

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

Т Р У Д Ы
ГЛАВНОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ
ОБСЕРВАТОРИИ

имени А. И. Воейкова

В Ы П У С К 149

ВОПРОСЫ ПРИКЛАДНОЙ КЛИМАТОЛОГИИ

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

Б И Б Л И О Т Е К А
Л е н и н г р а д с к о г о
Г и д р о м е т е о р о л о г и ч е с к о г о
И н с т и т у т а



ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

ЛЕНИНГРАД • 1963

177075

АННОТАЦИЯ

Сборник содержит статьи, посвященные вопросам строительной климатологии и обслуживания авиации. Рассматриваются вопросы, связанные с расчетом теплоотдачи зданий, планировкой городов, с расчетами снеговых нагрузок, учетом влияния мокрого снега на работу ЛЭП, продолжительностью осадков и их вероятностными характеристиками. Приведены сведения вероятности болтанки самолетов и др.

Сборник представляет интерес для климатологов, строителей, инженеров-проектировщиков, планировщиков, работников воздушного флота.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Л. Е. Анапольская. Основные принципы климатического районирования для строительства	3
Л. Е. Анапольская. Об учете особенностей ветрового режима при планировке городов	11
Л. С. Гандин. О расчетных метеорологических параметрах теплоотдачи зданий	16
М. В. Заварина. Вероятность болтанки самолетов при различных скоростях ветра	29
В. И. Липовская. Применение критерия Колмсгорова для оценки кривых распределения месячных сумм осадков	35
В. И. Липовская, Е. Я. Щербакова. Распределение наибольших декадных высот снежного покрова различной вероятности на Европейской территории СССР	38
Ю. В. Нейман, В. В. Смолин. Розы ветров и строительство Магнитогорска	48
В. Г. Цверева. Штормы на Балтийском море и их связь с элементарными синоптическими процессами	53
А. А. Цвид. Комплексный учет климатических факторов в строительстве на Дальнем Востоке	62
Ц. А. Швер, Г. Ф. Ивлева. Продолжительность периода с твердыми и смешанными осадками на территории СССР	72

Л. Е. АНАПОЛЬСКАЯ

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ КЛИМАТИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Статья посвящена вопросу выбора основных критериев при климатическом районировании для строительства.

Приводятся данные об эффективных температурах, характеризующих совместное влияние температуры воздуха и скорости ветра на теплоотдачу зданий.

Климатические данные, используемые при проектировании

Требования строительной практики к климатическим данным настолько многообразны, что их трудно объединить в краткий перечень. Можно лишь заметить, что практически нет таких разделов, 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.

Попытаемся выделить те основные характеристики, которые уже в настоящее время широко используются при проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений.

1. Температура. Расчетные температуры наружного воздуха для проектирования ограждений и систем отопления (средняя температура наиболее холодной пятидневки). Расчетные температуры для проектирования вентиляции. Сочетание отрицательных температур и скорости ветра. Повторяемости температур воздуха. Суточные амплитуды температуры воздуха. Продолжительность отопительного периода. Оттепели, их вероятность и температура воздуха во время оттепели.

2. Ветер. Расчетные скорости ветра при определении ветровых нагрузок на сооружения. Направление ветра. Скорости ветра по направлениям. Продолжительность действия различных скоростей ветра по направлениям.

3. Снеговые нагрузки на сооружения. Вероятности различных высот снежного покрова.

4. Количество осадков, интенсивность и продолжительность выпадения осадков. Количество осадков, выпадающих на вертикальную поверхность.

5. Относительная влажность воздуха в различные сезоны и в различные часы суток.

6. Световой климат. Облачность, туманы.

7. Гололедно-изморозевые явления и их влияние на сооружения, на состоянии проезжей части дорог и т. д.

Из приведенного, далеко не полного перечня видно, насколько многообразны запросы строительной практики к климатологии.

В действующих (издания 1954 г.) и подготовленных к изданию в 1962 г. «Строительных нормах и правилах» климатические данные, приведенные для отдельных пунктов, представлены в таблицах. Для решения многочисленных вопросов необходимо обобщение отдельных климатических показателей в виде карт климатического районирования.

В «Строительных нормах и правилах» имеется карта климатического районирования, используемая при проектировании жилых и общественных зданий, при планировке городов и поселков и т. д. Эта карта составлена в Научно-исследовательском институте жилища Академии строительства и архитектуры [3]. Положенные в основу районирования характеристики слишком общи и не дают возможности правильно учесть климатические особенности места строительства. Авторы карты при выделении районов использовали следующие климатические показатели: 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. Так, I климатический район охватывает территории, где температура января колеблется от -14 до -40° , во II климатическом районе температура января изменяется от -7 до -14° , в III климатическом районе основной характеристикой является уже температура июля, январские же температуры учитываются лишь для некоторых подрайонов (подрайон IIIa отличается более холодной зимой), в IV климатическом районе температуры июля достигают $25-30^{\circ}$.

В дальнейших работах НИИ жилища были использованы данные о скорости ветра (указаны районы, где скорость ветра за три наиболее холодных месяца равна 5 м/сек. и более) и относительной влажности более 75% в июле.

Введение дополнительных характеристик несколько уточнило районирование, но не исправило основной, с нашей точки зрения, погрешности: выделение районов по-прежнему сделано на основании различных критериев — часть по зимним условиям, часть по летним. Это привело к тому, что, например, район IPa (северная часть Казахстана), ограниченный с севера изотермой -14° , а с юга изотермой $+21^{\circ}$, является промежуточным, и обособление этой части территории ничем не оправдано. Несколько по-другому вопрос о климатическом районировании для жилищного строительства разрешен Г. Н. Устиновым [4]. Рассмотрев ряд вопросов, учет которых необходим при проектировании жилых домов и при привязке проекта к месту, Устинов выделил 22 района. 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 жилища. Однако полученная Устиновым карта районов сильно схематизирована и, что самое главное, определение границ районов, так же как и в работе [3], в разных частях Советского Союза различно.

Ограничиваясь описанием лишь двух (наиболее полных и интересных) работ по климатическому районированию, укажем, что существует еще ряд районирований (часто в строительной литературе называемых

климатическими), в которых используются данные по одному какому-нибудь метеорологическому элементу.

Описанные выше принципы климатического районирования для жилищного строительства [3], [4] страдают одним и тем же недостатком: положенные в основу районирования характеристики не определяют конструктивных особенностей зданий. Ни средняя месячная температура января, ни температура июля не используются в расчетах при определении толщины стен, мощности отопительных систем и т. д. В качестве критерия, определяющего районы с возможным перегревом помещений летом, принимается температура воздуха в июле $+21^{\circ}$, так как южнее изотермы $+21^{\circ}$, по исследованиям гигиенистов, необходимо принимать меры по борьбе с перегревом помещений. Однако период с такой температурой не постоянен в различных частях СССР, и для правильного определения районов возможного перегрева недостаточно использовать только данные о средней температуре воздуха.

Нам представляется правильным положить в основу климатического районирования для строительства такие характеристики климата, учет которых обязателен и равновозможен на всей территории СССР. Такими величинами являются данные, используемые при определении теплотерь зданий и при проектировании систем отопления. На всей территории Советского Союза, независимо от температурных условий лета, имеется зимний период, когда необходима защита людей от холода. Следовательно, необходимо рассчитывать толщину стен и мощность системы отопления.

В настоящее время при определении теплотерь зданий и проектировании отопительных систем используются расчетные температуры наружного воздуха (средняя температура наиболее холодной пятидневки). Влияние ветра на теплотери учитывается путем введения надбавки, величина которой определяется в зависимости от средней скорости ветра за три наиболее холодных месяца в году. Опыт эксплуатации зданий в различных районах Советского Союза показал, что такой учет влияния ветра на теплотери зданий неправилен. Теплотери зданий могут быть максимальными не при самых низких температурах, когда обычно наблюдается небольшая скорость ветра, и не при очень больших скоростях ветра, когда температуры бывают не очень низки, а в период, когда температура низка, но не минимальная, а скорость ветра велика, но не наибольшая.

Для того чтобы учесть совместное влияние отрицательных температур и скорости ветра на теплоотдачу зданий, необходимо получить комплексную характеристику температуры воздуха и скорости ветра. Эта комплексная характеристика дает возможность судить о повторяемости различных сочетаний температуры воздуха и скорости ветра и более точно рассчитать теплотери зданий. При обработке материалов были использованы наблюдения за период 1936—1960 гг. Выбирались все сочетания температуры воздуха от 0° и ниже и скорости ветра за все 4-срокa наблюдений. Температура воздуха выписывалась по градациям через 2° , а скорость ветра — через 2 и 4 м/сек. (в соответствии с точностью определения скорости ветра по флюгеру).

Полученные сочетания температуры воздуха и скорости ветра выражены в процентах от всего числа наблюдений в год.

Для получения единого параметра, характеризующего теплоотдачу зданий, было введено понятие эффективной температуры T' . Она представляет собой такую температуру, при которой здание имело бы ту же теплоотдачу в условиях штиля, какую оно имеет в действительности при данной температуре наружного воздуха и данной скорости ветра. Влия-

ние скорости ветра на теплоотдачу зданий, а также теоретическое обоснование использования эффективных температур дано в работе Л. С. Гандина «О расчетных метеорологических параметрах теплоотдачи зданий» (см. настоящий сборник).

Эффективные температуры вычислены для ряда метеорологических станций, расположенных в различных климатических условиях. Эти материалы дают возможность подойти к вопросу о выборе основного параметра, определяющего климатическое районирование СССР.

В качестве одной из основных характеристик для районирования может быть принята эффективная температура T' определенной вероятности. Для опытного районирования нами использована эффективная температура с вероятностью 0,1%, т. е. T' , наблюдающаяся не менее одного-двух раз в год. Выбор этой вероятности обоснован следующими соображениями. В настоящее время расчет теплопотерь зданий производится по температуре самой холодной пятидневки, представляющей собой среднюю температуру холодных пятидневок из 16% зим 40—50-летнего периода. Следовательно, в расчет принимается температура, возможная каждые 5—6 лет. Влияние ветра учитывается надбавками по средним скоростям за три наиболее холодных месяца. После введения надбавок на величину теплопотерь вероятность расчетных температур повышается. Однако это повышение вероятности имеет место лишь в тех районах, где скорости ветра за три наиболее холодных месяца составляют 5 м/сек. и более. В тех же районах, где эти скорости менее 5 м/сек., вероятность расчетных температур остается равной 16%. Вводя комплексную характеристику температуры и скорости ветра с вероятностью 0,1%, мы используем в расчете условия, ежегодно возможные на всей территории. Величина эффективной температуры T'' с вероятностью 0,1% изменяется на территории СССР в очень широком диапазоне — от -14° (Тбилиси) до -150° (Диксон).

На рис. 1 представлено распределение T'' на территории СССР для ряда станций, расположенных в различных климатических условиях. Как и следовало ожидать, наиболее низкие значения T'' оказались на северных и восточных побережьях, где сильные ветры наблюдаются при низких температурах воздуха.

Одинаковые значения T'' , достигающие -60 , -70° , наблюдаются в степных и пустынных районах Европейской территории СССР (ЕТС) и Казахстана, а также в Восточной Сибири.

Представляет интерес провести сравнение T'' с расчетной температурой наружного воздуха t_p , используемой для расчетов теплопотерь зданий в настоящее время. Наибольшие различия наблюдаются на побережьях, в степных и полупустынных районах. Так, на северном побережье ЕТС расчетные температуры наружного воздуха (самые холодные пятидневки) не очень низки и составляют -23 , -25° . Величина T'' , учитывающая и влияние ветра, достигает здесь очень низких значений. Например, на ст. Канин Нос расчетная температура наружного воздуха t_p равна -23° , а T'' равна -80° . Следовательно, недоучет влияния ветра в этом районе приводит к большому занижению значений теплопотерь и неправильному определению толщины стен и мощности систем отопления. На северном побережье Западной Сибири различие между t_p и T'' составляет 40 — 50° . Есть основания предполагать, что такое различие будет иметь место на всем северном побережье СССР.

В степных и пустынных районах Советского Союза различие между t_p и T'' достигает 20 — 30° , и теплопотери, вычисленные без учета влияния ветра, будут сильно занижены.

Если по данным t_p наиболее тяжелые условия наблюдались в Яку-

тии, то по данным T'' наибольшие теплотери возможны на северных побережьях СССР и на побережье Дальнего Востока. Следует особо подчеркнуть, что во Владивостоке $T'' = -83^\circ$, т. е. здесь наблюдаются такие же суровые условия зимы, как на северных побережьях (T'' на ст. Каин Нос -80° , на ст. Хальмер-Седе -95° , на ст. Новый Порт -84° и т. д.).

Исследование распределения эффективных температур дало возможность объяснить тот факт, что во многих районах СССР наблюдались значительно большие теплотери зданий, чем это получилось в результате расчетов по t_p .

Исходный материал, положенный в основу определения эффективных температур, может быть использован и для решения ряда других задач. В частности, для определения условий работы на открытом воздухе необходимы данные о возможных сочетаниях низких температур и скорости ветра. Эти материалы будут также очень полезны при некоторых расчетах линии электропередач и связи.

Наименьшие различия ($10-15^\circ$) между t_p и T'' наблюдаются во внутренних районах Восточной Сибири, где скорости ветра невелики в течение всей зимы. В этих районах Восточной Сибири изменение методики расчета теплотери незначительно скажется на расчетных температурах.

Опытное районирование Европейской территории Советского Союза

Основными критериями при выделении климатических районов для строительства нами выбраны: эффективные температуры с вероятностью 0,1% (T''), характеристика условий увлажнения по М. И. Будыко [2], данные о снеговых и ветровых нагрузках, число дней со средней суточной температурой воздуха выше 20° .

Эффективные температуры характеризуют зимние условия эксплуатации зданий. Данные о числе дней со средней суточной температурой выше 20° позволяют выделить районы, где возможен перегрев внутри помещений в летнее время в течение 2 месяцев и более. Как указывалось выше, границей районов с возможным перегревом помещений служит изотерма июля $+21^\circ$. Положение изотермы $+21^\circ$ на ЕТС почти совпадает с изолинией числа дней с температурой выше 20° , равного 60. Однако вторая характеристика (число дней) более полно освещает температурный режим, так как показывает, что в течение двух месяцев возможен перегрев помещений. В южных районах может быть использована еще одна характеристика — число дней со средней суточной температурой выше $+20^\circ$, равное 90, т. е. три месяца в году возможен перегрев помещений. Материалы по снеговым нагрузкам использованы для уточнения характеристики зимнего периода. В табл. 1 приведены климатические показатели, использованные при районировании. На рис. 2 показано опытное районирование ЕТС. Вся территория разделена на 4 климатических района с подрайонами. Подрайоны выделены по термическим условиям возможного перегрева в летние месяцы и по величине снеговой нагрузки.

Наиболее суровые условия для строительства и эксплуатации зданий имеют место в районе I, где климат избыточно влажный, эффективные температуры ниже -60° , лето прохладное, снеговые нагрузки достигают $100-160 \text{ кг/м}^2$. В этом районе возможны очень сильные штормы — до $40-45 \text{ м/сек}$.

Район Ia по эффективным температурам аналогичен району I ($T'' = -60^\circ$). Сильное выхолаживание здесь обусловлено сочетанием низких температур и сильных ветров, характерных для степных районов. По

Таблица 1

Районы и подрайоны	Климатические показатели			
	эффективные температуры (°С)	условия увлажнения	снеговые нагрузки (кг/м ²)	число дней со средней суточной температурой выше 20°
I	—60 и ниже	избыточно влажный	100—160	менее 60
Ia	—60 и ниже	недостаточно влажный и сухой	50—70	60—90
II	—50, —59	влажный	160—200	менее 60
IIa	—50, —59	недостаточно влажный	100—160	50—60
IIб	—50, —59	недостаточно влажный	50—70	60—90
III	—40, —49	влажный	160	менее 60
IIIa	—40, —49	влажный	70—100	60—90
IIIб	—40, —49	недостаточно влажный	50	60—90
IV	—30, —39	влажный	100	менее 60
IVa	—30, —39	влажный	50—70	менее 60
IVб	—30, —39	недостаточно влажный	50	60—90

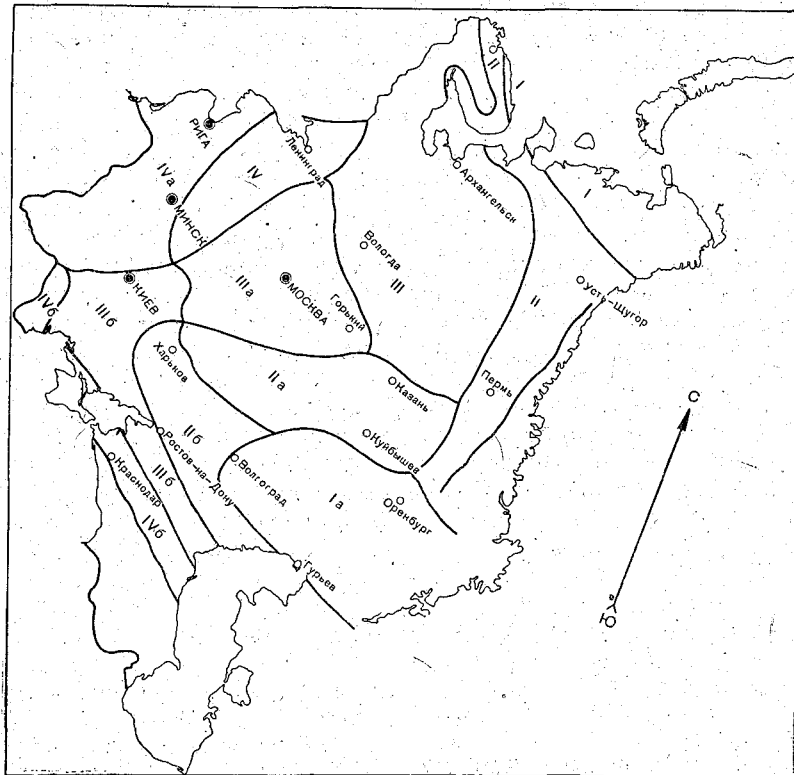


Рис. 2. Опытное климатическое районирование Европейской территории СССР для строительства.

летним условиям и увлажнению этот район резко отличается от района I. Для района Ia характерно недостаточное увлажнение, а в южной его части климат сухой. Лето здесь жаркое, в течение 2—3 месяцев средняя суточная температура выше 20°. Скорости ветра в этом районе очень велики и достигают 30—33 м/сек. Снежный покров невелик, и снеговые нагрузки достигают 50—70 кг/м².

Климатический район II и подрайоны IIa и IIб по зимним условиям характеризуются одинаковыми эффективными температурами — от —50 до —59°. Район II отличается влажным климатом, значительными снеговыми нагрузками (до 160—200 кг/м²) и прохладным летом. Скорости ветра здесь велики и достигают 33—38 м/сек. В районе IIa климат недостаточно влажный, снеговые нагрузки достигают 100—160 кг/м², число дней со средней суточной температурой выше 20° равно 50—60 дням. Возможны штормы, при которых наблюдаются скорости ветра до 25—28 м/сек. Район IIб характеризуется жарким летом, и перегрев помещений возможен в течение 60—70 дней.

Климатический район III и подрайоны IIIa и IIIб охватывают территории, где эффективные температуры равны —40, —49°. Этот наиболее обширный район характеризуется влажным климатом (III и IIIa); недостаточное увлажнение наблюдается лишь в его южной части (IIIб), где возможен также перегрев помещений летом в течение 2—3 месяцев. Снеговые нагрузки в этом районе меняются в широких пределах — от 160 кг/м² в районе III до 50 кг/м² в подрайоне IIIб. По скоростям ветра район III и подрайоны IIIa, IIIб чрезвычайно разнообразны: в лесной зоне скорости ветра невелики и один раз в 20 лет достигают 24—25 м/сек., в лесостепной и степной зонах скорости ветра повышаются до 28—33 м/сек.

Климатический район IV и подрайоны IVa и IVб по эффективным температурам являются наиболее теплыми (—30, —39°) и отличаются от района I на 20—30°. В районе IV и подрайоне IVa климат влажный, лето теплое, однако перегрев помещений, по-видимому, возможен лишь в самой южной части подрайона IVa. Снеговые нагрузки в районе IV составляют 100 кг/м², а в подрайоне IVa — 50—70 кг/м². Скорости ветра изменяются в довольно широких пределах: в залесенной части района IV и подрайона IVa скорости ветра невелики и редко превышают 24—25 м/сек. На побережье Балтийского моря скорости возрастают до 28—33 м/сек. Подрайон IVб характеризуется высокими летними температурами, и перегрев помещений возможен в течение 2—3 месяцев и более. Климат района недостаточно влажный, снеговые нагрузки невелики (50 кг/м²), скорости ветра достигают в некоторых случаях 28—33 м/сек.

Выводы

1. Описанное выше климатическое районирование для строительства является опытным. Использованные для районирования показатели охватывают основные климатические характеристики, необходимые при проектировании зданий.

