

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ  
СЛУЖБЫ ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

ТРУДЫ ГЛАВНОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ  
им. А. И. ВОЕЙКОВА  
ВЫПУСК 178

06

Т 78

# ВОПРОСЫ ПРИКЛАДНОЙ КЛИМАТОЛОГИИ

Под редакцией  
докт. геогр. наук  
М. В. ЗАВАРИНОЙ

БИБЛИОТЕКА  
Ленинградского  
Гидрометеорологического  
Института



ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

ЛЕНИНГРАД • 1965

195020

### АННОТАЦИЯ

В сборнике освещаются вопросы строительной, транспортной, морской и авиационной климатологии. Дано климатическое районирование территории СССР для строительной промышленности, рассматривается теория нестационарного режима теплопотери зданий, даются рекомендации по оценке климата в типовом проектировании жилищ. Проведено опытное районирование территории РСФСР по снегопереносу применительно к запросам наземного транспорта. Приводятся данные о распределении повторяемости зон возможного обледенения самолетов над северной частью Атлантического и Тихого океанов, а также некоторые характеристики облачности, туманов и векторных изменений ветра с высотой.

Сборник предназначен для климатологов, строителей, проектировщиков, а также для работников наземного и воздушного транспорта.

## КЛИМАТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ СССР ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА СООРУЖЕНИЙ

Работа посвящена вопросу климатического районирования для строительства и выбора более точных критериев, оценивающих влияние внешней среды на конструктивные и эксплуатационные особенности сооружений. Используются комплексные характеристики климата, позволившие выделить районы, где следует предусматривать специальные устройства, снижающие вредное влияние сильных ветров при низких температурах.

Районирование дало возможность также обосновать необходимость создания специальных типов зданий, расположенных в районах с холодной и ветреной зимой, но длительным и жарким летом.

Требования строительной практики к климатическим данным настолько многообразны, что их трудно объединить в краткий перечень. Можно лишь заметить, что практически нет таких видов строительства, которые не нуждались бы в тех или иных данных по климату. По мере совершенствования методов проектирования сооружений потребность в климатических данных будет возрастать и будут усложняться задачи, стоящие перед строительной климатологией.

Для решения целого ряда вопросов проектирования, в частности типового проектирования и централизованного домостроения, необходимо создать более обобщающие характеристики климата. Следует также иметь в виду, что никакое количество пунктов, помещенных в таблицу, не удовлетворит огромных потребностей строительства в СССР. Всегда возникает необходимость в определении расчетных климатических параметров в новых районах.

В строительной практике широко используются различные климатические районирования, призванные в той или иной мере удовлетворить потребность проектировщиков в обобщенных данных по климату в различных районах СССР.

В «Строительных нормах и правилах» (СНП) приводится несколько климатических районирований, произведенных с учетом распределения одного, реже двух метеорологических элементов. Эти районирования, как правило, страдают значительными недостатками, приводящими к большим ошибкам в проектировании. В данной работе невозможно останавливаться подробно на всех этих районированиях. Поэтому укажем лишь на одну карту климатических районов СССР, используемую при проектировании жилых и общественных зданий [1] (рис. 1). Положенные в основу районирования характеристики слишком общи и не дают возможности правильно учесть климатические особенности мест строительства. Авторы карты при выделении районов использовали

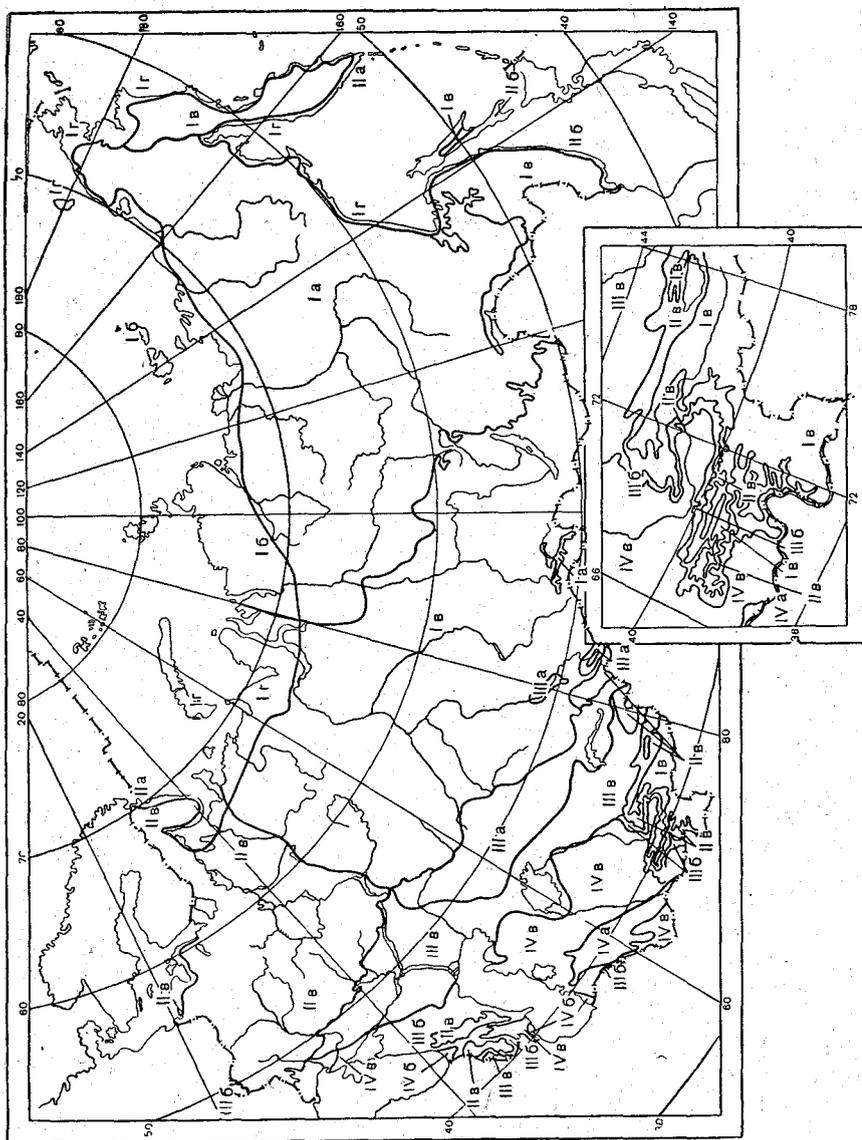


Рис. 1. Схематическая карта климатического районирования территории СССР для строительства жилых зданий [1].

следующие климатические характеристики: среднюю месячную температуру января и июля, среднюю месячную относительную влажность воздуха в июле, среднюю скорость ветра за три наиболее холодных месяца.

В районах с суровой зимой за основную характеристику принята температура января, в районах с жарким летом — температура июля. Таким образом, выделение районов произведено на основании различных критериев: в одних случаях — по зимним условиям, в других — по летним.

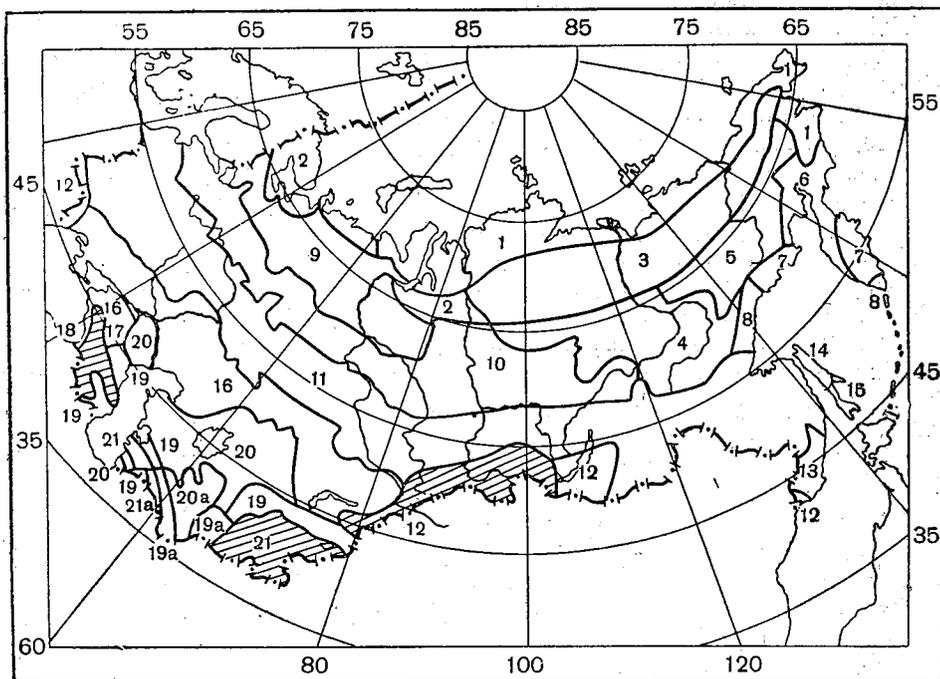


Рис. 2. Карта районирования для типового проектирования жилищ (по Г. Н. Устинову).

Так, климатический район I охватывает территории, где температура января колеблется от  $-14$  до  $-40^{\circ}$ , климатический район II характеризуется температурой января, изменяющейся от  $-7$  до  $-14^{\circ}$ , а в климатическом районе III основной характеристикой является уже температура июля, январские же температуры учитываются лишь для некоторых подрайонов. Так, подрайон IIIa отличается более холодной зимой, с севера он ограничен изотермой января  $-14^{\circ}$ , а с юга — изотермой июля  $21^{\circ}$ . Обособление этой территории по температурам ничем не обосновано.

Несколько по-другому климатическое районирование для жилищ разрешено Г. Н. Устиновым [27]. Рассмотрев ряд вопросов, учет которых необходим при проектировании жилых домов и при привязке проекта к месту. Устинов выделил 22 района (рис. 2). При разделении территории СССР на климатические районы он учел влияние летних температур на перегрев помещений, влияние зимних ветров на теплоотдачу зданий и ряд других факторов. Районирование Устинова, с нашей точки зрения, более объективно учитывает влияние климата

на тип жилищ. Однако полученная Устиновым карта районов сильно схематизирована и, что самое главное, определение границ районов, так же как и в СНП, различно в разных частях СССР.

Описанные выше принципы климатического районирования для жилищного строительства страдают одним и тем же недостатком: положенные в основу районирования характеристики служат лишь для качественных оценок влияния климата на планировочные решения жилищ и не определяют конструктивных особенностей здания. Ни средняя месячная температура января, ни температура июля не используются при определении толщины стен, мощности отопительных систем, вентиляционных устройств и т. д.

Районы с возможным перегревом помещений летом определяются по данным о средней месячной температуре воздуха в июле, равной  $21^{\circ}$ . Выбор этой температуры объясняется тем, что южнее изотермы  $21^{\circ}$ , по исследованиям гигиенистов, необходимо принимать меры по борьбе с перегревом в помещениях.

Однако средняя месячная температура не определяет продолжительности периода с температурами выше  $20^{\circ}$ . Как известно, этот период изменяется на территории СССР от нескольких дней до нескольких месяцев. В зависимости от длительности этого периода и меры борьбы с перегревом должны быть разными.

Нам представляется правильным в основу климатического районирования для строительства положить такие характеристики климата, учет которых обязателен и равновозможен на всей территории СССР. Такими величинами являются данные, используемые: 1) при определении теплопотерь зданий и при проектировании отопительных систем (на всей территории СССР независимо от температурных условий лета зимой необходима защита помещений от холода); 2) при оценке режима увлажнения для выбора материалов ограждающих конструкций; 3) при определении длительности периода с отрицательными температурами, характеризующими условия производства строительных работ и эксплуатации сооружений; 4) при учете длительности периода со средней суточной температурой выше  $20^{\circ}$ , на протяжении которого возможен перегрев помещений. Как известно, для устранения перегрева в помещениях необходимы специальные устройства и конструктивные решения. Учет длительности периода возможного перегрева поможет правильно выбрать защитные устройства и изменить планировочные решения.

Районирование территории проводилось по крупным физико-географическим районам, что обусловлено значительными различиями климата, которые необходимо учитывать при строительстве жилых и общественных зданий, конструкций и т. д. Местными климатическими особенностями определяются также характерные для данного района условия эксплуатации. Районы, выделенные по основным характеристикам, повторяются в различных частях Советского Союза, но в каждом из них, помимо общих черт, имеются свои особенности, присущие только данному географическому району.

Подробнее вопрос о климатических районах будет изложен ниже. Рассмотрим характеристики климата, положенные в основу районирования.

## **I. Определение теплопотерь зданий и эффективные температуры**

В качестве одной из основных характеристик климата, определяющих конструктивные и типологические особенности здания, использо-

вана комплексная характеристика совместного действия низких температур воздуха и различных скоростей ветра.

В настоящее время максимальную теплоотдачу зданий принято рассчитывать по формуле

$$Q = \sum \frac{S_k}{R_k} (t_k - t_n),$$

где  $S_k$  — площадь отдельного участка ограждения,  $R_k$  — термическое сопротивление,  $t_k$  — требуемая температура внутри помещения (обычно принимаемая равной  $18^\circ$ ),  $t_n$  — расчетная температура наружного воздуха.

В качестве расчетной температуры наружного воздуха принимается средняя многолетняя температура самой холодной пятидневки (для массивных стен) и самой холодной однодневки (для более тонких стен). Влияние ветра на теплоотдачу зданий учитывается введением поправок.

Однако опыт эксплуатации в различных районах Советского Союза показывает, что влияние ветра на теплоотдачу зданий во много раз превышает увеличение потери тепла за счет надбавок. Приведем несколько примеров.

В существующих нормах расчетный коэффициент теплоотдачи к наружному воздуху принимается равным  $20 \text{ ккал/м}^2 \text{ час град.}$ , а влияние ветра учитывается надбавками. По данным П. Брдлик и М. Мостинского [3] в Москве при скорости ветра  $5 \text{ м/сек.}$  коэффициент теплопередачи увеличивается до  $23 \text{ ккал/м}^2 \text{ час град.}$  А на Крайнем Севере при наличии очень сильных ветров он возрастает до  $40 \text{ ккал/м}^2 \text{ час град.}$  Подобные же расчеты были проведены О. П. Гуторовой и А. А. Цвид [4] для Дальнего Востока. Оказалось, что наибольшие теплопотери в зданиях Приморья определяются влиянием ветра. В комнатах северной ориентации, подверженных действию зимних муссонных ветров, температура понижалась до  $12\text{--}14^\circ$ . Недоучет влияния скоростей ветра на теплопотери приводит к тому, что стены промерзают. Например, при испытании керамзитобетонной панели на высоте первого этажа оказалось, что нулевая изотерма приблизилась на  $4\text{--}6 \text{ см}$  к внутренней поверхности стены. Такое положение нулевой изотермы без учета ветрового напора соответствует наружной температуре воздуха  $-42^\circ$ .

Все приведенные выше соображения о влиянии скорости ветра на теплоотдачу зданий дают возможность утверждать, что учет влияния ветра на теплоотдачу зданий должен быть уточнен. Л. С. Гандиным [5] был рассмотрен вопрос о расчетных метеорологических параметрах теплоотдачи зданий. В основу выбора расчетных метеорологических параметров положены следующие соображения: а) теплоотдача здания зависит не только от температуры наружного воздуха, но и от скорости ветра, увеличиваясь с ее ростом; б) учет влияния скорости ветра на теплоотдачу зданий путем поправок не дает необходимой точности расчета; в) на территории Советского Союза имеет место сочетание не очень больших скоростей ветра и не очень низких температур, обуславливающих увеличение теплопотерь зданий, рассчитанных по данным лишь низких температур воздуха; г) учитывая, что тепловой напор мал по сравнению со скоростным напором, изменения теплопотерь рассматривались лишь под влиянием вынужденной фильтрации воздуха.

Воздухообмен в зданиях осуществляется через окна, двери, стыки панелей стен, поры материала, щели в ограждении и т. д. Исследования показали, что влияние скоростей ветра на теплоотдачу зданий меняется в зависимости от величины скорости. Обусловленная малыми скоростями ветра дополнительная (инфильтрационная) теплоотдача

растет пропорционально квадрату скорости. При больших скоростях ветра теплоотдача растет пропорционально первой степени скорости. В промежуточной области скоростей теплоотдача меняется быстрее, чем по линейному закону, но медленнее, чем по квадратическому.

В качестве объединяющего параметра метеорологических факторов, влияющих на теплоотдачу зданий, Гандиным предложена эффективная температура, представляющая собой такую температуру, при которой здание имело бы ту же теплоотдачу в условиях штиля, какую оно имеет при данной температуре и данной скорости ветра. Формула, связывающая эффективную температуру  $T'$  с реальной температурой  $T_a$  и скоростью ветра  $v$ , имеет вид

$$T' = T_a - (\bar{\beta} \operatorname{cth} \bar{\beta} - 1)(T_b - T_a),$$

где  $\bar{\beta} = \sqrt{3Cv}$ ,  $T_b$  — температура воздуха внутри помещения, обычно принимаемая равной  $18^\circ$ , а  $C$  зависит от инфильтрационной способности ограждения.

Инфильтрационная способность ограждения может быть охарактеризована несколькими градациями значений  $C$  при едином значении внутренней температуры. Значения  $C$ , вычисленные для зданий со сравнительно легкими ограждениями, составляют  $0,008 \text{ сек}^2/\text{м}^2$  ( $\bar{\beta} = 0,155v$ ),  $0,011 \text{ сек}^2/\text{м}^2$  ( $\bar{\beta} = 0,182v$ ) и  $0,014 \text{ сек}^2/\text{м}^2$  ( $\bar{\beta} = 0,205v$ ). Для более массивных зданий целесообразно принять несколько меньшие значения  $C$ , соответствующие меньшей инфильтрации. В настоящей работе при вычислении эффективной температуры использовано значение  $C = 0,005 \text{ сек}^2/\text{м}^2$  ( $\bar{\beta} = 0,122v$ ).

В табл. 1 приведены эффективные температуры, вычисленные для различных сочетаний температуры воздуха  $0^\circ$  и ниже с различными скоростями ветра при  $C = 0,005 \text{ сек}^2/\text{м}^2$  и внутренней температуре воздуха  $18^\circ$ . Эта таблица была использована для расчетов эффективных температур на территории Советского Союза и характеристики возможных изменений в теплоотдаче зданий при совместном действии отрицательных температур и скорости ветра.

#### Распределение эффективных температур по территории СССР.

Оценка различных сочетаний отрицательных температур и скоростей ветра произведена в настоящей работе на основании 25-летнего периода наблюдений (1936—1960 гг.) по четырехсрочным наблюдениям для периода с температурой воздуха  $0^\circ$  и ниже.

Температура воздуха выписывалась по градациям через  $2^\circ$ , а скорость ветра — через 2—4 м/сек. (в соответствии с точностью определения скорости ветра по флюгеру). В табл. 2 приведены выборки для расчетов эффективной температуры по ст. Барнаул. Вероятность каждого сочетания температуры и ветра определялась в процентах от всего числа наблюдений в год. Поэтому при оценке вероятности того или иного сочетания следует иметь в виду, что за 100% принято 1460 случаев и один случай имеет вероятность 0,07%, а 1% означает, что такое сочетание возможно 15 раз в году (в сроки наблюдений).

По табл. 2, введя для каждого сочетания температуры и скорости ветра соответствующее им значение эффективной температуры, можно получить вероятность различной эффективной температуры. Так, одинаковые эффективные температуры  $-25^\circ$  будут наблюдаться при следующих значениях температуры воздуха и скорости ветра:

Температура воздуха,				
град. . . . .	—25	—21	—11	—5
Скорость ветра, м/сек. .	0—1	4—5	10—11	14—15

Таблица эффективных температур

Скорость ветра, м/сек.	Температура, град.																				
	-1	-3	-5	-7	-9	-11	-13	-15	-17	-19	-21	-23	-25	-27	-29	-31	-33	-35	-37	-39	-41
0-1	-1	-3	-5	-7	-9	-11	-13	-15	-17	-19	-21	-23	-25	-27	-29	-31	-33	-35	-37	-39	-41
2-3	-2	-4	-6	-8	-10	-12	-14	-16	-18	-20	-22	-24	-26	-28	-30	-32	-35	-37	-39	-41	-43
4-5	-3	-5	-7	-9	-12	-14	-16	-18	-20	-23	-25	-27	-29	-31	-34	-36	-38	-40	-42	-45	-47
6-7	-5	-7	-10	-12	-14	-17	-19	-22	-24	-26	-29	-31	-34	-37	-39	-41	-43	-46	-48	-50	-53
8-9	-7	-10	-13	-15	-18	-21	-23	-26	-29	-31	-34	-37	-39	-42	-45	-47	-50	-53	-55	-58	-61
10-11	-10	-13	-16	-19	-22	-25	-28	-31	-34	-37	-40	-43	-46	-49	-52	-55	-58	-61	-64	-67	-70
12-13	-14	-17	-21	-24	-27	-31	-34	-37	-41	-44	-47	-51	-54	-57	-61	-64	-67	-71	-74	-77	-81
14-15	-18	-21	-25	-29	-33	-36	-40	-44	-48	-51	-55	-59	-63	-66	-70	-74	-78	-81	-85	-89	-93
16-17	-22	-26	-30	-34	-38	-42	-46	-51	-55	-59	-63	-67	-71	-75	-80	-84	-88	-92	-96	-100	-105
18-20	-26	-30	-35	-39	-44	-49	-53	-58	-63	-67	-72	-76	-81	-86	-90	-95	-99	-104	-109	-113	-118
21-24	-35	-40	-46	-51	-57	-62	-68	-73	-79	-84	-90	-95	-101	-107	-112	-118	-123	-129	-134	-140	-145
25-28	-44	-50	-57	-63	-70	-77	-83	-90	-97	-103	-109	-116	-122	-129	-136	-142	-148	-155	-161	-168	-174
29-34	-56	-64	-72	-79	-87	-95	-103	-110	-118	-126	-134	-141	-149	-157	-165	-173	-180	-188	-196	-204	-212
35-40	-69	-78	-87	-97	-106	-115	-124	-133	-143	-152	-161	-170	-179	-189	-198	-207	-216	-225	-234	-244	-253

Повторяемость эффективных температур, ст. Барнаул

Скорость ветра, м/сек.

Температура воздуха, град.		Скорость ветра, м/сек.												
от	до	0—1		2—3		4—5		6—7		8—9		10—11		
		число случаев	t <sub>э</sub>	число случаев	t <sub>э</sub>	число случаев	t <sub>э</sub>	число случаев	t <sub>э</sub>	число случаев	t <sub>э</sub>	число случаев	t <sub>э</sub>	%
0,0	-2,0	472	1,351	387	-2	302	-3	151	-5	95	-7	43	-10	0,123
-2,1	-4,0	395	1,130	329	-4	267	-5	148	-7	72	-10	51	-13	0,147
-4,1	-6,0	376	1,076	329	-6	240	-7	153	-10	86	-13	47	-16	0,135
-6,1	-8,0	358	1,025	311	-8	221	-9	137	-12	65	-15	41	-19	0,117
-8,1	-10,0	369	1,056	318	-10	241	-12	116	-14	64	-18	29	-22	0,083
-10,1	-12,0	352	1,007	330	-12	233	-14	115	-17	41	-21	28	-25	0,079
-12,1	-14,0	418	1,196	319	-14	189	-16	102	-19	39	-23	21	-28	0,060
-14,1	-16,0	419	1,199	311	-16	140	-18	75	-22	32	-26	21	-31	0,060
-16,1	-18,0	387	1,108	235	-18	126	-20	54	-24	22	-29	6	-34	0,017
-18,1	-20,0	428	1,222	254	-20	113	-23	34	-26	19	-31	8	-37	0,023
-20,1	-22,0	373	1,068	196	-22	91	-25	32	-29	12	-34	5	-40	0,014
-22,1	-24,0	392	1,121	181	-24	75	-27	20	-31	9	-37	3	-43	0,008
-24,1	-26,0	351	1,007	130	-26	44	-29	9	-34	5	-39	1	-46	0,003
-26,1	-28,0	306	0,876	121	-28	36	-31	8	-37	3	-42	1	-49	0,003
-28,1	-30,0	273	0,781	77	-30	26	-34	4	-39	1	-45	1	-52	0,003
-30,1	-32,0	170	0,487	66	-32	13	-36	4	-41	1	-46	1	-49	0,003
-32,1	-34,0	145	0,415	52	-35	11	-38	4	-43	1	-46	1	-49	0,003
-34,1	-36,0	124	0,356	36	-37	6	-40	2	-46	1	-46	1	-49	0,003
-36,1	-38,0	82	0,235	12	-39	2	-42	2	-48	1	-46	1	-49	0,003
-38,1	-40,0	49	0,140	6	-41	1	-42	2	-48	1	-46	1	-49	0,003
-40,1	-42,0	27	0,077	7	-43	1	-43	2	-46	1	-46	1	-49	0,003
-42,1	-44,0	11	0,032	2	-45	1	-45	2	-48	1	-46	1	-49	0,003
-44,1	-46,0	8	0,023	2	-45	1	-45	2	-48	1	-46	1	-49	0,003
-46,1	-48,0	3	0,008	1	-49	1	-49	2	-48	1	-46	1	-49	0,003
-48,1	-50,0	2	0,006	1	-49	1	-49	2	-48	1	-46	1	-49	0,003

Скорость ветра, м/сек.

Температура воздуха, град.		12—13						14—15			16—17			18—20			21—24			25—28			29—34			
		от	до	число случаев	t <sub>э</sub>	%	число случаев	t <sub>э</sub>	%	число случаев	t <sub>э</sub>	%	число случаев	t <sub>э</sub>	%	число случаев	t <sub>э</sub>	%	число случаев	t <sub>э</sub>	%	число случаев	t <sub>э</sub>	%		
0,0	-2,0	61	-14	0,175	0,086	30	-18	0,086	38	-22	0,110	28	-26	0,080	3	-350,008	0,080	3	3	-350,008	0,080	3	3	-350,008	0,080	3
-2,1	-4,0	62	-17	0,178	0,083	29	-21	0,083	37	-26	0,106	33	-30	0,095	3	-400,008	0,095	3	7	-400,008	0,095	3	7	-400,008	0,095	3
-4,1	-6,0	56	-21	0,160	0,072	25	-25	0,072	37	-30	0,106	20	-35	0,057	4	-460,021	0,057	4	7	-460,021	0,057	4	7	-460,021	0,057	4
-6,1	-8,0	48	-24	0,137	0,074	26	-29	0,074	48	-34	0,137	41	-39	0,117	9	-510,026	0,117	9	9	-510,026	0,117	9	9	-510,026	0,117	9
-8,1	-10,0	60	-27	0,172	0,066	23	-33	0,066	37	-38	0,106	28	-44	0,080	6	-570,017	0,080	6	6	-570,017	0,080	6	6	-570,017	0,080	6
-10,1	-12,0	36	-31	0,103	0,051	18	-36	0,051	32	-42	0,092	18	-49	0,051	3	-620,008	0,051	3	3	-620,008	0,051	3	3	-620,008	0,051	3
-12,1	-14,0	35	-34	0,100	0,035	12	-40	0,035	14	-46	0,042	8	-53	0,023	3	-680,008	0,023	3	3	-680,008	0,023	3	3	-680,008	0,023	3
-14,1	-16,0	22	-37	0,063	0,026	9	-44	0,026	13	-51	0,037	5	-58	0,014	2	-730,006	0,014	2	2	-730,006	0,014	2	2	-730,006	0,014	2
-16,1	-18,0	13	-41	0,037	0,011	4	-48	0,011	8	-55	0,014	4	-59	0,003	1	-790,003	0,003	1	1	-790,003	0,003	1	1	-790,003	0,003	1
-18,1	-20,0	2	-44	0,006	0,003	4	-51	0,003	5	-59	0,014	1	-67	0,003	2	-900,006	0,003	2	2	-900,006	0,003	2	2	-900,006	0,003	2
-20,1	-22,0	6	-47	0,017	0,006	4	-55	0,006	4	-63	0,011	2	-76	0,006												
-22,1	-24,0	5	-51	0,014	0,003	1			4	-71	0,003															
-24,1	-26,0	2	-54	0,006					1																	
-26,1	-28,0																									
-28,1	-30,0	1	-61	0,003																						
-30,1	-32,0																									
-32,1	-34,0																									
-34,1	-36,0																									
-36,1	-38,0																									
-38,1	-40,0																									
-40,1	-42,0																									
-42,1	-44,0																									
-44,1	-46,0																									
-46,1	-48,0																									
-48,1	-50,0																									

Если затем просуммировать все повторяемости одинаковых эффективных температур, то можно получить интегральную повторяемость эффективных температур для данного пункта. Пример такой интегральной повторяемости приведен в табл. 3.

