвязи с физико-механическими свойствами материалов (ударной вязкостью и статическим изгибом).

Чтобы приблизиться к более точному выражению климата вообще и отдельных его сторон в частности, обработка данных производилась по методу полного отражения всех возможных значений каждого параметра. Этот принцип был положен в основу и при вычислении комплексных показателей температуры и относительной влажности воздуха. Полученные комплексы, насколько это возможно, выражаются в виде повторяемостей (вероятностей) и временных показателей (продолжительности существования комплекса).

В нашей и зарубежной литературе [5] подчеркивается, что физико-механические свойства полимерных материалов со временем не могут улучшаться, поскольку процессы необратимы. Это считается установленным. Между тем, анализируя сезонный ход температуры воздуха и характеристики ударной вязкости в сроки съема образцов (зимой и летом), нетрудно заметить взаимную связь между ними. На общем фоне уменьшения ударной вязкости явно выступают зимние пики на кривых, которые совпадают с периодами низких зимних температур. Напротив, летним подъемам температуры соответствуют заметные прогибы на кривой ударной вязкости (рис. 1).

Наиболее отчетливая взаимосвязь между сезонным ходом температуры и ударной вязкостью видна на данных влажных субтропиков (юг Черноморского побережья Кавказа), где в течение года сохраняется сравнительно высокая относительная влажность воздуха. Отрицать эту взаимосвязь и относить все к неточностям эксперимента и неоднородности в структуре самих материалов вряд ли следует без необходимого обоснования. Почему пики на кривой ударной вязкости зимних месяцев сплошь надо считать ошибками, если они даже не выходят за пределы довольно грубых доверительных интервалов? Между данными сезонного хода температуры воздуха и характеристиками ударной вязкости и статического изгиба существует хорошая согласованность и нет никакого основания не считаться с этим.

Для сухих континентальных субтропиков (пустынных районов Средней Азии) такой связи не получили. Возможно, это объясняется низкой относительной влажностью воздуха, которая наблюдается при сравнительно высоких летних температурах. Значит, дело не в одной температуре воздуха. Определенное значение имеет еще и относительная влажность воздуха (табл. 1).