2. Введение эффективных температур дало возможность описать зимние условия более точной комплексной характеристикой, чем расчетные температуры наружного воздуха и средние скорости ветра за три наиболее холодных месяца, равные 5 м/сек. и более.

3. В настоящее время в строительной практике защита от зимних ветров рекомендуется только в прибрежных районах. Однако сочетание сильных ветров и низких температур возможно и в континентальных районах страны, и лишь по комплексной характеристике (по эффектив-

ным температурам) можно правильно выделить эти районы с особенно суровыми зимними условиями.

4. Часть ЕТС, для которой необходим учет условий летнего перегрева, характеризуется очень разнообразными условиями зимы. Наряду с теплыми районами, где и зимой относительно тепло, на территории, лежащей между реками Доном и Волгой и в Заволжье, зимы очень суровы. Следовательно, при проектировании зданий здесь необходимо предусматривать надежную защиту от сильных теплопотерь и мощную отопительную систему зимой. Вместе с тем нужны устройства по борьбе с перегревом помещений летом.

5. В дальнейшей работе по климатическому районированию для строительства нами будут учтены еще некоторые климатические показатели и, в частности, длительность отопительного периода и сочетание положительных температур и относительной влажности.

Использование данных об отопительном периоде поможет учесть термические особенности переходных сезонов. Комплекс температуры и влажности даст возможность выделить те районы, где наблюдается прохладное и влажное лето, обуславливающее неблагоприятные условия в помещениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г андин Л. С. О расчетных метеорологических параметрах теплоотдачи зданий (см. настоящий сборник).
2. Григорьев А. А., Будыко М. И. Классификация климатов СССР. Изв. АН СССР, сер. географ., № 3, 1959.
3. Кореньков В. Е. Типизация жилища и природно-климатические условия. Гос. изд. лит. по строительству и архитектуре, М., 1956.
4. Устинов Г. Н. Принципы районирования территории СССР для типового проектирования жилищ. Тр. Магнитогорского горнометаллургического института им. Г. И. Носова, вып. 18, 1959.

ОБ УЧЕТЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЕТРОВОГО РЕЖИМА ПРИ ПЛАНИРОВКЕ ГОРОДОВ

В статье приводятся соображения о необходимости более полного и правильного учета особенностей ветрового режима при разработке проектов планировки городов и поселков. Описана методика получения розы ветров различной длительности по градациям скоростей, которая может быть использована для определения районов наибольшего загрязнения воздуха.

При составлении проекта застройки населенного места необходимо предусмотреть проведение ряда мероприятий, среди которых одним из важнейших является санитарная охрана города от загрязнений воздуха промышленными предприятиями.

Охрана чистоты городского воздуха может быть осуществлена двумя путями: эффективными улавливателями выбросов или таким размещением жилых и промышленных кварталов, чтобы вредные примеси уносились ветром за черту города, не попадая в жилые районы. К сожалению, до настоящего времени загрязняющие воздух вещества улавливаются совершенно недостаточно, и основными мероприятиями по борьбе с загрязнениями остаются планировочные решения. Как показывает опыт, правильное размещение жилых и промышленных территорий с точки зрения охраны городского воздуха может быть осуществлено лишь при тщательном учете данных о ветровом режиме. Недоучет особенности ветрового режима приводит к тому, что жилые районы покрываются пылью и копотью от промышленных предприятий. По решению специальной конференции в Кузбасском совнархозе запланированы обширные исследования по комплексному микроклиматическому и санитарно-гигиеническому обследованию районов крупных промышленных центров и будущих застроек.

Составление проектов планировки и застройки населенных мест производится на основании действующих нормативных документов. Ниже приведены выписки из норм по планировке и застройке населенных мест (СНиП). «Жилую зону следует располагать на возвышенных и здоровых территориях, с наветренной стороны для господствующих ветров, а также выше по течению рек по отношению к промышленным предприятиям, выделяющим производственные вредности. Господствующее направление ветра следует принимать по средней розе ветров теплого периода года по данным наблюдений ближайшей метеорологической станции. Места отдыха не допускается размещать с подветренной стороны для господствующих ветров по отношению к промышленным предприятиям».

Количество вредных примесей, содержание которых допустимо в воздухе, нормируется и проверяется по инструкции Главной государственной санитарной инспекции СССР «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест». Как видно из приведенных выдержек, при планировке населенных мест учитывается лишь направление ветра за теплый период года.

Однако очевидно, что данных лишь о направлении ветра совершенно недостаточно для того, чтобы решить вопрос о том, какие районы города будут подвергаться наибольшему загрязнению. Более полно на эти вопросы могут ответить скоростные розы ветров, на которых будет указана длительность действия ветра различных скоростей для всех направлений.

Основанием для использования розы ветров за теплый период года служит то, что в это время проветривание помещений наиболее интенсивное и, следовательно, загрязнение воздуха может принести наибольший вред. Однако и в холодное время года проветривание имеет место, а жители города, особенно дети, значительное время проводят на улице. Следует также иметь в виду, что в летнее время дети и часть взрослого населения выезжают за город, а зимой все население сконцентрировано в городе. Кроме того, во многих районах Советского Союза особенности климата таковы, что длительность периода с температурами ниже 0° (т. е. холодная часть года) составляет половину года, а направления господствующих ветров в теплый и холодный периоды почти противоположны. Совершенно ясно, что в таких случаях недоучет направления ветра создает в городе очень тяжелые условия в период отрицательных температур. В качестве примера приведем данные по ст. Владивосток, где в условиях муссонного климата наблюдается сезонная смена направления ветра (рис. 1). С ноября по март средние месячные температуры воздуха отрицательны и преобладают ветры северных румбов. Однако уже в марте при средней месячной температуре воздуха $-3,9^{\circ}$ наблюдаются некоторые изменения в повторяемости направлений ветра, усиливается число юго-восточных ветров.

С апреля по август преобладающими становятся ветры юго-восточные и южные, а с сентября — северные и северо-западные. Средняя же месячная температура воздуха остается положительной до октября включительно. Следовательно, если согласно нормам определить господствующее направление ветра для теплого периода, т. е. для периода с положительными температурами, то по Владивостоку в этот период войдут месяцы (сентябрь и октябрь), когда ветровой режим уже характерен для зимних условий, а не для летних. Роза ветров за теплый период года осреднит все особенности ветрового режима района. Так, например, по этой розе юго-восточные и южные ветры составят примерно 50%, в то время как в июне и июле они составляют 73—74%.

Приведенный пример свидетельствует о том, что при решении вопросов планировки нужно использовать розу ветров за все месяцы года. Если направление ветра устойчиво и мало меняется от месяца к месяцу, то выбор розы ветров для планировки не представит трудности. Если же будет иметь место такое сезонное изменение направлений ветра, как в примере с Владивостоком, правильное размещение жилых районов может быть сделано лишь при рассмотрении роз ветров за все месяцы года. При планировке новых городов или поселков в пунктах, не имеющих вблизи метеорологических станций, необходимо проводить анемосъемки с привязкой полученных данных к ближайшей метеорологической станции. Использование наблюдений ближайшей метеостанции без проведения анемосъемки может привести к очень грубым ошибкам.

Это особенно касается тех случаев, когда новый город планируется в условиях горного рельефа. Л. И. Колдомасов приводит следующий пример. Для планировки поселка Шалым, расположенного в глубокой долине, были использованы имеющиеся готовые данные о направлении ветра по ст. Кондома, расположенной в 50 км в долине той же реки. Различная

Владивосток, обс

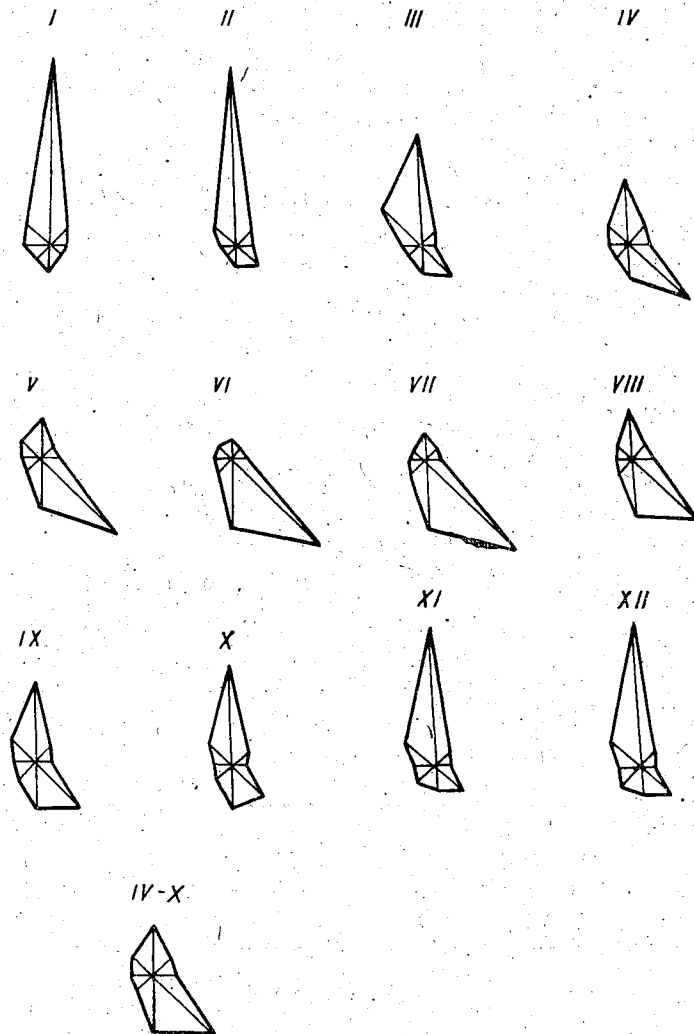


Рис. 1. Повторяемость направлений ветра (%) по ст. Владивосток.

ориентировка долины реки обусловила и различное направление ветра в этих двух пунктах: в Кондоме — южное и юго-западное, а в Шалыме — западное и юго-западное. Ошибка от использования таких материалов очевидна.

Если учет особенностей ветрового режима чрезвычайно важен при планировке нового города, то не менее важен он и при реконструкции старых городов. Выбор же данных о направлении ветра во многих

случаях представляет значительные трудности. Для существующих городов, особенно для крупных, таких, например, как Москва, Ленинград, Киев и др., характерно большое число узких улиц, тупиков, тесных колодцеобразных дворов, т. е. имеются условия, при которых ветровой поток сильно искажается, а вентиляция кварталов затруднена.

Новая часть любого советского города характеризуется широкими улицами. Узкие дворы заменены открытыми озелененными площадками внутри кварталов. В новых кварталах изменение ветрового потока будет совершенно иным, чем в кварталах старого города. Создаются очень сложные условия, когда, несмотря на наличие длительных наблюдений за ветром (в крупных населенных пунктах имеются метеорологические станции с длительным рядом наблюдений), использовать эти материалы без соответствующей корректировки нельзя.

Для правильного решения этого сложного вопроса необходимо:

1) на месте будущей застройки провести анемосъемки в различные сезоны года, а полученные данные привязать к наблюдениям существующей метеостанции;

2) провести анемосъемки в существующих новых районах крупных населенных пунктов и затем сравнить полученные данные с наблюдениями метеостанции города, если она расположена достаточно открыто, или любой ближайшей открыто расположенной станции. Эти сравнения помогут в дальнейшем разработать рекомендации по учету влияния застройки на ветровой поток.

Как указывалось выше, при размещении жилых и промышленных районов города необходимо учитывать особенности ветрового режима. Данные о повторяемости направлений ветра дают возможность лишь ориентировочно решить этот вопрос. Для более полного освещения ветрового режима могут быть рекомендованы розы скоростей ветров различной длительности. Роза ветров может быть получена с помощью самопишущих приборов, например по данным М-12. С лент самописца должны быть получены сведения о длительности данной скорости ветра данного направления и занесены в таблицу (см. табл. 1). В каждую графу по скорости и направлению вносится значение продолжительности действия (в часах).

Таблица 1

Градации скоростей ветра (м/сек.)	Направление ветра	
	С	СВ
До 1,0 1,1—2,0	2,1 0,5; 3	5; 3,5; 0,5 0,75; 1,5

Суммируя продолжительность всех случаев для данного сочетания скорости ветра и румба, получаем необходимые данные для построения розы ветров.

В качестве примера (рис. 2) приводим розу ветров по градациям скоростей и длительности для г. Магнитогорска за июль 1961 г., полученную Магнитогорской санитарно-эпидемиологической станцией. В приведенном примере штили наблюдались в течение 37 час. (5%), а северные и северо-восточные ветры со скоростью 2,1—5 м/сек.— 110 и 100 час. соответственно. Эти данные могут быть использованы для определения

района наибольшего загрязнения и являются более точными и обобщенными, чем просто роза ветров. Такие розы ветров следует строить

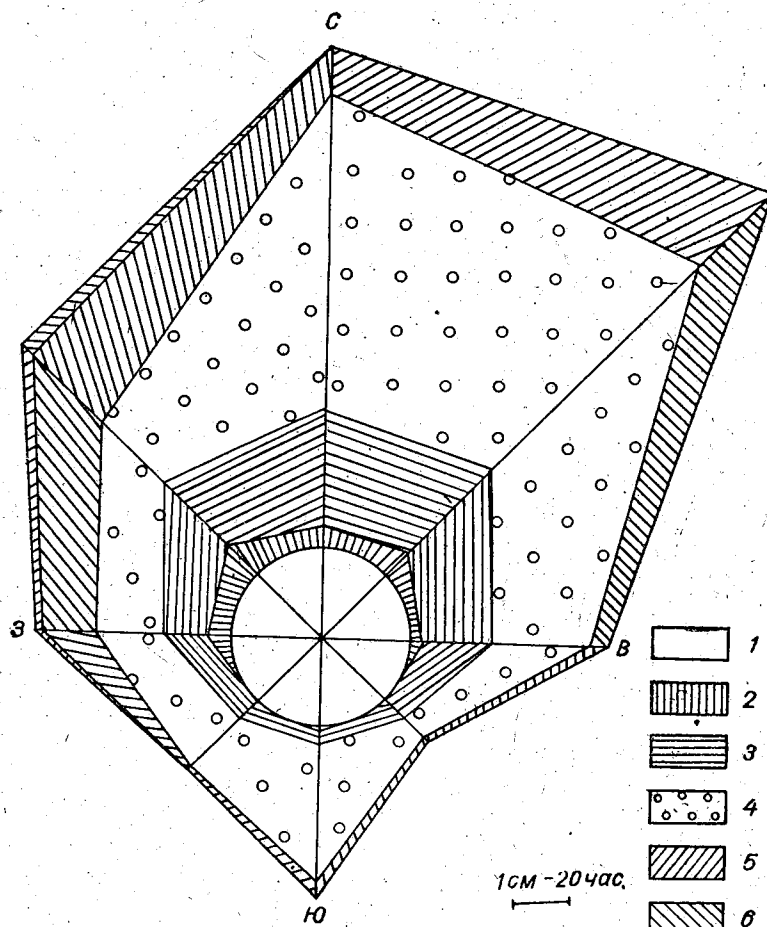


Рис. 2. Направление и скорости ветра различной длительности в г. Магнитогорске. Июль 1961 г.

Скорости ветра: 1 — штиль, 2 — до 1 м/сек., 3 — 1,1—2 м/сек., 4 — 2,1—5 м/сек., 5 — 5,1—10 м/сек., 6 — выше 10 м/сек.

за все месяцы года в тех районах, где наблюдается значительная изменчивость в направлениях ветра от сезона к сезону. Если же эта изменчивость невелика, то можно ограничиться рассмотрением их только для двух сезонов года.

О РАСЧЕТНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРАХ ТЕПЛОТДАЧИ ЗДАНИЙ

В статье рассматривается теория совместной кондуктивно-инфильтрационной теплоотдачи ограждения зданий. На основании выводов теории предлагается способ учета метеорологических условий теплоотдачи зданий. Способ состоит во введении некоторой эффективной температуры, являющейся комбинацией температуры внешнего воздуха и скорости ветра.

Общие соображения

В настоящее время производится пересмотр положений строительной теплотехники. Многие представления, нашедшие свое отражение в строительных нормах, признаны недостаточными с физической точки зрения. В связи с этим намечается также пересмотр нормативных указаний по теплотехническим расчетам зданий.

Однако соответствующие высказывания касались пока только чисто теплотехнической стороны вопроса и не имели отношения к внешним метеорологическим условиям, от которых существенно зависит тепловой режим зданий. Так, в дискуссии по критическому обзору А. Н. Борщевского [1] выступило множество авторов [9], однако ни в одном высказывании даже не упоминается о необходимости правильного учета метеорологических условий. Между тем анализ состояния вопроса показывает, что существующие рекомендации по учету метеорологических факторов далеки от совершенства и рационализация их может привести к не меньшему экономическому эффекту, чем усовершенствование чисто теплотехнической стороны проблемы.

Имеется множество задач строительной теплотехники, для правильного решения которых необходим надлежащий учет метеорологических условий. К числу таких задач относится вопрос о проникновении температурных колебаний сквозь ограждения зданий, о проникновении влаги из внешнего воздуха и вследствие атмосферных осадков и т. п. Однако наиболее важной является задача об определении максимальной теплоотдачи здания для расчета необходимой мощности отопительной системы. В дальнейшем речь пойдет только об этой задаче.

В настоящее время максимальную теплоотдачу зданий принято рассчитывать по формуле

$$Q = \sum_k \frac{S_k}{R_k} (t_k - t_n), \quad (1)$$

где суммирование производится по однородным участкам ограждения. S_k означает площадь одного такого участка, R_k — его термическое со-

противление, t_n — требуемую температуру внутри здания за этим участком ограждения; t_n представляет собой расчетную температуру наружного воздуха. М. В. Чаплин [7] предложил вычислять расчетную температуру t_n по формуле

$$t_n = 0,4t_x + 0,6t_{\min}, \quad (2)$$

где t_x — средняя многолетняя температура самого холодного месяца, а t_{\min} — абсолютный минимум температуры в данном месте. Как в свое время справедливо указывала Е. С. Рубинштейн, формула (2) совершенно несостоятельна с метеорологической точки зрения: в ней искусственно соединены два несопоставимых показателя — величина t_{\min} , известная обычно вполне надежно, но чрезмерно осредненная для теплотехнических целей, и величина t_x , которая весьма сильно зависит от продолжительности ряда наблюдений и качества последних.

Тем не менее формула (2) вошла в нормативные указания и, по свидетельству К. Ф. Фокина [6], ее используют зачастую и в настоящее время.

К. Ф. Фокин [5] предложил учитывать при выборе расчетной температуры t_n тот факт, что вследствие значительной тепловой инерции ограждения кратковременные понижения температуры воздуха не скажутся заметным образом на внутренней температуре здания. При этом в зависимости от массивности ограждения его тепловая инерция различна. В соответствии с этим Фокин предлагает принимать для наиболее массивных ограждений в качестве расчетной среднюю температуру самой холодной пятидневки среди 16% наиболее холодных зим. При уменьшении массивности ограждения интервал осреднения уменьшается до 3 и 1 суток. Предложение Фокина также было учтено в нормативных указаниях.

Опыт показывает, однако, что теплоотдача зданий зависит не только от температуры внешнего воздуха, но и от ветра, увеличиваясь с его ростом. Это обстоятельство учитывается в действующих «Строительных нормах и правилах» путем введения специальных надбавок, составляющих определенный процент от теплоотдачи, рассчитанной без учета ветра. Из самых общих соображений ясно, что влияние ветра на теплоотдачу зданий в действительности не может быть учтено введением надбавок и требует изменения расчетных метеорологических условий.

Действительно, в большинстве районов Советского Союза наиболее низкие температуры осуществляются при антициклонической погоде, когда скорости ветра весьма малы, а наиболее сильные ветры бывают при циклонических условиях, когда температуры не очень низки. Может поэтому оказаться, что наибольшая теплоотдача здания осуществляется вовсе не при наименьших температурах наружного воздуха, а при наиболее сильных ветрах и не очень низких температурах или даже при некоторых промежуточных условиях, когда температура низка, но не минимальна, а ветер велик, но не максимален.

В работе [2] была предпринята попытка исследовать этот эффект путем учета не только обычной (кондуктивной) теплоотдачи, но также теплопотерь, обусловленных воздухообменом между внутренним и внешним воздухом через поры материала и щели в ограждении (инфильтрационная теплоотдача). В этой работе по рекомендации В. Д. Мачинского [4] инфильтрационная теплоотдача принималась пропорциональной квадрату скорости ветра. Расчеты подтвердили приведенные общие соображения. Они показали, что наибольшая теплоотдача имеет место при минимальных значениях некоторой «эффективной» температуры, представляющей собой комбинацию температуры и ветра.

Вместе с тем расчеты показали, что предположение о пропорциональности инфильтрации квадрату скорости ветра, давая хорошие результаты при малых скоростях, приводит к чрезвычайно большим, явно завышенным суммарным значениям теплоотдачи при очень сильных ветрах. Так, в ряде случаев при реально существующих ветрах температура внутри здания при работе отопительной системы, спроектированной обычным путем, должна принимать отрицательные значения от -10 до -20° , чего в действительности не наблюдается.