Таблица 3

Интегральная повторяемость эффективных температур, ст. Барнаул

Температура, град.	Повторяемость эффективных температур, ‰	Интегральная повторяемость эффективных температур, ‰	Температура, град.	Повторяемость эффективных температур, ‰	Интегральная повторяемость эффективных температур, ‰
—1	1,351	45,278	—41	0,142	0,926
—2	1,108	43,927	—42	0,106	0,784
—3	1,994	42,819	—43	0,072	0,678
—4	0,941	40,825	—44	0,112	0,606
—5	2,272	39,884	—45	0,032	0,494
—6	0,936	37,612	—46	0,072	0,462
—7	2,409	36,676	—47	0,025	0,390
—8	0,890	34,267	—48	0,017	0,365
—9	1,688	33,377	—49	0,063	0,348
—10	1,677	30,689	—50	0,006	0,285
—11	1,007	30,012	—51	0,088	0,279
—12	2,026	29,005	—52	0,003	0,191
—13	1,589	26,979	—53	0,023	0,188
—14	2,087	25,390	—54	0,006	0,165
—15	1,385	23,303	—55	0,026	0,159
—16	1,566	21,918	—56	0	0,133
—17	1,615	20,352	—57	0,017	0,133
—18	1,342	18,737	—58	0,014	0,116
—19	1,631	17,395	—59	0,014	0,102
—20	1,088	15,764	—60	0	0,088
—21	1,428	14,676	—61	0,003	0,088
—22	0,969	13,248	—62	0,008	0,085
—23	1,556	12,279	—63	0,030	0,077
—24	0,809	10,723	—64	0,003	0,047
—25	1,418	9,914	—65, —66	0	0,044
—26	0,747	8,496	—67	0,003	0,044
—27	1,263	7,749	—68	0,008	0,041
—28	0,406	6,486	—69, —70	0	0,033
—29	1,136	6,080	—71	0,003	0,033
—30	0,421	4,944	—72	0,003	0,030
—31	0,864	4,523	—73	0,006	0,027
—32	0,189	3,659	—74	0	0,021
—33	0,481	3,470	—75	0	0,021
—34	0,389	2,989	—76	0,006	0,021
—35	0,570	2,600	—77, —78	0	0,015
—36	0,088	2,030	—79	0,003	0,015
—37	0,475	1,942	—80		0,012
—38	0,138	1,467	—81, —89		0,012
—39	0,329	1,329	—90	0,012	0,012
—40	0,074	1,000			

Описанным выше методом эффективные температуры вычислены для ряда метеорологических станций Советского Союза, расположенных в различных климатических условиях. Основная трудность в вычислении комплекса температуры воздуха и скорости ветра заключается в том, что имеющийся ряд доброкачественных наблюдений недостаточен. Использование же периода наблюдений до 1936 г. или даже полного 25-летнего периода (1936—1960 гг.) на всей территории Советского

Союза затруднено ввиду частых переносов станций, значительно нарушающих однородность рядов наблюдений.

Анализ полученных результатов показывает хорошую согласованность в величинах эффективных температур на сравнимых станциях.

Для климатического районирования в качестве основного показателя совместного действия температуры воздуха и скорости ветра использована величина эффективной температуры, имеющей вероятность 0,1%, т. е. возможной несколько чаще, чем ежегодно.

Рассмотрим, как распределяются величины эффективных температур с вероятностью 0,1% по территории Советского Союза (рис. 3). Первое, на что следует обратить внимание, это широкий диапазон изменения значений эффективной температуры на территории Советского Союза: от  $-14^{\circ}$  (Тбилиси, Ашхабад) до  $-157^{\circ}$  (в Тикси).

Распределение эффективных температур отражает изменение по территории СССР двух важнейших метеорологических элементов: понижение температуры зимой с юга на север и с запада на восток и многократное изменение скоростей ветра, обусловленное как циркуляционными особенностями, так и влиянием открытости местоположения и форм рельефа.

Одинаковые или близкие значения  $t_e$  будут как в районах с очень низкими температурами воздуха зимой, но слабыми ветрами (Верхоянск  $-60^{\circ}$ , Оймякон  $-61^{\circ}$ , Якутск  $-58^{\circ}$ ), так и в районах с более высокими температурами воздуха, но с сильными зимними ветрами (Омск  $-63^{\circ}$ , Целиноград  $-78^{\circ}$ , Оренбург  $-67^{\circ}$ , Безенчук  $-51^{\circ}$ ).

На Европейской территории СССР  $t_e$  меняется от  $-14^{\circ}$  (Тбилиси) до  $-80^{\circ}$  на северном побережье (Канин Нос). В Западной Сибири и на территории Северного Казахстана  $t_e$  достигает значений от  $-55$  до  $-95^{\circ}$  и даже  $-152^{\circ}$  на ст. Диксон. В пустынях и предгорьях Средней Азии  $t_e$  изменяется не в очень широких пределах: от  $-30$ ,  $-35^{\circ}$  (пустыни и полупустыни) до  $-28$ ,  $-14^{\circ}$  в предгорьях. В соответствии с низкими зимними температурами воздуха и небольшими скоростями ветра на Памире  $t_e$  опускается до  $-25$ ,  $-40^{\circ}$ . Очень низких значений  $t_e$  достигает на побережьях Дальнего Востока, где имеет место очень неблагоприятное сочетание низких температур воздуха с сильными северными ветрами зимой. По величине  $t_e$  дальневосточное побережье сравнимо с северным побережьем Сибири (Владивосток  $-83^{\circ}$ , Тетюхе  $-104^{\circ}$ , Оха  $-101^{\circ}$ , Новый Порт  $-84^{\circ}$ , Хальмер-Седе  $-95^{\circ}$ , Амбарчик  $-135^{\circ}$ ).

Анализ распределения  $t_e$  по территории СССР позволил сделать следующие выводы:

1) район с очень низкими  $t_e$  ( $-60^{\circ}$  и ниже) охватывает огромную территорию от северных берегов Европейской территории СССР до низовьев Волги, весь Урал, всю Западную Сибирь, северную часть Казахстана, значительную часть Восточной Сибири и Дальнего Востока (см. рис. 3);

2) несмотря на одинаковое или близкое значение эффективных температур в различных районах (например, в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке), следует иметь в виду, что обусловлены они разными причинами.

Низкие значения  $t_e$  на Дальнем Востоке вызваны влиянием северных ветров и, следовательно, при соответствующих мерах защиты от инфильтрации теплоотдача зданий на Дальнем Востоке (ДВ) может быть резко уменьшена. В Восточной Сибири  $t_e$  обусловлены низкими температурами воздуха, и инфильтрационная теплоотдача зданий будет невелика. Следовательно, меры защиты будут другими, чем на ДВ. В подтверждение сказанному приводим кривые распределения для некоторых пунктов Советского Союза (рис. 4).

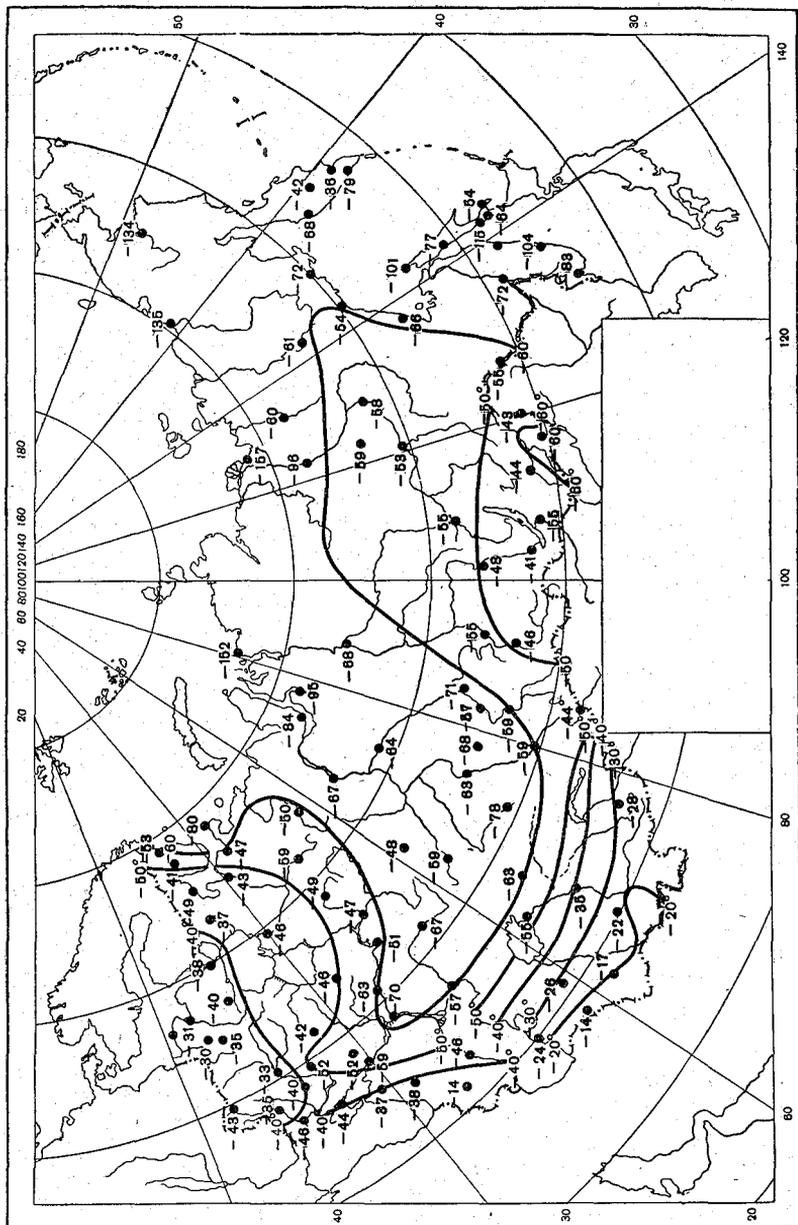


Рис. 3. Эффективные температуры вероятностью 0,1%.

В заключение отметим еще одну интересную особенность в распределении эффективных температур на территории Западной Сибири и Казахстана. В районах, расположенных севернее ветрораздельной линии, проходящей примерно вдоль  $50^{\circ}$  с. ш., зимой наблюдаются сильные юго-западные ветры и низкие температуры. Южнее  $50^{\circ}$  с. ш., примерно до предгорий Копет-Дага, ветры имеют северо-восточное и восточное направления и, несмотря на более высокие зимние температуры, эффективные температуры опускаются до  $-20$ ,  $-21^{\circ}$ .

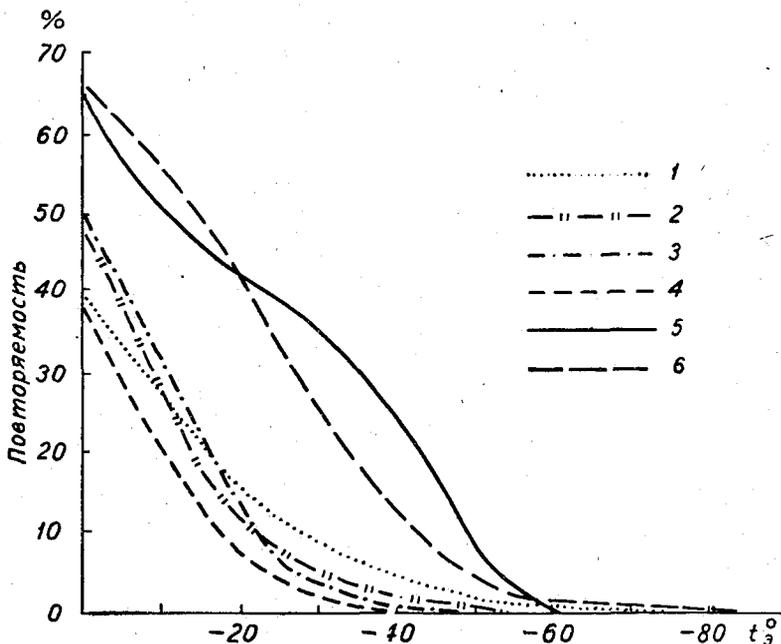


Рис. 4. Повторяемость эффективных температур (%).  
1 — Владивосток, 2 — Мурманск, 3 — Иркутск, 4 — Земетчино, 5 —  
Верхоянск, 6 — Новый Порт.

Следует также отметить, что в Казахстане под влиянием особых циркуляционных условий наблюдается значительный градиент эффективных температур, наибольший на территории Советского Союза.

## II. Режим увлажнения на территории СССР

Долговечность зданий в значительной степени определяется режимом увлажнения. Некоторые строительные материалы, используемые в ограждающих конструкциях, очень быстро разрушаются под влиянием избыточного увлажнения. На степень долговечности ограждений большое влияние оказывает увлажнение материалов и конструкций в сочетании с различными термическими условиями. В ряде случаев неблагоприятное сочетание этих двух факторов приводит к скоплению влаги внутри стен и их разрушению. В условиях влажного климата накопившаяся в стенах влага медленно испаряется. Очень длительное время происходит высыхание стен новых зданий. Все это требует правильного учета влияния степени увлажнения на эксплуатационные качества конструкций.

Наиболее полная оценка степени увлажнения климата проведена А. А. Григорьевым и М. И. Будыко [6] при построении карты климатического районирования СССР. Оценка степени увлажнения в этой работе

сделана по индексу сухости, который представляет собой отношение величины комплексной испаряемости к осадкам. Вся территория Советского Союза разделена по индексу сухости на четыре зоны: избыточно влажную, влажную, недостаточно влажную и сухую. Это разделение территории по условиям увлажнения использовано и в климатическом районировании для строительства. Кроме общей оценки условий увлажнения в некоторых районах, целесообразно учесть сезонное изменение влажности. Так, например, в условиях муссонного климата Дальнего Востока и в северных районах СССР наблюдается значительная влажность в течение всего года.

В этих районах необходимо предусматривать специальные мероприятия для удаления строительной влаги в первый период эксплуатации зданий. Кроме того, строительные материалы, используемые для стен, должны быть достаточно влагостойкими. По-видимому, целесообразно проводить временное протапливание помещений летом, так как при высокой летней влажности просушка помещений невозможна.

### **III. Длительность периода с температурами 0° и ниже**

На территории СССР период с температурами 0° и ниже меняется в широком диапазоне. Оценка длительности этого периода сделана в процентах от общего числа дней в году. В течение 50% времени года и более температура воздуха 0° и ниже наблюдается на территории, лежащей севернее и восточнее линии, проходящей от Кольского полуострова на среднее течение Енисея и на юг до района оз. Зайсан. Наиболее длительный период с отрицательными температурами (до 60—67% года) наблюдается в горных районах Восточной Сибири, Полярного Урала и Средней Азии. Очень коротким периодом с отрицательными средними суточными температурами (10%) отличаются южные районы Средней Азии и долины Куры и Риона на Кавказе.

Период с отрицательными температурами, наблюдающимися 40—60% времени года, охватывает значительную территорию Советского Союза и свидетельствует о том, что производство строительных работ во многих районах требует специального планирования и сжатых сроков. По-видимому, целесообразно в дальнейшем выделить районы с длительным периодом температур ниже —10, —15, —20°, что даст возможность уточнить сроки производства некоторых видов строительных работ, лимитированных температурами воздуха.

### **IV. Длительность периода со средней суточной температурой воздуха 20° и выше**

Как указывалось выше, эта температура служит для характеристики возможного перегрева помещений, что очень важно для выбора типа планировки квартир и общественных зданий и типа застройки кварталов.

В настоящее время для определения районов с возможным перегревом помещений используется изотерма июля 21°. Положение этой изотермы примерно совпадает с линией 60 дней со средней суточной температурой 20° и выше. Однако на территории Средней Азии и на Кавказе имеются обширные районы, где такая суточная температура возможна в продолжение 120 и более дней, т. е. перегрев в помещениях возможен до четырех месяцев в году. Естественно, что различная длительность очень теплого периода требует и различных конструктивных решений. На части территории можно проектировать лишь усиленное проветривание помещений, а в очень жарких районах нужны большие балконы, веранды и т. д. Кроме данных о средних суточных темпера-

## Климатические районы

Основ- ные районы	Эффектив- ная температу- ра	Районы	Условия увлажнения	Период со средней суточной температурой 0° и ниже (в % от вре- мени года)	Число дней со средней суточной температурой выше 20°
I	-60° и ниже	Ia	Избыточно влажный	60—70	Нет
		Iб	Влажный	60—70	15—20
		Iв	Влажный летом	60—70	15—20
		Iв	Недостаточно влажный	60—70	20—50
		Iг	Сухой	60—70	60—90
II	от -59 до -50°	IIa	Влажный	60—70	Нет
		IIб	Недостаточно влажный	30—40	45—50
		IIв	Недостаточно влажный, местами сухой	30—40	60—90
III	от -49 до -40°	IIIa	Влажный	40—60	до 20
		IIIб	Недостаточно влажный	30—40	20—40
		IIIв	Недостаточно влажный	30—40	50—90
		IIIг	Сухой	30—40	100—120 и более
IV	от -39 до -30°	IVa	Влажный	30—40	до 30
		IVб	Влажный	30—40	40—50
		IVв	Недостаточно влажный	25—30	60—70
		IVг	Сухой	20—25	До 120 и более

Основ- ные районы	Эффектив- ная температу- ра	Районы	Условия увлажнения	Период со средней суточной температурой 0° и ниже (в % от вре- мени года)	Число дней со средней суточной температурой выше 20°
VI	от —29 до —20°	Va	Недостаточно влажный	40—50	40—50
		Vб	Сухой	10—25	120 и более
VI	от —19 до —10°	VIa	Влажный	10—15	80—100
		VIб	Сухой	10	120 и более

турах воздуха, для оценки температурного режима помещений необходимо сведения о средних ночных и средних дневных температурах воздуха. Однако в настоящее время эти данные отсутствуют (для большей части интересующей нас территории) и учет их — дело будущего уточнения районирования.

Период со средней суточной температурой 20° и выше (длительностью 50—60 дней и более) наблюдается южнее линии, проходящей примерно по 50° с. ш. Следовательно, на всей этой территории необходимо учитывать как период с отрицательными температурами, так и период с высокими температурами.

#### В. Климатические районы

На основании перечисленных выше факторов проведено климатическое районирование СССР для строительства сооружений.

По значениям эффективных температур, характеризующих зимние условия, выделено шесть основных районов (табл. 4). По степени увлажнения каждый из них подразделяется на несколько районов: избыточно влажный, влажный, недостаточно влажный и сухой. Дополнительные характеристики являются данные о возможном перегреве (средние суточные температуры выше 20°) и периоде с температурой 0° и ниже.

Вся территория СССР, таким образом, делится на 19 климатических районов, различающихся по условиям зимы, лета и увлажнения. Границы районов были получены путем наложения на карту распределения эффективных температур границ районов различного увлажнения, полученных в работе [6].

**Основной район I. Район Ia.** Наиболее тяжелые климатические условия для строительства и эксплуатации зданий и сооружений имеют место на северном побережье и северо-востоке Советского Союза (район Ia, рис. 5). В этом районе наблюдаются эффективные температуры ниже —60° (а на открытых побережьях до —130, —150°), избыточное увлажнение, холодное лето и длительный период с отрицательными температурами (до 60—70% времени года). Все эти климатические особенности требуют создания специального типа зданий, выбора особенно морозо- и влагостойких строительных материалов.

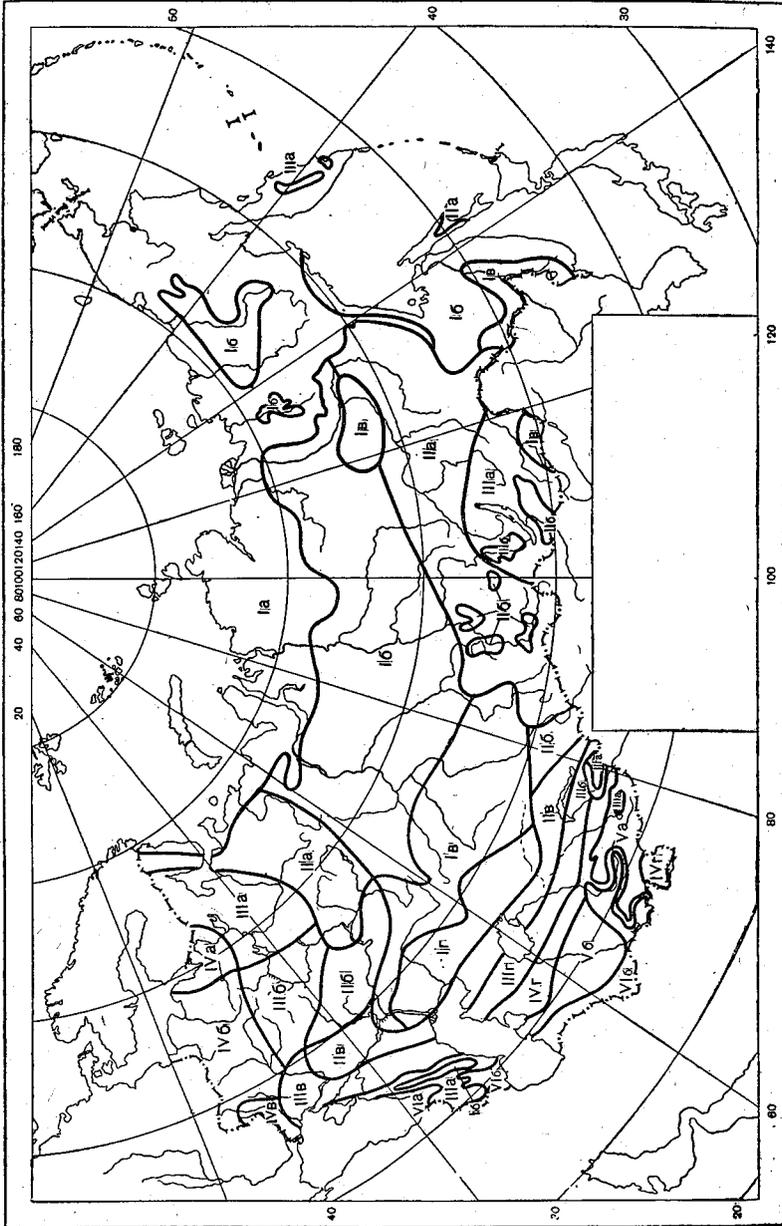


Рис. 5. Климатическое районирование территории СССР для строительства сооружений.

Вопрос об уменьшении теплоотдачи зданий в отдельных частях района Ia должен решаться различно. Так, на побережьях на открытых возвышенностях и в широких долинах рек, где значительное понижение эффективных температур обусловлено большими скоростями ветра, следует предусмотреть мероприятия, уменьшающие инфильтрацию в зданиях. Наиболее эффективным методом при планировке населенных пунктов и квартир будет, по-видимому, учет преобладающего направления зимних ветров.

Район Ib занимает обширную территорию, охватывающую часть Западной Сибири, Средне-Сибирского плоскогорья и Дальнего Востока. Условия увлажнения определили два вида данного района: сибирский и дальневосточный.

Район Ib сибирский характеризуется низкими эффективными температурами, обусловленными в Западной Сибири сочетанием низких температур и сильных ветров, а на Средне-Сибирском плоскогорье очень низкими температурами в долинах рек. На возвышенностях температуры воздуха несколько выше, но ветры сильнее, и величины эффективных температур будут примерно такими же, как в долинах.

Район Ib дальневосточный занимает территорию несколько южнее  $56^{\circ}$  с. ш., т. е. район наибольшего развития муссонов. Южнее  $55^{\circ}$  с. ш. имеет место сезонная смена направления ветра. Зимой при сильных северных ветрах и низких температурах создаются очень тяжелые климатические условия, требующие особых конструктивных решений при проектировании зданий и планировке городов.

К особенностям климата этой части территории Дальнего Востока следует отнести также и то, что режим увлажнения летнего и зимнего сезонов очень различен. Зима здесь очень сухая (в горных районах многоснежная), а лето влажное. Результатом высокой влажности летом является значительное ухудшение микроклимата помещений. В некоторых районах увлажнение летом настолько велико, что необходимо временное протапливание для создания нормальных санитарно-гигиенических условий в помещениях. Кроме того, для этого района характерны сильные длительные летние дожди при больших скоростях ветра. Стены домов сильно смачиваются, что приводит к повышению влажности внутри стен и в некоторых случаях к авариям. По данным Гуровой и Цвида [7], влажность стен, выполненных из шлакобетона, часто достигает 20—25%, что приводит к резкому ухудшению теплофизических свойств наружных стен.

Район Iv — район недостаточного увлажнения, теплого лета, но суровой, холодной зимы. Зимние условия (эффективные температуры достигают  $-60^{\circ}$  и ниже) создаются в Якутии под действием лишь очень низких температур, а в Казахстане, Западной Сибири, в Забайкалье и на Дальнем Востоке совместным действием низких температур и сильных ветров. Для зданий, проектируемых в районе Iv, необходимо предусматривать защиту от очень суровых зимних условий и некоторые конструктивные и планировочные устройства для обеспечения нормального микроклимата помещений летом.

Участок района Iv, расположенный в Заволжье и Северном Казахстане, является самой южной частью обширного выхолаженного района, где суровость климатических условий создается совместным действием низких температур и сильных зимних ветров. Но южное положение этого района обуславливает также наличие достаточно высоких температур летом. Так, в течение года здесь бывает до 90 дней со средней суточной температурой воздуха  $20^{\circ}$  и выше. Такое количество жарких

дней допускает создание специальных дополнительных помещений — балконов, веранд и т. д.

**Основной район II.** Этот район характеризуется достаточно суровыми зимними условиями (эффективные температуры опускаются до  $-59^{\circ}$ ), но отдельные его участки различаются по условиям увлажнения и лета.

Район IIa влажный с прохладным летом и периодом отрицательных температур до 70—60% времени года, занимает среднюю часть Кольского полуострова, северо-восточную часть Европейской территории СССР (ЕТС) и прилегающие к западным склонам Урала районы, ограниченные с юга реками Окой и Камой. На Азиатской территории СССР район IIa занимает обширную территорию, охватывающую Алтай, южную часть Средне-Сибирского плоскогорья, Прибайкалье, районы по верхнему и среднему течению Лены, далее на юг до границы СССР и на восток до горных хребтов Дальнего Востока, а также южную часть о. Сахалин.