Данные табл. 1 показывают, что летом в Батуми относительная

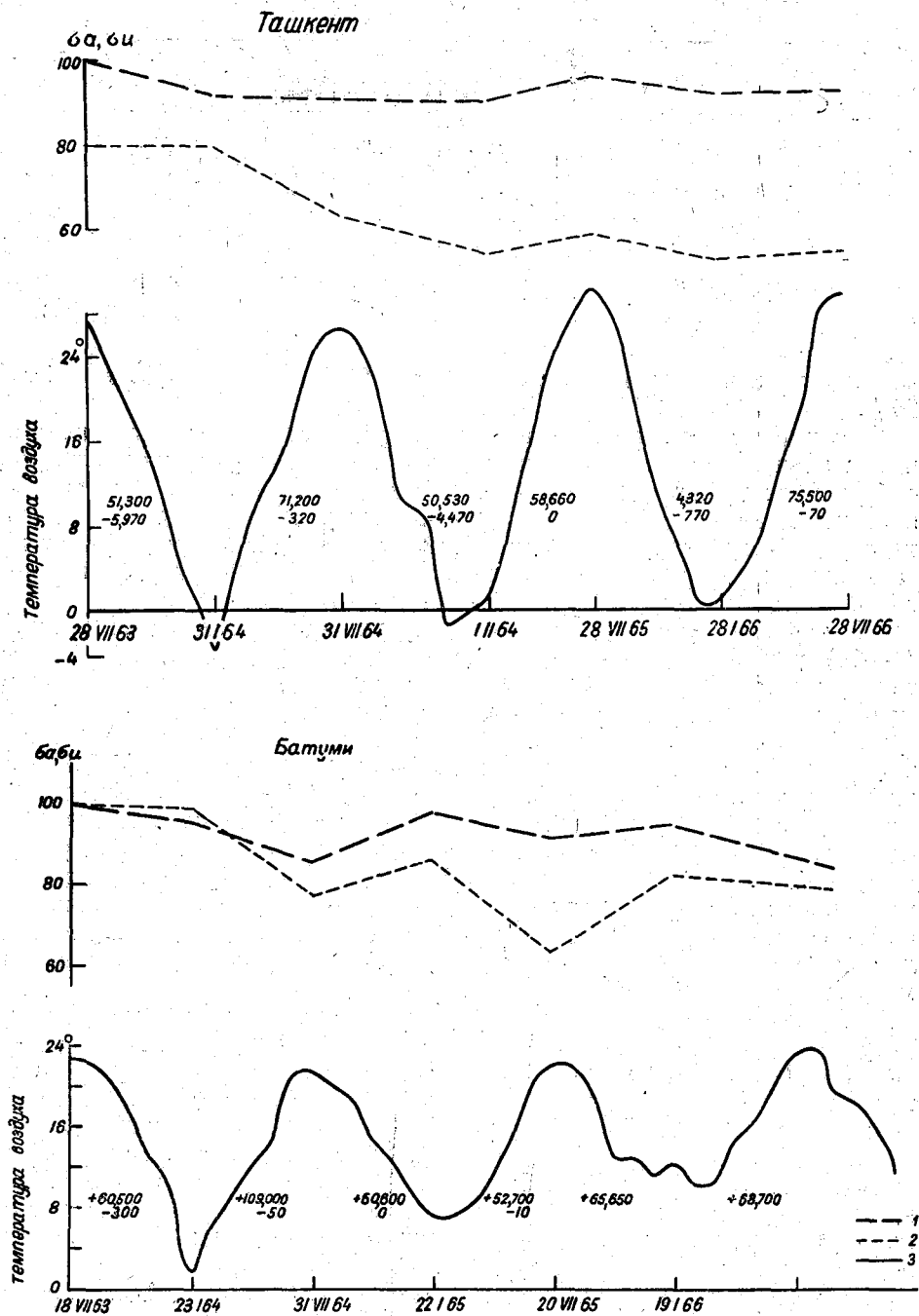


Рис. 1. Кривые годового хода средней месячной температуры воздуха (3), ударной вязкости (2) и статического изгиба (1) для Ташкента (сухие континентальные субтропики) и Батуми (влажные субтропики).

Таблица 1
Обеспеченность относительной влажности в различных пределах
(%) в летний период (1963—1966 гг.)

Станция	Время суток	Выше 80 %	Ниже 60 %	Сумма
Батуми	День	27,2	6,3	33,5
	Ночь	82,1	1,2	83,3
Ташкент	День	0,1	98,9	99,0
	Ночь	1,7	76,5	78,2

Примечание. День — с 8 до 18 час.; ночь — с 19 до 7 час.

влажность ночью почти всегда более 80%, а днем всегда более 60%.

Если бы высокая относительная влажность воздуха при этом не имела значения, а все было бы связано с температурой, то для сухих субтропиков кривая ударной вязкости должна иметь еще более четкие пики и провалы в даты зимних и летних съемов. Ведь годовой ход температуры в сухих субтропиках выражен значительно рельефнее, чем во влажных субтропиках, поскольку там летние температуры на 4—6° выше, а зимние температуры на 7—9° ниже.

В табл. 2 приведены ежечасные суммы температуры для дневных (8—18) и ночных (19—7) часов отдельно. В Батуми суммы положительных температур в холодную половину года больше, а в теплую меньше; в среднем за год термическое напряжение в материалах в Батуми больше, чем в Ташкенте. Это наводит на мысль, что постоянные положительные температуры при высокой относительной влажности оказывают более заметное влияние на состояние ударной вязкости и статического изгиба, чем высокие летние температуры, сменяющиеся зимой относительно низкими, нередко отрицательными температурами, но при более низкой влажности. Правда, здесь выпускается из поля зрения роль солнечной радиации, которая в первом приближении принимается в обоих пунктах как бы равнозначной. Это допущение делается на том основании, что в Ташкенте физико-механические свойства материалов не проявляют сезонного хода.

По данным с 1963 по 1966 г. суммы отрицательных зимних температур в Батуми были только в 1964 г., когда они достигали 250° в ночные часы и 90° в дневные часы. В Ташкенте ежегодно суммы отрицательных температур велики. Исключением был только 1966 г., когда они не превышали 200°. Но зато в холодный 1964 г. сумма ночных отрицательных температур достигала 4750°, а дневных — 6150°. Тем не менее отрицательные температуры, постоянно отмечающиеся в декабре 1963 г., в январе, феврале, ноябре и декабре 1964 г., не оказали существенного влияния на ударную вязкость и статический изгиб, они в течение года оставались почти без изменения.

Суммы ежечасных температур воздуха, как нам представляется, позволяют полнее оценить структуру термического режима и более точно определить его воздействие на материалы. По ним можно судить об общем накоплении ежечасных температур по месяцам, сезонам, за год и за весь период испытания материалов.