Из сказанного следует, что необходимо усовершенствовать учет инфильтрационной теплоотдачи. Основой для такого усовершенствования должны быть как теоретические рассуждения, так и данные опытов, предпочтительно в натуральных условиях. Однако в настоящее время экспериментальных данных об инфильтрационной теплоотдаче зданий весьма мало. Нам известны лишь отдельные высказывания, что натурные наблюдения указывают на пропорциональность инфильтрации первой степени ветра. Поэтому в дальнейшем мы будем исходить главным образом из теоретических соображений.

Теория стационарной теплоотдачи зданий

Всюду в дальнейшем поток тепла будет считаться одномерным (направленным перпендикулярно плоскости ограждения) и стационарным, т. е. не меняющимся со временем. Предположение об одномерности потока, по-видимому, вообще достаточно для целей расчета теплоотдачи зданий и не нуждается в обобщении. Что касается предположения о стационарности, то оно не позволяет рассмотреть такие важные вопросы, как влияние тепловой инерции ограждения и необходимая степень осреднения метеорологических условий по времени. Поэтому в дальнейшем целесообразно отказаться от такого ограничения. Однако для выяснения роли кондуктивной и инфильтрационной теплоотдачи в общих тепловых потерях здания вполне можно пользоваться предположением о стационарности потока тепла.

Рассмотрим некоторый однородный (вдоль плоскости ограждения) участок. Применительно к такому участку уравнение теплопроводности при указанных ограничениях имеет вид

$$\rho(x)u(x)c_p \frac{dT}{dx} = \frac{d}{dx} \lambda(x) \frac{dT}{dx}, \quad (3)$$

где x — координата, перпендикулярная плоскости ограждения, T — температура, λ — коэффициент теплопроводности, c_p , ρ и u — теплоемкость, плотность и скорость инфильтрации воздуха. Комбинируя уравнение (3) с уравнением неразрывности для воздуха, которое в данном случае имеет простой вид

$$\frac{d}{dx} \rho(x)u(x) = 0, \quad (4)$$

можно переписать его в иной форме:

$$\frac{d}{dx} c_p \rho(x)u(x)T(x) = \frac{d}{dx} \lambda(x) \frac{dT}{dx}. \quad (5)$$

Первый интеграл уравнения (5) можно записать следующим образом:

$$P \equiv -\lambda(x) \frac{dT}{dx} + c_p \rho(x)u(x)T(x) = \text{const.} \quad (6)$$

Величина $-\lambda dT/dx$ представляет собой кондуктивный (обычный) поток тепла, а величина $c_p \rho u T$ — инфильтрационный поток.

Таким образом, выражение (6) показывает, что суммарный поток тепла, обусловленный как теплопроводностью, так и воздухообменом, не меняется вдоль координаты x . Заметим, что в формуле (6) температура T отсчитывается по абсолютной шкале.

Выражение (6) представляет собой линейное обыкновенное дифференциальное уравнение первого порядка с переменными коэффициентами относительно температуры $T(x)$, и его решение может быть сразу написано. Удобнее, однако, предварительно преобразовать (6) в уравнение с постоянными коэффициентами. Для этого заметим, что в силу уравнения неразрывности (4) величина

$$b = c_p \rho(x) u(x) \quad (7)$$

постоянна, и введем замену переменных по формуле

$$r(x) = \int_0^x \frac{dy}{\lambda(y)}. \quad (8)$$

Величина r хорошо известна в теплотехнике. Она представляет собой кондуктивное термическое сопротивление участка от 0 до x .

Подставляя (7) и (8) в (6), получим уравнение с постоянными коэффициентами

$$-\frac{dT}{dr} + bT(r) = P, \quad (9)$$

общее решение которого может быть записано в виде

$$T(r) = \frac{P}{b} + Ce^{br}, \quad (10)$$

где C — постоянная интегрирования.

Пусть длина эффективного отрезка теплообмена равна d , так что если $T_0 = T|_{x=0}$ — температура внутреннего воздуха, то $T_d = T|_{x=d}$ может быть принята за температуру внешнего воздуха. Отрезок d включает в себя, очевидно, толщину стены, а также толщины участков вне и внутри ограждения, в которых температура воздуха существенно зависит от поперечной координаты x .

Обозначим через R полное кондуктивное термическое сопротивление эффективного участка

$$R = r(d) = \int_0^d \frac{dy}{\lambda(y)}. \quad (11)$$

Тогда из (10) получаем следующее выражение для суммарного потока тепла P :

$$P = b \frac{T_0 e^{bR} - T_d}{e^{bR} - 1}. \quad (12)$$

Существует еще одна закономерность, пока не использованная в наших рассуждениях. Она состоит в том, что суммарный поток воздуха через все ограждение здания (S) равен нулю,

$$\oint_{(S)} u_p dS = 0, \quad (13)$$

поскольку количество воздуха в здании не увеличивается и не уменьшается с течением времени. Схематизируя эту закономерность, предположим, что наряду с рассмотренным участком ограждения существует другой, отличающийся от него только тем, что скорость инфильтрации через него имеет другой знак, т. е. равна не u , а $-u$. Выражение для

суммарного потока тепла через этот второй участок получится из выражения (12) заменой b на $-b$, т. е.

$$P_- = -b \frac{T_0 e^{-bR} - T_d}{e^{-bR} - 1}$$

или

$$P_- = b \frac{T_0 - T_d e^{bR}}{e^{bR} - 1}. \quad (14)$$

Если S — общая площадь обоих участков, то, согласно (12) и (14), суммарная теплоотдача их составляет

$$Q = \frac{bR}{2} \frac{e^{bR} + 1}{e^{bR} - 1} S \frac{T_0 - T_d}{R} \quad (15)$$

или

$$Q = \beta \operatorname{cth} \beta S \frac{T_0 - T_d}{R}, \quad (16)$$

где

$$\beta = \frac{bR}{2} = \frac{1}{2} c_p(x) u(x) \int_0^d \frac{dx}{\lambda(x)}. \quad (17)$$

Легко дать физическое истолкование безразмерного параметра β . Для этого введем среднее гармоническое по отрезку d значение коэффициента теплопроводности λ_g

$$\int_0^d \frac{dx}{\lambda(x)} = \frac{d}{\lambda_g}. \quad (18)$$

Тогда

$$\beta = \frac{1}{2} \frac{c_p u d}{\lambda_g}. \quad (19)$$

Величина

$$\frac{c_p u d}{\lambda} = \frac{v d}{\alpha} = \operatorname{Pe}, \quad (20)$$

где v — скорость некоторого потока, d — характерный линейный размер, а α — коэффициент температуропроводности, известный в теплотехнике как число Пекле (Péclet). Сопоставление (19) с (20) показывает, что параметр β лишь множителем $\frac{1}{2}$ отличается от инфильтрационного числа Пекле, т. е. такого, в котором вместо скорости потока v фигурирует скорость инфильтрации u . Точнее, β представляет собой половину среднего гармонического значения инфильтрационного числа Пекле вдоль эффективного участка теплообмена.

Проанализируем формулу (17).

Если $u=0$, то и $\beta=0$; тогда, поскольку

$$\beta \operatorname{cth} \beta \Big|_{\beta=0} = 1,$$

получаем

$$Q = Q_k = S \frac{T_0 - T_d}{R}, \quad (21)$$

т. е. хорошо известное выражение для чисто кондуктивной теплоотдачи участка ограждения. Эта теплоотдача обусловлена теплопроводностью как стены, так и прилегающих к ней слоев внешнего и внутреннего воздуха. Однако теплопроводность стены значительно меньше, чем тур-

булентная теплопроводность воздуха. Согласно же формуле (11), имеет место закон сложения термических сопротивлений — величин, обратных теплопроводностям различных участков отрезка d . Поэтому полное кондуктивное сопротивление R определяется главным образом теплопроводящими свойствами материала стены, а турбулентная теплопроводность воздуха оказывает на R малое влияние. Поскольку же от скорости ветра может зависеть лишь турбулентная теплопроводность внешнего воздуха, из сказанного следует, что величина R практически не зависит от скорости ветра. Этот факт хорошо известен в строительной теплотехнике.

Таким образом, влияние ветра сказывается лишь на скорости инфильтрации u , а поэтому и на величине безразмерного параметра β . Рассмотрим представления строительной теплотехники относительно механизма инфильтрации.

Прежде всего различают инфильтрацию, обусловленную скоростным напором и тепловым напором. В переводе на обычный язык физики первая означает вынужденную конвекцию воздуха, вызванную динамическими причинами, а вторая — свободную конвекцию вследствие перепада температур между внутренним и внешним воздухом.

Свободно-конвективные движения могут быть существенны разве лишь при очень малых скоростях ветра. В интересующих нас условиях максимальной теплоотдачи внутренняя температура всюду существенно превышает внешнюю, и тем не менее суммарный поток воздуха сквозь ограждения равен нулю [условие (13)], что также указывает на несущественность свободной конвекции. Наконец, и в курсах строительной теплотехники (например, [8]) можно встретить утверждение, что тепловой напор, как правило, мал по сравнению со скоростным. На основании всего этого мы будем рассматривать лишь вынужденную фильтрацию воздуха, пренебрегая эффектом свободной конвекции.

Скоростной напор Δp представляет собой динамический добавок давления, обусловленный движением внешнего воздуха. Поскольку это движение носит турбулентный характер, можно считать, что скоростной напор Δp пропорционален квадрату скорости ветра

$$\Delta p \sim v^2. \quad (22)$$

Если фильтрация воздуха является ламинарной и скорость ее весьма мала, то эта скорость пропорциональна первой степени динамического напора

$$u \sim \Delta p$$

и, следовательно, квадрату скорости ветра

$$u \sim v^2.$$

Если же скорости фильтрации не очень малы и в особенности если она носит турбулентный характер, то u пропорциональна корню из Δp :

$$u \sim \Delta p^{\frac{1}{2}},$$

т. е., согласно (22);

$$u \sim v.$$

Воздухообмен через ограждение здания осуществляется различными путями: сквозь поры материала стен, сквозь щели в ограждении, через открываемые окна, двери, форточки и т. п. Согласно имеющимся сведениям (например, [6]); фильтрация воздуха сквозь поры стен может носить как ламинарный, так и турбулентный характер в зависимости от структуры материала стен. Кроме того, на фильтрацию воздуха сквозь

поры может влиять увлажнение стен, поскольку для преодоления силы натяжения пленок воды в порах материала требуется наличие некоторого начального скоростного напора.

Что касается проникновения воздуха сквозь щели и открываемые отверстия, то оно, естественно, носит турбулентный характер и, как правило, более значительно, чем фильтрация сквозь поры. Поэтому без большой погрешности можно считать, что скорость фильтрации для всего ограждения в целом пропорциональна корню из динамического напора, т. е. первой степени ветра:

$$u = \gamma v, \quad (23)$$

где γ — некоторый безразмерный коэффициент. При этом безразмерный параметр β также пропорционален первой степени скорости ветра. Согласно (19) и (23),

$$\beta = \frac{\gamma}{2} \frac{\rho c v d}{\lambda_g}. \quad (24)$$

Рассмотрим теперь зависимость теплоотдачи Q [см. (16)] от скорости ветра. При малых β имеет место приближенное соотношение

$$\beta \operatorname{cth} \beta = 1 + \frac{\beta^2}{3}, \quad (25)$$

подставляя которое в (16), получаем

$$Q = \left(1 + \frac{\beta^2}{3}\right) S \frac{T_0 - T_d}{R} \quad (26)$$

или, учитывая (21),

$$Q = Q_k + \frac{\beta^2}{3} S \frac{T_0 - T_d}{R}. \quad (27)$$

Последнее слагаемое представляет собой, очевидно, инфильтрационную теплоотдачу рассматриваемого участка ограждения, так как общая теплоотдача есть сумма кондуктивной и инфильтрационной теплоотдач. Таким образом, в рассматриваемом случае малых β инфильтрационная теплоотдача пропорциональна квадрату β . Учитывая (24), можно заключить, что при малых скоростях ветра v инфильтрационная теплоотдача пропорциональна квадрату v .

При больших $\beta \operatorname{cth} \beta = 1$ и потому $\beta \operatorname{cth} \beta = \beta$. Следовательно, при больших скоростях ветра v теплоотдача оказывается пропорциональной первой степени v .

Итак, влияние ветра на теплоотдачу ограждения носит различный характер в разных областях значений скорости ветра. При малых скоростях ветра обусловленная им дополнительная (инфильтрационная) теплоотдача растёт пропорционально квадрату скорости ветра. При больших скоростях ветра теплоотдача растёт пропорционально первой степени скорости. В промежуточной области скоростей теплоотдача меняется быстрее, чем по линейному закону, но медленнее, чем по квадратическому.

Эффективные температуры теплоотдачи зданий

Обобщая рассуждения, изложенные в работе [2], можно ввести в рассмотрение единый параметр, объединяющий метеорологические факторы теплоотдачи здания.

Заметим прежде всего, что, вводя некоторые осредненные характеристики, можно перейти от теплоотдачи через однородные участки ограждения, рассмотренной выше, к теплоотдаче всего здания в целом.

Примем сначала, что внутренняя температура воздуха T_0 одинакова для всех частей здания, и разобьем ограждение здания на n однородных участков площадью S_k . Тогда общая теплоотдача здания определится формулой

$$Q_0 = \sum_{k=1}^n Q_k = \sum_{k=1}^n \beta_k \operatorname{cth} \beta_k S_k \frac{T_0 - T_d}{R_k}. \quad (28)$$

Определим теперь величину $\bar{\beta}$ соотношением

$$\sum_{k=1}^n \beta_k \operatorname{cth} \beta_k \frac{S_k}{R_k} = \bar{\beta} \operatorname{cth} \bar{\beta} \sum_{k=1}^n \frac{S_k}{R_k}. \quad (29)$$

Подставляя (29) в (28), получим

$$Q_0 = \bar{\beta} \operatorname{cth} \bar{\beta} (T_0 - T_d) \sum_{k=1}^n \frac{S_k}{R_k}. \quad (30)$$

Если, кроме того, внутренняя температура воздуха в разных частях здания различна, то разобьем поверхность сначала на m частей S_i , соответствующих различным внутренним температурам T_{0i} , а затем каждую из них на n_i однородных участков S_{ik} . Тогда

$$\begin{aligned} Q_0 &= \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{n_i} Q_{ik} = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{n_i} \beta_{ik} \operatorname{cth} \beta_{ik} S_{ik} \frac{T_{0i} - T_d}{R_{ik}} = \\ &= \sum_{i=1}^m (T_{0i} - T_d) \sum_{k=1}^{n_i} \beta_{ik} \operatorname{cth} \beta_{ik} \frac{S_{ik}}{R_{ik}}. \end{aligned} \quad (31)$$

Вводя аналогично (29) $\bar{\beta}_i$ соотношением

$$\sum_{k=1}^{n_i} \beta_{ik} \operatorname{cth} \beta_{ik} \frac{S_{ik}}{R_{ik}} = \bar{\beta}_i \operatorname{cth} \bar{\beta}_i \sum_{k=1}^{n_i} \frac{S_{ik}}{R_{ik}}, \quad (32)$$

перепишем (31) в виде

$$Q_0 = \sum_{i=1}^m \bar{\beta}_i \operatorname{cth} \bar{\beta}_i (T_{0i} - T_d) \sum_{k=1}^{n_i} \frac{S_{ik}}{R_{ik}}. \quad (33)$$

Пренебрегая зависимостью $\bar{\beta}_i$ от i^1 и вводя величину осредненной внутренней температуры воздуха T_b соотношением

$$T_b = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{n_i} \frac{S_{ik}}{R_{ik}} = \sum_{i=1}^m T_{0i} \sum_{k=1}^{n_i} \frac{S_{ik}}{R_{ik}}, \quad (34)$$

приведем (33) к виду

$$Q_0 = \bar{\beta} \operatorname{cth} \bar{\beta} (T_b - T_d) \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{n_i} \frac{S_{ik}}{R_{ik}}. \quad (35)$$

Наконец, вводя коэффициент кондуктивной теплоотдачи всего здания A соотношением

$$AS = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{n_i} \frac{S_{ik}}{R_{ik}}, \quad (36)$$

¹ Это пренебрежение, разумеется, не принципиально.

где

$$S = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{n_i} S_{ik} \quad (37)$$

есть общая площадь всего ограждения, получим окончательно

$$Q_0 = \bar{\beta} \operatorname{cth} \bar{\beta} AS (T_b - T_d), \quad (38)$$

т. е. формулу того же вида, что и формула (16) для однородного участка ограждения.

Разумеется, в процессе суммирования будет меняться зависимость β от v , однако едва ли будет допущена заметная погрешность, если принять, что и осредненная величина $\bar{\beta}$ подобно величине β для каждого однородного участка ограждения пропорциональна первой степени скорости ветра.

В формуле (38) зависимость теплоотдачи от метеорологических условий описывается двумя параметрами — температурой внешнего воздуха T_d и безразмерной величиной $\bar{\beta}$, пропорциональной скорости ветра.

Введем теперь эффективную температуру теплоотдачи здания T' отношением

$$Q_0 = AS (T_b - T'). \quad (39)$$

Сопоставляя (38) с (39) и учитывая, что при штиле ($v=0$) $\bar{\beta} \operatorname{cth} \bar{\beta} = 1$, легко представить себе физический смысл введенной эффективной температуры T' . Она представляет собой такую температуру, при которой здание имело бы ту же теплоотдачу в условиях штиля, которую оно имеет в действительности при данной температуре внешнего воздуха и данной скорости ветра. Иначе говоря, введение эффективной температуры T' сводит расчет суммарной теплоотдачи здания к обычному расчету только кондуктивной теплоотдачи.

Комбинируя (38) и (39), получаем

$$T' = T_d - (\bar{\beta} \operatorname{cth} \bar{\beta} - 1) (T_b - T_d), \quad (40)$$

так что эффективная температура T' меньше фактической на величину

$$\Delta T = (\bar{\beta} \operatorname{cth} \bar{\beta} - 1) (T_b - T_d), \quad (41)$$

которую мы будем называть эффективной добавкой температуры. Смысл эффективной добавки может быть пояснен, помимо сказанного, следующим рассуждением.

Пусть отопительная система рассчитана лишь на максимальную кондуктивную теплоотдачу Q_k :

$$Q_k = AS (T_b - T_d), \quad (42)$$

а в действительности при температуре T_d наблюдается не штиль, а ветер со скоростью v , при котором безразмерный параметр инфильтрации равен $\bar{\beta}$. При таких условиях стационарный режим температуры будет достигнут при расчетной теплоотдаче Q_k (поскольку большая величина теплоотдачи не может быть обеспечена отопительной системой), а внутренняя температура воздуха станет ниже расчетной. Для определения этой новой внутренней температуры T'_b следует, согласно сказанному, написать на основании формул (38) и (42)

$$Q_k = \bar{\beta} \operatorname{cth} \bar{\beta} AS (T'_b - T_d) = AS (T'_b - T_d), \quad (43)$$

откуда

$$T'_в = T_в - (\bar{\beta} \operatorname{cth} \bar{\beta} - 1)(T_в - T_d). \quad (44)$$

Сопоставление (44) с (41) показывает, что эффективная добавка представляет собой величину, на которую понизится температура внутри здания $T_в$ в результате увеличения скорости ветра от нуля до значения, соответствующего безразмерному параметру $\bar{\beta}$.

Способ расчета эффективных температур

Эффективная температура T' зависит не только от метеорологических параметров: в формулу (40) входит, кроме того, расчетная температура внутреннего воздуха $T_в$, а параметр $\bar{\beta}$ зависит как от скорости ветра, так и от параметров, характеризующих возможности воздухообмена через ограждение.

Однако в противоположность суммарной теплоотдаче Q_0 эффективная температура T' сравнительно слабо зависит от конструктивных параметров ограждения. Об этом можно судить хотя бы на основании того простого факта, что если все линейные размеры ограждения увеличить, скажем, в 2 раза, то Q_0 увеличится в 4 раза, в то время как T' не изменится.

Вопрос о зависимости эффективной температуры T' от конструктивных параметров ограждения и величины $T_в$ был детально проанализирован применительно к квадратическому закону инфильтрационной теплоотдачи в работе [2]. Там было показано, что с достаточной для практических целей точностью можно охватить все возможные случаи несколькими градациями инфильтрационной способности ограждения при едином значении $T_в$. Нет оснований сомневаться в применимости этого заключения и в рамках предлагаемого более точного учета инфильтрационной теплоотдачи.

Для установления наиболее приемлемых градаций следовало бы установить для ряда типовых зданий коэффициент пропорциональности между скоростью ветра v и параметром $\bar{\beta}$. Весьма рационально было бы, по нашему мнению, выполнить для этого специальные наблюдения в натуральных условиях.

Однако уже в настоящее время, до постановки специальных натуральных опытов, можно ориентировочно наметить требуемые градации, исходя из следующих соображений.