В некоторых местах Азиатской территории СССР, входящих в район IIa, встречаются области с недостаточно влажным климатом. К таким областям относятся Минусинская котловина, район Красноярск—Канск, верхнего течения Енисея, среднего течения Ангары и др. Однако в настоящее время не имеется данных об особенностях эксплуатации зданий в этих районах и выделение их в район IIб требует дальнейших исследований.

Район IIб располагается в средней части Европейской территории СССР и в отдельных местах на юге Азиатской территории СССР (см. рис. 5). На Европейской территории СССР этот район является переходным от условий прохладного лета к условиям более теплого лета. В соответствии с изменениями летних условий будут меняться и конструктивные особенности зданий.

Район IIв замыкает серию районов, где эффективные температуры понижаются до  $-59^{\circ}$ . Этот район вытянут в широтном направлении и охватывает часть территории Украины, Предкавказья и Казахстана. Для района характерна суровая зима, но теплое и даже жаркое лето. Период с отрицательными температурами составляет здесь уже только 30—40% времени года. Суровые условия зимы во всем районе обусловлены действием сильных ветров и, следовательно, основными мероприятиями для уменьшения теплоотдачи зданий должны быть устройства, уменьшающие инфильтрацию.

**Основной район III.** Отличительной особенностью климата этого района, кроме еще достаточно низких значений эффективных температур (до  $-49^{\circ}$ ), является то, что для части территории, входящей в районы IIIв и IIIг, характерен сухой климат и жаркое длительное лето. В районах, описанных выше, сухого климата нет.

Район IIIa занимает южную часть Кольского полуострова, территорию восточнее и южнее Онежского озера до широты Ярославля и Новгорода, где наступают изменения в температурных условиях лета. Южнее границы района IIIa на ЕТС уменьшается период с отрицательными температурами и увеличивается период со средними суточными температурами  $20^{\circ}$  и выше. На Азиатской территории СССР район IIIa охватывает часть Забайкалья, где летом возможны довольно высокие температуры воздуха, долину р. Камчатки и берег Авачинской бухты (район Петропавловска-Камчатского).

Район IIIб занимает центральную часть Европейской территории СССР и включает собой районы влажного климата и низких эффективных температур. Лето здесь достаточно теплое для создания мест

отдыха на открытом воздухе, балконов в квартирах и применения сквозного проветривания в помещениях.

**Район IIIв.** Здания, проектируемые в этом районе, требуют особых конструктивных решений, так как зимой здесь наблюдаются низкие эффективные температуры, а летом возможны очень жаркие дни. Число дней со средней суточной температурой выше  $20^{\circ}$  достигает 100—120 в году. Сухой климат, по-видимому, может дать возможность в весенне-осенний период улучшать микроклимат помещений сквозным проветриванием. Летом же требуется создание специальных устройств, защищающих помещение от значительного повышения температуры воздуха.

**Основной район IV.** Особенностью климата этого района является достаточно мягкая зима с эффективными температурами до  $-39^{\circ}$ . Условия увлажнения и температурные условия лета здесь очень разнообразны.

**Район IVа** располагается в северо-западной части ЕТС и характеризуется прохладным влажным летом. В горах Кавказа он прослеживается примерно до высоты 2000 м, но отсутствие сведений об эксплуатации зданий здесь потребует постановки дальнейших исследований.

**Район IVб** охватывает значительную территорию западных областей ЕТС и подтверждает результаты многочисленных исследований, свидетельствующих о необходимости особых конструктивных решений в зданиях прибалтийских республик, Белоруссии и Западной Украины. Так, по данным В. Б. Сырейщикова [8], проводившего специальные исследования в западной части ЕТС, значительная влажность летом ухудшает санитарно-гигиенические и эксплуатационные качества жилищ. Проведя районирование этой территории, Сырейщиков выделил зону, особые климатические условия которой требуют их учета в типологии жилища. Восточная граница выделенной зоны, по словам Сырейщикова, проведена условно. В нашем районировании восточная граница этой области четко выделилась по эффективным температурам, а деление внутри зоны почти полностью подтвердило результаты исследования Сырейщикова.

**Район IVв** занимает территорию Крыма и южной части Прикарпатья. В этом районе с недостаточно влажным климатом, коротким периодом отрицательных температур (25—30% времени года) и достаточно теплым летом условия зимы и лета требуют одинакового учета в конструктивных особенностях зданий.

**Район IVг** включает в себя узкую полосу территории Средней Азии и Казахстана. Зима в этом районе не длинная, но сильные ветры обуславливают значительную теплоотдачу зданий. Лето длительное, сухое и жаркое. Требуются особые конструктивные решения для обеспечения нормального микроклимата помещений.

**Основной район V.** В отличие от предыдущих районов, здесь наблюдается лишь недостаточно влажный и сухой климат. Эффективные температуры понижаются до  $-29^{\circ}$ . В горных районах Средней Азии, где располагается район Va, климат недостаточно влажный, лето умеренно теплое, период с отрицательными температурами длится 40—50% времени года. В предгорьях и пустынях Средней Азии (район Vб) период с отрицательными температурами очень невелик (10—25% времени года), лето очень длительное и жаркое. Микроклимат помещений во многих случаях настолько тяжел, что требуется проведение целого ряда мероприятий, снижающих влияние высоких температур наружного воздуха. При планировке жилых зданий здесь должны предусматриваться дополнительные открытые помещения, значительное озелене-

ние и обводнение кварталов города. По-видимому, основной упор в дальнейших исследованиях должен быть направлен на разработку мероприятий, улучшающих микроклимат кварталов города, что и обусловит улучшение микроклимата внутри помещений.

**Основной район VI.** Это самый теплый район в Советском Союзе. Период с отрицательными температурами составляет 10—15% времени года. Лето жаркое и сухое в районе VIб (предгорные и пустынные районы Средней Азии и долина Куры на Кавказе), жаркое и влажное в районе VIа (долина Риони и Черноморское побережье Кавказа).

### Выводы

Подводя итоги проведенному районированию, можно сделать следующие выводы.

1. Применение комплексных характеристик в оценке климатических особенностей отдельных районов СССР дало возможность выделить районы с особенно сложными условиями проектирования и эксплуатации сооружений.

2. Наиболее правильную оценку зимних условий, влияющих на эксплуатационные качества зданий, дают эффективные температуры, являющиеся комплексной характеристикой, полученной путем учета совместного влияния на теплоотдачу зданий отрицательной температуры и скорости ветра.

3. На всей территории Советского Союза при проектировании зданий и сооружений необходимо учитывать термические условия зимнего периода. Условия лета весьма разнообразны, и оценка влияния высоких температур воздуха на микроклимат внутри помещений необходима лишь в южных районах страны. Поэтому основным критерием при районировании для строительства должна быть характеристика зимних условий.

4. В некоторых районах страны наряду с очень суровыми зимними условиями наблюдаются длительные периоды с высокими температурами. В этих районах следует проектировать здания с защитой от зимнего охлаждения и летнего перегрева.

5. Районирование подтвердило необходимость постановки специальных исследований микроклимата отдельных кварталов нового типа застройки в различных районах страны.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Строительные нормы и правила, ч. II, разд. А, гл. 6. Строительная климатология и геофизика. Основные положения проектирования. Госстройиздат, М., 1963.
2. Устинов Г. Н. Принципы районирования территории СССР для типового проектирования жилищ. Труды Магнитогорского горнометаллургического ин-та им. Г. И. Носова, вып. 18, 1959.
3. Брдлик П., Мостинский М. К расчету теплообмена между воздухом и поверхностью ограждающих конструкций. Жилищное стр-во, № 4, 1963.
4. Гуророва О. П. Процентные надбавки к основным теплотерям вертикальными ограждениями для прибрежных районов Приморского края. Сборник научных работ ДВНИИ по строительству № 3, Владивосток, 1962.
5. Гандин Л. С. О расчетных метеорологических параметрах теплоотдачи зданий. Труды ГГО, вып. 149, 1962.
6. Григорьев А. А., Будыко М. И. Классификация климатов СССР. Изв. АН СССР, сер. геогр., № 3, 1959.
7. Гуророва О. П., Цвид А. А. Особенности климата Приморского края и учет их в строительном проектировании. Сборник научных работ ДВНИИ по строительству № 3, Владивосток, 1962.
8. Сырейчиков В. Б. Строительно-климатическое зонирование западной части Европейской территории СССР. В кн. «Исследования по микроклимату населенных мест и зданий». Сб. 1, Госстройиздат, М., 1962.

## К ТЕОРИИ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОТДАЧИ ЗДАНИЙ

Предложен способ замыкания задачи о нестационарном режиме теплоотдачи здания. Рассмотрен простейший вариант задачи. Выполнены численные оценки.

При расчете отопительной системы здания обычно основываются на стационарном температурном режиме. Именно учитываются наименее выгоднейшие с точки зрения теплоотдачи здания значения метеорологических характеристик внешнего воздуха и в первую очередь его температуры и скорости ветра. Такие расчеты позволяют правильно оценить требуемую мощность отопительной системы, однако для более точных оценок необходимо отказаться от предположения о стационарности температурного режима и перейти к учету закономерностей изменения параметров внешнего воздуха со временем. В частности, только таким путем можно получить выводы о рациональном интервале осреднения метеорологических параметров во времени для введения их в расчет теплоотдачи.

Рассмотрим задачу о нестационарном режиме теплоотдачи здания в наиболее простой постановке. Будем учитывать только кондуктивную теплоотдачу, связанную с теплопроводностью ограждения, пренебрегая инфильтрационной теплоотдачей, обусловленной проникновением воздуха сквозь поры, щели и отверстия в ограждении. Введем некоторые параметры ограждения, осредненные по его площади, так что вместо реального ограждения, имеющего сложную структуру и различные характеристики (толщину, теплопроводность) в различных частях, будем рассматривать эквивалентное ему в отношении суммарной теплоотдачи однородное ограждение. Допустим, что длина ограждения значительно превосходит его ширину, так что распространение тепла можно считать одномерным, т. е. происходящим лишь в направлении  $x$ , перпендикулярном большей стене здания.

При этих предположениях распространение тепла можно описать уравнением теплопроводности для стены

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \kappa \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (0 \leq x \leq L) \quad (1)$$

и уравнением теплопроводности для внутреннего воздуха

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \left( \frac{\partial}{\partial x} k \frac{\partial T}{\partial x} \right) \quad (-2d \leq x \leq 0), \quad (2)$$

где  $\kappa$  — коэффициент температуропроводности стены,  $k$  — коэффициент

турбулентной теплопроводности внутреннего воздуха,  $L$  — толщина стены,  $2d$  — расстояние между противоположными стенами.

Граничные условия на внутренней поверхности стены описывают непрерывность температуры

$$T|_{x=+0} = T|_{x=-0} \quad (3)$$

и потока тепла

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=+0} = l \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=-0} \quad (4)$$

( $\lambda$  и  $l$  — коэффициенты теплопроводности стены и внутреннего воздуха).

Граничное условие для внешней поверхности стены запишем в виде

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=L} = \alpha [f(t) - T|_{x=L}], \quad (5)$$

где  $\alpha$  — коэффициент теплоотдачи стены во внешний воздух, а  $f(t)$  — температура внешнего воздуха, являющаяся заданной функцией времени. Наконец, примем еще условие

$$l \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=-d} = 0, \quad (6)$$

вытекающее из того, что температура внешнего воздуха по обе стороны от ограждения есть одна и та же функция времени и, следовательно, распределение температуры должно быть симметричным относительно центральной плоскости  $x = -d$ .

Для решения сформулированной задачи необходимо иметь сведения о коэффициентах  $\kappa$  и  $k$ . Однако данных по теплообмену во внутреннем воздухе помещений почти нет. Вместе с тем без большого ущерба для точности может быть выполнено дальнейшее упрощение задачи, основанное на том, что термическое сопротивление ограждения существенно превышает термическое сопротивление внешнего и внутреннего воздуха.

Математически этот факт выражается малостью отношений  $\frac{\kappa}{k}$  и  $\frac{\lambda}{\alpha L}$ .

Полагая на этом основании  $\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha} = 0$ , сведем нашу задачу к задаче интегрирования только уравнения (1) при граничных условиях

$$T|_{x=L} = f(t) \quad (7)$$

и

$$\frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0. \quad (8)$$

Выполненное упрощение означает, что градиентами температуры во внешнем и внутреннем воздухе пренебрегается по сравнению с температурным градиентом в ограждении. Вследствие этого можно считать заданным изменение температуры со временем на внешней поверхности стены и интересоваться изменением температуры на внутренней поверхности. Заметим, что эта задача эквивалентна задаче определения хода температуры в средней плоскости стены толщиной  $2d$  при условии задания одинакового хода температуры на обеих ее поверхностях.

Функция  $f(t)$  может быть представлена в виде результата суперпозиции гармонических колебаний, причем в силу линейности задачи достаточно рассмотреть поведение одного такого колебания

$$f(t) = \theta_0 \cos \omega t \quad (9)$$

с амплитудой  $\theta_0$  и частотой  $\omega$ . Соответствующее решение уравнения (1)

выполняется элементарно. Из него легко получить выражение для температуры внутренней поверхности стены

$$T|_{x=0} = \frac{\theta_0}{M} \cos \omega(t - t_0), \quad (10)$$

где

$$M^2 = \frac{1}{2} (\operatorname{ch} 2y + \cos 2y), \quad (11)$$

$$t_0 = \frac{1}{\omega} \operatorname{arc} \operatorname{tg} (\operatorname{tg} y \operatorname{th} y), \quad (12)$$

$$y^2 = \frac{\omega}{2\kappa} L^2. \quad (13)$$

Согласно формуле (10), влияние ограждения сводится к уменьшению амплитуды в  $M$  раз и запаздыванию по фазе на величину  $t_0$ . Величины  $M$  и  $t_0$  являются функциями безразмерного параметра  $y$ , который зависит как от параметров ограждения  $L$  и  $\kappa$ , так и от частоты колебаний температуры внешнего воздуха  $\omega$ .

Как видно из формул (11) и (12), величины  $M$  и  $\omega t_0$  растут с ростом аргумента  $y$ . При малых значениях  $y$  эти формулы можно приближенно записать в виде:

$$M = 1 + \frac{1}{3} y^4, \quad (14)$$

$$t_0 = \frac{y^2}{\omega}, \quad (15)$$

а при больших значениях  $y$  — в виде:

$$M = \frac{1}{2} e^y, \quad (16)$$

$$t_0 = \frac{y}{\omega}. \quad (17)$$

На рис. 1 показана зависимость  $M$  и  $\omega t_0$  от  $y$ . На нем представлены также кривые (14)—(17), к которым приближается эта зависимость соответственно при больших и малых  $y$ .

В качестве примера рассчитаем параметры изменения суточной волны температуры ( $\omega = \frac{\pi}{12}$  час<sup>-1</sup>) в кирпичной ( $\kappa = 10^{-3}$  м<sup>2</sup>/час) стене толщиной  $L = 0,5$  м. По формуле (13) получаем  $y \approx 5$ , что дает, согласно (11) и (12),  $M \approx 75$ ,  $t_0 \approx 20$  час.

Таким образом, данное ограждение уменьшает амплитуду суточных колебаний температуры в 75 раз и ведет к запаздыванию этих колебаний почти на сутки.

Весьма существенно, что уменьшение амплитуды зависит не только от параметров ограждения, но и от частоты рассматриваемых колебаний температуры. Именно чем больше частота (меньше период) колебаний температуры внешнего воздуха, тем в большей мере амплитуда этих колебаний гасится при их прохождении сквозь стену. Это означает, что короткопериодические температурные колебания даже сравнительно большой амплитуды практически не проникают внутрь здания. С другой стороны, колебания очень больших периодов имеют сравнительно небольшую амплитуду, при которой, несмотря на малое ослабление ограждением здания, соответствующие колебания температуры внутреннего воздуха также несущественны. Поэтому можно думать, что

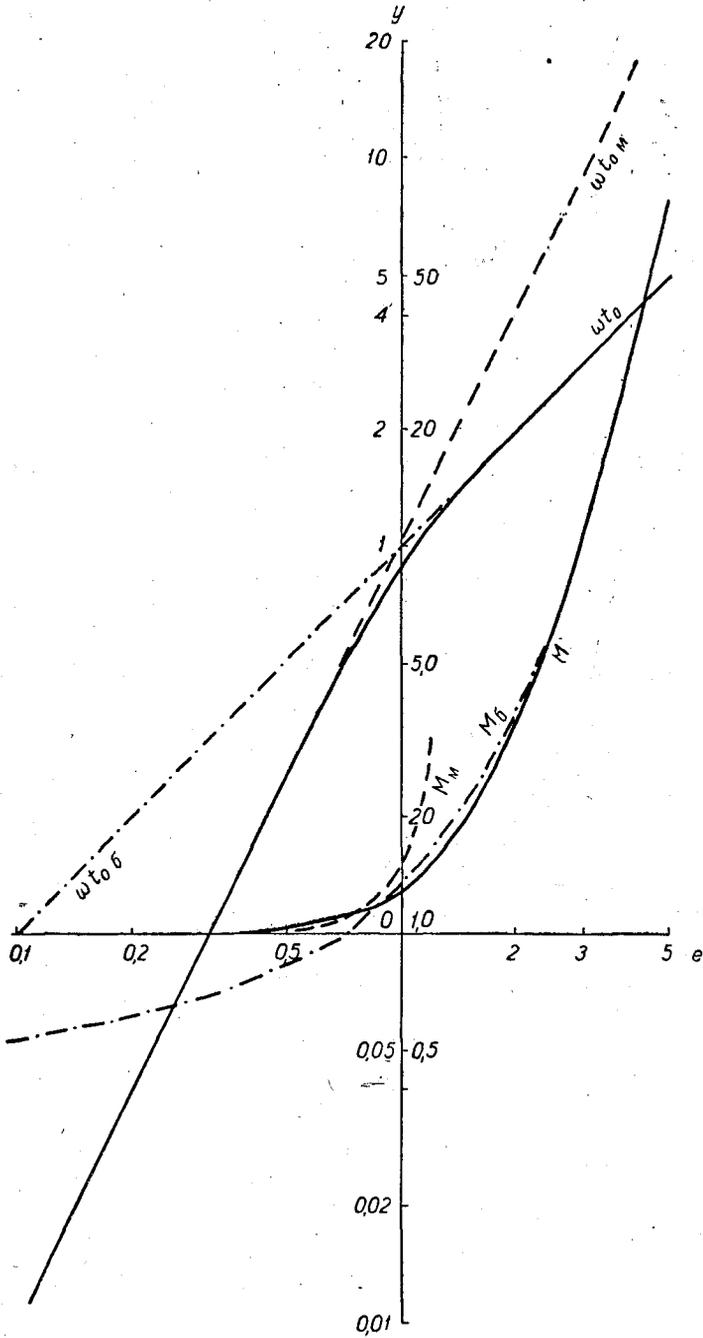


Рис. 1. Зависимость  $M$  и  $\omega t_0$  от  $y$ .

существует некоторая промежуточная частота, такая что колебания температуры внутреннего воздуха с этой частотой имеют наибольшую амплитуду.

Для выяснения этого вопроса и вообще для выполнения полных расчетов по предлагаемой теории необходимо знать функцию

$$\theta_0 = F(\omega), \quad (18)$$

описывающую среднее распределение амплитуды колебаний температуры внешнего воздуха по частотам. Такая функция различна для различных физико-географических условий. Данные о ней могут быть получены путем обработки материала наблюдений. Наиболее рациональным путем для этого представляется спектральное разложение автокорреляционной функции изменений температуры со временем.

Тогда функция

$$\frac{1}{M} = \psi(\omega; L, \kappa), \quad (19)$$

описываемая формулой (11), может рассматриваться как «передаточная функция» ограждения. Она, разумеется, не зависит от физико-географических условий, но существенно определяется параметрами самого ограждения. Произведение функций  $F$  и  $\psi$

$$\Phi = \frac{\theta_0}{M} \quad (20)$$

представляет собой функцию распределения по частотам амплитуд колебаний температуры внутреннего воздуха. Она, естественно, зависит и от физико-географических условий и от характеристик ограждения. Рассмотрение функций  $\Phi$ , полученных для тех или иных конкретных условий, позволит выявить преобладающие колебания температуры внутреннего воздуха и их амплитуду в этих условиях.

Разумеется, рассмотренная теория является весьма упрощенной и представляет собой лишь иллюстрацию подхода к исследованию нестационарного режима температуры в зданиях. Наиболее существенным, с практической точки зрения, обобщением этой теории должен, на наш взгляд, явиться учет не только кондуктивного, но и инфильтрационного теплообмена.

## К ВОПРОСУ РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ РСФСР ПО СНЕГОПЕРЕНОСУ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ЗАПРОСАМ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА

В статье дается ориентировочная количественная оценка снегопереноса в различных районах РСФСР, с этой целью были использованы наблюдаемые и расчетные данные объема переносимого снега на рассматриваемой территории. Приведенные в статье данные снегопереноса имеют практическое значение при проектировании и эксплуатации автомобильных и железных дорог.

Изучение переноса снега в связи со снежными заносами имеет большое практическое значение особенно для наземного транспорта. Для проектирования автомобильных и железных дорог, а также для правильной организации защиты последних от снежных заносов необходимо провести районирование территории Советского Союза по снегопереносу.

Первая попытка дать районирование Европейской территории СССР (ЕТС) по снегозаносимости железных дорог была сделана в 30-х годах Н. С. Муретовым [1] по материалам о подверженности железных дорог снежным заносам за четыре года (1923—1924, 1926—1927). Им дана качественная оценка снегозаносимости железных дорог по трем градациям: слабая, средняя и сильная и в соответствии с этим на указанной территории были выделены три района.

Значительно позже схему районирования территории Советского Союза по распространению снежных заносов составил Г. Д. Рихтер [2].

В основу предложенной им схемы районирования были положены данные наблюдений над снежным покровом (максимальная среднедекадная высота снежного покрова и длительность многоснежного периода), и вся территория Советского Союза, исключая горные районы, была разделена на следующие четыре группы районов: 1) с очень частыми и сильными заносами, 2) с частыми и сильными заносами, 3) со сравнительно редкими заносами, 4) с редкими заносами.

Как справедливо отмечает Рихтер, предложенная им схема районирования является лишь первым приближением и требует дальнейшей разработки.

В последнее время в ГГО выполнены работы по изучению повторяемости метелей на территории Советского Союза. Повторяемость метелей может служить одним из количественных показателей опасности переноса снежных масс, учитывая при этом величину снежного покрова и температуру воздуха.

Изучая режим метелей в степной и лесостепной части Советского Союза, М. Я. Глебова совместно с Р. Ф. Сохриной составили карту,

на которой представлено 11 районов, характеризующихся различным режимом метелей [3, 4].

Определяя гидрометеорологическую эффективность продуваемых ветрозащитных лесных полос разной конструкции лесостепной и степной зон ЕТС, И. А. Гольцберг [5] составила схему климатических условий, определяющих конструкцию ветрозащитных полос. К показателям предложенной схемы относятся высота снежного покрова и условия его залегания, при этом дается карта рассматриваемой территории. Эта карта, а также указанная выше карта Глебовой могут быть полезны при изучении снегопереноса.

Упомянутые схемы климатических районов лишены количественных характеристик снегопереноса и дают лишь общее представление о климатических условиях снегозаносимости. Но для определения мощности сооружений, предназначенных для защиты дорог от снежных заносов, требуются количественные характеристики снегозаносимости.

В настоящее время мощность сооружений, предназначенных для защиты железнодорожных путей и автомобильных дорог от сильных заносов, проектируется в соответствии с требованиями технических условий проектирования железных и автомобильных дорог. При этом основные требования сводятся к следующему: 1) снегозащитные ограждения по своей мощности должны обеспечивать задержание всего количества снега, наносимого в течение зимы; 2) степень снегозаносимости (максимальное количество снега, переносимого к пути в течение всего зимнего периода в м<sup>3</sup>/пог. м) для отдельных участков дороги определяется путем непосредственного обмера площади поперечного сечения снежных отложений, собранных в течение зимы снеговыми щитами. В случае отсутствия данных обмера снежных отложений расчетная снегозаносимость определяется по наибольшему числу перестановок щитов на участке; 3) при изысканиях новых линий расчет снегозаносимости производится на основании данных, полученных от соседних действующих железных дорог.

Приведенные нормативные указания по проектированию защиты пути и дорог от снежных заносов имеют существенные недостатки. Во-первых, указанные требования являются неконкретными, при этом пункт 1 является спорным. Во-вторых, применяемый метод замера снежных отложений не обеспечивает измерения максимального количества снежных отложений в данном месте. Прежние исследования показали, что суммарное количество снега, переносимого ветром в течение зимы к линии снеговой защиты, зависит от многих причин, основными из которых являются: 1) осадки, выпадающие в виде снега; 2) ветровой режим при метелях (продолжительность метелей, характер метелей, скорость и направление ветра при метелях); 3) рельеф местности и расположение его отдельных элементов по отношению к направлению ветра при метелях; 4) характер растительного покрова.

Метеорологические условия, от которых зависит снегозаносимость, бывают неодинаковыми в разные годы и для различных участков дороги трассы. Поэтому нельзя механически без учета местных природных факторов использовать данные о заносимости соседних дорог [6].

В настоящей статье делается попытка районирования территории РСФСР по снегопереносу, так как территория РСФСР чаще, чем остальная территория СССР, подвержена метелям.

При районировании учитывались климатические факторы и использовались данные наблюдений над отложением снега на железных дорогах за период 10—11 последних лет, присланные в ГГО из Всесоюзного

дорожного научно-исследовательского института (СОЮЗДОРНИИ), а также данные из литературных источников [7]. В случае отсутствия данных наблюдений над отложением снега использовались также расчетные данные по снегопереносу.

Учитывая главные факторы переноса снега: снежный покров, скорость ветра, повторяемость и продолжительность метелей, а также растительный покров, существенно влияющий на ветровой режим, естественно ожидать, что количество переносимого снега в различных климатических зонах (тундровой, лесной и степной) будет неодинаковым.

В тундровой зоне, характеризующейся большими скоростями ветра, значительной высотой снежного покрова (средняя из наибольших декадных высот снежного покрова местами достигает 70—80 см за зиму), наибольшей повторяемостью, а следовательно, и наибольшей продолжительностью метелей (более 400 час. в год), создаются наиболее благоприятные метеорологические условия для осуществления снегопереноса.

С появлением лесов скорость ветра уменьшается, и при прочих равных условиях количество переносимого снега в единицу времени также уменьшается. Поэтому уже в переходной лесотундровой зоне следует ожидать уменьшения снежных отложений по сравнению с тундровой.

В лесной зоне, характеризующейся незначительными скоростями ветра, создаются наименее благоприятные условия для осуществления снегопереноса. Но в переходной лесостепной зоне снова создаются условия для увеличения скорости ветра, а в степной зоне скорость ветра может достигать таких же значений, как и в тундровой зоне. Но поскольку в степной зоне повторяемость метелей и количество выпадающего снега значительно меньше, чем в тундровой зоне, поэтому можно ожидать, что здесь переносимого снега за год будет меньше, чем в тундровой зоне, но значительно больше, чем в лесной.