Анализ данных убеждает нас, что если бы съемы материалов производились в конце каждого климатического сезона (в конце февраля,

Таблица 2

Суммы ежечасных температур воздуха

Годы	Время суток	Знак сумм	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Влажные субтропики															
1963	День	+	2556	3127	2336	3607	5660	6976	8236	8228	7827	5884	4009	2466	61 012
	Ночь	-	3926	4157	2852	3578	5716	5636	6905	8376	7329	5986	5241	3449	0
1964	День	+	904	2032	2895	4376	5312	7365	7884	7571	6750	5876	3454	2948	63 151
	Ночь	+	772	2442	3630	3801	5360	7704	7952	7558	6802	5352	5146	3790	57 368
1965	День	+	2438	2258	2704	4384	5774	7438	7974	7972	7102	4892	3766	3292	86
	Ночь	+	2911	2701	3514	3958	5714	8084	8197	8340	7014	4698	5268	4624	60 309
1966	День	+	3450	2760	3362	4826	6012	7830	8612	3040	7195	7060	4884	3546	249
	Ночь	+	5232	3856	4220	4974	6074	7156	9036	9328	7211	6416	6170	5024	59 994
Сухие субтропики															
1963	День	+	2286	2692	3522	6358	7840	10594	10732	9876	8013	6560	2752	1495	72 720
	Ночь	+	181	2695	3577	5425	6690	7924	9124	7928	5764	4704	2492	412	647
1964	День	+	614	45	72	4912	7923	9565	10556	10425	7987	5266	3960	1002	59 397
	Ночь	+	764	40	4	4319	6392	8704	8936	8248	5830	2936	2924	592	1 929
1965	День	+	2563	246	31	6284	9098	9927	11178	10288	7778	5828	3315	2171	63 789
	Ночь	+	972	1142	3206	4907	7367	8171	9692	8400	6034	4559	3249	1753	1 402
1966	День	+	612	178	22	4992	8622	10598	11242	10746	8285	0	2	24	53 883
	Ночь	+	1354	916	152	4992	8622	10598	11242	10746	8285	0	2	198	4 748
1966	День	+	2418	2673	2408	4546	6648	8258	9460	8992	6335	0	0	0	71 187
	Ночь	+	1862	1840	2375	4546	6648	8258	9460	8992	6335	0	0	0	836
1966	День	+	116	0	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58 554
	Ночь	+	116	0	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 622
1966	День	+	1862	1840	2375	4546	6648	8258	9460	8992	6335	0	0	0	61 984
	Ночь	+	116	0	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
1966	День	+	116	0	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50 316
	Ночь	+	116	0	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	188

мая, августа и ноября), то, очевидно, можно было бы получить еще более четкие связи между температурно-влажностным режимом и физико-механическими свойствами. Производимые раньше съемы без всякого основания делили температурно-влажностный режим года почти ровно пополам — по середине лета и зимы. Наглядным примером служат данные табл. 3.

Таблица 3

Суммы ежечасных температур по периодам закладки и съема полимерных материалов

Период	Знак суммы	Время суток		Сумма
		день	ночь	

Сухие континентальные субтропики

1. Август—январь 1963—1964 гг.	+	29 108	22 200	51 307
	—	1 206	3 762	4 968
2. Февраль—июль 1964 г.	+	37 892	33 325	71 218
	—	45	277	322
3. Август—январь 1964—1965 гг.	+	29 158	21 345	50 503
	—	1 206	3 262	4 468
4. Февраль—июль 1965 г.	+	40 837	33 991	74 828
	—	200	1 067	1 267
5. Август—январь 1965—1966 гг.	+	31 798	25 463	57 260
	—	30	316	346
6. Февраль—июль 1966 г.	+	40 534	33 126	73 661
	—	9	72	82

Влажные субтропики

1. Август—январь 1963—1964 гг.	+	29 317	31 152	60 468
	—	86	206	292
2. Февраль—июль 1964 г.	+	29 864	79 134	108 998
	—	5	46	52
3. Август—январь 1964—1965 гг.	+	29 037	31 560	60 598
	—	3	0	3
4. Февраль—июль 1965 г.	+	30 532	32 167	62 699
	—	2	9	11
5. Август—январь 1965—1966 гг.	+	30 474	35 175	65 649
	—	0	0	0
6. Февраль—июль 1966 г.	+	33 372	35 316	68 688
	—			

Примечание. День — с 8 до 18 час.; ночь — с 19 до 7 час.