Расчеты, приведенные в работе [2], дают, как указывалось выше, чрезмерные значения теплоотдачи при больших скоростях ветра v . Можно думать, однако, что в области малых значений v результаты работы [2] вполне применимы. Имеются определенные указания, что результаты расчетов [2] хорошо согласуются с данными натурных измерений. Применимость этих указаний именно к малым скоростям ветра вытекает из того простого факта, что большие скорости ветра наблюдаются сравнительно редко.

С другой стороны, как показано выше, при малых скоростях ветра инфильтрационная теплоотдача действительно пропорциональна квадрату скорости ветра. Поэтому в рамках развитой теории можно, исходя из предположения, что оценки [2] применимы к малым значениям v , получить возможность рассчитывать эффективные температуры при любых скоростях ветра.

Согласно формуле (25), при малых скоростях ветра формула (40) может быть записана в виде

$$T' = T_d - \frac{\bar{\beta}^2}{3}(T_в - T_d). \quad (45)$$

Сопоставим формулу (45) с формулой (7) работы [2], которую в наших обозначениях можно записать следующим образом:

$$T' = T_a - C v^2 (T_b - T_d). \quad (46)$$

Тогда получим

$$\bar{\beta} = \sqrt{3C} v. \quad (47)$$

В работе [2] были введены три градации параметра C , а именно 0,008, 0,011 и 0,014 сек.²/м², причем увеличению C соответствует, очевидно, возрастание инфильтрационной способности ограждения. Учиты-

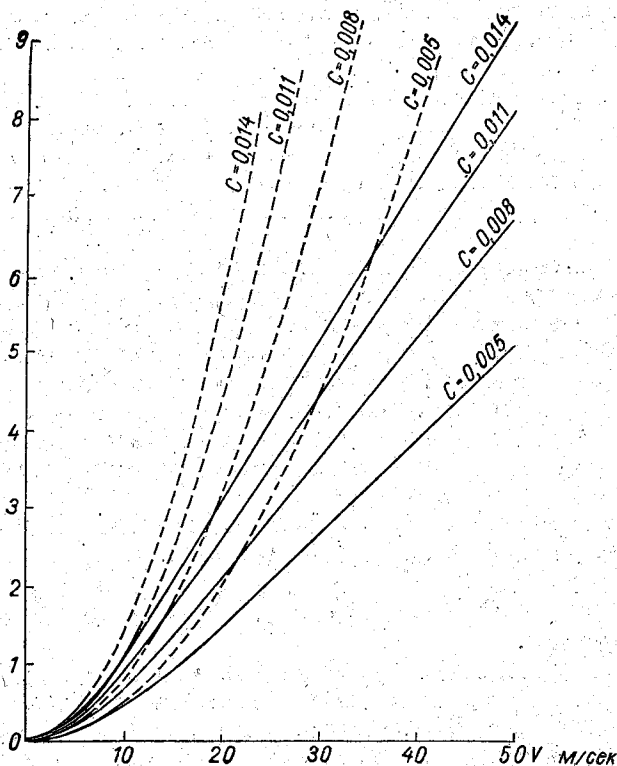


Рис. 1.

вая, что типовые проекты, рассмотренные там, относятся к сравнительно легким ограждениям, целесообразно ввести дополнительно еще одну градацию: $C=0,005$ сек.²/м². Для этих четырех градаций имеем согласно (47),

при	$C=0,005$ сек. ² /м ²	$\beta=0,122$	v^2	
»	$C=0,008$	»	$\beta=0,155$	v^2
»	$C=0,011$	»	$\beta=0,182$	v^2
»	$C=0,014$	»	$\beta=0,205$	v^2

где скорость ветра v выражена в м/сек.

На рис. 1 показана зависимость коэффициента

$$\eta = \bar{\beta} \operatorname{cth} \bar{\beta} - 1 \quad (48)$$

Таблица 1

Эффективные температуры

Скорость ветра (м/сек.)	Температура (°С)																									
	-1	-3	-5	-7	-9	-11	-13	-15	-17	-19	-21	-23	-25	-27	-29	-31	-33	-35	-37	-39	-41	-43	-45	-47	-49	-51
0,5	-1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	-51
2,5	-2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	35	37	39	41	43	45	47	49	51	-53
4,5	-3	5	7	9	12	14	16	18	20	23	25	27	29	31	34	36	38	40	42	45	47	49	51	53	55	-58
6,5	-5	7	10	12	14	17	19	22	24	26	29	31	34	37	39	41	43	46	48	50	53	55	58	60	62	-65
8,5	-7	10	13	15	18	21	23	26	29	31	34	37	39	42	45	47	50	53	55	58	61	63	66	69	71	-74
10,5	-10	13	16	19	22	25	28	31	34	37	40	43	46	49	52	55	58	61	64	67	70	73	76	79	82	-85
12,5	-14	17	21	24	27	31	34	37	41	44	47	51	54	57	61	64	67	71	74	77	81	84	88	91	84	-98
14,5	-18	21	25	29	33	36	40	44	48	51	55	59	63	66	70	74	78	81	85	89	93	96	100	104	107	-111
16,5	-22	26	30	34	38	42	46	51	55	59	63	67	71	75	80	84	88	92	96	100	105	109	113	117	121	-126
18,5	-26	30	35	39	44	49	53	58	63	67	72	76	81	86	90	95	99	104	109	113	118	122	127	132	136	-141
22,5	-35	40	46	51	57	62	68	73	79	84	90	95	101	107	112	118	123	129	134	140	145	151	157	162	168	-173
26,5	-44	50	57	63	70	77	83	90	97	103	109	116	122	129	136	142	148	155	161	168	174	181	187	194	200	-207
31,5	-56	64	72	79	87	95	103	110	118	126	134	141	149	157	165	173	180	188	196	204	212	219	227	235	243	-251
37,5	-69	78	87	97	106	115	124	133	143	152	161	170	179	189	198	207	216	225	234	244	253	262	271			

от скорости ветра v для введенных четырех градаций связи между $\bar{\beta}$ и v . Пунктиром показаны кривые

$$\eta = \frac{\bar{\beta}^2}{3}, \quad (49)$$

соответствующие пропорциональности инфильтрационной теплоотдачи квадрату скорости ветра во всем интервале изменения последней. Как видно из рис. 1, предлагаемая теория дает заметные уточнения по сравнению с предположением о квадратическом законе инфильтрационной теплоотдачи начиная уже со сравнительно небольших значений скорости ветра.

Пользуясь кривыми зависимости η от v , приведенными на рис. 1, и задавая температуру внутреннего воздуха T_b , легко составить таблицы или номограммы для расчета эффективной температуры T' по значениям скорости ветра v и температуры наружного воздуха T_a . В качестве примера в следующей таблице показаны значения T' для первой из введенных градаций при внутренней температуре 18°C .

В работе [3] приведена аналогичная таблица при квадратическом законе (48). Сопоставление ее с табл. 1 показывает, что при малых скоростях ветра значения T' одинаковы в обеих таблицах, в то время как при больших скоростях ветра предлагаемая теория дает существенно меньшие по абсолютной величине отрицательные значения T' , чем те, которые приведены в работе [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Борщевский А. Н. К вопросу о современном состоянии строительной теплотехники. Инженерно-физический журнал, т. 4, № 4, 1961.
2. Гандин Л. С. О расчете теплоотдачи зданий в различных климатических условиях. Тр. ГГО, вып. 55 (117), 1955.
3. Гандин Л. С., Анапольская Л. Е. Некоторые основные вопросы строительной метеорологии и климатологии. Тр. Всесоюзного научного метеорологического совещания. Секция климатологии, т. IV, 1962.
4. Мачинский В. Д. Теплотехнические основы строительства. Стройиздат, 1949.
5. Фокин К. Ф. Расчетные температуры наружного воздуха. Стройиздат, 1946.
6. Фокин К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. Гос. изд. лит. по строит. и архит., 1953.
7. Чаплин М. В. Курс отопления и вентиляции, вып. 1, 1923.
8. Шкловер А. М. Теплоустойчивость зданий. Стройиздат, 1952.
9. Необходимо пересмотреть нормы и правила строительной теплотехники. Дискуссия. Инженерно-физический журнал, т. 4, № 9, 1961.

ВЕРОЯТНОСТЬ БОЛТАНКИ САМОЛЕТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СКОРОСТЯХ ВЕТРА

В работе рассматривается связь вероятности болтанки самолетов со скоростью ветра в облаках и вне облаков. Установлено, что с возрастанием скорости ветра в верхней части тропосферы вероятность болтанки самолетов увеличивается. В нижнем слое атмосферы возрастание вероятности болтанки с увеличением скорости ветра наблюдалось только при полетах в облаках. Наибольшее влияние на увеличение вероятности болтанки оказывает не возрастание скорости ветра, а наличие облаков в атмосфере.

Большие значения скорости ветра сами по себе не должны оказывать существенного влияния на развитие турбулентности. Турбулентность атмосферы становится значительной при наличии больших изменений ветра по вертикали или по горизонтали. Однако существенные изменения скорости ветра на высотах не могут возникать при малой скорости движения воздушного потока. Так, в нижней части тропосферы в зоне фронта, где наблюдаются большие сдвиги ветра, скорость его достигает значительной величины. Здесь часто полеты сопровождаются болтанкой самолета.

Известно также, что максимальные вертикальные и горизонтальные градиенты скорости ветра в верхней части тропосферы наблюдаются вблизи уровня максимальной скорости ветра.

Ю. В. Куриловой [5] была получена хорошая связь между скоростью и сдвигами ветра по горизонтали и вертикали в области струйных течений. Короче говоря, корреляция между турбулентностью и болтанкой самолетов, с одной стороны, и значительной скоростью ветра, с другой, вполне возможна, так как оба эти фактора связаны с большими сдвигами ветра. Очевидно, большой сдвиг ветра возможен лишь при наличии большой скорости ветра, хотя обратная зависимость не всегда справедлива. Иначе трудно было бы объяснить, почему иногда в зоне струйного течения полеты самолетов совершаются спокойно.

Естественно, что в ряде работ (С. М. Шметера, Н. Ф. Гельмгольца, А. Андерсона, Д. Колсона, Н. Н. Романова, Г. В. Васильевой и др.) делались попытки найти связь между вероятностью или интенсивностью болтанки и скоростью ветра.

В нижнем слое тропосферы вблизи даже небольших возвышенностей при большой скорости ветра возникают неупорядоченные восходящие и нисходящие движения, образуются волновые возмущения. Вследствие этого в гористой местности при больших скоростях ветра должна увеличиваться интенсивность болтанки; вероятность болтанки самолетов также должна быть значительной. Действительно, при обработке материалов наблюдений в горных районах С. М. Шметер [8] получил до-

вольно тесную связь между вероятностью болтанки самолетов и скоростью ветра: с ростом скорости ветра вероятность болтанки увеличивается. В слое 1—2 км при скорости ветра более 10 м/сек. вероятность болтанки оказалась в три раза больше, чем при ветре со скоростями менее 5 м/сек. В этой связи представляет интерес анализ одного случая сильной турбулентности, проведенный Вильсоном [17]. Самолет испытал сильную болтанку в слое резкого изменения ветра с высотой при скорости более 20 м/сек. Слой сильной болтанки оказался на уровне вершин находящихся вблизи возвышенностей. Выше этого слоя скорость ветра возрастала, однако турбулентность оказалась слабой.

Н. Ф. Гельмгольц [2], рассматривая условия развития турбулентности в предгорной зоне Юго-Восточного Казахстана, обнаружил, что интенсивность болтанки явно возрастает при скоростях ветра более 7—10 м/сек., но тесной связи между наличием болтанки самолетов и скоростью ветра во всем диапазоне скоростей ему установить не удалось. Гельмгольц это объясняет преобладанием слабых ветров в Казахстане. Очевидно, при слабом ветре болтанка самолетов чаще была связана с термической неустойчивостью атмосферы.

Многие авторы указывали, что на больших высотах существует связь между скоростью ветра и наличием болтанки самолетов. Основываясь на данных Хизлопа, такое предположение высказал Н. З. Пинус [6], а В. И. Воробьев [1], обработав данные о болтанке самолетов ИЛ-28 для высот 10—11 км, получил, что при скорости ветра 100—140 км/час болтанка наблюдалась в 24% полетов, а при скорости 160—230 км/час — в 40%. Известно, что турбулентность наиболее развита в пограничном слое атмосферы.

Второй максимум повышенной турбулентности, по данным многих авторов, наблюдается под тропопаузой вблизи уровня максимальной скорости ветра.

В работах, посвященных изучению болтанки самолетов в чистом небе на больших высотах [11—15], обычно делается вывод, что болтанка связана со струйными течениями и что чаще всего она наблюдается ниже оси струйного течения или на периферии струи. Ветер в этих зонах всегда имеет значительную скорость, хотя и не максимальную, т. е. несколько меньшую, чем на оси струйного течения.

В выводах И. Г. Пчелко [7] также имеются указания, что зоны болтанки совпадают с областями относительно сильного ветра, и чем сильнее ветер в конвергентной части струйного течения, тем вероятнее интенсивная болтанка самолета.

В этой же работе приводятся данные Г. В. Васильевой, которая пыталась установить количественную связь между вероятностью болтанки самолетов и скоростью ветра в высоких слоях атмосферы.

Из приведенной (на стр. 83 указанной работы) таблицы следует, что при переходе от диапазона скоростей менее 100 км/час к скоростям 100—200 км/час вероятность болтанки возрастает с 15 до 20%, а при скорости ветра более 200 км/час она уменьшается до 11%. На основании этих данных автор делает вывод об отсутствии связи между вероятностью болтанки и скоростью ветра. Однако последнее значение вероятности получено по данным полетов, продолжавшихся менее трех часов, поэтому вряд ли оно может считаться надежным.

В связи с вышеизложенным представляло интерес вычислить вероятность болтанки самолетов при различных скоростях ветра по более обширному материалу наблюдений с использованием данных о ветре в большем диапазоне скоростей, чем взятый Гельмгольцем [2], и с учетом более мелких градаций скорости, чем принятые Г. В. Васильевой [7].

При существующем положении в вопросе прогноза болтанки самолетов установление связи этого явления (или даже отсутствия таковой) с каким-либо метеорологическим процессом представляется весьма полезным.

В нашем распоряжении имелось значительное число наблюдений над болтанкой самолетов и ветром в нижнем и верхнем слоях тропосферы.

Сведения о наблюдавшейся болтанке самолетов были получены в течение лета 1959 г. и весны 1960 г. синоптиками Северо-Западного УГМС и Ленинградского аэропорта от летчиков, совершавших полеты над Европейской территорией СССР.

Скорость ветра по маршруту полета определялась на основании данных радиолокационных наблюдений в пункте, расположенном на расстоянии не более 150 км от трассы. Рассматривались условия полета лишь тех самолетов, когда время полета вблизи пункта зондирования и время ветрового зондирования атмосферы в ближайшем от полета пункте отличались не более чем на 4 часа. Из двух скоростей ветра, зафиксированных на верхнем и нижнем уровнях слоя, в котором совершался полет, в расчет принималась наибольшая скорость.

Оценка интенсивности болтанки определялась по ощущениям экипажа самолета и, следовательно, в известной степени являлась субъективной. Поэтому нами рассматривалась зависимость наличия болтанки от скорости ветра без учета интенсивности болтанки. Однако, как правило, случаи очень слабой болтанки летчиками не отмечаются. Случаи же сильной и очень сильной болтанки наблюдаются очень редко. Поэтому использованные нами данные в основном относятся к условиям умеренной и слабой болтанки.

При рассмотрении связи вероятности болтанки со скоростью ветра весьма важно исключить влияние облачности, так как в облаках турбулентность усиливается под влиянием других факторов, не связанных со скоростью ветра. С этой целью в отличие от вышеуказанных работ подсчет вероятностей нами производился отдельно для облачных слоев и безоблачных. В нижнем слое совершались полеты винтомоторных самолетов. Верхний слой — зона полетов реактивных и турбореактивных самолетов. Различные типы самолетов по-разному реагируют на турбулентность атмосферы. Поэтому данные наблюдений в этих двух слоях также обработаны отдельно. Первый из этих слоев включает в себя высоты от 1—1,5 до 3—3,5 км. Во второй слой входят высоты преимущественно от 7 до 9 км, причем полеты всегда происходили примерно на 1 км ниже уровня нижней границы тропосферы. В общей сложности были подвергнуты анализу и обработке данные наблюдений по 2612 участкам полета. Из них в нижнем слое тропосферы использованы 1334 наблюдения, а в верхнем слое — 1278. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Из таблицы видно, что в нижнем слое тропосферы полеты в основном совершались при скоростях ветра, не превосходящих 20 м/сек., и скорость более 30 м/сек. при полетах по трассам совсем не наблюдалась.

В верхнем слое тропосферы значительное число полетов происходило при больших скоростях ветра. В том и другом слое при полетах по трассе преобладала безоблачная погода. В нижнем слое тропосферы в безоблачных слоях полетов было в два раза больше, чем в облачных, в верхнем слое — в три раза больше.

В весенне-летний период над Европейской территорией СССР общая вероятность болтанки самолетов (без учета скорости ветра и наличия

Таблица 1

Вероятность болтанки самолетов при различных скоростях ветра

Скорость (м/сек.)	Нижний слой тропосферы				Верхний слой тропосферы			
	число полетов		сумма	вероятность болтанки	число полетов		сумма	вероятность болтанки
	с болтанкой	без болтанки			с болтанкой	без болтанки		

В облаках

0—10	148	68	216	68	52	50	102	51
11—20	141	50	191	74	76	49	125	61
21—30	15	4	19	79	51	19	70	73
>30					20	4	24	83
Любая	304	122	426	71	199	122	321	62

Вне облаков

0—10	43	537	580	7	15	294	309	5
11—20	22	284	306	7	43	350	393	11
21—30	1	21	22	5	31	158	189	16
>30					22	44	66	33
Любая	66	842	908	7	111	846	957	12

Без учета облаков

0—10	191	605	796	24	67	344	411	16
11—20	163	334	497	33	119	399	518	23
21—30	16	25	41	39	82	177	259	32
>30					42	48	90	47
Любая	370	964	1334	28	310	968	1278	24

облаков) при полетах в нижнем слое атмосферы несколько больше, чем на уровне полета реактивных самолетов. В нижнем слое тропосферы она равна 28%, в верхнем — 24%. Вероятности, полученные нами ранее [3] для одного весеннего сезона, отличаются от вышеуказанных только на один процент.

В нижнем слое атмосферы в преобладающем числе случаев (82%) болтанка наблюдалась при полете в облаках, и вероятность болтанки в облаках составляет около 70%. В безоблачных слоях болтанка наблюдалась очень редко; вероятность равна 5—7%.

В верхнем слое тропосферы процент болтанки самолетов при полетах вне облаков более значителен, чем в нижнем слое. Здесь в 65% болтанка наблюдалась в облаках и в 35% случаев — вне облаков.

Вероятность болтанки в облаках под тропопаузой (т. е. в облаках верхнего яруса) оказалась ниже, чем в облаках нижнего слоя тропосферы, но все же она значительна (62%). При обработке данных экспериментальных полетов С. М. Шметером [8] получено, что в 70—80% времени полета в облаках верхнего яруса ощущается болтанка самолетов.

Несколько большая вероятность болтанки в облаках при специальных полетах, возможно, объясняется выборочностью этих полетов. По нашим данным, такая вероятность болтанки в облаках верхнего яруса

получается при скоростях ветра более 20 м/сек. Кроме того, в работе Шметера использованы данные более высокого слоя атмосферы (8—12 км).

Вероятность болтанки при полетах вне облаков, полученная нами, близка к вероятности, полученной Шметером по данным специальных полетов. В том и другом случае она незначительна (около 10%), но все же превосходит вероятность болтанки самолетов вне облаков в нижнем слое тропосферы.

В отношении связи вероятности болтанки самолетов со скоростью ветра на основании табл. 1 можно сделать следующие выводы.

1. С увеличением скорости ветра средняя вероятность болтанки самолетов возрастает, причем наибольшее увеличение вероятности происходит при переходе к скоростям ветра более 30 м/сек. Такие скорости наблюдались только в верхнем слое тропосферы.

2. В облаках верхнего яруса влияние увеличения скорости ветра на полет самолета является более значительным, чем в облаках нижнего слоя тропосферы. Если в облаках нижнего слоя при переходе от одной градации скорости ветра к другой увеличение вероятности происходит на 5—6%, то в облаках верхнего яруса — на 10—12%.

3. Вероятность болтанки вне облаков в нижнем слое тропосферы не зависит от скорости ветра, а в верхнем слое влияние скорости ветра оказывается весьма значительным. Здесь вероятность болтанки при скоростях 21—30 м/сек. в три раза больше вероятности при скоростях менее 10 м/сек.; при скоростях ветра более 30 м/сек. вероятность болтанки еще больше увеличивается. Однако величина этой вероятности остается незначительной (33%).

Следовательно, несмотря на то что с увеличением скорости ветра вероятность болтанки возрастает, при отсутствии облаков под тропопаузой большая скорость ветра не является достаточно надежным прогностическим признаком болтанки самолетов. Для того чтобы дать прогноз болтанки, нужны дополнительные данные о величине вертикальных и горизонтальных сдвигов ветра.