На территории каждой зоны снегопереноса в зависимости от местных особенностей климата могут быть выделены районы и подрайоны. Полученная схема районирования без количественных характеристик не имеет практического значения, так как по такой схеме невозможно определить необходимую мощность или снегосборную способность защиты (высоту забора, количество рядов щитов, их расстояние от оси пути, вид живой изгороди и др.). Правильный и обоснованный выбор снегозащиты может значительно снизить расходы на борьбу со снегом и обеспечить во время метелей бесперебойное движение поездов и автомобилей. Таким образом, необходимые данные наблюдений над переносом снега.

Для получения количественных характеристик снегопереноса в различных районах рассматриваемой территории были использованы имеющиеся в нашем распоряжении наблюдения над отложением снега на автомобильных и железных дорогах, и в случае необходимости (главным образом для территории Восточной Сибири и Дальнего Востока) привлекались расчетные данные по снегопереносу.

Наблюдения над переносом снега на дорогах дали возможность установить взаимосвязь между скоростью ветра и интенсивностью переноса снега.

В последние годы в результате научных исследований по изучению закономерностей переноса снега во Всесоюзном научно-исследовательском институте железнодорожного транспорта, Всесоюзном научно-исследовательском институте транспортного строительства (ЦНИИС) и Сибирском отделении АН СССР были установлены связи между скоростью ветра и интенсивностью переноса снега.

Интенсивностью переноса снега принято называть количество снега в граммах, которое проходит за одну минуту через сечение приземного слоя атмосферы, перпендикулярное направлению ветра и имеющее ширину 1 см и высоту 200 см.

Исходя из гипотезы, что интенсивность переноса снежной массы пропорциональна энергии ветра, т. е.  $i = K \frac{mv^2}{2}$ , а  $m = \rho Fv$ , Д. М. Мельник [8] предложил для расчета интенсивности переноса снега следующую формулу:  $i = cv^3$ , где  $c$  — коэффициент пропорциональности, определяемый опытным путем,  $v$  — скорость ветра в м/сек. по флюгеру.

Коэффициент  $c$  при принятой размерности и выведенный для скорости ветра на уровне 11 м колеблется между 0,012 и 0,13 при скоростях ветра 6—20 м/сек.

Имея данные по интенсивности переноса снега и продолжительности метелей, можно определить количество переносимого снега за любой промежуток времени и для любого направления горизонта. Конечные результаты расчета переноса снега принято выражать в кубических метрах на один погонный метр фронта снегозащиты, поскольку работа средств защиты выражается кубатурой отлагаемого снега.

Количество переносимого снега, кроме указанных выше факторов, зависит также от состояния снега. Данные наблюдений показывают, что плотность снега, слежавшегося у защитных сооружений, с учетом уплотнения в среднем равна 03 г/см<sup>3</sup>. Если при расчете всего количества снега, переносимого в течение зимы, учесть указанную выше плотность, а продолжительность переноса снега будет выражена в часах и объем снега в м<sup>3</sup>/пог. м, то годовое количество переносимого снега выразится

формулой  $s = 0,02 \sum_1^n it$  м<sup>3</sup>/пог. м, где  $t$  — продолжительность переноса снега в часах при различных интенсивностях;  $n$  — число случаев переноса снега за зиму с различными интенсивностями.

Указанный метод расчета пригоден только для открытой местности.

Формула Мельника для расчета количества переносимого снега не является точной. Но не имея лучшего метода, мы для своих расчетов воспользовались этой формулой. Как показало сравнение, расчетные и наблюдаемые данные снегопереноса мало отличаются друг от друга.

При расчете указанных данных нами учитывались все виды метелей [4].

Использование данных наблюдений над переносом снега на дорогах вместе с расчетными данными дали возможность получить количественные характеристики снегопереноса в м<sup>3</sup>/пог. м в различных климатических зонах.

Таким образом, учитывая указанные выше климатические факторы, а также наблюдаемые и расчетные данные снегопереноса, на Европейской территории СССР можно выделить три зоны снегопереноса с двумя районами в каждой (западный и восточный).

Тундровая зона расположена севернее 67° северной широты. В западной части ее, как показывают данные наблюдений над отложением снега на автомобильной дороге Мурманск—Печенга, максимальный объем снегопереноса местами достигает 500 м<sup>3</sup>/пог. м за год. В восточной части рассматриваемой зоны, как показывают специальные наблюдения над отложением снега в Воркуте за период нескольких зим, максимальный объем снегопереноса за год составляет около 1000 м<sup>3</sup>/пог. м. Значительные величины объема снегопереноса в восточной части объяс-

няются большими количествами выпадающего здесь снега, что связано с влиянием Урала.

В лесной зоне, простирающейся на юг до 54—55° с. ш., также выделены два района: западный и восточный. Как показывают наблюдаемые и расчетные данные над переносом снега за несколько зим, в западном районе максимальный объем снегопереноса составляет только 100—200 м<sup>3</sup>/пог. м, в восточном районе он достигает 150—300 м<sup>3</sup>/пог. м.

В степной зоне (южнее 54—55° с. ш.), как показывают наблюдаемые данные над снегопереносом, максимальный объем снегопереноса возрастает местами: в западном районе до 250 м<sup>3</sup>/пог. м, в восточном — до 400.

На территории Западной Сибири, так же как и на ЕТС, выделяются три зоны.

В тундровой зоне (севернее 67° с. ш.), как показывают расчетные данные по метеостанции Новый Порт за четыре зимы, в западном районе максимальный объем переносимого снега составляет около 700 м<sup>3</sup>/пог. м. В восточном районе он превышает 1000 м<sup>3</sup>/пог. м., о чем свидетельствуют наблюдаемые данные над отложением снега за период 10 зим в Норильске.

В лесной зоне, простирающейся южнее, до 56° с. ш., климатические условия довольно однородны. Здесь максимальный объем снегопереноса за год составляет 100—300 м<sup>3</sup>/пог. м, что подтверждают наблюдаемые и расчетные данные объема снегопереноса.

В степной зоне метеорологические условия снегопереноса более сложные, чем в лесной, что объясняется характером рельефа. Здесь на климат оказывает влияние Алтай и Казахский мелкосопочник. В западном районе зоны максимальный объем снегопереноса за год составляет около 200 м<sup>3</sup>/пог. м (расчетные данные по метеостанции Омск). Как показывают расчетные данные по метеостанции Барабинск за 10 лет и наблюдаемые данные над отложением снега на Томской железной дороге за несколько зим, максимальный объем снегопереноса в восточном районе рассматриваемой зоны составляет 500 м<sup>3</sup>/пог. м. Таких же значительных величин он, по-видимому, достигает в отдельных наветренных местах Казахского мелкосопочника.

На территории Восточной Сибири и Дальнего Востока выделены только две зоны: тундровая и лесная.

Тундровая зона, расположенная севернее 70° с. ш., характеризуется различными климатическими условиями.

В западном районе, как показывают расчетные данные объема снегопереноса по метеостанции оз. Таймыр за семь лет, максимальный объем снегопереноса за год достигает более 1000 м<sup>3</sup>/пог. м, а в восточном районе он составляет только около 250 м<sup>3</sup>/пог. м, о чем свидетельствуют расчетные данные объема снегопереноса по метеостанции Кача за пять лет.

Расчетные данные объема снегопереноса для четырех метеостанций за несколько лет (Оленек, Якутск, Байкит, Иркутск) показывают, что значительная часть лесной зоны, включающей территорию Средне-Сибирского плоскогорья и Колымской низменности с малоснежными зимами, характеризуется небольшими значениями объема снегопереноса (менее 100 м<sup>3</sup>/пог. м).

В Приамурье, как показывают расчетные данные объема снегопереноса по метеостанции Хабаровск за 15 лет, максимальный объем снегопереноса за год достигает 200 м<sup>3</sup>/пог. м.

Территория Сахалина и Камчатки относится к лесной зоне, но здесь

также наблюдаются различные условия переноса снега. На Сахалине объем снегопереноса в 1958 г. составил: в долине р. Поронай менее 50 м<sup>3</sup>/пог. м. (Онор), а на восточном побережье в районе Долинска — более 100 м<sup>3</sup>/пог. м. На Камчатке — в долине р. Камчатки — объем снегопереноса также оказался незначительным — менее 25 м<sup>3</sup>/пог. м (Долиновка). На западном побережье он составил 300 м<sup>3</sup>/пог. м (Ича), а на восточном побережье объем снегопереноса превысил 400 м<sup>3</sup>/пог. м (Ука).

### Выводы

В результате использования имеющихся данных наблюдений над отложением снега на автомобильных и железных дорогах за 10—11 лет и привлечения расчетных данных снегопереноса за несколько лет получена приблизительная количественная оценка каждой климатической зоны по снегопереносу.

Полученная схема районирования территории РСФСР по снегопереносу является только первым приближением. Она должна быть уточнена на большем материале наблюдений.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Муретов Н. С. Материалы к характеристике снегозаносимости железных дорог. Труды НИС ЦПТЭУ НКПС, вып. 139, М., 1931.
2. Рихтер Г. Д. Некоторые закономерности формирования и распространения снежных заносов и принципы организации борьбы с ними. Изв. АН СССР, сер. геогр., № 1, 1953.
3. Глебова М. Я. Режим метелей в степных и лесостепных районах СССР. Труды ГГО, вып. 91, 1960.
4. Глебова М. Я. Климатические особенности условий переноса снега. Сб. «Снежный покров, его распространение и роль в народном хозяйстве». Изд-во АН СССР, М., 1962.
5. Гольцберг И. А. Метеорологическая эффективность продуваемых лесных полос разной конструкции. Труды ГГО, вып. 44 (106), 1954.
6. Ляховский В. Н. Методика определения максимального и расчетного расходов снега при проектировании защиты пути от снежных заносов (Минтрансстрой СССР. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т транс. стр-ва), М., 1958.
7. Кунгурцев А. А. Проектирование снегозащитных мероприятий на дорогах. Авто-трансиздат, М., 1961.
8. Мельник Д. М. Вопросы проектирования снегозащиты на железных дорогах. Вестник Всесоюз. науч.-исслед. ин-та ж.-д. транспорта, № 1, 1962.
9. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 3, ч. 1, Гидрометеоздат, Л., 1958.

## О НЕКОТОРЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ТУМАНОВ НА РЕКАХ АНГАРЕ И ЕНИСЕЕ

В статье излагаются результаты исследования режима туманов по наблюдениям метеорологических станций на Енисее и Ангаре. Данные, приведенные в статье, могут быть использованы при разработке мероприятий по безопасности движения речного транспорта на Ангаре и Енисее.

На Ангаре и Енисее сооружаются крупнейшие в нашей стране водохранилища и гидроэлектростанции. На водных магистралях значительное развитие получит речной транспорт. Для безопасности движения речных судов большое значение в период навигации приобретают данные о режиме туманов. В существующей справочной литературе приведены весьма ограниченные сведения о туманах, поэтому в данной статье сделана попытка дополнить ее некоторыми новыми данными о режиме туманов по материалам наблюдений метеорологических станций от Братска до устья Енисея. Для этой цели были использованы материалы по числу дней с туманом из ежегодников до 1950 г. и дополнительно обработаны и обобщены материалы наблюдений с 1950 по 1960 г.

Для разработки материалов по числу дней с туманом, продолжительности туманов, суточному ходу туманов и вероятностным характеристикам были использованы данные наблюдений в основном за период 1936—1960 гг.

В табл. 1 дана сводка среднего числа дней с туманом по 21 станции.

Данные по среднему числу дней с туманом являются важной климатической характеристикой и дают общее представление о различии в распределении туманов между отдельными пунктами. Однако для оперативного обслуживания речного транспорта в период навигации требуются более детальные сведения о туманах. Одной из таких характеристик могут служить данные о максимальном числе дней с туманом, наблюдавшемся в каком-либо пункте в отдельные месяцы.

При обработке и анализе материалов было установлено, что максимальное число дней с туманом, наблюдавшееся хотя бы один раз в том или ином месяце за рассматриваемый период, находится в определенном соотношении со средним числом дней с туманом для данного месяца. На рис. 2 представлено это соотношение. Зная среднее число дней с туманом, можно по графику определить соответствующее значение максимального числа дней с туманом, не прибегая к дополнительной обработке материалов наблюдений. Погрешности рассчитанных данных максимального числа дней, полученных с помощью графика и фактических данных, взятых из ежегодников, находятся в пределах 5—10%. Следует

Среднее число дней с туманом

Таблица 1

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	X—III	IV—IX	Год
Усть-Енисейский Порт . . . . .	3,8	3,1	3,5	3,7	4,7	3,1	1,7	3,3	4,7	6	3,5	2,8	23	21	44
Дудинка . . . . .	4,3	2,8	2,8	2,4	3,7	3,8	1,5	2,8	4,3	3,8	3,1	3,0	19	19	38
Игарка . . . . .	6,4	4,1	2,6	1,4	1,6	1,4	1,5	2,1	2,9	2,8	2,8	6,5	25	11	36
Туруханск . . . . .	1,4	0,3	0,2	0,4	1,0	0,4	0,6	1,3	1,6	1,4	0,4	0,8	5	5	10
Верхне-Имбатское . . . . .	0,6	0,2	0,2	0,3	1,2	0,7	0,9	2,0	1,9	0,7	0,5	1,0	3	7	10
Подкаменная Тунгуска . . . . .	0,6	0,2	0,1	0,2	0,6	1,1	2,4	4,4	3,2	0,6	0,2	0,7	2	12	14
Ворогово . . . . .	0,4	0,1	0,2	0,4	0,4	0,6	0,8	1,7	1,4	0,5	0,1	0,2	2	5	7
Ярцево . . . . .	3,1	1,3	1,1	0,9	0,7	0,6	1,5	3,4	2,6	1,1	0,9	2,2	10	10	20
Назимово . . . . .	0,1	0	0	0,1	0,5	0,6	2,2	3,4	2,7	0,8	0,2	0	1	10	11
Енисейск . . . . .	3,4	3,3	1,1	0,4	0,6	0,9	2,7	5,2	4,3	1,2	1,3	3,0	13	14	27
Казанск, оп. п. . . . .	0,3	0,1	0,1	0,3	0,6	0,7	1,7	3,0	2,7	1,1	0,3	0,2	2	9	11
Большая Мурга . . . . .	3,0	2,3	0,9	0,8	0,7	2,2	5,5	7,3	4,3	0,9	0,7	2,3	10	21	31
Красноярск, оп. п. . . . .	3,1	1,0	0,4	0,4	0,3	0,5	1,2	2,6	2,6	0,7	0,5	1,3	7	8	15
Абакан . . . . .	6,7	6,8	3,1	0,6	0,4	0,5	0,9	1,1	1,6	1,9	3,8	7,9	30	5	35
Стрелка . . . . .	2,3	0,3	0,1	0,4	0,7	0,8	1,9	3,8	3,0	0,8	0,5	1,6	5	16	21
Мотыгино . . . . .	1,6	0,5	0,4	0,4	1,2	0,8	2,6	4,4	3,4	0,9	0,3	1,5	5	13	18
Богучаны . . . . .	3,6	1,3	0,7	0,5	0,6	0,9	2,3	4,3	5,2	1,4	0,7	3,8	12	14	26
Кежма . . . . .	3,7	1,7	0,6	0,4	0,7	1,1	2,4	4,7	2,7	1,7	0,8	3,0	11	12	23
Невои . . . . .	0,3	0,6	0,4	0,5	2	4	7	11	8	2	0,9	0,5	5	32	37
Нижне-Шаманская . . . . .	1	0,6	0,9	0,3	1	4	8	12	11	4	1	0,9	9	36	45
Братск . . . . .	5	3	2	0,3	1	4	7	12	11	3	2	4	19	34	53

отметить, что для любого месяца закономерности в соотношении среднего и максимального числа дней с туманом сохраняются не только для одной какой-либо станции, но это относится и к группе станций, расположенных в сходных физико-географических условиях. Это обстоятельство позволило применить установленную закономерность для районирования территории по максимальному числу дней с туманом.

Используя данные табл. 1 и график рис. 2, легко можно определить максимальное значение числа дней при определенных значениях среднего числа дней с туманом. Не менее важны для практики данные о повторяемости дней с туманом. Из ежегодных данных по станциям изучаемых речных трасс были рассчитаны повторяемости числа дней с туманом для каждого месяца при определенных значениях среднего числа дней с туманом: 1, 2, 3, 4 и т. д. Для всех станций, имеющих 25 лет наблюдений и более, строились графики, характеризующие суммарную вероятность (обеспеченность) числа дней с туманом в зависимости от значения среднего числа дней.

Анализ кривых суммарной вероятности, построенных для отдельных станций при одних и тех же значениях среднего числа дней с туманом, показал идентичность характера кривых, что позволило обобщить повторяемость числа дней по значениям среднего числа дней и построить единый график с семейством кривых, характеризующих суммарную вероятность (обеспеченность) числа дней с туманом для станций Енисея от Дудинки до Стрелки (район впадения р. Ангара в Енисей, см. рис. 1 а).

Аналогичный график (рис. 1 б) был построен по станциям Ангара от Стрелки до Братска. Ангара течет в горном районе, поэтому кривые суммарной вероятности (обеспеченности) несколько отличаются от кривых на рис. 1 а. Это объясняется недостаточно длинным рядом наблюдений по станциям, расположенным на р. Ангаре. Однако характер кривых рис. 1 б имеет сравнительное подобие с кривыми рис. 1 а. Пользуясь графиком 1 а и 1 б, можно рассчитать следующие характеристики: 1) вероятность каждой градации числа дней с туманом, 2) суммарную вероятность градации числа дней с туманом, 3) вероятность значений числа дней с туманом один раз в 2 года, в 5, 10 и 20 лет, 4) вероятность максимальных величин числа дней с туманом в пределах используемого периода лет.

Для примера в табл. 2 даны расчеты вероятностей каждой градации числа дней и суммарной вероятности градаций числа дней при средних значениях от 1 до 5 дней. Таблица 2 являлась основой для построения графика (рис. 1 а).

Как видно, графиками, построенными по образцу рис. 1 а, пользоваться удобнее, чем громоздкими таблицами.

Основываясь на закономерностях суммарной вероятности числа дней с туманом, представляется возможным рассчитать по графикам рис. 1 а, 1 б значения возможного числа дней с туманом один раз в 2, 5, 10 и 20 лет. Принимая за основу расчета, что 50% на кривой суммарной вероятности соответствует приблизительно норме (для теоретической кривой она в точности соответствует норме), можно снять с кривой интересные нас величины числа дней с туманом. Для удобства можно составить табл. 3, расположив соответствующим образом рассчитанные значения для всех кривых (рис. 1 а).

Весьма важной климатической характеристикой режима туманов являются данные о продолжительности тумана в день с туманом. Анализ материалов по продолжительности туманов показал, что в месяцы холодного периода (X—III) длительность тумана находится в пределах

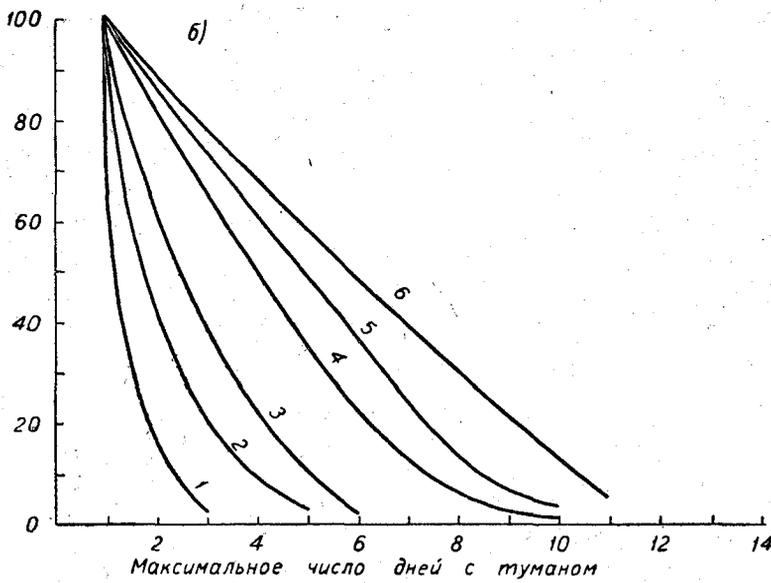
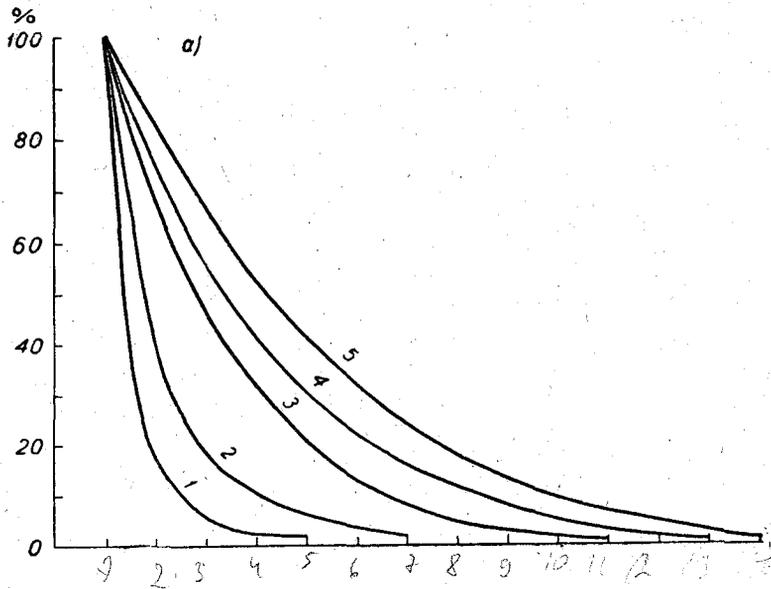


Рис. 1. Графики вероятностных значений максимального числа дней с туманом по станциям Енисея от Дудинки до Стрелки (а) и по станциям Ангары от Стрелки до Братска (б).

1-6 — среднее число дней.

5—6 час. на большинстве станций. На станциях Ярцево и Большая Мурта продолжительность тумана в холодный период может быть в среднем 7—8 час. В теплую половину года (IV—IX) длительность тумана на большинстве станций не превышает в среднем 4—5 час.

Для оперативного обслуживания речного флота представляют значительный интерес данные о годовом и суточном ходе суммарной продолжительности туманов в часах. На рис. 3 а представлен ход суммарной продолжительности туманов по частям суток: 0—6, 6—12, 12—18, 18—24 часа для каждого месяца на ст. Кежма; на рис. 3 б — для ст. Богучаны и на рис. 3 в — для ст. Мотыгино. Эти станции характеризуют суточный режим туманов по р. Ангаре.

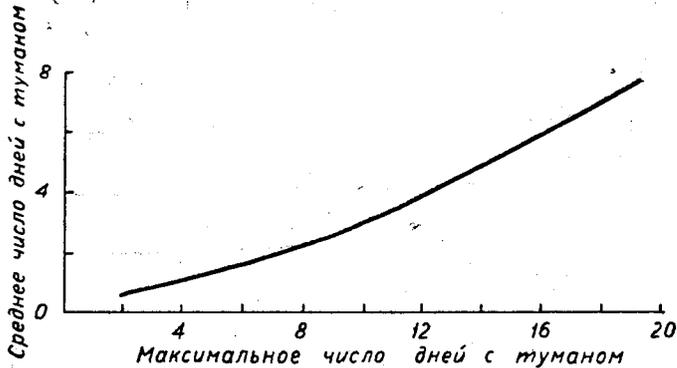


Рис. 2. График связи среднего и максимального числа дней с туманом.

Максимум продолжительности туманов отмечается в теплую половину года, особенно в июле, августе и сентябре в ночные и утренние

Таблица 2

Среднее число дней		Повторяемость (%) по градациям числа дней													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	В	82	13	2	2	1									
	СВ	100	18	5	3	1									
2	В	60	20	10	4	2	2	2							
	СВ	100	40	20	10	6	4	2							
3	В	30	23	15	12	7	5	3	2	1	1				
	СВ	100	70	47	32	20	13	8	5	3	2	1			
4	В	26	18	16	10	8	6	4	4	3	2	1	1	1	
	СВ	100	74	56	40	30	22	16	12	8	5	3	2	1	
5	В	18	16	14	12	10	7	6	4	3	3	2	2	2	1
	СВ	100	82	66	52	40	30	23	17	13	10	7	5	3	1

Примечание. «В» — вероятность числа дней по градациям, «СВ» — суммарная вероятность числа дней (обеспеченность).

часы. Холодные воды Ангары в ночные и утренние часы способствуют понижению температуры воздуха и конденсации водяного пара в приводном слое воздуха.

Эффекту образования туманов способствуют также радиационное выхолаживание и сток холодного воздуха с гор в пойму р. Ангары. В дневные часы продолжительность туманов незначительна. Второй максимум продолжительности туманов наблюдается в зимние месяцы, когда

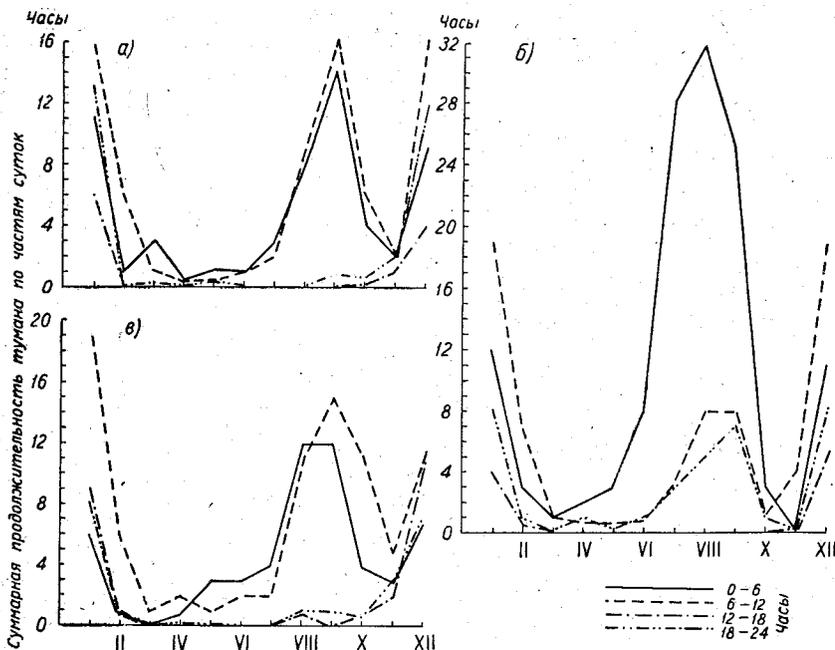


Рис. 3. Графики годового и суточного хода суммарной продолжительности туманов по ст. Кежма (а), по ст. Богучаны (б) и по ст. Мотыгино (в).

Ангара покрыта льдом. На увеличение продолжительности туманов в ночные и утренние часы действуют уже местные факторы (топка печей в населенных пунктах, приземные инверсии в случае адвекции воздушных масс в пойму р. Ангары).

Таблица 3

Число дней с туманом, возможным один раз в 2 года (50%), в 5 лет (20%), в 10 лет (10%), в 20 лет (5%), и максимальное число дней

Среднее число дней с туманом	Число дней с туманом				Максимальное число дней с туманом
	50%	20%	10%	5%	
1	1	2	2	3	5
2	2	3	4	6	7
3	3	5	6	8	11
4	4	6	8	10	13
5	5	8	10	12	14

В табл. 4 приводятся характеристики годового и суточного хода продолжительности туманов в часах в среднем течении Енисея по ст. Ярцево и в пойме Енисея по ст. Большая Мурта для холодного (X—III) и теплого (IV—IX) периодов и года.