Из табл. 3 видно, что сезонный ритм фактически исключен. Приведенные данные позволяют лишь уловить тенденцию в изменении свойств материала после теплой или холодной части года, когда на смену первой пришла уже вторая. Могла ли сохраниться тенденция старых явлений или нет, не перекрылись ли они уже воздействием других термических процессов. К сожалению, при такой постановке полевых испытаний возможности климатологического анализа метеорологических факторов оказываются сильно урезанными.

В дальнейшем вопросы экспериментальных наблюдений в полевых условиях следовало бы несколько изменить, хотя бы за счет введения дополнительных объемов — весной и осенью, что позволит определить отдельно летние и зимние воздействия. В этом случае способ анализа

температурно-влажностного режима, как показывает рис. 2, дал бы возможность более конкретно определить структуру этих двух элементов. Тогда можно было бы более определенно судить о том, какие температурно-влажностные комплексы реальны и какие из них являются главными, преобладающими.

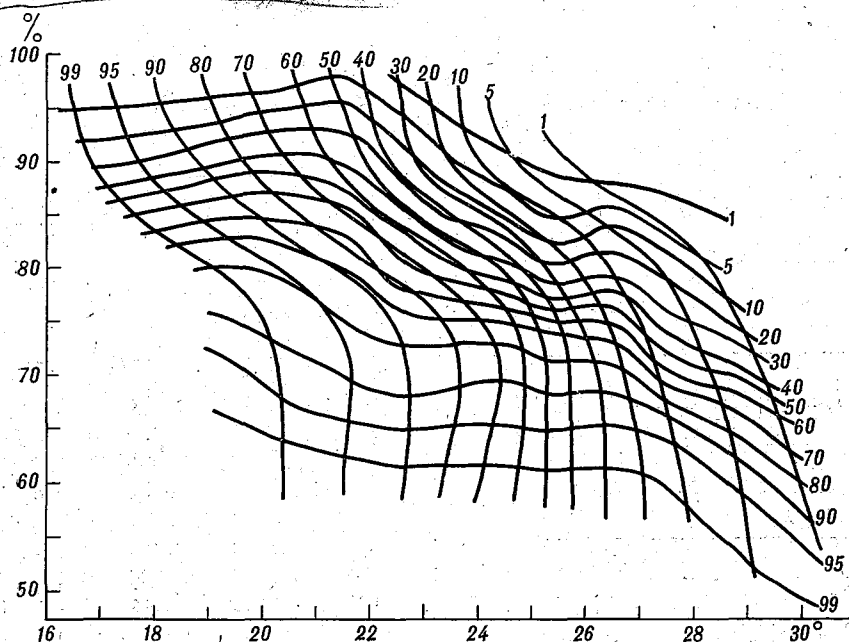


Рис. 2. Номограмма температурно-влажностной структуры июля в Батуми (1962—1966 гг.).

ВЫВОДЫ

1. По имеющимся данным мы не можем утверждать, что физико-механические свойства не могут возвращаться к ранее наблюдаемым значениям. Наоборот, данные по влажным субтропикам приводят к выводу, что на общем фоне старения материалов такие возвраты возможны.

2. По средним месячным температурам и годовому их ходу, как это делалось до сих пор, нельзя прийти к правильному заключению о термическом напряжении в том или другом районе. Не исключена возможность, что большая термическая напряженность в материалах может оказаться там, где суточные амплитуды меньше и кривая годового хода имеет более плавный вид.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астафьев А. В. Окружающая среда и надежность радиоэлектронной аппаратуры. Техиздат, М.—Л., 1965.
2. Баев В. А., Маслов В. В., Оржаковский М. Л. Условия работы электрооборудования тропического использования по температуре окружающей среды. Вестник «Электропромышленности», № 7, 1960.
3. Копелиович С. К. Опыт климатического районирования территории СССР для технических целей. Труды НИИАК, вып. 37, 1966.
4. Маслов В. В., Оржаковский М. Л. Изготовление машино-строительного оборудования для стран с тропическим климатом. Машигиз, М., 1964.
5. Schmidt I. Climatotechnology. Hungarian Heavy Industries, No. 35, 1961.

В. И. КОРНИЕНКО

ВЛИЯНИЕ ИСПАРЕНИЯ С ОЗЕРА БАЙКАЛ НА ОСАДКИ ОКРУЖАЮЩИХ РАЙОНОВ

Прибайкалье и Забайкалье отличаются малым количеством осадков в течение года, особенно в холодную его половину. Поэтому неинтересно выяснить, оказывает ли влияние испарение с такого глубоководного естественного бассейна, как оз. Байкал, на осадки прилежащих районов и если оказывает, то определить в первом приближении порядок этого влияния. Это и было целью нашего исследования.