4. Данные о вероятности болтанки при различных скоростях ветра в облачных слоях под тропопаузой могут быть полезны при диагнозе наличия зон болтанки самолетов. Если при скорости ветра менее 10 м/сек. в облаках верхнего яруса вероятность болтанки равна примерно 50%, то при скорости более 20 м/сек. с вероятностью более 75% можно ожидать болтанку самолетов. Однако наибольшее влияние на увеличение вероятности болтанки оказывает не возрастание скорости ветра, а наличие облаков в атмосфере.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев В. И. Струйные течения в высоких и умеренных широтах. Гидрометеоздат, Л., 1960.
2. Гельмгольц Н. Ф. Условия развития атмосферной турбулентности в предгорной зоне Юго-Восточного Казахстана. Тр. КазНИГМИ, вып. 11, 1959.
3. Заварина М. В. Изучение географического распределения вероятности зон повышенной турбулентности. Тр. НИИАК, вып. 14, 1961.
4. Заварина М. В., Емельянова М. З. Результаты опытных прогнозов болтанки самолетов. Тр. ГГО, вып. 121, 1961.
5. Курилова Ю. В. Некоторые особенности струйных течений над территорией СССР. Тр. ЦАО, вып. 33, 1960.
6. Пинус Н. З. Об атмосферной турбулентности, вызывающей болтанку самолетов. Метеорол. и гидрол., № 2, 1955.
7. Пчелко И. Г. Аэросиноптические условия болтанки самолетов в верхних слоях тропосферы и нижней стратосферы. Гидрометеоздат, Л., 1962.

8. Ш метер С. М. Некоторые характеристики турбулентности и поля температуры над горами. *Метеорол. и гидрол.*, № 3, 1960.
9. Ш метер С. М. Турбулентность в облаках верхней тропосферы. *Тр. ЦАО*, вып. 34, 1960.
10. Anderson A. D. Free-air turbulence. *Journ. of Meteorol.*, vol. 14, No 6, 1957.
11. Bannan J. K. Weather systems associated with some occasions of severe turbulence at high altitude. *Meteorol. Mag.*, vol. 81, No 958, 1952.
12. Briggs J. Widespread severe clear-air turbulence 13 november 1958. *Meteorol. Mag.*, vol. 90, No 1069, 1961.
13. Briggs J. Severe clear-air turbulence near the British Isles. *Meteorol. Mag.*, vol. 90, No 1070, 1961.
14. Colson D. Analysis of clear-air turbulence during april 1960. *Month. Weath. Rev.*, Wash., D. C., 89 (3), March 1961.
15. Jones D. C. Investigation of high altitude clear-air turbulence near jet streams: special flights by RAF and RAE aircraft. *Met. Res. Pap.*, London, No 827, 1953.
16. Murray R. Some features of jet streams as shown by aircraft observations. *Meteorol. Office. Geoph. Mem.*, No 97, 1956.
17. Wilson R. A note on severe turbulence at Rewfrew (Glasgow) between 500 and 1000 ft. on 26 january 1961. *Met. Mag.*, vol. 91, No 1078, 1962.

ПРИМЕНЕНИЕ КРИТЕРИЯ КОЛМОГороВА ДЛЯ ОЦЕНКИ КРИВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСЯЧНЫХ СУММ ОСАДКОВ

В работе приведены результаты сравнения эмпирических кривых распределения вероятностей месячных количеств осадков для отдельных станций с обобщенными кривыми распределения для района при помощи критерия Колмогорова.

Знание режима осадков очень важно для многих отраслей народного хозяйства. Большой интерес, в частности, представляет распределение их месячных количеств.

Распределение осадков графически представляется кривой повторяемости количеств осадков за многолетний период. Эта кривая носит название кривой распределения.

Для построения такой кривой рассчитывают вероятность определенных градаций. Для месячных количеств градации берутся через 10 или 20 мм, а для сумм холодного и теплого периодов и года — более крупные.

Примеры кривых распределения осадков, рассчитанные нами для различных месяцев по двум станциям, приведены на рис. 1.

Как видно из рисунка, кривые распределения месячных количеств осадков могут иметь различный характер. Иногда их форма может быть близка к нормальной кривой. Однако чаще всего они имеют вид одномодальных асимметричных кривых. Так, для ст. Пермь показатель асимметрии $S_h = -0,14$, а для ст. Бугуруслан $S_h = 0,43$. В некоторых случаях бывает четко выражена плосковершинность и даже многовершинность. Такое многообразие кривых распределения осадков определяется как большой изменчивостью самого элемента, так и физико-географическими и климатическими особенностями самого района. Поэтому даже близко расположенные станции имеют совершенно различный характер распределения месячных количеств осадков.

Естественно, что неточность при подсчете параметров индивидуальных кривых и их кажущееся многообразие вынуждают к обобщениям.

Существуют различные методы обобщения индивидуальных распределений. О. А. Дроздовым был предложен метод расчета вероятностей месячных количеств осадков в зависимости от их средней многолетней нормы.

Методика обработки данных изложена в работе [1]. По этой методике нами был проведен расчет вероятностей месячных количеств осадков для Центрально-Черноземных областей (ЦЧО) за период 30—50 лет более чем по 200 станциям.

На рассматриваемой территории на основании анализа вероятностей месячных количеств осадков удалось выделить три крупных района: западный, северный с центральным и юго-восточный, для которых были построены обобщенные кривые распределения для всех месяцев теплого периода.

Подобного рода обобщения представляют значительный интерес для практического использования лишь в тех случаях, когда они с достаточной точностью отображают действительный характер распределения

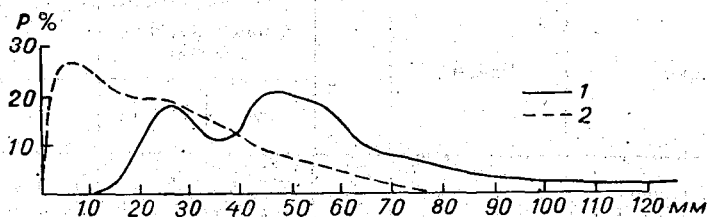


Рис. 1. Кривые распределения месячных количеств осадков.

1 — Пермь, май; 2 — Бугуруслаң, апрель.

осадков. Поэтому было необходимо сравнить обобщенные кривые распределения осадков с эмпирическими кривыми для отдельных станций, что и явилось целью настоящей работы. Сравнение этих кривых проводилось нами с помощью критерия Колмогорова [2]. Согласно этому критерию, вероятность совпадения эмпирического распределения с теоретическим, за которое в нашем случае можно принять обобщенную кривую распределения, выражается как $P(\lambda) = 1 - \Phi(\lambda)$, где $\lambda = D\sqrt{n}$ (n — число лет наблюдений). Величина D представляет собой наибольшее значение разности $P_2 - P_1$ ординат интегральных кривых вероятностей, выраженных в долях единицы. Значение $\Phi(\lambda)$ для каждого λ находится по таблицам в работе [2]. Чем меньше величина $\Phi(\lambda)$, тем лучше согласуются между собой сравнимые кривые.

В табл. 1 приведен пример расчета $P(\lambda)$ для ст. Саратов ($n=38$).

Таблица 1

Пример расчета $P(\lambda)$ для ст. Саратов

Осадки (мм)	P_1		P_2		D	
	IV	VII	IV	VII	IV	VII
0	100	100	100	100	0,0	0,0
20	47	78	55	89	0,08	0,11
40	17	50	15	62	0,02	0,12
60	7	28	2	33	0,05	0,05
80	2	14		17	0,02	0,03
100		6		14		0,08

Взяв из таблицы максимальные значения разностей, равные 0,08 для апреля и 0,12 для июля, получаем:

$$\lambda_{IV} = 0,495, \quad \Phi(\lambda) = 0,127;$$

$$\lambda_{VII} = 0,745, \quad \Phi(\lambda) = 0,368.$$

Отсюда $P(\lambda)$ для апреля и июля равно соответственно 0,873 и 0,632.

Таким образом, для апреля совпадение можно считать хорошим. Для июля же оно несколько хуже.

Нами были рассчитаны величины $P(\lambda)$ для ряда станций, расположенных в различных районах ЦЧО. Полученные значения приведены в табл. 2.

Таблица 2

Значения $P(\lambda)$ для некоторых станций ЕТС

Станция	Район	n	P_I по обобщенным кривым распределения		P_{II} по номограмме	
			IV	VII	IV	VII
Богородицкое-Фенино	Западный	45	0,225	0,737	0,068	0,157
Рославль	„	54	0,650	0,887	0,495	0,325
Скуратов	„	44	1,0	1,0	0,736	0,877
Вологда	Северный	56	0,381	0,505	1,0	0,625
Шенкурск	„	49	0,00	0,168	0,585	0,225
Киров	„	61	0,368	0,975	0,968	0,980
Мамадыш	Юго-восточный	37	1,0	1,0	1,0	0,912
Ульяновск	То же	38	0,775	0,775	0,992	0,790
Саратов	„	38	0,973	0,630	0,985	0,543
Бугуруслан	„	52	0,782	0,053	0,675	0,143

Эти расчеты были проведены на основании районирования, предложенного нами ранее.

Представляло интерес провести подобную оценку расхождений обобщенной и эмпирических кривых для какого-либо другого районирования. Для этой цели были использованы номограммы А. Н. Лебедева, охватывающие всю территорию Европейской части СССР [3]. С этих номограмм нами были сняты данные для тех же станций и рассчитаны соответствующие значения. Полученные результаты также приведены в табл. 2.

При сравнении величин $P_I(\lambda)$ видно, что, несмотря на достаточно большие значения n , расхождение обобщенных и эмпирических кривых для некоторых станций может быть очень существенным. В то же время для других станций совпадение следует признать вполне удовлетворительным. Аналогичная картина наблюдается и для величин $P_{II}(\lambda)$. Из сравнения $P_I(\lambda)$ и $P_{II}(\lambda)$ следует, что их значения для станций юго-востока оказываются близкими. Однако для северных и западных районов значения функции $P(\lambda)$ заметно отличаются друг от друга.

Приведенные оценки согласия кривых сделаны лишь для 10 станций. Поэтому полученные результаты следует рассматривать только как предварительные. Тем не менее даже из этих данных можно сделать заключение, что в обоих рассматриваемых случаях проведенное районирование является весьма приближенным. Для более определенных выводов необходимо провести подобные сравнения для большого числа станций, что может позволить выявить физико-географические и климатические особенности отдельных районов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методы климатологической обработки метеорологических наблюдений. Под ред. О. А. Дроздова. Гидрометеоздат, Л., 1957.
2. Длин А. М. Математическая статистика в технике. Советская наука, М., 1958.
3. Лебедев А. Н. Европейская территория СССР. Климат СССР, вып. 1. Гидрометеоздат, Л., 1958.

В. И. ЛИПОВСКАЯ, Е. Я. ЩЕРБАКОВА

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАИБОЛЬШИХ ДЕКАДНЫХ ВЫСОТ СНЕЖНОГО ПОКРОВА РАЗЛИЧНОЙ ВЕРОЯТНОСТИ НА ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ СССР

В статье приводится методика исследования и показано распределение наибольших декадных высот снежного покрова с вероятностью 5, 10, 20 и 50% на Европейской территории СССР.

Влияние снежного покрова на различные отрасли народного хозяйства чрезвычайно велико и многообразно. Очень важен снежный покров для сельского хозяйства как источник почвенной влаги и защита озимых посевов от вымерзания. Изучение снежного покрова имеет чрезвычайно большое значение также для транспорта, как железнодорожного, так и автомобильного, в связи с тем, что снежные заносы, нарушающие работу транспорта, приносят народному хозяйству огромные убытки. Для гидроэнергетиков изучение процессов снеготаяния, определение запасов воды в снеге при расчетах поверхностного стока и прогноза весеннего стока приобретают особенно большое значение. При проектировании домов и промышленных сооружений необходимо учитывать дополнительную нагрузку на крыши зданий, возникающую зимой в результате отложения снега.

Для удовлетворения запросов народного хозяйства чрезвычайно важными являются сведения о том, как часто могут наблюдаться высоты снежного покрова определенных значений. С этой целью были построены карты наибольших декадных высот снежного покрова, имеющих вероятность 50, 20, 10 и 5% (возможных 1 раз в 2 года, 5, 10 и 20 лет).

Методика расчета вероятностей

Основным материалом для вычисления вероятностей послужили данные о высотах снежного покрова, полученные на основании наблюдений по постоянным рейкам, установленным на метеорологических площадках, имеющих защищенное местоположение. Для Европейской территории СССР были использованы данные около 220 станций с длинным периодом наблюдений (для 70% станций он составлял более 30 лет).

При вычислении вероятностных характеристик влияние длины периода очень велико и использование коротких рядов приводит к значительной погрешности.

Проведенное сравнение средних из наибольших декадных высот снежного покрова, вычисленных за периоды различной длительности,

показало, что в некоторых случаях разница может быть большой. В северных районах, особенно на открытых местах, сдувание и перенос снега велики и высота снежного покрова от года к году значительно меняется. Здесь средние из наибольших декадных высот, вычисленные на основании рядов наблюдений за 10—15 лет, иногда отличаются от 50—60-летних более чем на 20%. В районах с устойчивым снежным покровом, например в Красноярском крае, разница между средними из наибольших декадных высот снежного покрова за 30—35-летний период наблюдений и 8—10-летний обычно не достигает 10% (6—7%).

За начало периода был принят 1891 г. К сожалению, на большинстве метеорологических станций за последние годы имеются наблюдения по снегомерным рейкам, расположенным в открытых местах, и поэтому такие данные часто не могли быть использованы.

Перед тем как произвести расчет суммарных вероятностей, проводился анализ однородности рядов. Графики корреляционной связи строились по данным наблюдений над постоянными рейками двух соседних станций, а также по данным постоянных реек и снегоъемок отдельной станции.

Для построения карт при расчете суммарных вероятностей использовались только однородные ряды наблюдений по снежному покрову. Вычисление повторяемостей наибольших декадных высот производилось по градациям через 10 см. Затем вычислялись суммарные вероятности, на основании которых строились интегральные кривые и снимались значения наибольших декадных высот снежного покрова с вероятностью раз в 2 года, 5, 10 и 20 лет.

В некоторых районах СССР не имеется достаточно длинных рядов наблюдений по высоте снежного покрова, а в Азиатской части СССР отдельные районы вообще слабо освещены в метеорологическом отношении. В некоторых местах метеорологические станции открылись только в последние годы, и, таким образом, данных для вычисления вероятностей здесь не имеется. Авторами в этих случаях применялся косвенный метод. Были установлены корреляционные связи между средней многолетней наибольшей декадной высотой снежного покрова и наибольшими декадными высотами с вероятностью 1 раз в 2 года, 5, 10 и 20 лет. Корреляционная связь устанавливалась отдельно по данным постоянных реек и при совместном учете данных по постоянным рейкам и снегоъемкам. Полученные предварительные результаты показали хорошую согласованность. На рис. 1 представлена связь средней из наибольших декадных высот снежного покрова с наибольшими декадными высотами различной вероятности для станций Уральского УГМС. На график нанесены значения высот снежного покрова, полученные по данным постоянных реек, установленных в защищенных местах, и снегоъемок.

На рис. 2 на одном общем графике показана корреляционная связь, полученная по данным постоянных реек для ряда УГМС, расположенных в различных зонах Европейской территории СССР.

Установленные соотношения позволяют косвенным путем определить суммарные вероятности различных высот снежного покрова. Это является особенно существенным для малоосвещенных районов или таких пунктов, где из-за отсутствия достаточно длинного периода наблюдений по снежному покрову нельзя вычислить вероятности непосредственно по имеющимся данным. Следует, однако, заметить что суммарные вероятности могут до известной степени сгладить различия в особенностях распределения снежного покрова. Поэтому авторами было дополнительно произведено исследование связей средней из наибольших

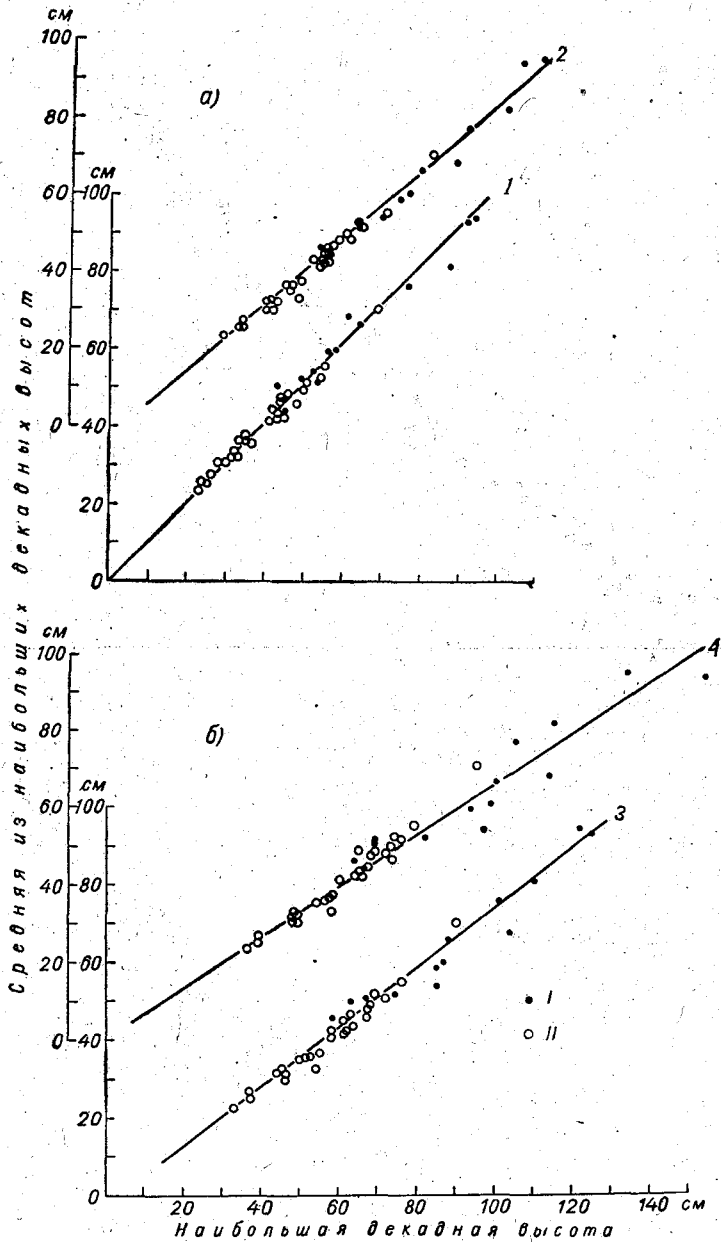


Рис. 1. Связь средней из наибольших декадных высот снежного покрова с наибольшими декадными высотами различной вероятности, Уральское УГМС.

Вероятность: 1 — 50%, 2 — 20%, 3 — 10%, 4 — 5%. Данные получены: I — по постоянной рейке, II — по снегомерке.