Таблица 4

Части суток	Ярцево			Большая Мурта		
	X—III	IV—IX	год	X—III	IV—IX	год
0—6	15	25	40	22	101	123
6—12	32	10	42	39	35	74
12—18	17	0	17	8	1	9
18—24	19	2	21	15	10	25
Σ	83	37	120	84	147	231

## ПОВТОРЯЕМОСТЬ ЗОН ВОЗМОЖНОГО ОБЛЕДЕНЕНИЯ САМОЛЕТОВ НАД СЕВЕРНОЙ ЧАСТЬЮ АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА

По данным аэрологических станций, проводивших наблюдения в течение Международного геофизического года и года Международного геофизического сотрудничества, дополненным синоптическими данными, для четырех месяцев рассчитана повторяемость пасмурного неба при различных отрицательных температурах в облаках. Этот метеорологический комплекс используется как показатель наличия зон возможного обледенения самолетов. Дается краткое описание полученных результатов.

### Материал наблюдений и метод его обработки

В настоящее время имеется чрезвычайно мало данных об обледенении самолетов над морями и океанами. Между тем сведения об этом явлении или о повторяемости метеорологических условий, при которых возможно возникновение обледенения, представляют большой интерес. Они существенно дополняют характеристику климата свободной атмосферы.

Для расчета повторяемости комплекса, состоящего из нескольких метеорологических элементов, определяющих зону возможного обледенения самолетов, нужны достаточно регулярные наблюдения на высотах. Такие наблюдения производились с помощью радиозондов в период 1957—1959 гг., охватывающий Международный геофизический год (МГГ) и год Международного геофизического сотрудничества (МГС).

Результаты аэрологических наблюдений за эти годы поступали в Мировой центр данных МГГ и МГС в виде микрокарт. Они и послужили основой при расчете повторяемости зон возможного обледенения самолетов. Указанный трехлетний период наблюдений был дополнен данными, снятыми с синоптических карт, за январь и апрель 1957 г., за четыре месяца (январь, апрель, июль, октябрь) 1960—1961 гг. и частично (по некоторым пунктам) за 1959 г.

Список станций с указанием числа наблюдений в каждом из четырех месяцев, для которых производились расчеты повторяемостей, указан в табл. 1.

Поскольку использован пятилетний период наблюдений, а за этот период проводилось двухразовое зондирование атмосферы (в 00 и 12 час. по Гринвичу), то предельное число наблюдений, которое могло быть использовано при обработке, составляет 300 наблюдений в апреле и 310 — в остальные три месяца.

Список станций и число наблюдений на них по месяцам

№ п/п	Станция	Январь	Апрель	Июль	Октябрь
1	Эгедесминде . . . . .	230	228	200	236
2	Нарсарсуак . . . . .	289	216	227	230
3	Ангмагсалик . . . . .	298	224	238	240
4	Тобин, мыс . . . . .	299	224	237	243
5	Норд . . . . .	288	231	236	238
6	Ян-Майен . . . . .	306	233	245	247
7	Ис-Фьорд (радио) . . . . .	306	236	243	246
8	Медвежий, остров . . . . .	304	241	245	245
9	Скаттера . . . . .	307	233	244	248
10	Кефлавик . . . . .	307	170	227	241
11	Торсхавн . . . . .	310	240	244	247
12	Сула . . . . .	310	239	247	248
13	Сторнауэй . . . . .	306	233	246	247
14	Валенсия . . . . .	301	229	246	247
15	Брест . . . . .	308	235	246	248
16	Бордо . . . . .	303	238	247	247
17	Лиссабон . . . . .	294	226	242	246
18	Лаженш . . . . .	274	204	233	242
19	Тринидад . . . . .	71	81	105	67
20	Сан-Хуан . . . . .	228	222	237	237
21	Майами . . . . .	201	232	245	238
22	Хаттерас . . . . .	202	239	245	243
23	Киндли-Филд, остров . . . . .	207	221	233	135
24	Сейбл, остров . . . . .	233	229	233	230
25	Гуз-Бей . . . . .	235	206	240	234
26	Фробишер-Бей . . . . .	199	213	240	238
27	Клайд . . . . .	190	192	185	196

## Корабли погоды

28	<i>M</i> . . . . .	300	236	223	243
29	<i>I</i> . . . . .	274	183	222	238
30	<i>A</i> . . . . .	248	160	227	213
31	<i>B</i> . . . . .	273	142	220	228
32	<i>C</i> . . . . .	297	128	230	223
33	<i>J</i> . . . . .	246	235	226	209
34	<i>K</i> . . . . .	169	205	237	235
35	<i>D</i> . . . . .	182	200	223	234
36	<i>E</i> . . . . .	223	233	240	239

Из табл. 1 видно, что в большинстве пунктов число наблюдений меньше предельного. Оно уменьшилось в основном за счет отсутствия нужных данных на синоптических картах и частично вследствие нерегулярности наблюдений отдельных станций за период МГГ и МГС.

По преобладающему большинству пунктов для расчетов все же использовано более 200 наблюдений.

Положение пунктов, для которых произведены расчеты, представлено на карте (рис. 1). Пункты обозначены номерами в соответствии с табл. 1.

В качестве критерия для выявления зон возможного обледенения самолетов был принят комплекс «пасмурное небо и отрицательная температура в облаках». При климатологических разработках обычно небо считается пасмурным при количестве облачности 8—10 баллов.

В данном случае вследствие особенностей шифровки количества облачности в период МГГ при расчетах учитывалось наличие облаков не менее 7 баллов (так как облачность 7—8 баллов кодируется одной цифрой).

При меньшем количестве облачности очень редко наблюдается обледенение самолетов, и при наличии зоны, благоприятной для обледенения, обойти ее легче, чем при пасмурном небе. Толщина облачных слоев при пасмурном небе, как правило, больше, чем при облачности менее 7 баллов.

Вероятность обледенения самолетов при пасмурном небе и отрицательной температуре в облаках, подсчитанная по данным самолетного

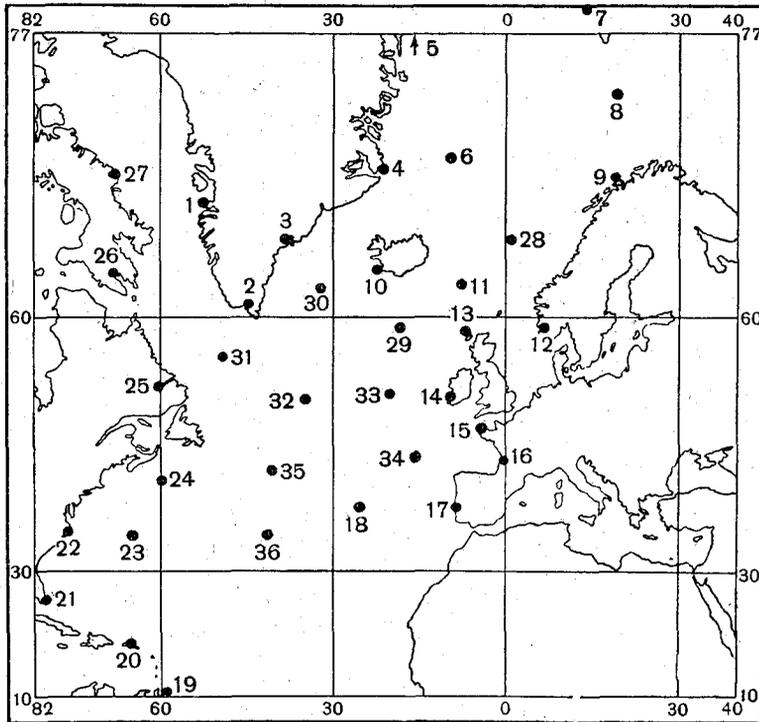


Рис. 1. Карта сети аэрологических станций.

зондирования атмосферы в Риге, составляет 80%. Если температура в облаках не ниже  $-10^{\circ}$ , то средняя вероятность обледенения самолетов за многолетний период наблюдений равна 85%. Она несколько меньше летом и больше осенью (90%).

При более низких температурах (ниже  $-10^{\circ}$ ) средняя вероятность обледенения в облаках понижается до 70%. Однако следует иметь в виду, что данные сетевых наблюдений дают представление о вероятности обледенения винтомоторных самолетов. При полетах в облаках реактивных самолетов вероятность их обледенения при температуре ниже  $-10^{\circ}$  несколько выше, вследствие того что при большой скорости полета они захватывают больше облачных капель.

Учитывая это обстоятельство, расчет повторяемости зон возможного обледенения (повторяемость пасмурного неба при отрицательной температуре в облаках) обычно проводится с учетом различных градаций температуры в облаках ( $0, -10^{\circ}; -10, -20^{\circ}$  и ниже  $-20^{\circ}$ ).

Для северной части Атлантического океана были рассчитаны повторяемости пасмурного неба по нижней облачности при температуре

Повторяемость пасмурного неба (7—10 баллов)  
при отрицательной температуре в облаках, %

№ станции	Нижний ярус			Средний ярус			Сумма	Нижний ярус			Средний ярус			Сумма
	0, —10°	—10, —20°	ниже —20°	0, —10°	—10, —20°	ниже —20°		0, —10°	—10, —20°	ниже —20°	0, —10°	—10, —20°	ниже —20°	
	Январь							Апрель						
1	19	26	6	8	1	0	60	25	24	0	2	0	0	51
2	45	2	1	4	4	1	57	52	2	0	6	1	0	61
3	26	20	8	2	4	3	62	27	22	1	1	3	0	54
4	39	7	0	3	11	2	53	45	1	0	9	2	0	57
5	5	9	31	0	1	4	50	2	13	28	0	1	1	45
6	70	10	0	0	0	0	80	73	4	0	0	0	0	77
7	35	17	1	1	0	0	54	42	8	0	1	1	0	52
8	58	10	1	1	3	0	74	54	13	0	0	0	0	67
9	52	2	0	1	2	1	58	44	0	0	1	0	0	45
10	58	0	0	1	0	0	59	54	0	0	5	0	0	59
11	69	0	0	2	0	0	71	63	0	0	1	0	0	64
12	51	0	0	3	0	0	54	44	0	0	4	0	0	48
13	46	0	0	3	0	0	49	47	0	0	2	0	0	49
14	50	0	0	7	0	0	57	48	0	0	1	0	0	49
15	37	0	0	8	0	0	45	33	0	0	8	0	0	41
16	37	0	0	7	0	0	44	26	0	0	11	0	0	27
17	11	0	0	15	0	0	26	3	0	0	9	0	0	12
18	15	0	0	22	0	0	37	14	0	0	17	0	0	31
19	1	0	0	8	0	0	9	0	0	0	17	0	0	17
20	0	0	0	17	0	0	17	0	0	0	19	0	0	19
21	3	0	0	13	10	0	17	0	0	0	18	0	0	18
22	26	1	0	23	0	0	50	3	0	0	24	1	0	28
23	10	0	1	53	0	0	64	6	0	0	39	0	0	45
24	52	6	1	9	1	0	69	27	0	0	13	1	0	41
25	28	14	6	2	2	0	52	42	0	0	11	1	0	54
26	16	10	8	0	3	5	42	13	14	4	0	1	0	32
27	2	15	17	0	0	0	34	2	14	6	0	0	1	23
28	62	0	0	1	0	0	63	59	1	0	0	0	0	60
29	59	0	0	1	0	0	60	50	0	0	5	0	0	55
30	65	0	0	0	1	0	66	65	0	0	1	0	0	66
31	74	4	0	4	0	0	82	70	0	0	2	0	0	72
32	58	0	0	9	0	0	67	45	0	0	11	0	0	56
33	49	0	0	8	0	0	57	41	0	0	6	0	0	47
34	33	0	0	12	0	0	45	28	0	0	8	0	0	36
35	47	0	0	26	0	0	73	44	1	0	19	0	0	64
36	8	0	0	36	0	0	44	5	0	0	37	0	0	42

№ станции	Нижний ярус			Средний ярус			Сумма	Нижний ярус			Средний ярус			Сумма
	0, —10°	—10, —20°	ниже —20°	0, —10°	—10, —20°	ниже —20°		0, —10°	—10, —20°	ниже —20°	0, —10°	—10, —20°	ниже —20°	
	Июль							Октябрь						
1	13	0	0	19	2	0	34	52	4	0	7	2	0	65
2	11	0	0	26	1	0	38	38	3	0	10	3	0	54
3	14	0	0	20	0	0	34	50	0	0	9	3	0	62
4	20	0	0	13	0	0	33	38	7	0	4	4	1	54
5	28	0	0	10	0	0	38	7	35	6	2	4	2	56
6	33	0	0	16	1	0	50	55	0	0	2	0	0	57
7	40	0	0	14	0	0	54	55	6	0	0	0	0	61
8	39	0	0	14	1	0	54	67	0	0	1	0	0	68
9	30	0	0	17	0	0	47	50	0	0	3	0	0	53
10	24	0	0	27	0	0	51	51	0	0	10	0	0	61
11	23	0	0	23	3	0	49	38	0	0	10	0	0	48
12	8	0	0	26	1	0	35	28	0	0	13	1	0	42
13	16	0	0	23	2	0	41	22	0	0	8	1	0	31
14	6	0	0	21	8	0	35	13	0	0	20	11	0	44
15	0	0	0	13	0	0	13	6	0	0	12	0	0	18
16	0	0	0	11	0	0	11	3	0	0	10	0	0	13
17	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	9	0	0	9
18	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	4	0	0	5
19	0	0	0	7	0	0	7	0	0	0	5	0	0	5
20	0	0	0	8	0	0	8	0	0	0	6	0	0	6
21	0	0	0	4	0	0	4	0	0	0	4	0	0	4
22	0	0	0	10	2	0	12	0	0	0	15	0	0	15
23	0	0	0	12	0	0	12	0	0	0	11	0	0	11
24	0	0	0	14	1	0	15	12	0	0	18	1	0	31
25	12	0	0	25	0	0	37	40	3	0	8	1	0	52
26	26	0	0	15	1	0	42	43	17	0	1	0	0	61
27	21	0	0	12	0	0	33	47	19	0	0	2	0	68
28	22	0	0	26	1	0	49	33	0	0	9	0	0	42
29	20	0	0	19	1	0	40	28	0	0	17	1	0	46
30	18	0	0	15	2	0	35	45	0	0	9	0	0	54
31	11	0	0	28	0	0	39	50	0	0	11	0	0	61
32	6	0	0	24	0	1	31	28	0	0	19	0	0	47
33	6	0	0	22	2	0	30	11	0	0	19	0	0	30
34	0	0	0	10	0	0	10	2	0	0	14	0	0	16
35	0	0	0	14	0	0	14	9	0	0	20	0	0	29
36	0	0	0	8	0	0	8	0	0	0	10	0	0	10

в облаках, заключенной в указанных пределах, и повторяемость пасмурного неба по облачности среднего яруса при температуре в тех же пределах. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Кроме того, была рассчитана повторяемость начала зон возможного обледенения (определяемых вышеуказанным комплексом) по километровым слоям. Эти расчеты произведены по группам станций. В группы объединялись станции, расположенные вблизи друг от друга и по наблюдениям которых не получилось существенных расхождений в величинах повторяемостей зон возможного обледенения в облаках нижнего яруса. Результаты расчетов приводятся в табл. 3. Номера станций, входящих в группы, соответствуют номерам, указанным в табл. 1.

### Основные особенности распределения повторяемости зон возможного обледенения

Все повторяемости зон возможного обледенения самолетов по слоям атмосферы над северной частью Атлантического океана получены для четырех месяцев — представителей сезонов (января, апреля, июля, октября), что позволяет рассмотреть годовой ход указанных повторяемостей, а также установить особенности их распределения над всей территорией в каждый из сезонов.

Одной из особенностей, характерной для всего года, является преобладание высокой температуры воздуха на уровне облаков нижнего яруса: над большей частью рассматриваемой территории в нижнем двухкилометровом слое атмосферы температура не понижалась ниже  $-10^{\circ}$ . Только над самой северной частью Атлантического океана, вблизи Гренландии и северо-восточнее Исландии, повторяемость пасмурного неба при отрицательной температуре в облаках ниже  $-10^{\circ}$  в январе и апреле достигает 10—20%. Максимум ее, превышающий 20%, отмечается на западном побережье Гренландии.

По всей рассматриваемой территории в октябре повторяемость этого комплекса меньше, чем в апреле. В июле даже над самыми северными районами Атлантики температура ниже  $-10^{\circ}$  в облаках не наблюдается.

В холодное время года на той части океана, где преобладает отрицательная температура в облаках, распределение повторяемости зон возможного обледенения определяется распределением повторяемости пасмурного неба. В теплый период года, наоборот, на большей части океана решающее влияние на распределение повторяемости комплекса (пасмурное небо при отрицательной температуре в облаках) оказывает распределение температуры в нижней половине тропосферы.

По данным табл. 2 и 3 были построены карты и карты-диаграммы с распределением повторяемости зон возможного обледенения самолетов. На рис. 2 и 3 приводятся две карты для января. На первой из них (рис. 2) дано распределение повторяемости пасмурного неба (7—10 баллов) по нижней облачности при отрицательной температуре в облаках не ниже  $-10^{\circ}$ . На второй — повторяемость пасмурного неба по облачности нижнего и среднего ярусов при той же температуре в облаках. На карте рис. 4 представлено распределение того же комплекса, что и на первой карте, но для июля.

По картам и таблицам можно видеть, что в январе, а также в апреле выделяются два максимума повторяемости метеорологических условий, благоприятных для обледенения самолетов. Один из них несколько северо-восточнее Исландии, другой — у южных берегов Гренландии. Оба максимума отражают наличие максимумов повторяемости

Повторяемость начала зон возможного облечения самолетов при различных градациях температуры (0, -10°; -10, -20°; <-20°)

Номера станций, входящих в группы	Слой атмосферы, км												Число зонИмпро-Ваний	
	0-1		1-2		2-3		3-4		4-5		>5			
	0, -10°	>-20°	0, -10°	>-20°	0, -10°	>-20°	0, -10°	>-20°	0, -10°	>-20°	0, -10°	>-20°		
Январь														
1, 2, 3, 4	37	2	5	0	5	6	2	0	0	0	0	0	0	1120
6, 11, 8, 28	51	1	13	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1230
5, 7	22	15	18	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	594
9, 12	30	0	11	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	606
10, 29	35	0	23	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	568
15, 16, 34	6	0	29	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	845
13, 33	15	0	11	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	552
24, 31, 35	45	3	11	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	690
18, 36	1	0	6	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	496
22, 23	4	0	8	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	409
17	4	0	8	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	294
20, 21	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	429
30, 32	41	0	18	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	545
Апрель														
6, 8	57	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	472
13, 14, 29, 33	7	0	23	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	830
15, 16, 34	2	0	20	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	678
1, 2, 3, 4	33	0	4	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	892
30, 31	51	0	14	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	302
32, 35	12	0	28	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	328
23, 24, 36	4	0	5	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	683
26, 27	7	11	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	405



Номера станций, входящих в группы	Слой атмосферы, км												Число зондирований		
	0-1		1-2		2-3		3-4		4-5		>5				
	0-10°	-10, -20°	0-10°	-10, -20°	0-10°	-10, -20°	0-10°	-10, -20°	0-10°	-10, -20°	0-10°	-10, -20°		>-20°	
5	4	28	5	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	238
7, 8	50	2	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	491
4, 6	34	2	0	10	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	490
11, 12, 28	5	0	0	24	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	738
9	18	0	0	31	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	248
33, 13	0	0	0	16	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	456
29, 32	3	0	0	22	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	461
3, 10, 30	21	0	0	25	0	11	1	0	0	0	0	0	0	0	694
2, 25, 31	27	0	0	14	1	11	2	0	0	0	0	0	0	0	692
1, 26, 27	42	1	0	5	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0	670
24, 35	8	0	0	7	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	464
23, 36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	374
20, 21, 19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	542
18, 17	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	488
15, 16, 34	0	0	0	1	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	730
22	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	243

Октябрь

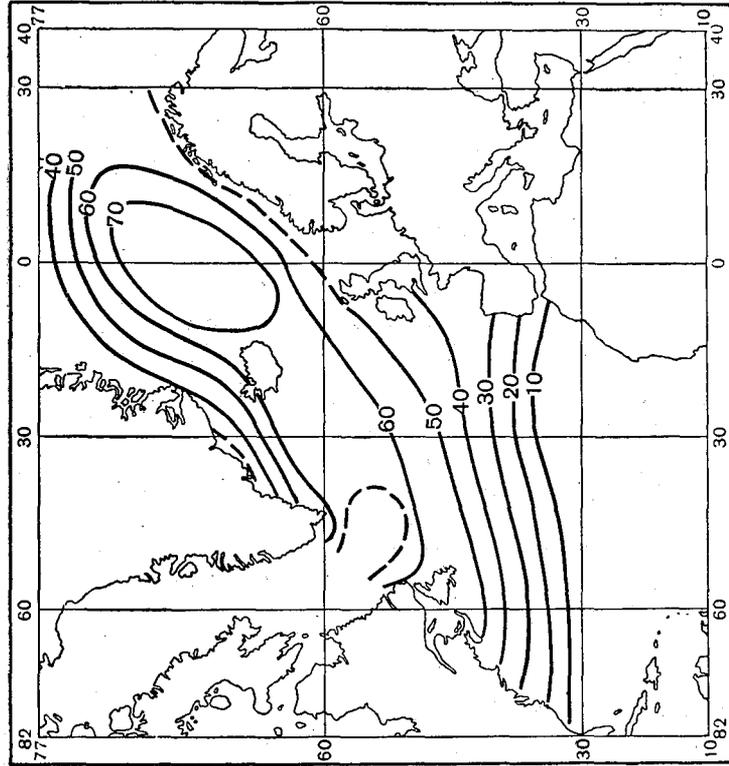


Рис. 2. Повторяемость (%) зон возможного облечения самолетов в облаках нижнего яруса. (Количество облачности 7—10 баллов при температуре в облаках от 0 до  $-10^{\circ}$ .) Январь.

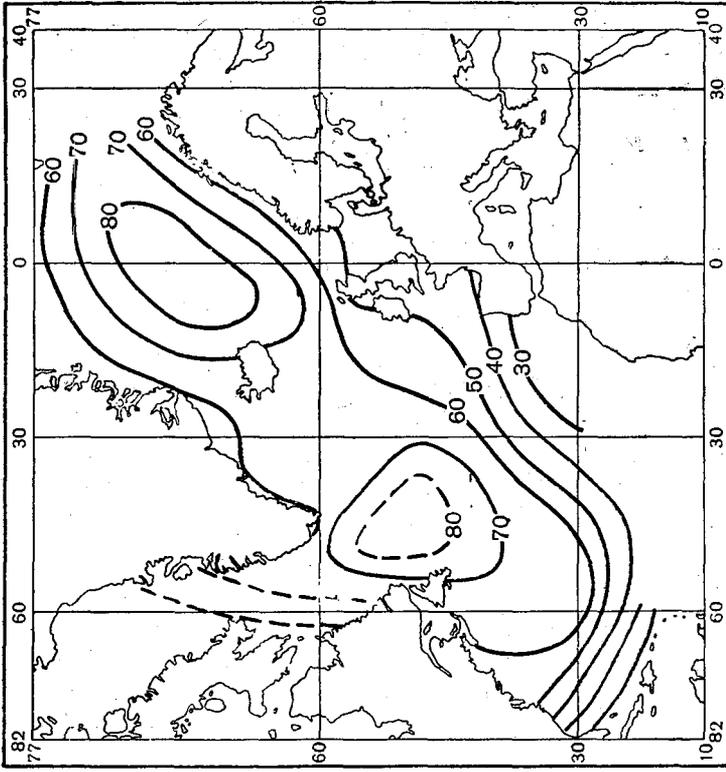


Рис. 3. Повторяемость (%) зон возможного облечения самолетов в облаках нижнего и среднего ярусов. (Количество нижней и средней облачности не менее 7 баллов при температуре в облаках от 0 до  $-10^{\circ}$ .) Январь.

пасмурного неба, обусловленных интенсивной циклонической деятельностью в этих районах.

В январе повторяемость зон возможного обледенения в зоне максимума, расположенного вблизи Исландии, достигает 70%. Если учесть, что вероятность обледенения винтомоторных самолетов в этих зонах равна около 85%, то действительная вероятность обледенения составит около 60%. Еще больше суммарная вероятность обледенения в облаках нижнего и среднего ярусов. Близки к этим значениям вероятности обледенения самолетов в радиусе расположения второго максимума.

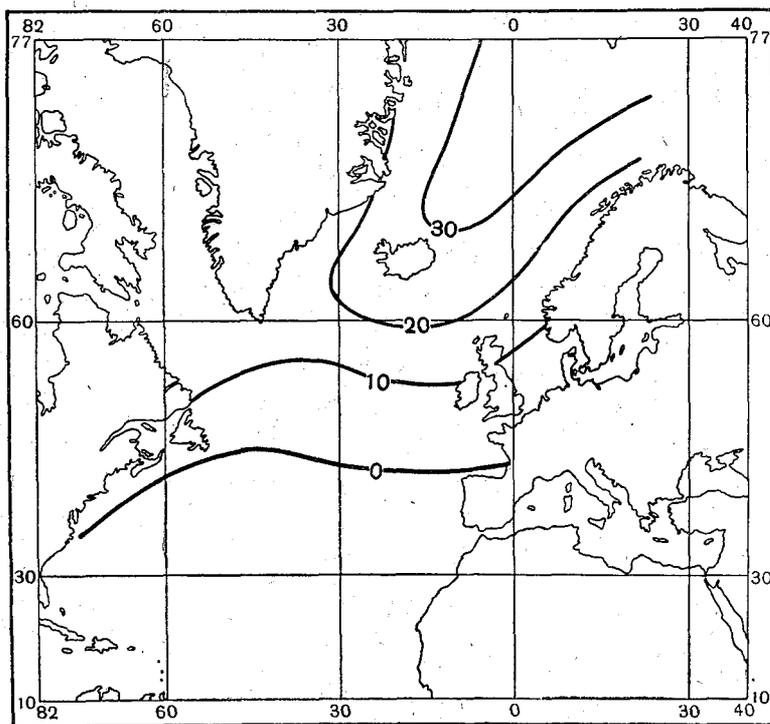


Рис. 4. Повторяемость (%) зон возможного обледенения самолетов в облаках нижнего яруса. Июль.

По направлению к низким широтам вероятность обледенения самолетов уменьшается. Вблизи 30° с. ш., вероятность обледенения в облаках нижнего яруса очень мала, а отрицательная температура в облаках среднего яруса наблюдается с вероятностью 40—50%. Однако вероятность обледенения в этих облаках меньше, чем в облаках нижнего яруса.

Южнее 30° с. ш. обледенение самолетов в облаках нижнего яруса даже в январе наблюдаться не может.