Байкал — большое ($S = 31\,500 \text{ км}^2$) глубоководное горное озеро — оказывает охлаждающее летом и обогревающее зимой (разность температур между поверхностью воды и воздухом в декабре составляет $13\text{--}15^\circ$) влияние на прилежащие районы. Вследствие особенностей орографии берегов озера это влияние не должно выходить далеко за пределы водоразделов.

Влияние испарения с оз. Байкал на осадки окружающих районов было рассчитано за безледоставный период с мая по декабрь за два года, различных по режиму увлажнения: 1963, когда осадков выпало меньше нормы, и 1965, когда их выпало больше нормы.

Ввиду того, что вынос влаги с поверхности озера фактически осуществляется постоянно, а осадков выпадает мало, то расчет влияния испарения на осадки целесообразнее вести путем учета стимулирующего эффекта [1]. В исследованиях О. А. Дроздова [1] связь осадков с относительной влажностью атмосферы получила определенную количественную форму:

$$J = \frac{r}{\omega n} = \alpha_2 \Psi(H), \quad (1)$$

где J — коэффициент влагоиспользования; ω — влагосодержание атмосферы; r — месячное количество осадков; n — число дней в месяце; α_2 — коэффициент пропорциональности, зависящий от интенсивности циркуляции; $\Psi(H)$ — некоторая эмпирическая функция средней влажности атмосферы, вычисляемая обычно в слое $0\text{--}7 \text{ км}$.

H вычисляется как отношение фактического влагосодержания слоя к максимально возможному при данном профиле температур.

Наиболее конкретно и полно эта количественная форма выражена в графике связи коэффициента влагоиспользования с относительной влажностью атмосферы для Европейской территории СССР (ЕТС).

Эта связь найдена для средних условий ЕТС в целом в предпо-

жении, что образование осадков происходит при каком-то типичном для всей территории режиме циркуляции и вертикальной устойчивости воздуха, а поэтому не может в полной мере соответствовать реальным условиям развития процессов осадкообразования в конкретных районах и за конкретные промежутки времени.

Для горного района Забайкалья связь коэффициента влагоиспользования с относительной влажностью атмосферы сохраняется, но значительно ослаблена. Ухудшение связи объясняется большой пространственной изменчивостью параметра циркуляции α_2 в условиях горного района.

Для расчета изменения осадков под влиянием испарения с озера Байкал в окружающих районах нами были найдены связи между коэффициентом влагоиспользования и относительной влажностью атмосферы для десяти аэрологических пунктов, окружающих Байкал, за май—декабрь 1963 и 1965 гг. Эти связи при $\alpha_2 = 1$ представлены криволиней-

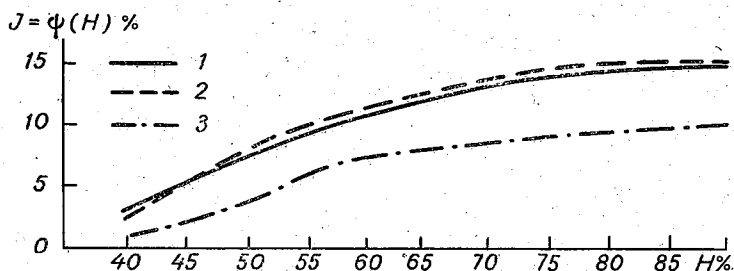


Рис. 1. Связь коэффициента влагоиспользования с относительной влажностью атмосферы при $\alpha_2 = 1$.

Прибайкалье и Забайкалье: 1—1963 г., 2—1965 г.; 3—ЕТС.

ными графиками на рис. 1. Теснота связи J с H определена корреляционным отношением, равным 0,70 для 1963 г. и 0,64 для 1965 г. Ослабление связей, кроме причин, указанных выше, можно объяснить объединением на графиках летних и осенних месяцев, когда условия атмосферной циркуляции различны. На рис. 1 приведена для сравнения аналогичная зависимость, полученная О. А. Дроздовым для ЕТС [1]. Из рисунка видно, что графики зависимости между осадками и влажностью атмосферы для Забайкалья лежат выше, чем график для ЕТС. Это указывает на более высокую интенсивность циркуляции в горном Забайкалье по сравнению с ЕТС. Наибольшие расхождения в графиках получились для влажности 40—50 и 65—80%, наименьшие — для влажности 55—60%.