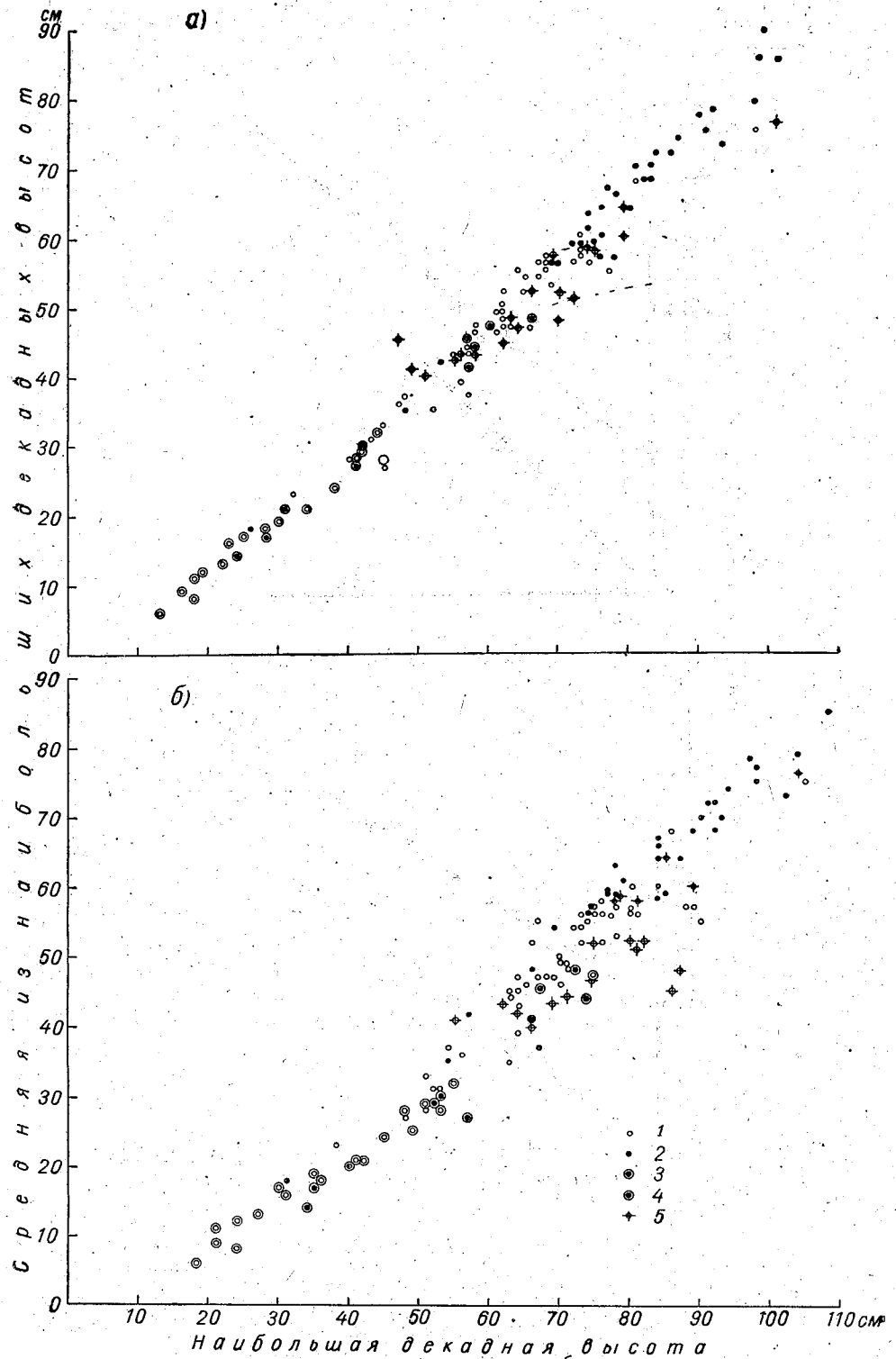


Рис. 2. Связь средней из наибольших декадных высот снежного покрова с наибольшими декадными высотами различной вероятности (данные получены по постоянной рейке). УГМС: 1 — Московское, 2 — Северное, 3 — Украинское, 4 — Белорусское, 5 — Приволжское. Вероятность: а — 20%, б — 10%.

декадных высот снежного покрова с обычной повторяемостью декадных высот, выраженной в процентах. Для получения более длинных рядов при вычислении вероятностей данные наблюдений близко расположенных станций в отдельных случаях объединялись в группы, содержащие от 4 до 10 пунктов. В группы входили пункты, находившиеся в одинаковых условиях по местоположению при разнице в многолетних средних из наибольших декадных высот не более 5 см. Установленные связи дают возможность более точно определить районы, для которых вычисление наибольших декадных высот различной вероятности может быть произведено по одной и той же интегральной кривой. Полученные результаты являются предварительными и требуют дальнейшей доработки. Для применения указанного метода требуется провести тщательный анализ по данным большого числа пунктов, расположенных в различных условиях по местоположению и рельефу и на разных высотах.

По данным снегосъемок 145 станций Европейской части СССР были вычислены суммарные вероятности. В связи с отсутствием длинных рядов наблюдений по снегосъемкам (65% рядов наблюдений имели длительность менее 15 лет) непосредственно использовать эти данные при построении карт не удалось.

Следует, однако, отметить, что вопросу использования данных снегосъемок авторами было уделено значительное внимание. Производилось сравнение данных, полученных по постоянным рейкам и снегосъемкам. Корреляционные связи между данными о высотах снежного покрова иногда оказывались хорошими. Так, согласно разработкам, проведенным авторами, довольно хорошие связи получились при сравнении данных по постоянным рейкам, установленным в условиях защищенного местоположения, с данными снегосъемок в поле и под кронами деревьев в лесу. Однако при нерепрезентативности места установки постоянной рейки или нехарактерности участка снегосъемки связи часто оказывались плохими.

В гидрометеорологических обсерваториях и в управлениях гидрометслужбы под руководством методического отдела ГГО производились работы по теме: «Сравнение различных методов наблюдений над снежным покровом и уточнение методики применительно к местным условиям». Авторами настоящей статьи были использованы некоторые из полученных выводов, а также проведены самостоятельные разработки. Однако как УГМС, проводившие эту работу, так и авторы не получили ни для одного района в целом какого-либо общего коэффициента перехода от высоты, определенной по данным снегосъемок, к высоте, найденной с помощью постоянной рейки. Вычисление такого переводного коэффициента или получение эмпирической формулы очень затруднительно, поскольку это требует учета многих факторов: защищенности участков, микроклимата, погодных условий и т. д. Исследования показали, что особенно большие различия в высотах получаются при метелях. Во время спокойной устойчивой зимней погоды разности бывают небольшими. Разности обычно возрастают к началу снеготаяния. В южных районах с неустойчивым снежным покровом и частыми оттепелями, например на Украине, нельзя ожидать близких величин высоты снежного покрова по данным постоянных реек и снегосъемок. Хорошая согласованность данных получилась лишь на отдельных станциях и в теплые безметельные зимы. Во всяком случае, вопрос об установлении связей между показаниями постоянных реек и снегосъемок является чрезвычайно важным и требует дальнейшего изучения.

Как уже указывалось выше, авторами были установлены связи между многолетней средней из наибольших декадных высот снежного

покрова за зиму и наибольшими декадными высотами различной вероятности, полученными по постоянным рейкам. На эти же графики были нанесены вычисленные данные снегосъемок. Для Уральского УГМС видна исключительно хорошая согласованность (рис. 1). Такие же результаты получились и для Приволжского и Северного УГМС, УГМС Центральных областей и др. В том случае, если дальнейшее изучение подтвердит сделанные предварительные выводы, можно будет на основании выведенных закономерностей получить данные о наибольших высотах снежного покрова различной вероятности по показаниям снегосъемок при отсутствии длинных рядов наблюдений.

Основные особенности распределения снежного покрова

Общий характер распределения наибольших декадных высот снежного покрова различной вероятности, как и следовало ожидать, аналогичен распределению многолетних средних из наибольших декадных за зиму. Особенно отчетливо это выражено на картах высот, имеющих вероятность 50% (рис. 3—6).

В южной части Европейской территории СССР наблюдается возрастание высоты снежного покрова по направлению с юга на север, в центральной и северной — с запада на восток. В южных районах высота снежного покрова незначительна. На юге Украины в 50% зим наибольшие декадные высоты бывают около 10 см и только 1 раз в 20 лет достигают 30—40 см. Небольшие высоты отмечаются также на западе Европейской территории СССР. В 50% зим снежный покров здесь не достигает высоты 20 см, а в 5% случаев он бывает равен 35—40 см. Характерным является увеличение высоты снежного покрова на возвышенностях. На Валдайской, Средне-Русской и Приволжской возвышенностях высота снежного покрова обычно бывает больше, чем на низменности.

Очень высокий снежный покров наблюдается на Хибинском массиве. В 5% зим наибольшая декадная высота снежного покрова здесь бывает больше 1 м. Данные снегосъемок, проведенных горно-лавиной станцией на плато горы Юкспор в 1936—37 г., показали, что в апреле 1937 г. наибольшие высоты на плато были отмечены в центральной части, где они достигали в среднем 2 м. В средней и верхней частях склонов высота снежного покрова в отдельных случаях была больше 3 м (снегомерные рейки были покрыты снегом). Но в этом районе из-за больших скоростей ветра и частых метелей спокойный снегопад — явление редкое. Выпадающий снег переносится ветром с мест более открытых в защищенные, где он и отлагается.

Огромное влияние на распределение снежного покрова оказывают рельеф и экспозиция склонов. Наибольшее накопление снега происходит на вогнутых склонах.

К востоку и северо-востоку на Европейской территории СССР высота снежного покрова возрастает, и наибольшие декадные высоты наблюдаются в Предуралье. Здесь один раз в 20 лет (в 5% зим) возможны наибольшие декадные высоты, превосходящие 100 см (до 135 см в Чердыни и 155 см в Бисере).

В зоне тундры снежный покров залегает чрезвычайно неравномерно. На побережье северных морей высота снежного покрова сравнительно невелика, так как вследствие очень частых и сильных метелей снег с обширных пространств сдувается. На побережье Баренцева моря один раз в 2 года высота снежного покрова бывает около 50 см и только в 5% зим — около 60 см.

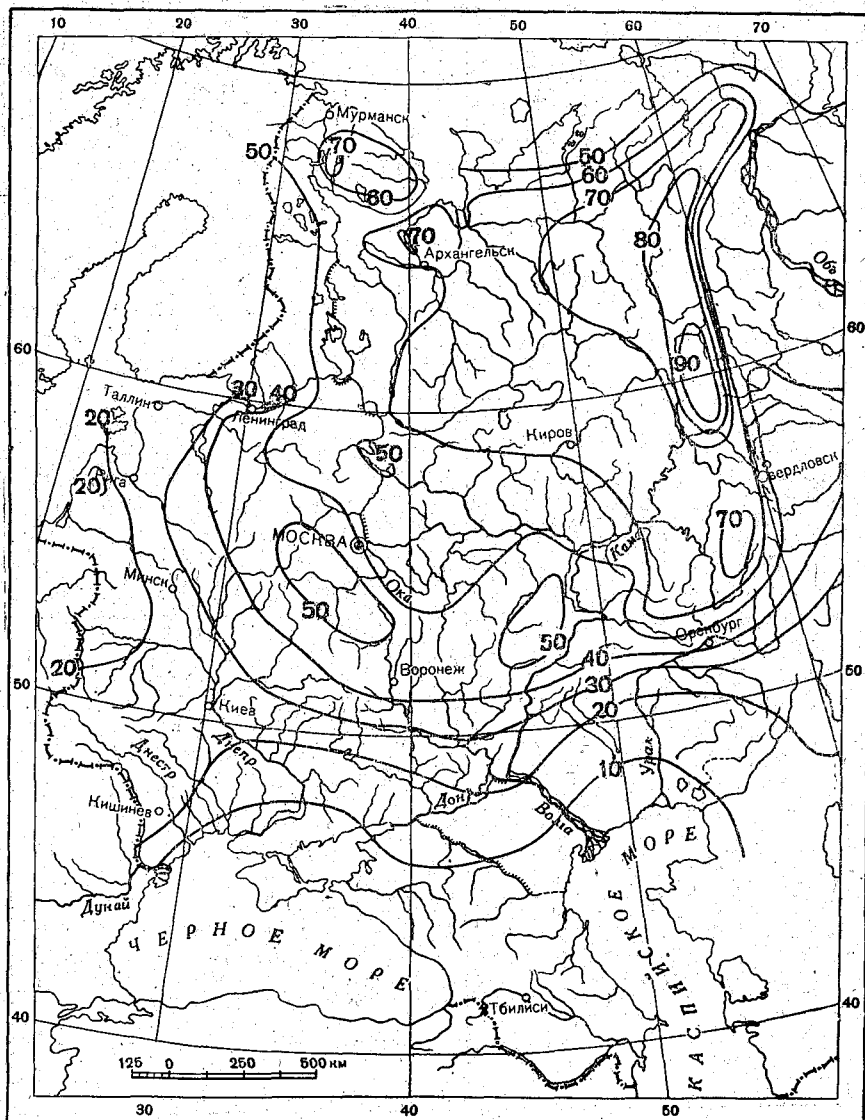


Рис. 3. Наибольшая декадная высота снежного покрова в сантиметрах (вероятность 50%).

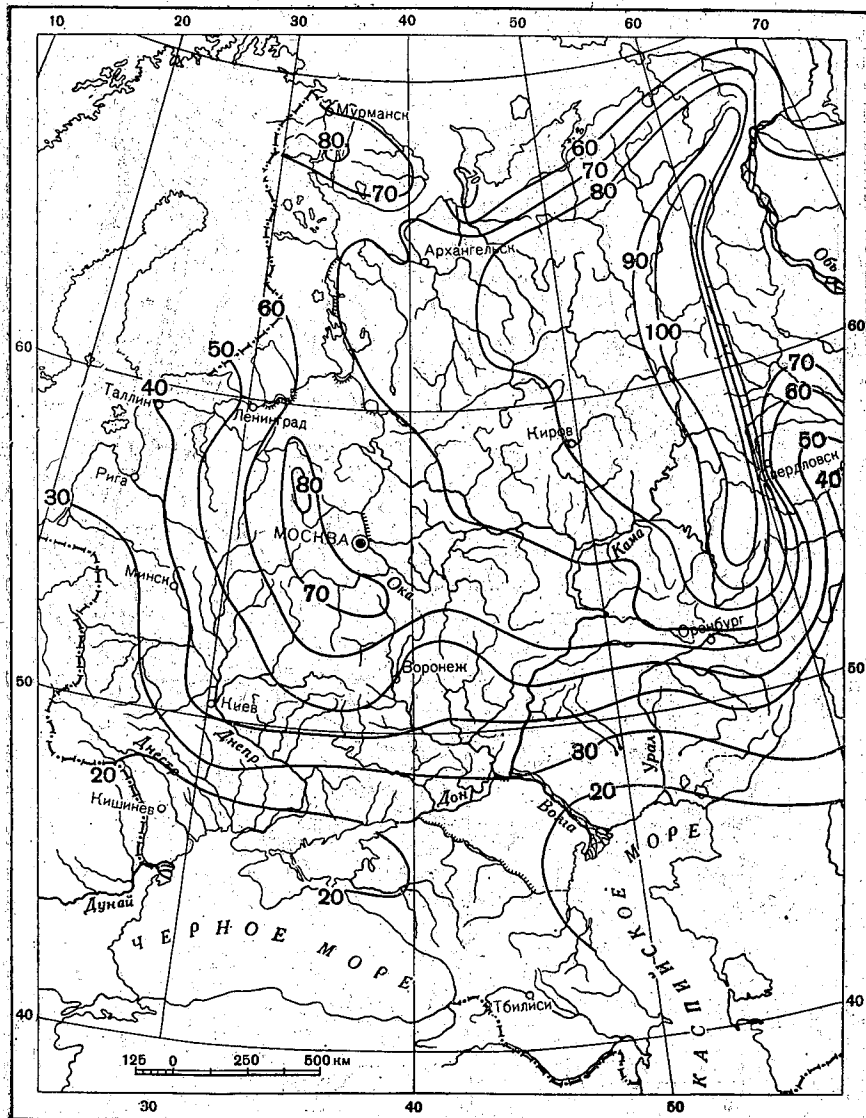


Рис. 4. Наибольшая декадная высота снежного покрова в сантиметрах (вероятность 20%).

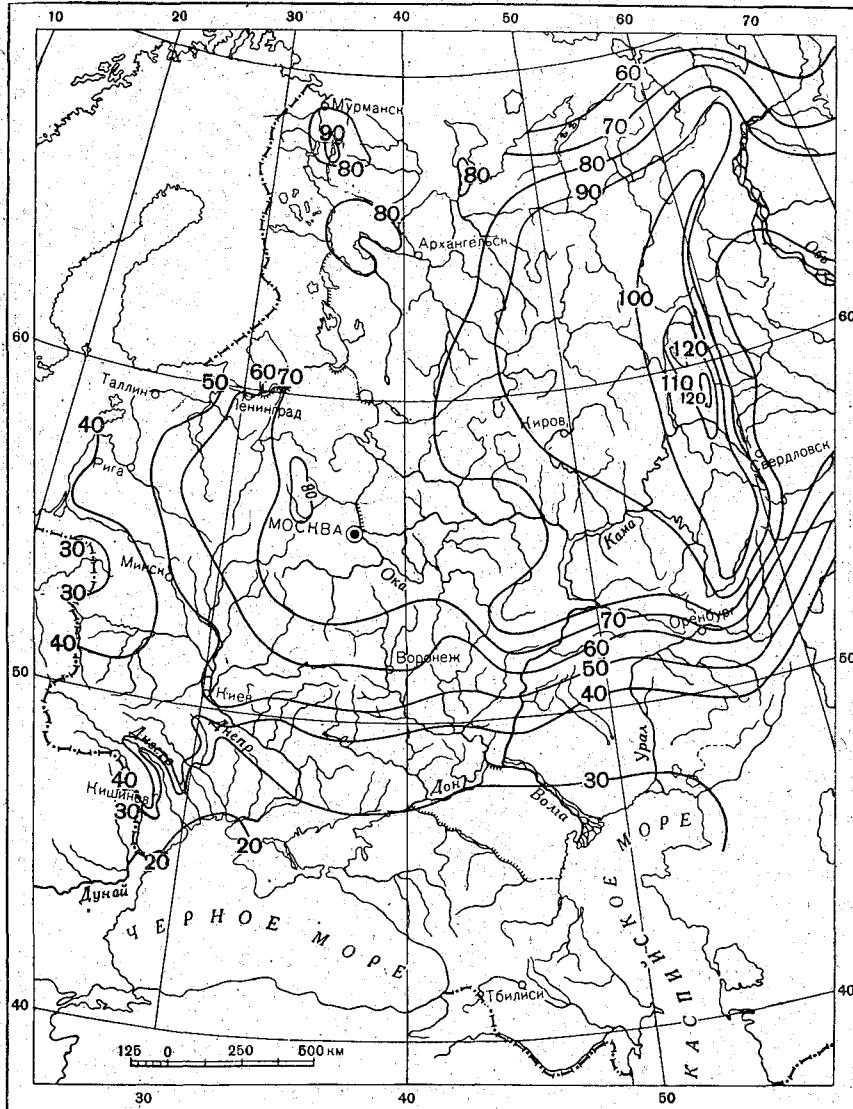


Рис. 5. Наибольшая декадная высота снежного покрова в сантиметрах (вероятность 10%).

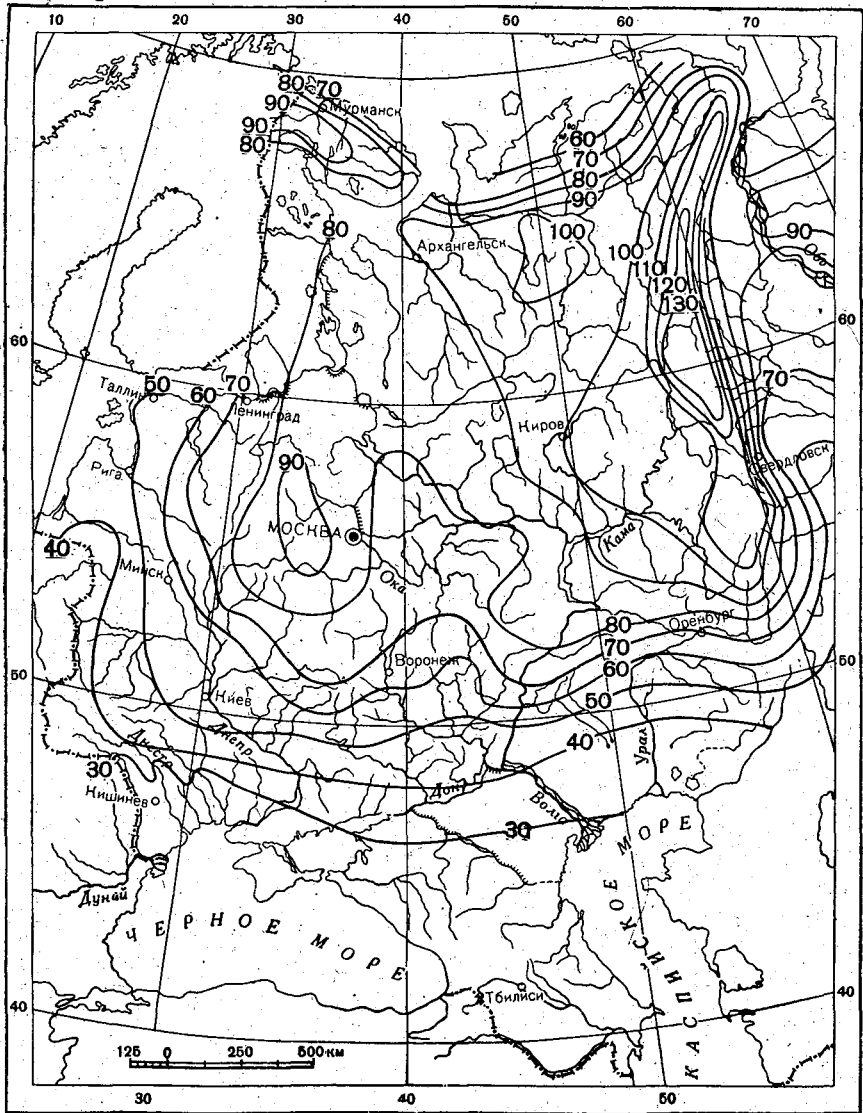


Рис. 6. Наибольшая декадная высота снежного покрова в сантиметрах (вероятность 5%).

Ю. В. НЕЙМАН, В. В. СМОЛИН
(Магнитогорская санэпидстанция)

РОЗЫ ВЕТРОВ И СТРОИТЕЛЬСТВО МАГНИТОГОРСКА

Статья посвящена вопросу уточнения исходных данных для проектирования районов новой застройки г. Магнитогорска. Приводятся данные о запыленности воздуха в жилых кварталах города и уточненная роза ветров за теплый период.