Летом вследствие преобладания положительных температур в облаках максимум повторяемости зон возможного обледенения у южного берега Гренландии не наблюдается. Самая большая повторяемость зон возможного обледенения в облаках нижнего яруса — на крайнем севере океана (немного превосходит 30%). Южнее 50° с. ш. в июле обледенение самолетов в нижнем слое атмосферы невозможно. Маловероятно оно и в пространстве, заключенном между 50 и 60° с. ш. Однако при полетах выше трех километров здесь в отдельных случаях возможна

встреча с зоной обледенения. Обледенение скоростных самолетов в июле над всей Атлантикой еще менее вероятно, чем обледенение винтомоторных самолетов, так как отрицательные температуры в это время года часто бывают близки к  $0^{\circ}$ . Следовательно, полет скоростных самолетов вследствие кинетического нагрева происходит при температуре их поверхности выше  $0^{\circ}$ .

В октябре распределение вероятности зон возможного обледенения над Атлантическим океаном близко к распределению, наблюдаемому в июле, но абсолютные значения повторяемостей выше, чем в июле. Нулевая изолиния их на октябрьской карте проходит южнее, чем на июльской. Максимум повторяемости над северной частью океана достигает 50%.

## ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЛАЧНОСТИ И ЗОН ВОЗМОЖНОГО ОБЛЕДЕНЕНИЯ САМОЛЕТОВ НАД СЕВЕРНОЙ ЧАСТЬЮ ТИХОГО ОКЕАНА В ИЮЛЕ И ОКТЯБРЕ

В статье дается распределение вероятностей зон возможного обледенения самолетов и пасмурного неба по нижней облачности, а также по облачности нижнего и среднего ярусов над северной частью Тихого океана в июле и октябре.

Для расчета вероятностей использованы данные наблюдений за период МГГ и МГС. В качестве критерия зон возможного обледенения принят комплекс — пасмурное небо и отрицательная температура в облаках. Показаны районы, наиболее опасные в отношении обледенения.

Для расчета вероятностей зон возможного обледенения самолетов и некоторых характеристик облачности над северной частью Тихого океана использованы аэрологические и синоптические материалы наблюдений за период Международного геофизического года (МГГ) и года Международного геофизического сотрудничества (МГС). Мы располагаем очень малым количеством данных наблюдений над обледенением самолетов над океанами, поэтому нельзя вычислить вероятность обледенения, однако, по данным наблюдений, проводившихся в период МГГ и МГС, оказалось возможным вычислить вероятность метеорологических условий, при которых наиболее вероятно обледенение, или, иначе говоря, рассчитать вероятности зон возможного обледенения самолетов. В работе [2] показано, что комплекс — пасмурное небо и отрицательная температура в облаках — является наилучшим критерием для выявления зон обледенения самолетов. Нами [8] была проведена оценка этого комплекса и некоторых других комплексов по данным самолетных зондирований двух пунктов, расположенных в областях морского климата. Оказалось, что вероятность обледенения самолетов при полете в облаках с отрицательной температурой воздуха равна около 75%. При других комплексах — различные сочетания температуры и влажности, — использованных американскими метеорологами для выявления зон возможного обледенения над океанами [11, 12, 13], эта вероятность гораздо меньше. Поэтому для расчета вероятности зон возможного обледенения самолетов над северной частью Тихого океана, так же как и в работе [5], был использован комплекс — пасмурное небо при отрицательной температуре в облаках. Кроме того, были рассчитаны вероятности пасмурного неба по облачности нижнего и среднего ярусов независимо от температуры. Расчеты тех и других вероятностей произведены для двух месяцев — июля и октября. Для этих двух месяцев обработаны данные

МГГ и МГС за трехлетний период (1957—1959 гг.). В этот период аэрологические наблюдения производились два раза в сутки: в 00 и 12 час. по Гринвичу. Список аэрологических станций, наблюдения которых использованы для расчета вероятностей, приводится в табл. 1, положение их указано на карте рис. 1. По карте видно, что станции размещены по территории океана неравномерно. Хуже всего освещена юго-восточная часть океана и наблюдения на станциях в этом районе проводились нерегулярно. Поэтому полученные характеристики климата свободной атмосферы для указанного района следует считать ориентировочными.

Таблица 1

Список станций и число наблюдений на них по месяцам

№ п/п	Станция	№		Станция	№		
		Июль	Октябрь		Июль	Октябрь	
1	Сингапур, аэропорт . . .	90	92	27	Анадырь . . . . .	168	150
2	Джакарта . . . . .	90	43	28	Угольная, бухта . . . . .	176	166
3	Гонконг . . . . .	123	124	29	Мидуэй . . . . .	172	172
4	Тайбей . . . . .	115	114	30	Адак . . . . .	174	176
5	Себу . . . . .	114	101	31	Провидения, бухта . . . . .	182	168
6	Мозалло . . . . .	124	124	32	Кантон, остров . . . . .	186	186
7	Озэн . . . . .	121	124	33	Св. Павла, остров . . . . .	184	186
8	Надзэ . . . . .	185	185	34	Джонстон, остров . . . . .	153	146
9	Владивосток . . . . .	185	182	35	Ном . . . . .	186	186
10	Корор . . . . .	92	95	36	Колд-Бей . . . . .	186	184
11	Аян . . . . .	185	182	37	Бетел . . . . .	181	133
12	Хакидзодзима . . . . .	130	186	38	Лихуэ . . . . .	186	186
13	Иводзима . . . . .	184	183	39	Кадьяк . . . . .	186	183
14	Александровск-Сахалин- ский . . . . .	185	185	40	Анкоридж . . . . .	184	186
15	Южно-Сахалинск . . . . .	185	185	41	Кэсэди-филд . . . . .	78	92
16	Охотск . . . . .	174	176	42	Корабль, океаническая ст. Р . . . . .	62	62
17	Гуам . . . . .	186	186	43	Корабль, океаническая ст. N . . . . .	185	179
18	Немуро . . . . .	182	183	44	Якутат . . . . .	182	182
19	Лаэ . . . . .	55	56	45	Аннет, остров . . . . .	185	184
20	Симушир . . . . .	170	167	46	Порт-Харди . . . . .	185	185
21	Петропавловск-Камчат- ский . . . . .	186	184	47	Татуш, остров . . . . .	185	183
22	Эниветок . . . . .	184	178	48	Окленд . . . . .	185	186
23	Корабль, океаническая ст. V . . . . .	185	186	49	Лос-Анжелес . . . . .	180	186
24	Корф . . . . .	185	178	50	Масатлан . . . . .	29	38
25	Беринга, остров . . . . .	107	144	51	Гуаякиль . . . . .	35	31
26	Уэйк, остров . . . . .	185	186	52	Албрук . . . . .	172	171

Данные об облачности и температуре воздуха на высотах по наблюдениям 52 аэрологических станций, указанных в табл. 1, заимствованы в Мировом центре данных МГГ, где они имеются в виде микрокарт. На одной микрокарте помещены наземные и высотные данные по температуре и влажности воздуха, количеству, форме и высоте облачности, что дает возможность определить, на какой высоте над рассматриваемой территорией может наблюдаться зона возможного обледенения. При расчете вероятностей учитывалось распределение облачности нижнего и среднего ярусов, а температура в облаках бралась по градациям от 0 до  $-10^{\circ}$ , от  $-10$  до  $-20^{\circ}$  и ниже  $-20^{\circ}$ . Небо считалось пасмурным

при наличии облачности нижнего или среднего ярусов не менее 7 баллов. По данным МГГ и МГС нельзя выделить пасмурное небо по количеству облачности 8—10 баллов, как принято в климатологии, в силу того что количество облачности 7—8 баллов на микрокартах зашифровано одной цифрой. Пасмурным небо считалось и в том случае, когда отмечался сплошной туман или наблюдались осадки.

Расчет вероятности комплекса — пасмурное небо и отрицательная температура в облаках — проводился по схеме, разработанной М. В. Завариной и опубликованной в работе [7], т. е. были рассчитаны вероятности пасмурного неба по облачности нижнего яруса при температуре

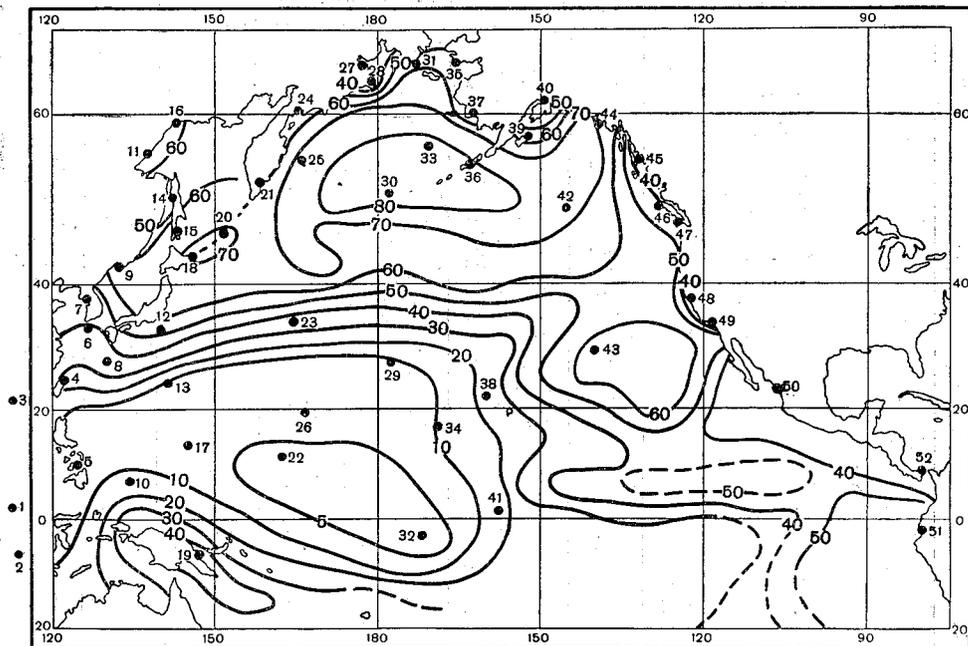


Рис. 1. Вероятность пасмурного неба 7—10 баллов по облачности нижнего яруса. Июль.

в облаках от 0 до  $-10^{\circ}$ , от  $-10$  до  $-20^{\circ}$  и ниже  $-20^{\circ}$  и суммарная вероятность (по облачности нижнего и среднего ярусов) по тем же градиентам температуры воздуха в облаках.

В табл. 2 приводятся результаты расчетов. В этой таблице:  $P_1$  — вероятность пасмурного неба 7—10 баллов по облачности нижнего яруса,  $P_2$  — вероятность пасмурного неба 7—10 баллов по облачности нижнего и среднего ярусов,  $P_1'$  — вероятность зон возможного обледенения в облаках нижнего яруса (вероятность пасмурного неба по облачности нижнего яруса при наличии температуры в облаках от 0 до  $-10^{\circ}$ ),  $P_2'$  — вероятность зон возможного обледенения в облаках нижнего и среднего ярусов (вероятность пасмурного неба по облачности нижнего и среднего ярусов при наличии температуры в облаках от 0 до  $-10^{\circ}$ ). Для удобства анализа географического распределения рассчитанных вероятностей построены карты характеристик климата свободной атмосферы. В данной статье приводятся только три из этих карт (рис. 1, 2, 3).

Повторяемость пасмурного неба 7—10 баллов и вероятность зон  
возможного облечения

Номера станций п/д	Июль				Октябрь			
	$P_1$	$P_2$	$P_1'$	$P_2'$	$P_1$	$P_2$	$P_1'$	$P_2'$
1	1	21	0	2	0	30	0	1
2	3	34	0	9	12	19	0	5
3	33	46	0	13	26	40	0	6
4	26	36	0	17	53	58	0	12
5	3	57	0	6	3	59	0	6
6	36	42	0	1	19	26	1	7
7	48	64	0	14	23	38	3	13
8	37	45	0	8	51	61	0	24
9	62	65	0	9	25	28	10	18
10	12	54	0	38	1	28	0	13
11	69	71	1	7	26	27	20	20
12	58	73	0	15	45	61	0	23
13	6	9	0	1	8	9	0	1
14	39	50	0	14	30	37	23	28
15	68	69	0	14	40	42	18	23
16	65	66	3	10	22	22	17	17
17	6	14	0	6	10	24	0	9
18	71	80	1	18	38	46	8	24
19	42	82	0	18	12	57	0	16
20	72	74	1	5	43	45	20	23
21	60	62	2	12	39	47	30	34
22	4	14	0	9	5	26	0	16
23	37	56	0	14	35	49	0	10
24	55	59	5	13	35	38	29	30
25	77	78	1	5	60	60	39	41
26	7	14	0	3	6	20	0	6
27	31	37	4	17	32	34	23	24
28	28	36	6	16	59	62	45	46
29	8	17	0	3	26	32	0	3
30	85	90	12	23	72	78	47	55
31	56	58	10	16	54	56	44	46
32	1	4	0	2	1	3	0	2
33	86	90	15	26	69	76	52	58
34	10	16	0	2	8	14	0	3
35	53	61	9	20	52	62	44	48
36	81	90	24	38	45	59	36	44
37	49	70	14	37	30	44	21	29
38	25	35	0	2	21	31	0	4
39	57	73	22	37	44	55	34	41
40	39	65	22	53	30	51	27	39
41	15	33	0	4	5	15	0	7
42	71	89	2	16	52	63	5	14
43	68	69	0	2	44	49	0	2
44	66	74	27	38	54	63	42	48
45	32	51	14	35	51	65	33	47
46	44	58	10	24	47	68	15	33
47	48	57	5	14	38	55	10	23
48	32	35	0	2	16	24	1	5
49	36	40	0	3	27	32	1	6
50	61	64	0	5	34	37	0	8
51	53	54	0	3	53	53	0	1
52	2	5	0	2	6	17	0	1

В распределении вероятности пасмурного неба над рассматриваемой территорией можно отметить следующие особенности.

В июле наибольшая вероятность пасмурного неба наблюдается в северных и северо-западных районах океана. Над островами Прибылова она выше 80% по нижней облачности и 90% по суммарной (по облачности нижнего и среднего ярусов), над Курильскими островами — 70—80%. К югу вероятность пасмурного неба уменьшается и в районе островов Феникса по облачности нижнего и среднего ярусов составляет около 5%. Однако в юго-западной части океана, у островов Палау, а также у северо-западного побережья Южной Америки наблюдается повышенная вероятность пасмурного неба по нижней облачности и по

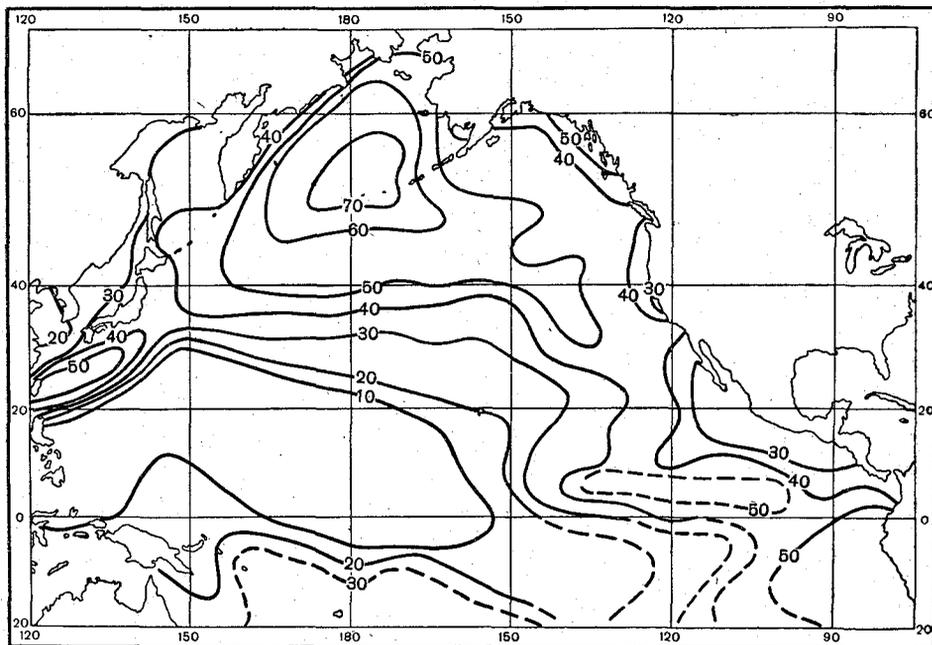


Рис. 2. Вероятность пасмурного неба 7—10 баллов по облачности нижнего яруса. Октябрь.

облачности нижнего и среднего ярусов. В этих районах и в районе Филиппинских островов вероятность по облачности нижнего и среднего ярусов увеличивается до 60—80%.

В октябре максимальные и минимальные вероятности пасмурного неба наблюдаются в тех же районах, что и в июле, как по облачности нижнего яруса, так и по суммарной облачности. Над Алеутскими островами суммарная вероятность составляет более 70%, а в районе островов Феникса менее 5%. Однако в октябре, в отличие от июля, над Курильскими островами район значительной вероятности пасмурного неба не выделяется, а у о. Тайвань и в группе островов Нансей вероятность пасмурного неба в октябре по сравнению с июлем возрастает.

Наличие облаков среднего яруса учитывалось лишь при отсутствии облаков нижнего яруса. Поэтому суммарная вероятность значительно возрастает в тех районах, где редко наблюдается облачность нижнего яруса, и суммарная вероятность мало отличается от вероятности пасмурного неба по нижней облачности там, где вероятность пасмурного неба по нижней облачности велика. Так, в северных районах, примерно

до 35—40° с. ш., увеличение суммарной вероятности по сравнению с вероятностью пасмурного неба по нижней облачности редко превышает 10—20%. Южнее 35° с. ш., в основном вблизи экватора, величина вероятности пасмурного неба по нижней и средней облачности в 2—3 раза больше вероятности пасмурного неба по нижней облачности. В этих районах крайне редко наблюдается пасмурное небо по нижней облачности.

Следует отметить, что распределение вероятности пасмурного неба по облачности нижнего яруса, полученное нами и представленное на картах американского морского климатического атласа [11], в основном

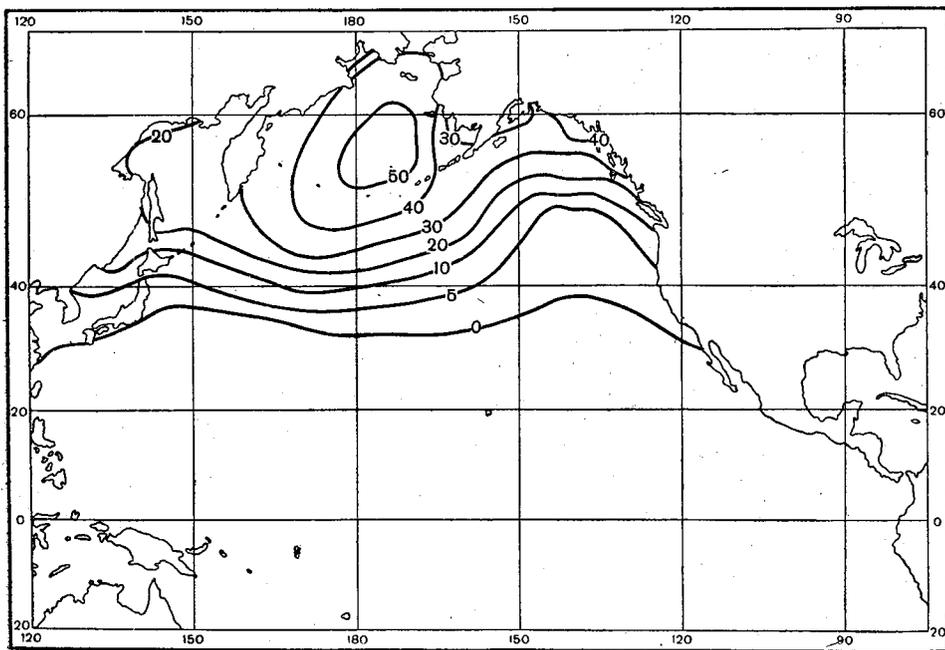


Рис. 3. Вероятность зон возможного обледенения самолетов в облаках нижнего яруса (вероятность пасмурного неба 7—10 баллов по облачности нижнего яруса при наличии температуры в облаках от 0 до  $-10^{\circ}$ ). Октябрь.

согласуется. Максимальная вероятность пасмурного неба оказалась в одних и тех же районах, что, по-видимому, объясняется устойчивостью атмосферных процессов, которыми обусловлено наличие облаков нижнего яруса.

А. И. Соркиной [10] по синоптическим картам было выделено несколько типов атмосферной циркуляции над северной частью Тихого океана и построены карты типовых синоптических положений.

Оказалось, что в июле наибольшая повторяемость приходится на летние типы атмосферной циркуляции. В этот период активная циклоническая деятельность наблюдается в юго-западной части Тихого океана на южно-азиатской ветви тропического фронта, а также в северо-западной и северной частях океана на полярном фронте. В указанных районах отмечается повышенная вероятность облачности нижнего и среднего ярусов. Южнее п-ова Аляска возникает обширная квазистационарная депрессия, и вероятность пасмурного неба здесь максимальная.

В октябре большая вероятность облачности объясняется усилением циклонической деятельности в северных и северо-западных районах на полярном фронте. Над Японским морем в этот период располагается отрог высокого давления (часть азиатского антициклона), и вероятность пасмурного неба по сравнению с июлем уменьшается до 30—40%. В центральной части океана в области субтропического антициклона как в июле, так и в октябре — наименьшая вероятность пасмурного неба.

При оценке отдельных районов северной части Тихого океана в отношении опасности обледенения самолетов учитывалось распределение вероятностей зон возможного обледенения как в облаках нижнего яруса, так и в облаках среднего яруса.

В июле решающее влияние на распределение вероятностей зон возможного обледенения самолетов оказывает распределение температуры в свободной атмосфере. В этот период на значительной части рассматриваемой территории в нижнем трехкилометровом слое атмосферы преобладают температуры выше 0°. Поэтому вероятность пасмурного неба по нижней облачности при отрицательной температуре в облаках равна нулю. В северных районах отрицательные температуры в облаках ниже —10° не наблюдались. На широтах 45—50° с. ш. в июле наблюдается лишь отдельные случаи отрицательной температуры в облаках от 0 до —10°, и вероятность комплекса обычно не превышает 5%. К северу от 50° с. ш. и особенно к северо-востоку вероятность зон возможного обледенения по нижней облачности увеличивается и над зал. Аляска составляет около 30%.

Суммарная вероятность пасмурного неба с отрицательной температурой в облаках от 0 до —10° над большей частью территории океана значительно превышает вероятность пасмурного неба с отрицательными температурами в облаках от —10 до —20° и ниже —20°. Наибольшей суммарной вероятностью зон возможного обледенения наблюдается у северо-восточного побережья Северной Америки (свыше 50%). Значительна она также в районе зал. Аляска, Алеутских островов и островов Палау (35—40%). Южнее 30° с. ш. и восточнее 170° в. д. обледенение маловероятно.

В октябре значения вероятностей зон возможного обледенения в облаках нижнего яруса гораздо больше, чем в июле, что связано с понижением температуры воздуха. Однако и в октябре наблюдалось лишь несколько случаев пасмурного неба при температурах в облаках от —10 до —20° и ниже —20°. Необходимо отметить, что вероятность комплекса — пасмурное небо и отрицательная температура в облаках от —10 до —20 и ниже —20° — несколько занижена, так как комплекс определялся лишь в нижнем слое облаков нижнего и среднего ярусов, где преобладают температуры от 0 до —10°, т. е. учитывалось начало зоны возможного обледенения.

Максимальная вероятность зон возможного обледенения в октябре в нижнем ярусе наблюдается в районе Берингова моря, где она превышает 50%. Значительна эта вероятность в районе зал. Аляска (более 40%), к югу она уменьшается и южнее 30° с. ш. повсюду равна нулю.

В октябре величина суммарной вероятности пасмурного неба с отрицательной температурой в облаках от 0 до —10°, как и в июле, существенно превышает вероятность пасмурного неба с отрицательными температурами в облаках ниже —10° над многими районами океана. Наиболее опасной зоной в отношении обледенения в октябре являются центральная и восточная части Берингова моря, где вероятность зон возможного обледенения составляет более 60%. Не менее опасен

район зал. Аляска, где вероятность пасмурного неба при температуре в облаках от 0 до  $-10^{\circ}$  равна около 50%, а при любой отрицательной температуре свыше 50%. В центральной и юго-восточной частях океана вероятность зон возможного обледенения обычно не превышает 5%. Увеличена эта вероятность в юго-западной части океана, где она превышает до 50%.

### Выводы

1. По данным систематических аэрологических наблюдений 52 станций в период МГГ и МГС для июля и октября получены следующие климатические характеристики северной части Тихого океана: 1) вероятности пасмурного неба по облачности нижнего яруса, 2) вероятности пасмурного неба по облачности нижнего и среднего ярусов, 3) вероятности зон возможного обледенения самолетов.

2. Наибольшая вероятность пасмурного неба по облачности нижнего яруса, а также суммарная вероятность как в июле, так и в октябре наблюдается в районе Алеутских островов, островов Прибылова и южнее п-ова Аляска, а наименьшая вероятность — в центральной части океана, у экватора.

3. В июле в нижнем трехкилометровом слое в облаках нижнего яруса над большей частью рассматриваемой территории обледенение самолетов не наблюдается. Максимальная вероятность зон возможного обледенения в этом слое наблюдается на северо-восточном побережье Северной Америки и составляет около 30%.

4. Суммарные вероятности зон возможного обледенения (в облаках нижнего и среднего ярусов) в июле являются наибольшими над северо-восточным побережьем Северной Америки и над островами Палау. В этих районах они достигают 35—50%.

5. В октябре по опасности обледенения выделяются районы Берингова моря и зал. Аляска. Здесь вероятность зон возможного обледенения равна 50—60%.

6. Как в июле, так и в октябре обледенение самолетов в центральных районах океана во всем шестикилометровом слое маловероятно.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Алисов Б. П., Берлин И. А., Михель В. М. Курс климатологии, ч. III. Гидрометеоздат, Л., 1954.
2. Боровиков А. М., Заварина М. В., Пчелко И. Г., Мазин И. П. Прогноз обледенения самолетов. Сб. методических указаний по авиационной метеорологии под ред. И. Г. Пчелко. Гидрометеоздат, Л., 1959.
3. Зах Е. Г. Характеристика внутримассовой инверсионной облачности по материалам самолетных подъемов. Метеорол. и гидрол., № 5, 1938.
4. Заварина М. В. Фазовое строение облаков и обледенение самолетов. Труды ГГО, вып. 82, 1958.
5. Заварина М. В. Повторяемость зон возможного обледенения самолетов над северной частью Атлантического океана. См. наст. сб.
6. Заварина М. В., Курбатова А. В. Аэроклиматические характеристики верхней границы облаков. Труды НИИАК, вып. 14, 1961.
7. Заварина М. В., Бычкова А. Т. Повторяемость условий возможного обледенения самолетов. Сб. «Методы климатологической обработки метеорологических наблюдений». Под ред. О. А. Дроздова. Гидрометеоздат, Л., 1957.
8. Ковалева Т. Е. К методике расчета вероятности зон возможного обледенения самолетов над морями и океанами. Труды ГГО, вып. 161, 1964.
9. Риль Г. Тропическая метеорология. Под ред. А. С. Чаплыгиной. ИЛ, М., 1963.
10. Соркина А. И. Типы атмосферной циркуляции и связанных с ней ветровых полей над северной частью Тихого океана. Гидрометеоздат, М., 1963.
11. U. S. Navy Marine climatic atlas of the world, vol. II. North Pacific ocean. Washington, 1956.
12. U. S. Navy Marine climatic atlas of the world, vol. III. Indian ocean, 1957.
13. U. S. Navy Marine climatic atlas of the world, vol. V. South Pacific ocean, 1959.

## ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕКТОРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ВЕТРА С ВЫСОТОЙ НАД ТЕРРИТОРИЕЙ СССР

Рассматриваются вероятности различных изменений вектора ветра с высотой, рассчитанные для километровых слоев до высоты 14—16 км по данным радиолокационных наблюдений над ветром в различных районах СССР. Проводится сравнение вероятности различных векторных изменений ветра с вероятностью малых значений уточненного числа Ричардсона.

В работе [3] приведены табличные данные, характеризующие распределение вероятности изменений вектора ветра с высотой (вертикальных сдвигов ветра) более заданных пределов (более 4, 8, 12, 16 и 20 м/сек. на 1 км). Они рассчитаны для четырех месяцев (январь, апрель, июль, октябрь) по радиолокационным (радиотеодолитным) наблюдениям аэрологических станций СССР за период 3—5 лет. Вероятности вертикальных сдвигов ветра по градациям через 2 м/сек. на 1 км, по данным нескольких станций, приводятся в приложении к данной статье.

В работе [3] приводятся также вероятности малых значений уточненного числа Ричардсона, рассчитанные для тех же месяцев и за тот же период по данным радиозондовых наблюдений 32 станций. В данной статье дается краткий анализ как опубликованных табличных данных, так и приводимых в приложении.

Для расчета вероятностей был выбран единый период наблюдений с 1952 по 1957 г., однако однородность периода сохранить не удалось, так как некоторые станции в 1952 г. наблюдения проводили недостаточно регулярно. Результат таких наблюдений нельзя было использовать в данной работе. По арктическим станциям имелась возможность использовать наблюдения только за три года (1958—1960 гг.).

Чтобы судить о степени надежности расчетов, проведенных по трехлетнему периоду наблюдений, а также о сравнимости вероятностей различных сдвигов ветра, рассчитанных за разные по длине периоды, для некоторых пунктов СССР были вычислены рассматриваемые вероятности за периоды три, пять и семь лет. Для этой цели в дополнение к основному периоду использовались наблюдения за 1958—1960 гг.

В качестве примера в табл. 1 приводятся вероятности сдвигов ветра более 4 м/сек. и более 12 м/сек., рассчитанные по трехлетнему (1955—1957 гг.), пятилетнему (1955—1959 гг.) и семилетнему (1955—1961 гг.) периодам наблюдений аэрологических станций Якутск, Ташкент, Красноярск.

В таблице даны указанные вероятности по слоям, расположенным в стратосфере. В этих слоях число наблюдений значительно меньше,

Вероятности вертикальных сдвигов ветра более 4 м/сек. и более 12 м/сек на 1 км

$\frac{\Delta v}{\Delta z}$ на 1 км	Слой атмосферы (км) и периоды наблюдений (число лет)								
	11—12			13—14			15—16		
	3	5		3	5		3	7	
	Якутск			Ташкент			Красноярск		
	Январь								
$\geq 4$	44	34		49	36		47	40	
$\geq 12$	6	3		6	3		1	0	
	67	58		55	47		36	37	
	8	8		9	7		3	4	
	60	58		54	63		56	51	
	13	11		6	6		7	9	
	Апрель								
$\geq 4$	31	23		22	20		24	17	
$\geq 12$	8	2		6	3		4	2	
	60	49		48	46		35	29	
	10	4		8	5		3	2	
	56	53		48	43		23	28	
	7	7		9	8		3	3	
	Июль								
$\geq 4$	51	46		35	34		27	19	
$\geq 12$	5	8		5	4		4	2	
	54	58		44	56		51	57	
	7	11		8	10		8	10	
	55	52		34	31		22	22	
	10	8		4	2		2	1	
	Октябрь								
$\geq 4$	36	36		39	29		27	19	
$\geq 12$	8	3		3	2		2	2	
	54	57		56	52		46	45	
	4	7		5	7		2	5	
	59	59		46	41		38	33	
	12	11		7	7		7	4	

чем в тропосфере, поэтому расхождения в вероятностях, полученных по разным периодам, должны быть наиболее существенными.

Однако из таблицы видно, что даже в высоких слоях атмосферы расхождения в величинах вероятностей, полученных по трехлетнему и пятилетнему периодам наблюдений, оказались небольшими.

Абсолютные значения вероятностей векторных изменений ветра более 4 м/сек. на 1 км, рассчитанные по трехлетнему и пятилетнему периодам наблюдений, в преобладающем большинстве случаев отличаются не более чем на 10%, причем они, как правило, сравнимы с расхождениями в величинах вероятностей, полученных по пятилетнему и семилетнему периодам.

Результаты проведенных сравнений показывают, что общие закономерности изменения вероятностей различных векторных сдвигов ветра с высотой достаточно хорошо выявляются по трехлетнему периоду наблюдений. (К такому же выводу можно прийти, сравнивая графики рис. 3: первый из графиков построен по трехлетнему периоду наблюдений, второй — по пятилетнему.)

При анализе табличных данных и представленных ниже графиков следует иметь в виду, что вероятности различных изменений вектора ветра с высотой отнесены к километровым слоям. Однако расчет их не всегда производился по километровым слоям. В отдельных случаях при отсутствии данных о ветре на одной из стандартных высот расчеты производились по двухкилометровым слоям. Такие случаи редки и встречались только в высоких слоях атмосферы, поэтому они не могли оказать существенного влияния на результаты расчетов.

Более заметно на величине вероятности больших векторных сдвигов сказывается изменение толщины нижнего слоя атмосферы (первого слоя  $h-1$ , указанного в приложении). Толщина этого слоя определялась как разность между высотой один километр и высотой станции над уровнем моря, следовательно, она для разных пунктов Советского

Союза неодинакова. Скорость ветра в нижнем слое атмосферы быстро возрастает с высотой вследствие уменьшения трения, и ветер под действием силы Кориолиса поворачивает вправо. Чем тоньше рассматриваемый нижний слой атмосферы, тем больше в нем вероятность больших векторных сдвигов. Поэтому по данным ст. Алма-Ата, например, расположенной на высоте 848 м над уровнем моря, получается значительная вероятность больших сдвигов ветра в нижнем слое атмосферы и резкое уменьшение ее в следующем слое. В данном случае слой, прилегающий к земле, имеет толщину около 150 м, а следующий — 1000 м. Если рассчитать вероятность больших сдвигов ветра для нижнего километрового слоя, то, очевидно, она будет гораздо меньше, чем для слоя, толщина которого 150 м.

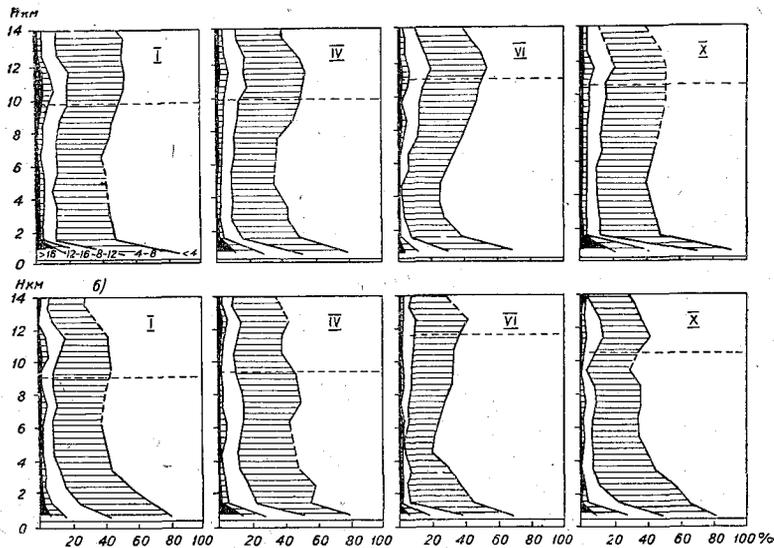


Рис. 1. Распределение вероятностей различных векторных изменений ветра с высотой по сезонам.

а) Москва, б) Иркутск.

Следует также иметь в виду, что на распределение вероятностей различных векторных сдвигов ветра в нижнем слое значительное влияние оказывают местные условия (местонахождение аэрологической станции, защищенность флюгера и т. д.). Следовательно, это распределение характеризует условия только вблизи данной станции и не является характерным для данного района.

Отметим некоторые основные особенности распределения вероятностей различных изменений вектора ветра с высотой, которые являются общими для всех районов Советского Союза. Одна из этих особенностей — общая закономерность изменения с высотой вероятности вертикальных сдвигов более 4 м/сек. и более 8 м/сек. на 1 км, т. е. максимумы и минимумы их наблюдаются в одних и тех же слоях атмосферы. Это хорошо видно на нижеприведенных графиках (рис. 1). Кривые распределения вероятностей сдвигов более 12 м/сек. и более 16 м/сек. на 1 км в отдельных районах не являются аналогичными с кривыми распределения вышеуказанных сдвигов. Однако это различие, по-видимому, в значительной степени является следствием неточности расчетов из-за недостаточного числа наблюдений при больших сдвигах ветра,

особенно в высоких слоях атмосферы. Поэтому при анализе изменений вероятностей больших сдвигов ветра с высотой не представляется возможным детально рассматривать каждую из градаций отдельно.

Наибольшие значения вероятности больших векторных сдвигов, как правило, наблюдаются в нижнем, прилегающем к Земле, слое атмосферы. Эта особенность отмечается во все сезоны и даже в тех районах, где высота станции над уровнем моря невелика и толщина приземного слоя немного меньше километра. С высотой вероятность больших сдвигов уменьшается и в слое 3—4 км или 4—5 км над поверхностью земли достигает минимума. В этом слое в июле векторные изменения ветра более 16 м/сек. на 1 км не наблюдаются, а в остальные месяцы вероятность их не превышает 2—3%. Выше 5—6 км вероятность больших векторных сдвигов ветра возрастает.

В слое 9—10 км или несколько выше наблюдается второй максимум вероятности, величина которого обычно меньше величины первого максимума. Только в отдельных районах (по данным станций Ашхабад, Баку, Петропавловск-Камчатский) в июле она достигает той же величины, что и в первом слое. Выше этого максимума во всех районах и во все сезоны отмечается уменьшение вероятности больших сдвигов ветра с высотой. Это уменьшение происходит до высоты 12—14 км, а в большинстве районов до 16 км (предельная высота, до которой производились расчеты).

Для выявления общих черт и различий в распределении вероятностей в зависимости от сезона рассмотрим графики, представленные на рис. 1. Они построены по данным станций Москва и Иркутск, расположенных в различных географических районах. На этих станциях за период 1953—1957 гг. наблюдения над ветром проводились более регулярно, чем в других пунктах СССР.

Кривые распределения вероятностей векторных сдвигов ветра, представленные на рис. 1, очень незначительно сглажены. На сглаженных участках они даны пунктиром. В нижней части графиков горизонтальной линией указана высота станции над уровнем моря. Горизонтальная прерывистая линия указывает среднюю высоту нижней границы тропопавузы.

Отмеченная выше общая закономерность изменения вероятности различных векторных сдвигов ветра с высотой проявляется на всех графиках рис. 1, т. е. она свойственна каждому сезону в обоих географических районах. Сходны в обоих районах и сезонные различия. Так, максимальные вероятности сдвигов ветра более 8 м/сек. на 1 км в нижнем слое атмосферы в том и другом районе наблюдаются в октябре и январе, минимальные — в июле. Минимумы вероятностей больших вертикальных сдвигов ветра в средней тропосфере в обоих районах наиболее хорошо выражены в июле. Поэтому на июльских графиках хорошо выражен и второй максимум вероятности больших векторных сдвигов ветра. Величины второго максимума больших сдвигов ветра являются довольно близкими во все сезоны: вероятность сдвигов более 4 м/сек. и более 8 м/сек. на 1 км составляет около 55% и около 20% соответственно.

Таким образом, сезонные различия в распределении вероятности различных сдвигов ветра существенны только в нижнем слое атмосферы.

Ниже приводятся некоторые особенности распределения вероятностей различных вертикальных сдвигов ветра по территории Советского Союза, т. е. в зависимости от географических условий. Краткий анализ

этих особенностей дается для каждого месяца (среднего для сезона) отдельно.

Январь. В январе по всей территории Советского Союза в нижнем слое атмосферы вертикальные сдвиги ветра более 4 м/сек. на 1 км наблюдаются в 70—90% случаев. Вероятность таких сдвигов в отдельных пунктах (Владивосток, Новосибирск, Свердловск) даже превышает 90%. В этом слое атмосферы вероятность вертикальных сдвигов более 12 м/сек. на 1 км в ряде пунктов превышает 30%.

Несмотря на то что вследствие принятой методики обработки наблюдений на распределении вероятностей вертикальных сдвигов ветра в нижнем слое атмосферы сказывается толщина слоя, для которого они рассчитаны, все же на распределении вероятностей в большей степени отражаются особенности ветрового режима. Так, например, в Алма-Ате, как уже отмечалось, вероятность больших векторных сдвигов ветра в нижнем слое атмосферы завышена по сравнению с вероятностью, получаемой для километровых слоев. Однако она все же здесь меньше, чем в районе Владивостока, где аэрологическая станция расположена на высоте 80 м над уровнем моря. Наименьшая вероятность больших векторных сдвигов ветра в нижнем слое получилась в районе Ашхабада. Здесь вероятность векторных изменений ветра с высотой более 4 м/сек. на 1 км равна 60%, а более 12 м/сек. на 1 км только 6%, что объясняется преобладанием слабых ветров. Действительно, в сроки аэрологических наблюдений в январе средняя скорость ветра у поверхности земли в Ашхабаде составляет 1,7 м/сек. и в нижнем полукилометровом слое возрастает на 2,1 м/сек., тогда как во Владивостоке в это время наблюдались ветры значительной силы (у поверхности земли — 7,4 м/сек., а на высоте 500 м на 2,9 м/сек. больше). Очевидно, что даже при одном и том же вращении ветра с высотой его векторные изменения во Владивостоке будут больше, чем в Ашхабаде. Кроме того, при большой скорости должно наблюдаться более быстрое вращение ветра по мере удаления от поверхности земли, что должно увеличить повторяемость больших вертикальных сдвигов.

По данным ст. Новосибирск, средняя скорость ветра из всех сроков аэрологических наблюдений у поверхности земли составляет 3,4 м/сек., а на высоте 500 м — 8,6 м/сек. Аналогичное распределение скорости ветра с высотой наблюдается в районе Свердловска. Наличие больших сдвигов ветра в нижнем слое атмосферы в основном обусловлено рельефом местности и отражает особенности не общей, а местной циркуляции атмосферы.

Минимальные значения вероятностей больших сдвигов ветра, наблюдаемые во все сезоны года, в средней части тропосферы (3—5 км), как правило, в январе больше, чем в другие месяцы.

Рассматривая распределение вероятностей различных векторных сдвигов ветра по всей территории СССР в январе, можно выделить три типа изменения их с высотой.

Тип 1 характеризуется наличием значительного максимума вероятности больших вертикальных сдвигов в нижнем слое атмосферы и резким уменьшением ее к слою 1—2 км. В слое от 2 до 5—6 км значение вероятности больших сдвигов почти не изменяется или уменьшается очень незначительно, а затем возрастает с высотой. В слое 10—12 км наблюдается второй максимум вероятности больших вертикальных сдвигов ветра, который по величине меньше первого максимума (в нижнем слое). В более высоких слоях уменьшение вероятности больших сдвигов является очень незначительным, поэтому этот второй максимум веро-

ятности на некоторых кривых распределения вероятностей выражен очень слабо.

Примером типа 1 распределения вероятностей является график, построенный по данным наблюдений ст. Москва (рис. 1 а, январь). Такое же распределение вероятностей векторных сдвигов ветра с высотой получилось по данным большинства равнинных станций Европейской и Азиатской территории СССР.

Тип 2 распределения вероятностей различных сдвигов ветра на высотах характеризуется сравнительно плавным (постепенным) уменьшением вероятности больших сдвигов от нижнего до среднего слоя тропосферы. В слое 4—6 км или 4—7 км отчетливо выражен минимум этих

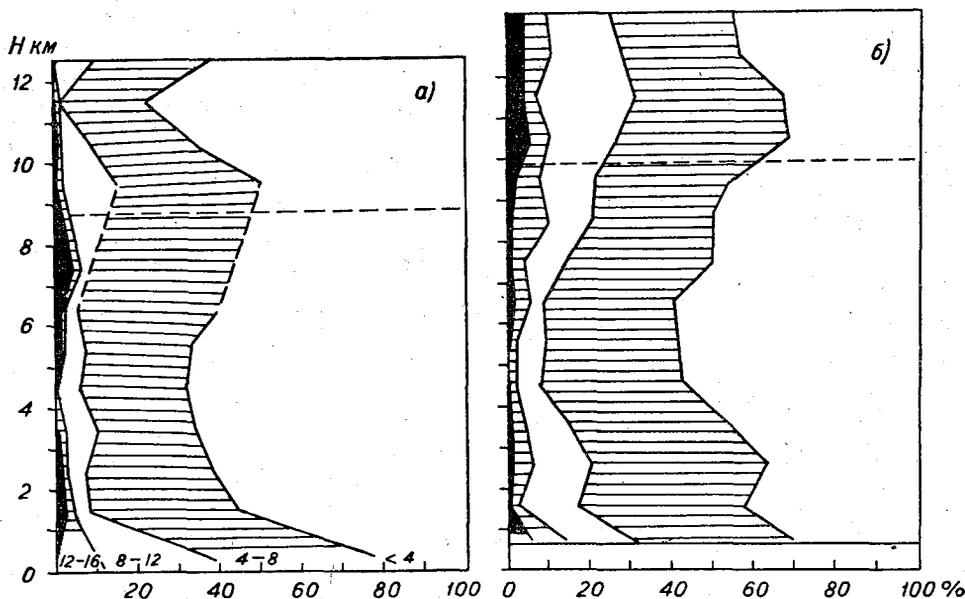


Рис. 2. Распределение вероятностей различных векторных изменений ветра с высотой в январе.

а) Центральный арктический бассейн (СП-6, СП-7), б) Ташкент.

вероятностей и в слое 9—10 км второй максимум. Величина второго максимума меньше величины первого, как и при типе 1 распределения. Однако, в отличие от типа 1 распределения вероятностей, при данном типе этот второй максимум выражен более отчетливо.

Тип 2 распределения вероятностей характерен для арктических районов. В качестве примера на рис. 2 а приводятся кривые изменения вероятностей различных векторных сдвигов с высотой, рассчитанные по наблюдениям двух дрейфующих станций «Северный полюс-6» и «Северный полюс-7».

Тип 3 распределения вероятностей различных вертикальных сдвигов ветра с высотой характерен для горных районов СССР. Он представлен графиком (рис. 2 б), построенным по данным аэрологической ст. Ташкент. Вероятности больших сдвигов ветра в нижнем слое атмосферы в горных районах меньше, чем в равнинных. Эти вероятности несколько уменьшаются в слое 1—2 км, а потом снова возрастают с высотой, образуя второй максимум в слое 2—4 км. Минимум их наблюдается в слое 4—6 км. Таким образом, в нижнем слое атмосферы отмечаются два максимума вероятности больших сдвигов ветра. Первый из них связан

с быстрым изменением скорости и направления ветра с высотой в слое, прилегающем к поверхности земли, второй — с увеличением скорости ветра над горами. Второй максимум над Ташкентом наблюдается в слое 2—3 км над уровнем моря. В этом же слое он отмечается в районе Ашхабада и Тбилиси и несколько выше в Алма-Ате. В районе Петропавловска-Камчатского и Владивостока наблюдается очень незначительное увеличение вероятности больших векторных сдвигов ветра в слое 3—4 км.

При этом типе распределения максимум вероятности больших сдвигов ветра вблизи тропопаузы (третий максимум) выражен очень отчетливо. Величина его в Ташкенте, Ашхабаде, Петропавловске-Камчатском оказывается близкой к величинам первых двух максимумов.

Апрель. В апреле, по данным преобладающего большинства аэрологических станций, распределение вероятностей различных сдвигов ветра получилось однотипным — максимум вероятности в нижнем слое, минимум в слое от 3 до 6—7 км над поверхностью земли и второй максимум в слое 10—12 км. Этот второй максимум в апреле выявляется над Арктикой не хуже, чем в январе, и прослеживается над равнинной территорией СССР (Москва, Рига, Киев, Одесса, Мурманск, Свердловск). Он не обнаруживается над Ленинградом и Хабаровском, что требует проверки на материале более длинного ряда наблюдений. Наиболее характерными для этого типа распределения являются кривые, построенные по наблюдениям в Москве (рис. 1). Точно такое же распределение вероятностей получилось по наблюдениям в Минске и по другим районам, кроме Средней Азии и Кавказа. В горных районах Средней Азии и Кавказа в апреле, как и в январе, наблюдается вторичный максимум больших сдвигов ветра на высоте 3—4 км и более четко, чем над Москвой, выражен максимум вблизи тропопаузы.

Июль. В июле в тропосфере во всех районах СССР вероятность больших сдвигов ветра наименьшая по сравнению с другими месяцами. Особенно редко встречаются векторные сдвиги ветра более 16 м/сек. на 1 км. В самом нижнем слое тропосферы их вероятность в июле в 2—3 раза меньше, чем в январе. В июле, по данным всех станций, хорошо выражен максимум вероятности больших вертикальных сдвигов ветра на больших высотах (вблизи тропопаузы). Значения вероятностей сдвигов более 4 м/сек. и более 8 м/сек. в слое максимума в июле не меньше, чем в другие месяцы. В районе Петропавловска-Камчатского и Одессы этот максимум больше, чем в нижнем слое атмосферы.

В июле отмечается также различие в кривых распределения вероятностей больших вертикальных сдвигов ветра на высотах в зависимости от географических условий.

Наиболее распространенным является распределение вероятностей, подобное тому, которое представлено на рис. 1 *a* (июль) для Москвы. Такое же распределение вероятностей получилось для западных, северо-западных и северных районов Европейской территории СССР, Арктики и значительной части Азиатской территории СССР.

Значительно отличается от представленного на рис. 1 распределение вероятностей над Ташкентом и Тбилиси (рис. 3), а также в районе Алма-Аты. В этих районах четко выделяется максимум вероятности больших сдвигов ветра в слое 3—4 км. В Тбилиси этот максимум по величине превосходит даже максимум, наблюдаемый в приземном слое.

Сходное с этим типом распределение вероятностей получилось над Камчаткой (Петропавловск-Камчатский) и над северным побережьем Черного моря (Одесса); только высотный максимум больших сдвигов

ветра в этих районах расположен выше, чем в Средней Азии и Закавказье.

Октябрь. В октябре вероятность больших сдвигов ветра во всей толще тропосферы больше, чем в июле, но меньше, чем в январе. В некоторых районах вероятность сдвигов более 16 м/сек. на 1 км значительна, особенно в слоях максимума вероятностей больших сдвигов ветра, т. е. в приземном слое и вблизи тропопаузы.

В октябре, как и в январе, четко выделяются три типа распределения вероятностей больших вертикальных сдвигов ветра с высотой.

Распределение вероятностей типа 1, т. е. аналогичное тому, которое представлено на рис. 1 а (Москва, октябрь), получилось по данным

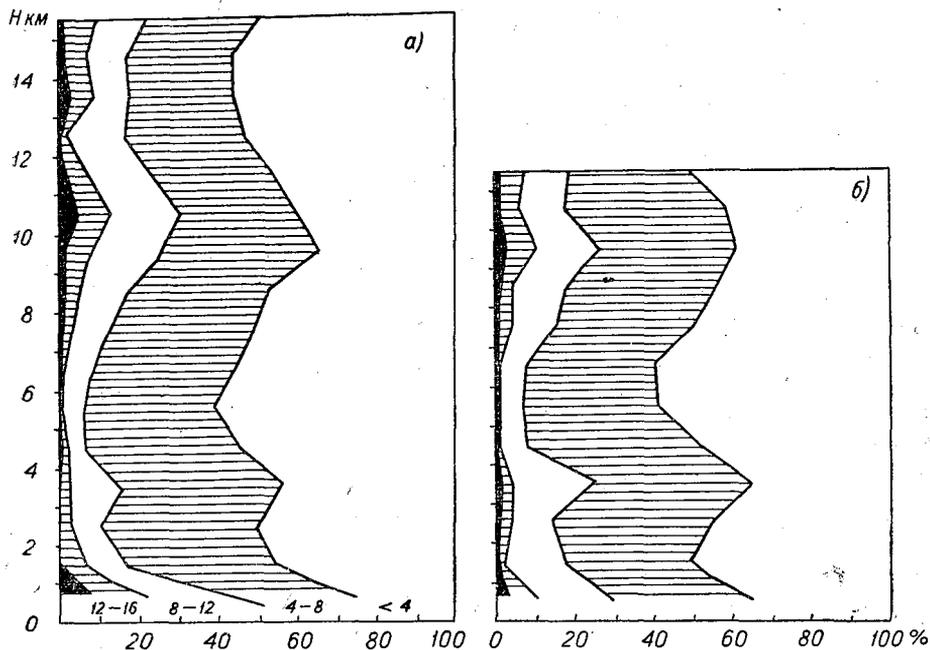


Рис. 3. Распределение вероятностей различных векторных изменений ветра с высотой в июле.

а) Ташкент, б) Тбилиси.

станций, расположенных на равнинной части Европейской территории СССР, а также по данным Якутска, б. Тикси, м. Челюскин, причем минимум вероятности больших сдвигов оказался в слое 3—5 км, а слабо выраженный максимум в слое 10—12 км.

Плавное изменение вероятности больших вертикальных сдвигов ветра с высотой с максимумом в нижнем километровом слое, минимумом в слое 5—6 км и вторым максимумом на высоте 10—12 км (тип 2 распределения вероятностей) выражено в районе Иркутска (см. рис. 1 б) и по данным большинства других станций Азиатской территории СССР, включая центральный и восточный сектор Арктики.

Распределение вероятностей типа 3 характерно для Средней Азии и Закавказья. Вторым максимум больших вертикальных сдвигов оказался в слое 2—3 или 3—4 км, причем по величине он больше первого, наблюдаемого в нижнем слое атмосферы. В указанных районах хорошо выражен минимум вероятности больших сдвигов ветра в слое 4—6 км и максимум вблизи тропопаузы.

В заключение произведем сравнительную оценку распределения максимальных сдвигов ветра с некоторыми другими характеристиками свободной атмосферы.