Полученные графики и были использованы для расчета изменения осадков за счет увеличения относительной влажности атмосферы в результате испарения с озера. Расчет производился по аналитической формуле

$$\Delta r = \frac{\Psi(H') - \Psi(H)}{\Psi(H)}, \quad (2)$$

где Δr — увеличение количества осадков в процентах; H' — фактическая относительная влажность атмосферы в данном пункте; H — влажность, которая была бы при отсутствии испарения с озера.

Ввиду отсутствия в Ленинграде полноценного материала для расчета испарения с оз. Байкал и трудности его расчета из-за специфических особенностей озера, для оценки испарения с поверхности оз. Бай-

кал в отдельные годы нами были условно использованы нормы испарения, по М. Н. Шимараеву [2], приведенные в табл. 1.

Месяц	Таблица 1							
	Норма испарения с оз. Байкал							
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Норма, мм	—6,2	1,7	1,6	—13,1	—39,4	—72,5	—107,2	—87,9

Для расчета скорости переноса водяного пара над акваторией озера и оценки его рассеивания на окружающие районы по данным карт барической топографии AT_{850} и AT_{700} строились траектории воздушных частиц для синоптических периодов с различными типами циркуляции, по Г. Я. Вангенгейму.

Смена воздуха в нижних слоях атмосферы над озером, как это следует из траекторий воздушных частиц на высоте изобарической поверхности 850 мб, происходит в юго-восточном направлении в среднем за 2—3 часа, а в северо-восточном — за 4—5 час. Это различие во времени переноса объясняется ориентацией оз. Байкал, вытянутого с юго-запада на северо-восток. Осенью, когда испарение с озера достигает максимума (см. табл. 1), скорости переносов увеличиваются, что уменьшает время пребывания воздушных масс над поверхностью озера. Летом скорости переносов уменьшаются.

В табл. 2 представлены вероятность выноса воздушных масс P с озера по секторам, время пребывания их над озером при данном направлении переноса t в сутках, испарение за сутки E' и увеличение влагосодержания в результате испарения с озера на подветренной его стороне $\Delta w = (E't)_{\text{сут.}}$.

Как видно из табл. 2, основная часть воздушных масс с Байкала рассеивается на юго-восток и северо-восток, причем в ноябре—декабре, когда испарение с озера наибольшее, вынос на юго-восток составляет около 80%. Поскольку вклад испарения с озера в изменение влагосодержания летом чрезвычайно мал либо вообще отсутствует, то в дальнейшем расчет влияния испарения на осадки в конкретных пунктах будем вести только для четырех месяцев, с сентября по декабрь. Осенью и в начале зимы при малом влагосодержании воздуха даже небольшой вклад испарения во влагосодержание воздуха должен стимулировать некоторое увеличение осадков в прибрежных районах.

Вероятность попадания водяного пара с озера в данную точку определялась по повторяемости направлений выносов в секторе угла, под которым виден контур озера из данной точки. Расчет изменения осадков осуществлялся по данным изменения относительной влажности атмосферы с учетом стимулирующего эффекта [1]. Поскольку рассматриваемые аэрологические пункты находятся в непосредственной близости от озера и испарение со снежной поверхности мало, то изменение относительной влажности рассчитывалось для пункта, куда осуществлялся вынос. Это позволяло приближенно учесть трансформацию воздушной массы по пути следования через сушу.

В Забайкалье, как показали исследования, изменение относительной влажности будет происходить только в результате увеличения влагосодержания вследствие испарения с поверхности озера. Так как время пребывания воздушных масс над поверхностью озера мало, то увеличение относительной влажности при понижении температуры тропосферы в результате затраты тепла на испарение составляет менее 1% в месяц. Поэтому в расчетах влиянием этого фактора можно пренебречь.

Таблица 2

Влияние испарения с оз. Байкал на изменение влагосодержания атмосферы
и вероятность выноса воздушных масс ($P\%$) за пределы озера на высоте
изобарической поверхности 850 мб