При выборе площадки для строительства первой очереди правобережного Магнитогорска была использована роза ветров, в которой на долю ветров восточного направления приходилось всего 3% (рис. 1). Судя по данной розе ветров, воздух в правобережном районе должен быть намного чище, чем в левобережном.

Однако при обработке данных запыленности воздуха г. Магнитогорска за 1957 г. выявилась почти одинаковая степень загрязнения пылью двух районов города, расположенных к западу (правобережный район) и к востоку от источников выброса пыли — цехов Магнитогорского металлургического комбината.

Почти одинаковая запыленность воздуха двух районов города, противоположно ориентированных по отношению к заводу, объясняется розой ветров за 1957 г., составленной по ежесуточным записям самописца ветра атмосферной лаборатории Магнитогорской санэпидстанции. По этой розе повторяемость ветров восточного направления составляет не 3, а 10,4%. Отсюда следует, что строительство жилья на выбранной площадке правого берега проводить нельзя. Однако по этой розе ветров, характеризующей ветровой режим города лишь за один год, нельзя сделать обобщающих выводов о многолетнем режиме ветра.

Продолжая изучение зонального количественного распространения промышленных выбросов в городе и детальную разработку получаемых нашей станцией метеорологических данных, атмосферная лаборатория в начале 1960 г. составила розу ветров для Магнитогорска по наблюдениям за 8 лет (с 1952 по 1959 г.). По этой розе повторяемость ветров восточного направления значительно больше, чем использованная ранее при проектировании строительства.

Согласно «Санитарным нормам проектирования промышленных предприятий», ГОСТ Н-101-54, требуется «... промпредприятия, выделяющие производственные вредности (газ, дым, копоть, пыль), располагать по отношению к ближайшему жилому району с подветренной стороны для господствующих ветров...». В примечании к этому пункту поясняется, что «господствующее направление ветров следует принимать по средней розе ветров теплого периода года на основе многолетних наблюдений» (стр. 6, п. 6).

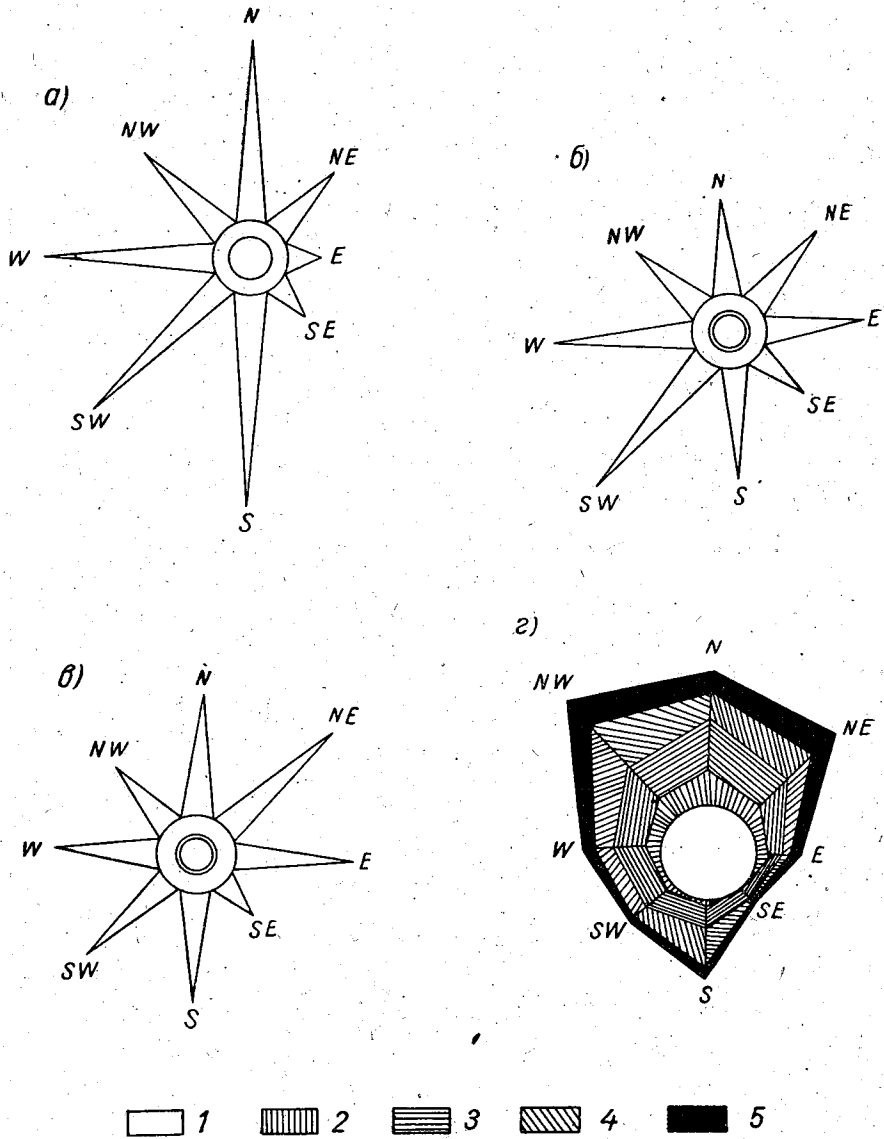


Рис. 1. Направление и скорость ветра по наблюдениям в различных пунктах Магнитогорска.

a — роза ветров, принятая для планировки Магнитогорска; *б* — направление ветров по наблюдениям СЭС за 1957 г.; *в* — направление ветра по наблюдениям СЭС за 1952—1959 гг.; *г* — скорости ветра по направлениям за теплый период 1960 г. (данные получены с помощью самописца). Скорости ветра: 1 — штиль, 2 — 1—2 м/сек., 3 — 2,1—5 м/сек., 4 — 5,1—10 м/сек., 5 — более 10 м/сек.

Если обратиться к розе ветров за теплый период 1952—1959 гг., как это предусмотрено санитарными нормами, то ошибка в выборе площадки для строительства правобережного Магнитогорска будет еще очевиднее. За теплый период повторяемость ветров северо-восточного и восточного направлений (от завода к правобережному району) еще больше, чем в среднем за многолетний период. (По проектной розе — 9,7%, за восьмилетний период — 24,7%, за теплый период восьмилетнего ряда наблюдений — 29,7%.)

Приводимые в разных проектах строительства правобережной части Магнитогорска почти аналогичные по своему построению розы ветров получены на основании данных метеостанций г. Верхнеуральска за период с 1891 по 1938 г. и для г. Магнитогорска с 1932 по 1940 г. Указаний о том, что эти розы ветров были составлены за теплый период, не найдено.

Ленгипрогор в своем проекте размещения жилищно-коммунального и культурно-бытового строительства на 1959—1965 гг. в г. Магнитогорске взял за основу ветрового режима города прежнюю проектную розу ветров, в которой господствующим является юго-западный ветер.

В связи с этим перспективное строительство города (после 1965 г.) намечено продолжать вдоль берега пруда, вплоть до пос. Старая Магнитка. По отношению к цехам комбината это будет юго-западная сторона.

В розе ветров теплого периода за последние 8 лет (1952—1959 гг.), составленной по данным наблюдений санэпидстанции, господствующим ветром является северо-восточный, 16,4% (а не 8,0%, как это принято Ленгипрогором). Жилой массив, расположенный юго-западнее металлургического комбината, в этом случае будет подвергаться суммированному действию выбросов почти всех его цехов.

Руководствуясь вышесказанным, мы рекомендовали Ленгипрогору отказаться от продолжения строительства города в намечаемой зоне.

С целью установления истинной картины ветрового режима в Магнитогорске (так как это крайне необходимо для дальнейшего проектирования строительства города) нами были использованы и обработаны данные метеорологических наблюдений метеостанций Магнитогорск за период с 1936 по 1959 г. и метеостанции 2-я плотина за период с 1934 по 1959 г.

Первоначально для сопоставления с розами СЭС были построены розы ветров за тот же период (с 1952 по 1959 г.) по данным метеостанций Магнитогорск и 2-я плотина. Все они почти повторяют проектные розы (особенно близки повторяемости ветров восточного направления).

Затем были построены многолетние розы ветров: по данным метеостанции Магнитогорск за 24 года и по данным метеостанции 2-я плотина за 26 лет. Полученные многолетние розы ветров мало отличаются от роз, построенных за 8 лет, по наблюдениям упомянутых двух метеостанций, и значительно отличаются от роз СЭС.

Анализируя различие в розах ветров, составленных по данным атмосферной лаборатории СЭС и по данным метеостанций Магнитогорск и 2-я плотина, мы пришли к заключению, что единственной причиной такой разницы в строении роз ветров является способ производства замеров.

В атмосферной лаборатории санэпидстанции направление и скорость ветра регистрируются самопишущим прибором анеморумбографом непрерывно в течение суток. Ленты записи меняются ежедневно. Разработка записей прибора производится также ежедневно и для

построения роз ветров берется 12 осредненных, за каждые 2 часа, показаний. В число случаев регистрации ветра включается и штиль.

На метеостанциях гидрометслужбы, к которым относится метеостанция Магнитогорск, наблюдения производятся 4 раза в сутки: в 2, 8, 14 и 20 час., по 2 мин. На метеостанции 2-я плотина наблюдения производятся лишь 3 раза в сутки: в 8, 14 и 20 час. При обработке этих данных, характеризующих направление и скорость ветра, подсчитывается процент ветра разных румбов от общего их количества. Например, если за период с 10 до 18 час. дул ветер (с 10 до 15 час. северный, с 15 до 16 час. северо-восточный и с 16 до 18 час. восточный), а с 0 до 10 и с 18 до 24 час. был штиль, то на метеостанции будет зарегистрировано: северный ветер — 1 случай и 3 случая штиля, т. е. повторяемость северного ветра будет равна 100%, другие же ветры не будут учтены. Если в общесуточное время включать и штиль, что для гигиенистов чрезвычайно важно, так как при безветрии загрязнения воздуха весьма значительны, то за данные сутки будет отмечено, что северный ветер наблюдается только 5 час., или 21% времени.

При более детальном изучении результатов метеонаблюдений санэпидстанции и метеостанций Магнитогорск и 2-я плотина выяснилось, что на последних двух метеостанциях весьма часто регистрировались штили, причем в некоторые месяцы повторяемость их достигала 54% (декабрь 1959 г.), в то время как по записи анеморумбографа СЭС за этот месяц штилей было всего 14,8%, в сентябре — соответственно 19,1 и 1,4%, в июле — 16,7 и 5,0%, в марте — 45,0 и 10,2%. За период 1952—1959 гг., по данным метеостанции Магнитогорск, штили составили 30,5%, по данным СЭС — всего 7,1% по времени.

Высокий процент случаев штилей, регистрируемый метеостанциями Магнитогорск и 2-я плотина, объясняется тем, что в установленные часы наблюдений, в 2 и в 8 час., в Магнитогорске безветренно (кроме дней с затяжными, стойкими ветрами). Основным временем суток, когда в Магнитогорске дуют ветры, является период с 11 до 18 час. Таким образом, одно-два наблюдения из четырех на магнитогорских метеостанциях проводятся в моменты затишья, что регистрируется как штиль.

При составлении проектов планировки городов требуется учитывать не только повторяемость разных ветров за день, но и круглосуточную динамику ветра и штиля.

С 1958 г. при обработке данных о загрязнении воздуха нами постоянно учитывались направления ветра и штиль в часах за сутки.

По рекомендации Главной геофизической обсерватории, мы начали разработку данных распределения скоростей ветра по направлениям с учетом продолжительности каждого румба. В результате были построены соответствующие, так называемые дифференцированные розы ветров за 1960 г. — годовая и за теплый период.

Розы ветров, построенные по данному принципу, безусловно облегчат градостроителям и гигиенистам решение вопросов планировки городов, а при изучении загрязнений атмосферного воздуха позволят детализировать и уточнить роль разных скоростей ветра в распространении загрязнений.

Пока же при составлении характеристик загрязнения воздуха различных участков города мы пользуемся лишь данными о повторяемости ветров, приносящих на эти участки загрязнения от промышленных предприятий (процент «грязных» ветров). В табл. 1 показано, как зависит загрязнение территории города оседающей пылью от повторяемости «грязных» ветров. Из данной таблицы видно, что загрязнение

всегда значительно там, где зарегистрирован большой процент «грязных» ветров.

Таблица 1
Зависимость запыленности от процента «грязных» ветров

Расстояние от источников загрязнения (км)	Год	Процент анализов выше нормы	Процент «грязных» ветров
1	1960	96,6	86,0
	1959	97,0	85,0
	1958	94,0	81,2
5	1960	52,0	39,0
	1959	55,0	47,0
	1958	61,2	54,0

В дальнейшем нам предстоит изучить влияние на распространение загрязнений различных скоростей ветра.

Выводы

1. Розы ветров, которые были использованы в проектах строительства правобережного района Магнитогорска и которые продолжают оставаться в проектах дальнейшего строительства его, не являются характерными, не согласуются с ГОСТом и не отражают истинного ветрового режима Магнитогорска.

2. Руководствуясь розой ветров теплого периода 1952—1959 гг., составленной по материалам наблюдений магнитогорской санэпидстанции, господствующим ветром в Магнитогорске за последние годы является северо-восточный.

3. Учитывая, что северо-восточный ветер является ветром, несущим суммированные загрязнения от крупных промышленных объектов, строительство правобережного города в проектируемом районе проводить нельзя.

4. Розы ветров, составленные по данным 4-разовых наблюдений, не характеризуют истинного ветрового режима и не удовлетворяют требованиям градостроительства.

5. В районах крупного перспективного строительства промышленных центров необходимо иметь многолетние данные о ветровом режиме с учетом его изменения во времени.

6. В целях гигиенического обоснования некоторых вопросов градостроительства необходимо изучить возможность рекомендации учреждениям гидрометслужбы составлять розы ветров по форме, предлагаемой магнитогорской санэпидстанцией, с дифференциацией скоростей ветра и учетом штилей.

ШТОРМЫ НА БАЛТИЙСКОМ МОРЕ И ИХ СВЯЗЬ С ЭЛЕМЕНТАРНЫМИ СИНОПТИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

В статье рассмотрена зависимость штормовой деятельности на Балтийском море от типа макросиноптических процессов в северном полушарии. Получена удовлетворительная связь между сезонным распределением штормов, их интенсивностью и некоторыми элементарными синоптическими процессами.

Известно, что на море больше всего катастроф связано со штормами. Например, во время второй мировой войны только за 1942 г. из 710 погибших судов 271 судно потоплено авиацией, военными судами и минными заграждениями, 137 судов потонуло от неизвестных причин и 302 судна — от аварий во время штормов [1]. В настоящее время, несмотря на развитие техники судостроения, штормы по-прежнему представляют серьезную опасность для кораблей. Поэтому разработка методов прогнозирования штормовых ветров не потеряла своего актуального значения.

В связи с этим представляют значительный интерес исследования, ведущиеся синоптиками Гидрометеорологической службы флота на Балтийском море. Настоящая работа посвящена изложению некоторых результатов, полученных на основании этих исследований.

Основные усилия в работе были направлены на выявление связей между штормовыми процессами на Балтийском море и режимом атмосферной циркуляции в северном полушарии. Такая связь позволила бы при составлении прогнозов погоды использовать ранее установленные закономерности макросиноптических процессов.

В настоящее время в ряде работ [2] и при составлении долгосрочных прогнозов погоды наиболее широко используется типизация синоптических процессов, разработанная Г. Я. Вангенгеймом [3]. Поэтому для анализа штормов в данной работе также использована эта типизация. В частности, была сделана попытка найти зависимость между элементарными синоптическими процессами (э. с. п.) и штормовой деятельностью на Балтийском море. Под э. с. п. понимается процесс, в течение которого сохраняется географическое распределение знака барического поля и направление основных переносов воздуха в пределах атлантико-евразийского сектора северного полушария [4].

Материалом для синоптического анализа послужили выборки штормов за пятилетний период (1953—1957 гг.), сделанные инженерами И. М. Шансковой, Р. П. Мельниковой, С. М. Глушко по приземным картам погоды, которые составлялись 4 раза в сутки.

Границы и названия э. с. п. за рассмотренный период были взяты из специальных бюллетеней, выпускаемых ААНИИ.

Метод исследования

Наличие штормов определялось по данным береговых и островных станций.

Выборка производилась по следующим районам: 1) Финский залив, 2) Рижский залив, 3) центральная часть моря — район, заключенный между параллелями 60 и 57° с. ш., 4) проливная зона. В нее входят проливы Большой и Малый Бельт, Зунд, Каттегат и Скагеррак. Оставшийся участок моря разделен на две части линией, проходящей по меридиану 18° в. д.; район слева от этой линии назван юго-западным, а справа — восточным.

Аналізу подверглись такие синоптические процессы, когда в одном из указанных районов моря сила ветра составляла не менее 6 баллов по Бофорту (10—12 м/сек.) и продолжительность которых была не менее 12 час.

За 5 лет было выбрано и рассмотрено 189 штормов. Эти штормы наблюдались при 50 различных э. с. п. Безусловно, находить какие-либо зависимости при таком распределении штормовой деятельности было бы очень трудно, тем более за пятилетний период. Поэтому с учетом общности отдельных э. с. п. некоторые из них были объединены в группы. Каждая группа получила название одного из входящих в нее э. с. п. и рассматривалась как самостоятельный процесс (табл. 1).

Таблица 1

Элементарные синоптические процессы, по Г. Я. Вангенгейму	№ пп.	Группа
1. КарСВ ^а — карский северо-восточный, стадия «а»	1	КарСВ
2. ДвСВ ^а — двинский „ „ „		
3. СкСВ ^а — скандинавский „ „ „		
4. АнСВ ^а — английский „ „ „		
5. КарСВ ^б — карский северо-восточный, стадия «б»	2	КарСВ ^б
6. ДвСВ ^б — двинский „ „ „		
7. СкСВ ^б — скандинавский „ „ „		
8. АнСВ ^б — английский „ „ „		
9. Зап. пер. — западный перенос	3	Зап. пер.
10. Движ. ант. — движущийся антициклон		
11. Дв Пвд — движение полосы высокого давления	4	СевСк
12. СевСк ^а — североскандинавский, стадия «а»		
13. СрСк ^а — среднескандинавский „ „		
14. С1 ^а — Ц-1 (первый вариант процессов меридионального типа)		
15. СевСк ^б — североскандинавский, стадия «б»	5	СевСк ^б
16. СрСк ^б — среднескандинавский „ „		
17. С1 ^б — Ц-1 „ „		
18. Юск (1—2) ^а — южнскандинавский первый и второй варианты, стадия «а»	6	Юск
19. СтII — стационарный второй	7	СтII
20. СтI — „ первый		
21. СтIII — „ третий		
22. Лпл (1—2) ^а — лапландский первый и второй варианты, стадия «а»	8	Лпл 2
23. Лпл (1—2) ^б — лапландский первый и второй варианты, стадия «б»	9	Лпл 2 ^б
24. Ст. V — стационарный пятый	10	СтV
25. Ст. VI — стационарный шестой		

Элементарные синоптические процессы, по Г. Я. Вангенгейму	№ пп.	Группа
26. Гр — гренландский	11	Гр
27. Гр-Кар — гренландско-карский		
28. Кар — карский	12	Кар
29. АнКар — английско-карский		
30. Кан-Кар — канинско-карский		
31. Ан — английский	13	Ан
32. Гр-Ан — гренландско-английский		

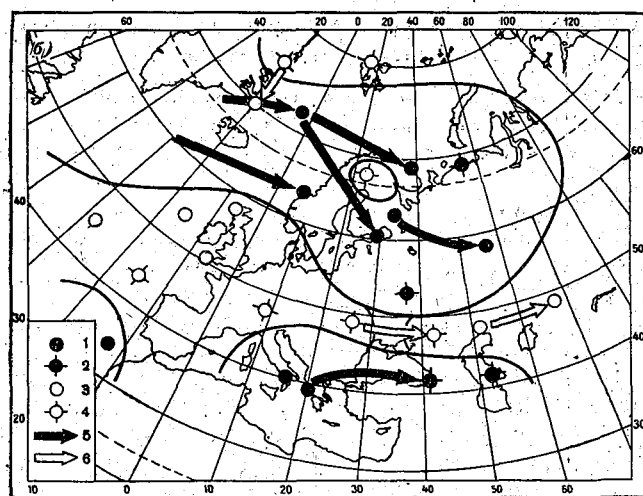
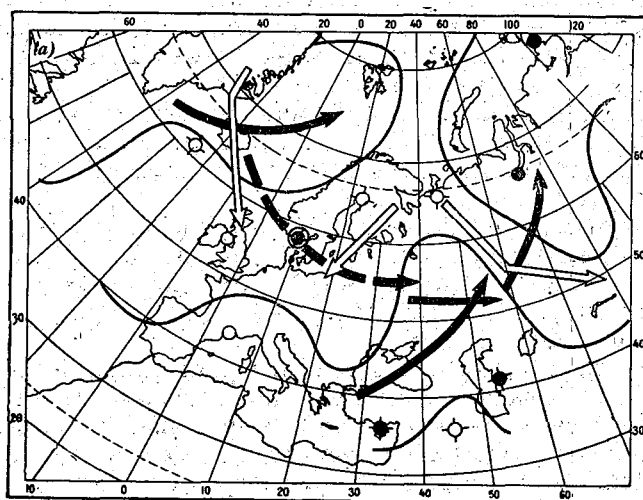


Рис. 1. Схема процесса Лпл 2^а, по Вангенгейму (а), и средняя карта траекторий основных барических образований (б) при «штормовых» э. с. п. Лпл 2 (ноябрь 1953—1957 гг.).
 1 — положение областей устойчивой циклонической деятельности, 2 — центры частных циклонов, 3 — положение областей устойчивой антициклонической деятельности, 4 — гребни высокого давления, 5 — пути циклонов, 6 — пути антициклонов.