Известно, что уровень максимальных скоростей ветра находится под тропопаузой, примерно на один километр ниже ее [5]. Под тропопаузой

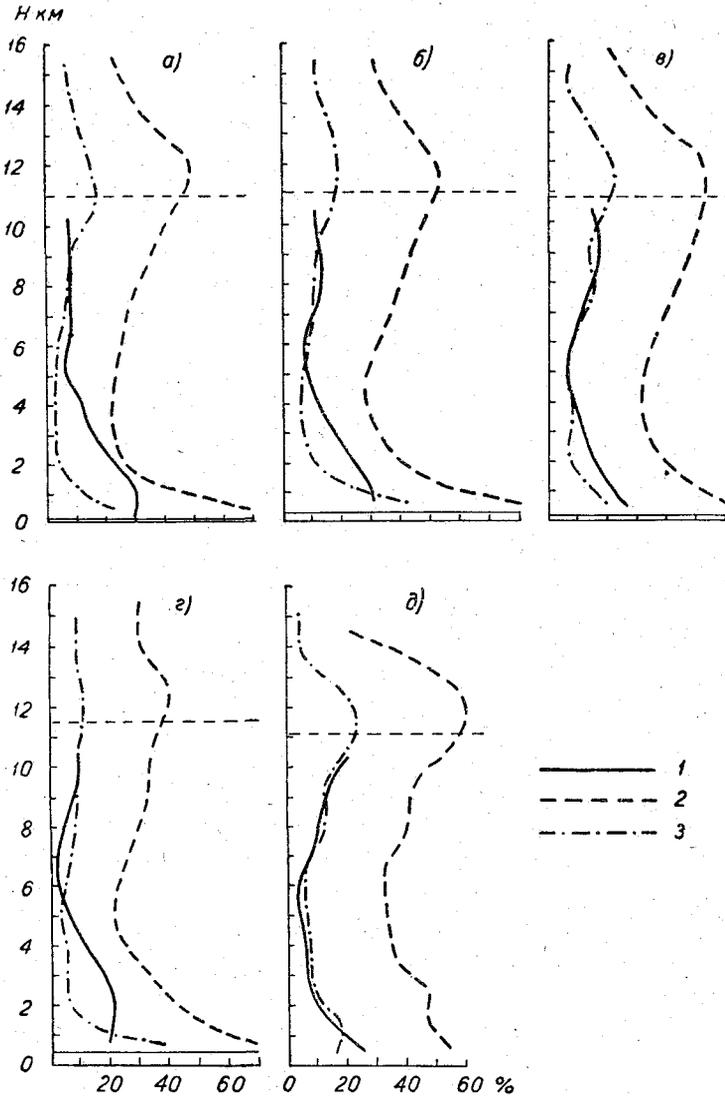


Рис. 4. Климатические характеристики атмосферной турбулентности. Июль.

1 — вероятность  $(Ri)_y \leq 1$ , 2 — вероятность векторных изменений ветра более 4 м/сек. на км, 3 — вероятность векторных изменений ветра более 8 м/сек. на км. а) Ленинград, б) Свердловск, в) Красноярск, г) Иркутск, д) Петропавловск-Камчатский.

же наблюдается второй максимум вероятности болтанки самолетов [1, 4], а также максимум вероятности зон повышенной турбулентности (определяемой малыми значениями числа Ричардсона [2]). Уровень этого последнего максимума несколько ниже уровня максимальной скорости ветра.

Высотный максимум вероятности больших сдвигов ветра не совпадает ни с одним из этих максимумов. Обычно он расположен выше их и чаще над тропопаузой. Это хорошо видно на рис. 1 и 2, а также на графиках рис. 4.

На графиках рис. 4, кроме кривых распределения вероятности вертикальных сдвигов заданных значений, даны вероятности малых значений  $(Ri)_v \leq 1$ . Те и другие кривые построены путем сглаживания рассчитанных значений указанных величин по двухкилометровым слоям. Эти кривые имеют большое сходство примерно от высоты 1—2 км до уровня максимальной скорости ветра, т. е. знак изменения того или другого показателя турбулентности атмосферы с высотой один и тот же. Наибольшее расхождение между данными кривыми наблюдается в нижнем слое атмосферы. Здесь вертикальные сдвиги ветра от первого слоя атмосферы ко второму километровому слою быстро уменьшаются по своей величине, а вероятность малых значений числа  $Ri$  в двухкилометровом слое изменяется мало. В некоторых районах последняя даже увеличивается с высотой, что связано с наличием облачных слоев в этом слое и преобладанием повышенных вертикальных градиентов температуры по сравнению с более высокими слоями атмосферы. Сравнивая кривые, представленные на рис. 4, можно заключить, что в среднем слое тропосферы наличие повышенной турбулентности значения числа  $Ri$  в основном определяются изменением ветра с высотой. По графикам рис. 4 также видно, что второй (высотный) максимум турбулентности в тропосфере наблюдается под тропопаузой. Здесь несколько увеличена повторяемость малых значений числа Ричардсона по сравнению с выше и ниже лежащими слоями.

Наличие второго максимума вероятности повышенной турбулентности, определяемого вероятностью болтанки самолетов и вероятностью  $(Ri)_v \leq 1$ , объясняется увеличением вероятности больших вертикальных (и, по-видимому, горизонтальных) сдвигов ветра в этом слое по сравнению со средним слоем тропосферы, а также наличием повышенных вертикальных градиентов температуры под тропопаузой.

Поскольку высота тропопаузы изменяется в зависимости от широты места и времени года, то уровень второго максимума турбулентности атмосферы должен также меняться в зависимости от широты места и сезона.

Проверить эти связи по данным о болтанке самолетов пока невозможно из-за отсутствия достаточно регулярных одновременных наблюдений во всей тропосфере и в различных районах. Косвенно же нали-

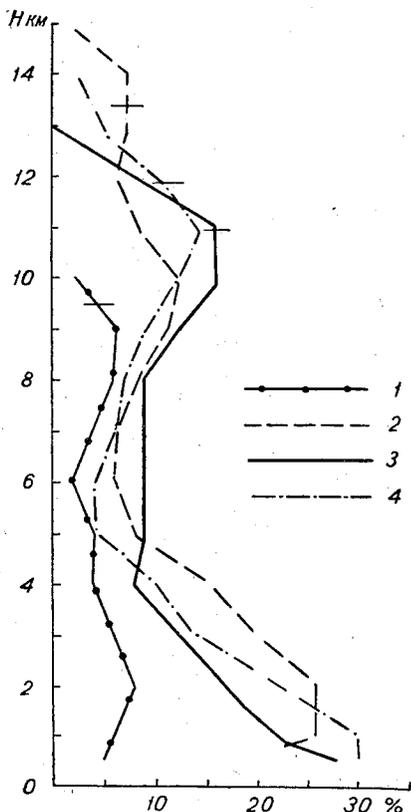


Рис. 5. Изменение высоты второго максимума вероятности  $(Ri)_v \leq 1$  в зависимости от широты места. Июль. 1 — Центральный Арктический бассейн, 2 — Ташкент, 3 — Якутск, 4 — Хабаровск.

чие их подтверждается характером изменения вероятности малых значений числа Ричардсона с высотой, т. е. в большинстве случаев высотный максимум вероятности зон повышенной турбулентности, определяемый максимумом вероятности малых значений  $Ri$ ; меняет свое положение в зависимости от широты места и времени года.

Сказанное иллюстрируется графиками рис. 5. На этом рисунке представлено изменение вероятностей  $(Ri)_y \leq 1$  с высотой по данным четырех пунктов, расположенных в различных широтах. Горизонтальные черточки на кривых указывают на среднюю высоту тропопаузы над

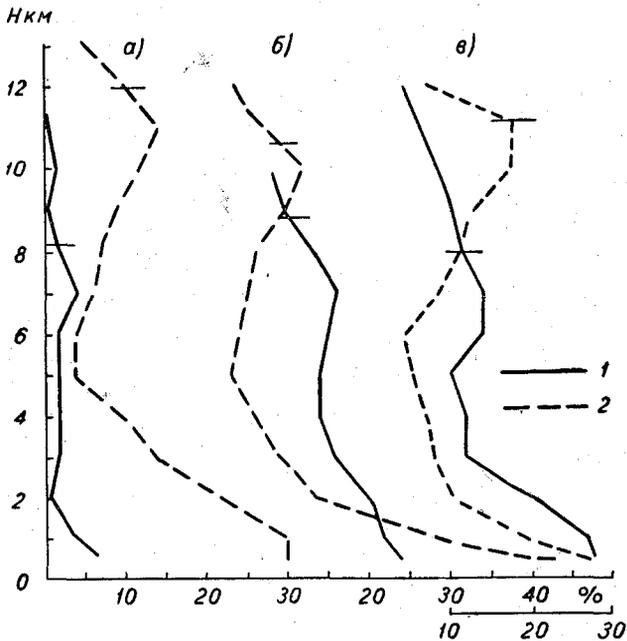


Рис. 6. Изменение высоты второго максимума вероятности в зависимости от сезона. 1 — январь, 2 — июль. а — Хабаровск, б) Мурманск, в) Петропавловск-Камчатский.

каждым из четырех пунктов. По рисунку видно, что с увеличением широты места высота нижней границы тропопаузы понижается и вместе с тем понижается уровень второго максимума вероятности зон повышенной турбулентности.

Следует заметить, что, по данным наблюдений, за другие месяцы такой очевидной связи высоты максимума зон повышенной турбулентности с широтой места не наблюдается.

Графиками на рис. 6, построенными по данным трех станций, иллюстрируется изменение высоты второго максимума вероятности  $(Ri)_y \leq 1$  в зависимости от сезона.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Атмосферная турбулентность, вызывающая болтанку самолетов. Под ред. Н. З. Пинуса. Гидрометеиздат, М., 1962.
2. Заварина М. В. Изучение географического распределения вероятности зон повышенной турбулентности, вызывающих болтанку самолетов. Труды НИИАК, вып. 14, 1961.
3. Заварина М. В. Климатические характеристики зон повышенной турбулентности. Изд. ГГО, Л., 1963.
4. Курилова Ю. В. Некоторые особенности струйных течений над территорией СССР. Труды ЦАО, вып. 33, 1960.
5. Пчелко И. Г. Метеорологические условия полетов на больших высотах. Гидрометеиздат, Л., 1957.

Вероятности различных изменений вектора ветра с высотой, %

Δu м/сек. Δz на км	Слой атмосферы, км															
	h-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
0-2,0	19,1	30,5	19,2	12,6	8,3	13,1	19,8	21,0	28,8	22,6	27,2	35,2	32,0	32,4	47,6	50,0
2,1-4,0	3,2	34,5	23,6	27,0	27,2	23,8	26,4	33,1	20,2	21,0	23,4	26,3	33,3	27,0	19,0	25,0
4,1-6,0	0,8	14,4	26,6	24,2	23,7	23,8	26,9	19,1	18,0	22,0	23,4	14,8	17,9	23,0	15,8	10,0
6,1-8,0	35,4	11,2	18,2	17,0	16,6	21,6	10,7	8,4	14,6	17,3	7,8	6,6	6,0	10,8	4,8	10,0
8,1-10,0	4,0	5,4	8,4	9,4	13,0	8,0	5,6	8,0	8,7	6,8	7,8	4,1	4,8	2,7	6,4	5,0
10,1-12,0	4,0	1,4	2,0	5,5	5,9	4,0	5,1	5,6	2,3	5,2	3,3	4,9	2,4	9,7	4,8	
12,1-14,0	21,1	0,4	1,5	3,3	3,5	2,3	1,5	2,3	3,2	2,6	2,6	4,9	2,4	1,6		
14,1-16,0	4,4	1,4	0,5	0,5	1,2	1,7	2,0	0,5	1,8	0,5	1,3	0,8	2,4			
16,1-18,0	0,8			0,5	0,6	1,7	2,0	1,0	0,5	0,5	1,3	0,8	1,2	1,4		
18,1-20,0	2,0							1,0	0,9	0,5	0,6	0,8				
20,1-22,0	0,4								0,5							
22,1-24,0	0,8	0,4								0,5	1,3	0,8				
24,1-26,0		0,4														
26,1-28,0	2,0									0,5						
28,1-30,0	0,8									0,5						
>30,0	1,2															
Число наблюдений	251	223	203	182	169	176	197	214	218	191	154	122	84	74	63	40

Алма-Ата, 1953—1955, 1957 гг.

Январь

Июль

0-2,0	6,6	22,4	20,8	13,5	18,6	24,5	25,9	25,7	23,5	19,8	14,4	14,5	21,1	21,7	22,4	26,1
2,1-4,0	2,7	36,7	33,3	37,1	37,1	33,0	38,8	31,6	29,0	27,9	21,1	22,2	25,9	27,0	22,4	21,1
4,1-6,0	0,4	24,7	28,2	28,3	24,4	27,0	15,9	20,1	18,8	20,6	17,9	20,4	19,2	20,6	19,9	17,6
6,1-8,0	22,0	10,0	11,8	10,8	13,1	9,0	11,6	11,6	10,7	15,0	13,5	17,3	8,6	9,7	14,9	14,8
8,1-10,0	7,3	4,3	4,7	5,2	5,1	3,0	5,2	5,1	7,7	8,6	11,7	9,1	8,6	9,2	9,3	8,5
10,1-12,0	6,9	1,5	0,4	2,4	1,3	1,3	0,9	2,6	4,7	4,7	5,8	3,2	3,4	3,8	5,6	5,6

Δ <sub>тм</sub> /сек. Δz на км	Слой атмосферы, км															
	h-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
12,1-14,0	17,7	0,4	0,8	1,2	0,4	0,9	0,9	1,7	3,0	1,3	6,3	2,7	3,4	1,6	4,9	1,4
14,1-16,0	9,7			0,8	0,4	0,9	0,4	0,4	1,7	1,3	2,7	3,2	3,4	2,7		3,5
16,1-18,0	4,6			0,8		0,9	0,4	0,4	0,4	0,4	1,8	3,2	2,4	1,1	0,6	0,7
18,1-20,0	5,8							0,4	0,4	0,4	1,8	2,3	1,0	0,5		0,7
20,1-22,0	8,5				0,4			0,4	0,4		1,4	1,4	1,0			
22,1-24,0	2,7											0,5	1,0	0,5		
24,1-26,0	0,4										0,4	0,5	0,5	1,1		
26,1-28,0	2,7										0,4					
28,1-30,0	0,4										0,4		0,5	0,5		
>30,0	1,6										0,4		0,5			
Число наблюдений	259	259	255	251	237	233	232	234	234	233	223	220	208	185	161	142

Иркутск, 1953—1957 гг.

Январь

0-2,0	8	8,3	11,3	24,0	25,5	24,0	27,5	23,1	34,9	30,0	33,5	29,4	33,4	34,2	41,5	33,4
2,1-4,0	11,2	22,1	27,9	32,1	32,5	35,8	35,0	34,9	34,1	26,2	23,9	28,8	18,5	37,8	30,0	27,8
4,1-6,0	18,9	27,1	25,4	22,7	22,2	22,8	20,0	17,8	12,5	24,0	19,0	12,4	24,4	16,2	10,4	20,4
6,1-8,0	18,3	18,6	14,1	9,0	11,1	8,5	9,6	13,9	9,2	11,2	10,8	13,8	14,8	5,5	11,6	14,8
8,1-10,0	17,0	10,6	10,0	8,3	6,9	4,6	4,8	3,6	4,0	3,9	6,0	5,9	6,7	2,7	5,2	0
10,1-12,0	10,9	6,8	3,4	0,5	0,3	0	1,8	2,8	3,3	3,0	1,5	5,2	1,5	1,8	0	0
12,1-14,0	5,3	2,3	1,3	1,3	0	2,3	0,3	1,8	0,3	0,9	1,6	0,6	0,7	0	0	1,8
14,1-16,0	3,2	1,8	0,3	1,6	0,3	1,0	0	1,8	1,1	0,4	2,2	3,3	0	0	1,3	0
16,1-18,0	2,7	0,9	0,3	0,5	0,3	0	1,0	0	0,3	0,4	0	0,6	0,7	0	0	1,8
18,1-20,0	3,7	1,5	0,3	0,3	0,3	1,0	1,0	0,3	0,3	0,4	0	0,6	0	1,8	0	0
20,1-22,0																
22,1-24,0																
24,1-26,0																
26,1-28,0																
28,1-30,0																
>30,0																
Число наблюдений	376	339	319	313	306	308	291	281	273	233	184	153	135	111	77	54

Слой атмосферы, км

$\frac{\Delta v}{\Delta z}$ м/сек. на км	Слой атмосферы, км															
	h-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
0-2,0	12,5	19,1	27,0	32,4	39,8	34,7	44,9	36,0	34,7	35,6	33,6	35,0	30,5	42,6	43,0	41,2
2,1-4,0	17,8	36,1	36,5	36,2	40,9	36,0	32,8	36,0	34,0	31,8	33,6	27,9	27,3	29,3	29,1	29,8
4,1-6,0	16,6	24,3	22,6	17,3	11,4	16,3	12,4	16,3	18,0	16,6	17,8	21,8	21,8	12,6	12,3	15,4
6,1-8,0	15,7	14,9	9,5	7,2	5,2	6,4	5,9	6,4	8,1	8,8	6,8	10,9	9,8	8,4	6,1	6,6
8,1-10,0	10,7	2,6	3,1	3,7	1,6	3,7	2,6	3,7	3,7	3,2	2,8	5,1	5,1	2,2	2,9	2,2
10,1-12,0	9,1	1,9	0,3	1,3	0,5	1,1	0,5	1,1	1,1	2,1	4,2	2,6	3,3	3,0	4,6	1,8
12,1-14,0	6,6	0,9	0,7	1,6	0,3	0	0,3	0,5	1,1	1,3	0,6	0,9	1,4	0,4	0,8	0,4
14,1-16,0	5,9	0,2	0,3	0	0,3	0	0,3	0,3	1,1	0,3	0	0,6	0,4	0,4	0,4	1,3
16,1-18,0	3,0	0	0,3	0,3	0,3	0	0,3	0,3	0,3	0	0	0,6	0,4	0,7	0	0,9
18,1-20,0	2,1	0	0,3	0,3	0,3	0	0	0,3	0,3	0,3	0,6	0,3	0,4	0,4	0,4	0
20,1-22,0							0,3							0,7		0,4
22,1-24,0																
24,1-26,0																
26,1-28,0																
28,1-30,0																
>30,0																
Число наблюдений	439	424	389	376	367	372	372	375	377	374	354	340	275	270	244	228

Киев, 1953—1957 гг.

Январь

0-2,0	34,2	21,5	20,1	21,8	23,4	23,0	23,2	22,4	22,0	21,3	22,6	20,4	24,2	21,2	27,1	27,0
2,1-4,0	10,3	30,2	32,1	28,6	39,2	30,0	37,8	30,3	28,6	33,8	29,2	33,5	31,8	23,7	27,1	31,8
4,1-6,0	14,8	22,1	23,4	21,2	16,4	20,2	16,4	22,7	23,5	18,2	16,4	19,3	18,5	21,2	15,7	14,2
6,1-8,0	16,1	13,0	13,8	13,0	11,6	13,2	10,9	11,8	10,2	8,5	12,4	12,6	10,8	18,9	12,5	9,5
8,1-10,0	12,2	7,6	7,5	8,6	4,6	7,9	7,4	7,0	7,5	8,1	7,5	7,9	7,0	4,7	8,3	7,9
10,1-12,0	10,6	2,6	2,0	3,5	2,7	2,8	2,2	2,6	2,7	1,9	5,8	3,7	3,8	7,9	6,2	6,4
12,1-14,0	10,0	1,5	0,9	0,9	0,9	1,0	0,6	1,3	1,4	3,1	3,1	2,1	1,9	0,8	3,1	1,6
14,1-16,0	7,7	0,3	0,3	1,2	0,3	1,0	0,6	1,6	2,4	1,9	0,4	0,5	1,3	0,8	3,1	1,6
16,1-18,0	6,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	1,6	0,4	1,6	1,3	0,5	0,6	0,8	3,1	1,6
18,1-20,0	3,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6	0,3	0,3	0,4	1,6	1,3	0,5	0,6	0,8	3,1	1,6
20,1-22,0	2,6	0,6	0,3	0,3	0,3	0,6	0,3	0,3	0,4	1,6	1,3	0,5	0,6	0,8	3,1	1,6

## Слой атмосферы, км

$\frac{\Delta v}{\Delta z}$ м/сек. на км	Слой атмосферы, км															
	h-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
22,1-24,0	1,1		0,3		0,3						0,9					
24,1-26,0	0,6	0,3														
26,1-28,0	0,6			0,3												
28,1-30,0	0,3			0,3	0,3											
>30,0	0,3															
Число наблюдений	351	344	348	339	329	317	312	313	293	258	226	191	157	127	96	63
Июль																
0-2,0	9,1	24,8	26,0	29,8	34,6	31,1	34,0	30,4	23,6	25,2	23,8	17,0	22,8	20,6	22,0	30,2
2,1-4,0	20,3	32,2	38,3	37,6	33,8	36,9	37,8	35,0	38,3	30,1	27,6	32,6	26,9	31,6	36,4	32,6
4,1-6,0	24,8	20,6	17,9	22,5	18,5	20,2	18,6	20,0	16,8	20,3	22,1	19,5	21,0	21,4	15,8	16,3
6,1-8,0	17,7	13,1	8,0	6,5	7,4	7,2	5,4	7,2	11,0	10,3	11,8	14,2	14,3	11,6	10,1	8,7
8,1-10,0	11,2	4,8	5,6	2,5	3,5	1,8	2,2	3,3	5,1	8,1	6,6	6,4	5,6	8,3	7,9	6,6
10,1-12,0	7,4	2,7	3,2	0,2	1,2	1,3	1,1	2,2	1,8	3,0	2,0	4,0	4,2	4,5	1,3	2,0
12,1-14,0	4,3	1,2	0,5	0,2	1,0	1,3	0,8	1,6	1,5	0,5	3,4	1,2	1,4	1,3	3,9	3,1
14,1-16,0	2,7	0,2	0,7	0,2	0,8	1,3	0,8	0,3	0,8	1,6	0,6	1,9	1,8	1,2	1,3	0,5
16,1-18,0	0,9	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,5	0,3	0,6	1,5	0,3	0,4		
18,1-20,0	0,7	0,2	0,2	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,3	0,3	0,6	0,9	0,3			
20,1-22,0	0,7	0,2							0,3	0,3	0,6	0,6	0,3	1,3		
22,1-24,0									0,3					0,4		
24,1-26,0												0,2				
26,1-28,0			0,2							0,3	0,3	0,2				
28,1-30,0																
>30,0	0,2															
Число наблюдений	446	437	423	413	405	406	375	393	381	369	348	329	286	266	228	196

Москва, 1953-1957 гг.

Январь

0-2,0	3,2	21,2	22,7	21,8	21,6	23,5	27,0	22,7	23,6	18,8	22,1	19,1	17,0	19,0	25,9	25,1
2,1-4,0	8,0	31,4	31,7	33,2	33,8	31,4	32,3	32,2	29,6	30,1	24,0	25,9	30,2	26,5	29,5	30,0
4,1-6,0	11,6	23,8	21,6	22,4	23,6	18,8	17,0	19,9	22,5	19,8	19,6	22,1	20,2	22,1	22,0	20,3
6,1-8,0	13,9	13,0	11,6	9,5	10,7	12,8	10,3	12,5	9,2	11,9	14,7	11,9	17,9	18,4	8,6	10,5

Слой атмосферы, км

$\frac{\Delta v}{\Delta z}$ м/сек. Δz на км	Слой атмосферы, км												Число наблюдений			
	h-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12			12-13	13-14
8,1-10,0	12,2	4,2	5,8	5,3	4,3	6,2	6,3	4,5	7,6	8,6	6,2	6,8	7,2	6,5	8,3	6,1
10,1-12,0	14,7	3,8	3,3	3,3	1,6	3,1	4,2	3,5	2,9	3,1	3,1	6,0	3,4	2,2	1,8	2,8
12,1-14,0	11,1	0,8	1,7	1,9	1,0	1,4	1,5	1,7	2,0	3,8	3,9	3,0	2,0	2,8	2,1	2,0
14,1-16,0	6,1	0,8	0,2	1,0	0,8	1,2	0,8	2,2	1,2	1,7	1,5	1,9	0,9	0,6	0,4	0,8
16,1-18,0	6,3	0,2	0,8	0,6	0,4	0,4	0,6	0,2	0,4	1,4	1,5	1,4	0,3	1,3	0,4	0,8
18,1-20,0	4,6	0,2	0,8	0,6	0,4	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	1,5	0,5	0,3	0	0	1,2
20,1-22,0	3,6	0,2	0,4	0,4	0,2	1,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0	0,3	0,3	0,4	0,4
22,1-24,0	2,5	0,2		0,2	0,2			0,4	0,4	0,2	0,3	0	0,3	0,3	0	0
24,1-26,0	0,8	0,2						0,2	0,2	0,2	0,3	1,1	0,3	0	0	0
26,1-28,0	0,4	0,2						0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0	0	0
28,1-30,0	0,8							0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4
>30,0	0,2										0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
Число наблюдений	476	476	481	486	488	485	477	463	446	420	388	367	347	321	278	247
0-2,0	7,9	26,1	30,0	35,1	34,0	37,7	33,4	28,9	28,8	23,2	24,1	20,0	20,6	25,8	29,2	35,8
2,1-4,0	21,1	36,5	41,7	39,2	40,0	32,7	32,5	31,1	27,0	28,7	26,2	25,1	28,6	30,3	33,6	36,4
4,1-6,0	20,7	21,2	18,7	16,4	16,1	17,6	19,8	18,7	18,3	22,9	21,3	22,0	19,8	20,5	17,7	13,3
6,1-8,0	19,4	8,6	6,2	7,1	7,1	6,1	8,1	8,4	11,4	11,6	12,3	12,4	13,1	11,1	9,1	6,8
8,1-10,0	12,9	5,5	2,3	1,5	2,4	3,8	3,1	5,5	4,4	7,7	5,8	9,4	9,2	6,1	6,2	3,5
10,1-12,0	5,9	1,3	0,7	0,7	0,2	1,1	1,8	3,3	4,2	2,9	3,2	3,6	3,3	1,5	1,6	1,4
12,1-14,0	4,1	0,6	0,2	0,7	0	0,4	0,7	1,1	1,1	0,7	2,4	2,8	2,7	9	1,2	0,4
14,1-16,0	4,4	0,2	0,2	0,2	0	0,4	0,4	1,3	2,0	0,7	2,1	2,4	0,8	0,8	0,4	1,0
16,1-18,0	1,9			0,2	0,2	0,4	0	0,9	0,7	0,4	0,4	0,9	0,9	0,6	0,2	0,6
18,1-20,0	0,9				0,2	0,2	0	0,6	0,6	0,2	0,7	0,8	0,2	0,2	0,2	0,4
20,1-22,0	0,4					0,2	0	0,2	0,2	0,4	0,7	0,8	0,2	0,2	0,2	0
22,1-24,0	0,4					0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0
24,1-26,0								0,2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,6	0,2	0,2	0
26,1-28,0								0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0
28,1-30,0								0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2	0,2	0,9
>30,0									0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,9
Число наблюдений	560	543	530	536	535	539	545	544	545	542	535	531	520	512	498	487

Июль

Примечание. h—высота станции над уровнем моря.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Л. Е. Анапольская. Климатическое районирование территории СССР для строительства сооружений . . . . .	3
Л. С. Гандин. К теории нестационарной теплоотдачи зданий . . . . .	24
А. В. Руднева. К вопросу районирования территории РСФСР по снегопереносу применительно к запросам наземного транспорта . . . . .	29
<b>В. П. Пастух.</b> О некоторых характеристиках туманов на реках Ангаре и Енисее . . . . .	35
М. В. Заварина. Повторяемость зон возможного обледенения самолетов над северной частью Атлантического океана . . . . .	42
Т. Е. Ковалева. Вероятностные характеристики облачности и зон возможного обледенения самолетов над северной частью Тихого океана в июле и октябре . . . . .	54
М. В. Заварина. Основные особенности векторных изменений ветра с высотой над территорией СССР . . . . .	62