Месяц	Год	E' мм	NE			SE			SW			NW		
			t	Δw мм	$P\%$	t	Δw мм	$P\%$	t	Δw мм	$P\%$	t	Δw мм	$P\%$
V	1963	-0,20	0,17	+0,04	21	0,13	0,03	79						
	1965		0,13	0,03	20	0,13	0,03	73	0,13	0,03	7			
VI	1963	0,06	0,21	-0,01	22	0,17	-0,01	67	0,21	-0,01	4	0,25	-0,02	7
	1965		0,21	-0,01	15	0,13	-0,01	82				0,13	-0,01	3
VII	1963	0,05	0,25	-0,01	14	0,13	-0,01	24	0,25	-0,01	17	0,21	-0,02	45
	1965		0,17	-0,01	11	0,13	-0,01	46	0,21	-0,01	25	0,10	0,0	18
VIII	1963	-0,42	0,25	0,10	7	0,13	0,05	69	0,25	0,11	14	0,17	0,07	10
	1965		0,21	0,09	33	0,13	0,05	38	0,13	0,05	6	0,13	0,05	23
IX	1963	-1,32	0,25	0,33	21	0,13	0,17	43	0,17	0,23	21	0,17	0,23	15
	1965		0,13	0,17	32	0,13	0,17	65				0,10	0,13	3
X	1963	-2,42	0,21	0,51	40	0,13	0,32	53	0,13	0,32	3	0,17	0,41	4
	1965		0,17	0,41	43	0,13	0,32	46				0,13	0,32	11
XI	1963	-3,57	0,17	0,61	20	0,13	0,46	71	0,17	0,61	9			
	1965		0,17	0,61	15	0,13	0,46	85						
XII	1963	-2,93	0,17	0,50	7	0,10	0,29	80	0,13	0,38	13			
	1965		0,17	0,50	19	0,10	0,29	81						

Общее увеличение осадков за счет испарения с озера в данном пункте равно сумме увеличения осадков при увеличении относительной влажности атмосферы и влагосодержания. Результаты расчетов сведены в табл. 3.

Таблица 3

Увеличение осадков в окружающих районах под влиянием испарения с оз. Байкал за 1963 и 1965 гг.

Направление	Станция	Расстояние от озера, км	1963 г.			1965 г.		
			X	XI	XII	X	XI	XII
			% мм	% мм	% мм	% мм	% мм	% мм
Восток	Усть-Баргузин . . .	0	5,1 0,5	16,1 3,8	10,0 2,1	3,4 1,0	12,8 6,5	14,9 9,6
	Троицкий прииск	210		5,6 0,3	5,0 0,2		7,5 0,5	7,8 0,1
	Красный Чикой . .	260		7,8 0,1	6,5 0,2		7,5 1,2	5,5 0,6
	Чита	340		6,3 0,2	3,1 0,0			
	Чара	525						1,0 0,0
	Могоча	640		4,6 0,3	3,8 0,3		6,3 0,4	3,2 0,1
	Борзя	640		5,0 0,0	5,1 0,1		4,6 0,5	5,0 0,0
Запад	Иркутск	70		—	—		—	—
	Жигалово	225		—	—		—	—
	Киренск	225		—	—		—	—

Как следует из табл. 3, наибольшее влияние испарения с оз. Байкал проявляется на юго-восточном побережье в ноябре—декабре, когда испарение с озера велико, а влагосодержание воздуха крайне мало. Эта закономерность подтверждается результатами двух лет, различных по режиму увлажнения. В это время года сюда практически выносятся вся влага с озера.

По ст. Усть-Баргузин, расположенной на этом побережье, можно ожидать увеличение осадков в октябре в пределах 3—5%, в ноябре — 13—16%, в декабре — 10—15%. По всем остальным станциям от Байкала уже в октябре влияние озера не прослеживается. Так, по станциям Могоча и Борзя, удаленным от побережья на расстоянии 640 км, в ноябре—декабре можно рассчитывать на увеличение осадков в пределах 3—6%. По ст. Чара, находящейся к северо-востоку от озера на расстоянии 525 км, влияние озера на осадки составляет всего лишь 1% в декабре.

На станциях, расположенных к западу и северо-западу от Байкала — Иркутск, Жигалово, Киренск, несмотря на относительную их близость к побережью, влияние испарения с озера на осадки не прослеживается в течение всего года. Этот результат объясняется тем, что вероятность попадания пара с озера к западу мала и приходится

на летние месяцы, когда испарение с Байкала приближается к нулю.

Так как осадки в Забайкалье в ноябре—декабре малы, то влияние испарения с озера на их увеличение составляет, кроме юго-восточного побережья, десятые доли миллиметра. Это практически означает, что испарение с оз. Байкал незначительно увеличивает поздней осенью осадки только в узкой юго-восточной прибрежной зоне и не выходит за пределы водоразделов.

На рис. 2 представлен годовой ход осадков по ст. Усть-Баргузин с учетом влияния испарения с озера. Для сравнения дан годовой ход осадков по Иркутску, где влияние испарения с оз. Байкал не прослеживается.

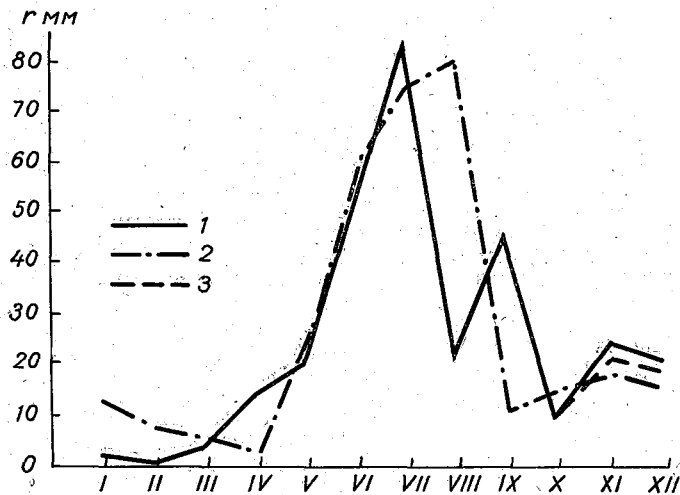


Рис. 2. Годовой ход осадков (1963 г.)
1 — Усть-Баргузин, 2 — Иркутск, 3 — Усть-Баргузин (при исключении влияния испарения с оз. Байкал).

Как следует из этих графиков, некоторое увеличение осадков осенью за счет испарения с поверхности озера не вызывает каких-либо особенностей в годовом ходе осадков.

На южном побережье Байкала, в районе хребта Хамар-Дабан, выпадает наибольшее количество осадков для всего исследуемого района, но ввиду отсутствия аэрологических данных по этой области, влияние испарения с озера на осадки на южном побережье Байкала нами не рассматривается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дроздов О. А., Григорьева А. С. Влагооборот в атмосфере. Гидрометеоздат, Л., 1963.
2. Шимараев М. Н. Пространственное распределение испарения и турбулентного теплообмена с открытой поверхностью оз. Байкал. Труды ВНМС, т. 7, 1963.

СОДЕРЖАНИЕ

✓ И. А. Гольцберг. Карты средних дат заморозков и длительности безморозного периода для СССР	3
О. Д. Кодрау. Атмосферные осадки и циркуляция над Южной Азией	10
О. Д. Кодрау. Характеристика ураганов на Кубе	22
А. Ю. Егорова. Некоторые закономерности распределения характеристик осадков в районе Филиппинского архипелага	28
А. Н. Лебедев. Достоверность средних месячных сумм осадков в экваториальных и приэкваториальных широтах по 10-, 20-, 30-, 40-и и 50-летним рядам наблюдений	44
А. Н. Лебедев. Обеспеченность суточных величин суммарной солнечной радиации на островах Индонезии и Океании	59
А. Г. Мерсиянова. О суточной изменчивости общей облачности над Северной Африкой	64
О. Г. Сорочан. О методике расчета интенсивности осадков	71
И. А. Афрамеева. Методика косвенного расчета продолжительности осадков	76
А. Н. Лебедев, В. П. Ходакова. Выбор оптимального числа пунктов для оценки климатического воздействия на материалы	82
Т. В. Варбанец. Число дней с осадками различной обеспеченности на территории Северного Казахстана	91
✓ Э. И. Гирская, Л. Б. Клебанер. Аномалии и изменчивость средней месячной температуры воздуха	97
Т. С. Трифонова. Структура термического режима при снегопадах на севере ЕТС	103
✓ В. П. Ходакова. К вопросу методики комплексной обработки температуры и влажности воздуха	108
✓ В. П. Ходакова. Об учете климатических факторов при эксплуатации полимерных материалов на открытом воздухе	110
В. И. Корниенко. Влияние испарения с озера Байкал на осадки окружающих районов	122

ТРУДЫ ГГО, ВЫПУСК 247

Климаты земного шара

Редактор В. И. Кузьменко
Технический редактор И. К. Пелипенко
Корректор В. С. Игнатова

Сдано в набор 12/XII 1968 г. Подписано к печати 12/III 1969 г. Бумага 70 × 108¹/₁₆. Бум. л. 4,25 + вкл. Печ. л. 12,6. Уч.-изд. л. 11,97. Тираж 600 экз. М-15263. Индекс МЛ-228.

Гидрометеорологическое издательство. Ленинград. В-53, 2-я линия, д. № 23.
Заказ № 1113. Цена 84 коп.

Типография им. Котлякова издательства «Финансы» Комитета по печати при Совете Министров СССР. Ленинград, Садовая, 21.