Заметим, что для некоторых разновидностей макросиноптических процессов характерны две стадии развития, которые обычно обозначаются

индексами «а» и «б». Например, КарСВ^а и КарСВ^б. В первой стадии (а) происходит формирование холодных и низких антициклонов, во второй стадии (б) — смещение этих антициклонов к югу и стационарирование.

В результате такого объединения было получено 13 разновидностей э. с. п. Остальные 10 э. с. п., которые показаны на рис. 2, рассматривались в таком виде, в каком они даны у Г. Я. Вангенгейма: Взд — восточное седло, Е-1 — первый вариант процессов восточного типа, Пвд — полоса высокого давления, Юск^б — южноскандинавский, стадия «б», АнЮск^а — английский — южноскандинавский, стадия «а», АнЮск^б — английский — южноскандинавский, стадия «б», Ст IV — стационарный четвертый, Сз. сд. — северо-западное седло, Кан — канинский, Ст. антиц. → Юск — стационарный антициклон, переходящий в южноскандинавский. На рис. 1 а дана схема одного э. с. п.

Обычно продолжительность штормов меньше продолжительности одного э. с. п. Но бывают случаи, когда штормовой ветер наблюдается на протяжении нескольких э. с. п. При этом очаг шторма перемещается из одного района моря в другой.

Из рассмотренных 189 штормов 120 наблюдались в течение одного э. с. п., 60 — в течение двух э. с. п., 6 — в течение трех э. с. п., 2 — в течение четырех э. с. п. В одном случае шторм продолжался в течение пяти э. с. п. Поэтому число «штормовых» э. с. п., месячное распределение которых дано на рис. 2, равно 239.

Основная задача заключалась в том, чтобы выявить такие э. с. п., во время которых больше всего наблюдалось штормов, и найти их распределение по месяцам и сезонам. Поэтому такие вопросы, как продолжительность штормов, их интенсивность, смещения очагов шторма и др., подробно не рассматривались, и о них будет сказано лишь вскользь.

Зависимость между штормами на Балтийском море и элементарными синоптическими процессами

Для упрощения анализа полученного материала нами построен график (рис. 2), дающий наглядное представление о зависимости между числом э. с. п., во время которых наблюдались штормы, и временем года.

Наиболее штормовым оказался э. с. п. Зап. пер. С этим процессом связана штормовая деятельность в основном холодной половины года. Весной э. с. п. Зап. пер. штормов не дает вообще. В осенний период значительное количество штормов связано также с э. с. п. Лпл 2, Лпл 2^б и Сев. Ск. Заметим, что э. с. п. Сев. Ск. встречается при всех формах циркуляции, а штормы дает только при западной форме циркуляции.

Весной самым характерным процессом является э. с. п. Взд, который только в апреле наблюдался в 13 случаях и из них в пяти вызвал шторм. Летом, как и следовало ожидать, штормовой ветер, особенно сильнее 7—8 баллов, — явление довольно редкое. Штормы в пределах 6—8 баллов свойственны и летним месяцам. Тем не менее за 5-летний период отмечались случаи, когда в течение целого месяца не наблюдалось ни одного шторма. На рис. 2 показано, что летом также возникают штормы при э. с. п. Зап. пер., но их несравненно меньше, чем в холодную половину года. Значительное число штормов связано летом с э. с. п. Кар., Взд и Лпл 2^б. Процесс Лпл 2 встречается летом значительно чаще, чем Лпл 2^б, но штормов почти не дает.

Описанная картина распределения штормов по э. с. п., очевидно, является не только результатом того, что такие э. с. п., как Зап. пер. и

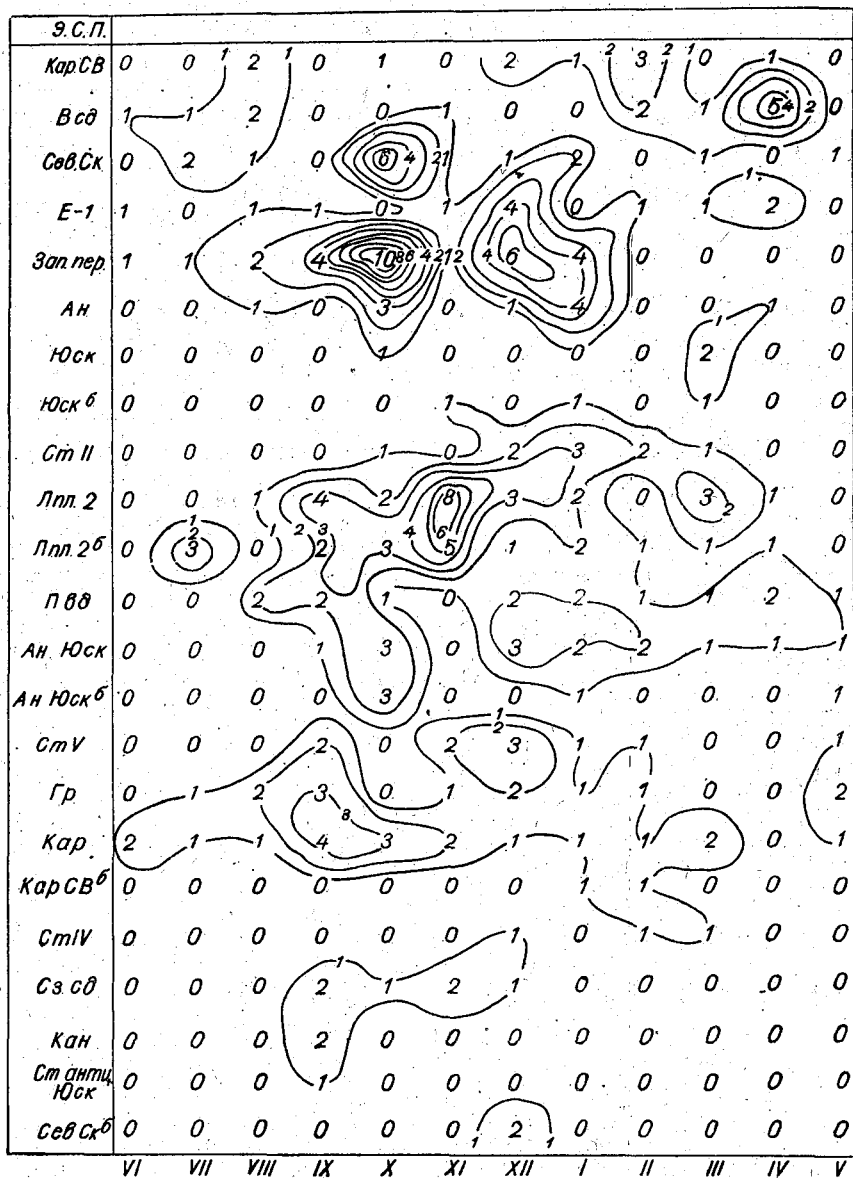


Рис. 2. Распределение числа штормов на Балтийском море в зависимости от времени года и э.с.п.

Лпл 2, встречаются чаще, чем другие э. с. п. Например, в июле Лпл 2 наблюдался 12 раз и не дал ни одного шторма, а Лпл 2⁶ наблюдался 6 раз и 3 раза вызвал шторм. То же самое можно сказать о «штормовой эффективности» и остальных э. с. п. Анализ нашего материала подтвердил мнение некоторых специалистов о том, что начало шторма нередко связано с интенсивной перестройкой атмосферных процессов, т. е. с началом нового э. с. п. Так, например, число штормов, которые начались в тот же день, что и э. с. п., было 85, а тех, которые начались на следующий день после начала э. с. п., было 60. Число штормов, которые начались по прошествии двух суток и более после начала э. с. п., было лишь 44.

Исходя из этого, заметим, что деление синоптических процессов на э. с. п. имеет не только физический смысл, но и (в случае успешного прогнозирования границ и типа э. с. п.) может служить существенным подспорьем в оперативной работе синоптиков.

Определенный интерес представляет распределение штормов по интенсивности. Наиболее часто (57%) наблюдались штормы силой 8—9 баллов. Штормы силой 6—7 и 10—12 баллов составили соответственно 35 и 8%.

В табл. 2 показано распределение самых сильных штормов, которые имели место на Балтийском море в рассматриваемом 5-летнем периоде.

Таблица 2

Распределение штормов силой 11—12 баллов в зависимости от времени года и типа макропроцесса

Месяц	Форма циркуляции	Название э. с. п.	Преобладающее направление ветра	Год
Октябрь	W	Зап. пер.	ЮЗ	1954
Январь	W	Гр-Ан	СЗ	1955
Январь	W	Зап. пер.	ЮЗ	1956
Декабрь	W	Зап. пер.	З	1957
Декабрь	W	АнЮск	СЗ	1957
Октябрь	W	АнКар	З	1957
Ноябрь	W	Гр-Кар	З	1956

Этот пример интересен и с точки зрения распределения энергии в атмосфере, тем более, что в последнее время изучению данного вопроса уделяется сравнительно много внимания [5].

Краткое описание синоптических условий, характерных для развития штормовой деятельности на Балтийском море

Выполненный нами анализ штормовых процессов не позволяет сказать что-либо новое о причинах возникновения шторма или, что то же самое, о причинах интенсивного углубления циклонов. Вопрос о том, почему один и тот же э. с. п. иногда дает шторм, а иногда нет, еще не вполне ясен. Так же трудно сказать, почему при сходных синоптических процессах наблюдаются штормы различной силы. На наш взгляд, существенное влияние на интенсивность синоптических процессов оказывает ориентация высотной фронтальной зоны, а также динамические факторы.

Чтобы полученные в работе результаты приблизить к практике прогнозирования одного из опасных явлений погоды, для некоторых из

рассмотренных э. с. п. были построены осредненные за 5 лет месячные и сезонные карты траекторий основных барических образований. Сопоставление этих карт с типовыми схемами э. с. п. Г. Я. Вангенгейма [3] дает возможность уточнить механизм синоптических процессов, которые приводят к штормам на Балтийском море. На рис. 1 приводится карта траекторий только для ноябрьских процессов Лпл 2, которая существенно отличается от типовой схемы Вангенгейма.

Количественное распределение штормов в каждом районе моря носит ярко выраженный сезонный характер и не зависит от площади того или иного района. Этот вывод иллюстрируется табл. 3.

Таблица 3

Распределение числа штормов по различным районам Балтийского моря в зависимости от времени года

Время года	Район моря					
	проливная зона	юго-западный	восточный	центральный	Рижский залив	Финский залив
Зима . . .	50	53	53	48	45	41
Весна . . .	26	30	36	31	29	20
Лето . . .	17	20	24	19	17	11
Осень . . .	52	54	58	53	53	35

В значительной степени такое распределение штормов определяется положением рассматриваемых районов по отношению к основным путям движения циклонов и антициклонов в различные сезоны.

Осень. В табл. 3 показано, что для всех районов Балтийского моря, за исключением Финского залива, наиболее штормовым является осенний период. Максимум штормов наблюдается в октябре. В это время года штормовые ветры обусловлены процессами Зап. пер. и Лпл 2. Западный перенос является наиболее характерным процессом западной формы циркуляции. Его отличительная особенность — хорошо выраженный зональный перенос, который прослеживается от приземного слоя до уровня поверхности 300 мб.

В рассматриваемом э. с. п. штормы, как правило, возникают при выходе циклонов с Северной Атлантики на районы Скандинавии. Этот выход осуществляется по двум хорошо выраженным траекториям:

- а) с Исландии через север Норвежского моря на север Норвегии;
- б) через Великобританию, Северное море на юг Скандинавского полуострова (т. е. находится значительно южнее первого пути).

Ветер достигает максимальной силы в том случае, когда центр углубляющегося циклона находится над севером Ботнического залива, а вся Европа в пределах 53—45° с. ш. занята антициклоническим полем.

Процесс Лил 2 характеризуется наличием блокирующего антициклона над районами Северной Атлантики. По его восточной периферии осуществляется мощное вторжение холода (арктического воздуха) через Норвежское море и Скандинавию на западные районы ЕТС и дальше на Черное море. Вследствие этого на центральные и северные районы ЕТС происходит распространение теплого воздуха и на картах OT_{100}^{500} появляется гребень тепла. При этой разновидности э. с. п. штормовые ветры наблюдаются главным образом в тыловых частях «ныряющих циклонов». В большинстве случаев штормы, связанные с э. с. п. Лпл 2,

наблюдаются в ноябре. Анализ средней карты траекторий показывает, что штормовые ветры в этом месяце возникают в том случае, когда Балтийское море находится под воздействием циклонов, формирующихся в районе о. Ян-Майен. Вторжение этих циклонов на Балтику происходит через центральные районы Норвегии и Швеции, причем штормы возникают и тогда (особенно в северных районах моря), когда циклоны не переваливают через Скандинавские горы, а проходят вдоль северного побережья Норвегии на Кольский полуостров (рис. 1).

Зима. Зимой самым штормовым месяцем является декабрь, а самым штормовым э. с. п. — Зап. пер. На Финском заливе максимум штормов наблюдался в январе. Синоптическая обстановка, вызывающая штормовую погоду при э. с. п. Зап. пер., в зимние месяцы имеет много общего с синоптической обстановкой осенних месяцев. Отличительной особенностью зимних процессов является наличие только одной хорошо выраженной траектории смещения циклонов, занимающей промежуточное положение между указанными траекториями осеннего сезона.

Весна. В этом сезоне по всем районам моря максимум штормов наблюдается в марте. Но, как было показано выше, самым характерным процессом для развития штормовой деятельности в весеннее время года является э. с. п. Всд. Этот макропроцесс характеризуется наличием активной циклонической деятельности юго-западнее Исландии и над северными районами Европы. Между указанными областями циклонической деятельности оформляется высотный гребень, ориентированный с Британских островов на северо-запад. Такое положение барических систем обуславливает интенсивное вторжение морского арктического воздуха в тылу высотных стационарных циклонов, центры которых, как правило, располагаются над южными районами Баренцева моря. Гребень тепла на OT_{1000}^{500} направлен с Черного моря на юг Балтийского моря. Для такой синоптической обстановки характерен выход на Балтику так называемых южных циклонов.

Лето. Летом активность штормовых процессов по всем районам моря значительно ниже, чем в остальные сезоны. Так, в Финском заливе летом число штормов почти в 4 раза меньше, чем зимой. Максимум штормов летом наблюдается в августе. Но в этом месяце трудно выделить наиболее характерный для данного сезона э. с. п. Зато в июле таким процессом является э. с. п. Лпл 2^б. Анализ дополнительного материала за 1960—1961 гг. подтвердил наше предположение о том, что Лпл 2^б является характерным процессом, который обуславливает возникновение летних штормов на Балтийском море. По расположению барических образований у земли и направлению их смещения э. с. п. Лпл 2^б сходен с э. с. п. Зап. пер., но в отличие от последнего представляет собой зональную стадию меридиональной циркуляции.

Анализ распределения штормовых ветров по румбам показывает, что наибольшую повторяемость по южным районам моря имеют западные ветры, а в северной части моря — юго-западные. Весной и летом по всему морю преобладают штормовые ветры западного направления. Характерно, что летом за рассматриваемый период ни разу не отмечались штормовые ветры восточной и северо-восточной четвертей. Осенью повторяемость таких ветров очень мала. Чаще всего штормовые ветры этих четвертей наблюдаются весной, а по Пролливной зоне — зимой.

Выводы

1. Штормовая деятельность на Балтийском море тесно связана с особенностями развития макропроцессов в северном полушарии.

2. Обнаружены существенно неравномерное распределение числа штормов по э. с. п. и удовлетворительная зависимость между началом э. с. п. и началом шторма.

3. Наибольшее число штормов наблюдается осенью, в Финском заливе — зимой.

4. Возникновение и развитие шторма в большинстве случаев происходило при западной форме циркуляции (в 109 случаях из 239).

5. Для каждого месяца и сезона характерно наличие таких э. с. п., которые дают наибольшее число штормов по сравнению с другими э. с. п., наблюдавшимися в том же месяце или сезоне.

В заключение отметим, что анализ штормовых процессов несомненно представлял бы большую ценность, если бы охватывал более продолжительный период наблюдений. Выводы, сделанные нами, носят лишь предварительный характер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горский Н. Н. Тайны океанов. Изд. АН СССР, М., 1960.
2. Воробьев В. И. Струйные течения в высоких и умеренных широтах. Гидрометеиздат, Л., 1960.
3. Вангенгейм Г. Я. Опыт применения синоптических методов к изучению и характеристике климата. Гидрометеиздат, Л., 1935.
4. Гирс А. А. Основы долгосрочных прогнозов погоды. Гидрометеиздат, Л., 1960.
5. Борисенков Е. П. Вопросы энергетики атмосферных процессов. Гидрометеиздат, Л., 1960.

А. А. ЦВИД

(Дальневосточный НИИ по строительству)

КОМПЛЕКСНЫЙ УЧЕТ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ДАЛЬНОМ ВОСТОКЕ

В статье излагаются особенности климата Дальнего Востока по воздействию его на здания и сооружения. Приводятся данные о количестве осадков, выпадающих на вертикальные поверхности, о микроклимате Владивостока. Критикуется существующая методика теплотехнического расчета ограждений по средней температуре самой холодной пятидневки и скорости ветра за три наиболее холодных месяца.

1. Климат Дальнего Востока определяется его географическим положением на границе громадного материка Евразии и обширных водных пространств Тихого океана. Различное сезонное прогревание и охлаждение континента и океана приводит к сезонным изменениям в направлении перемещения воздушных масс, характерным для муссонного климата [5]. Этим объясняется, что почти все климатические характеристики рассматриваемой области резко отличаются от норм для других районов СССР этих широт.

Свыше $\frac{4}{5}$ территории Дальнего Востока занято горными районами. Горы оказывают большое влияние на климат приземного слоя, в котором происходит инженерная деятельность человека. Горы предохраняют побережье от зимнего континентального муссона, поэтому на южных и юго-восточных склонах теплее, чем на северных. Летом горы являются своего рода конденсатором влаги, приносимой муссонами и циклонами.

Климат является определяющим фактором в строительстве. Строя любое здание (жилой дом, школу, больницу или промышленный корпус), мы создаем необходимые микроклиматические условия для проживания, работы или временного пребывания в нем человека. При этом все элементы микроклимата в здании должны поддерживаться постоянными в течение всего срока службы здания. Так, температура воздуха должна поддерживаться в пределах $16-20^{\circ}$, влажность — в пределах $40-50\%$. Здание должно защищать человека от атмосферных осадков, ветра, прямой солнечной радиации; в нем должно быть достаточно света.

Однако метеорологические элементы (температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра, количество и интенсивность осадков, напряжение и продолжительность солнечной радиации) изменяются как в течение сезона, так и от года к году. Непостоянен климат и по территории. В больших пределах изменяется также неблагоприятное сочетание отдельных элементов климата и воздействие их на здания:

температура воздуха и скорость ветра, осадки и ветер, температура воздуха и солнечная радиация и др.

Особенностью климата Дальнего Востока является широкий диапазон изменений по территории величины всех расчетных климатических характеристик, учитываемых в строительстве. Так, например, градиент изменения расчетной температуры наружного воздуха на побережье составляет 12° на 100 км, в то время как для Европейской части СССР и Сибири этот градиент в среднем равен $0,7-1,0^\circ$ на 100 км. Значительны также изменения скорости ветра, высоты снежного покрова, глубины промерзания грунта и т. д.

2. Многолетний опыт проектирования, строительства и эксплуатации зданий в прибрежной полосе Дальнего Востока показывает, что ограждающие конструкции их, рассчитанные по действующей методике строительных норм и правил (СНиП), не обеспечивают необходимый режим температуры и влажности зимой. В помещениях северной ориентации фактические теплопотери намного превышают расчетные, температура воздуха нередко понижается до $8-12^\circ$ при исправно работающем отоплении. Компенсировать повышенные теплопотери путем постановки дополнительных нагревательных приборов не всегда удается. Установлено, что наиболее интенсивное охлаждение помещений происходит при большой скорости ветра. Температура наружного воздуха оказывает меньшее влияние, чем ветер: в относительно теплые дни, но с сильным ветром в квартирах холоднее, чем в более холодные, но безветренные дни.

Во многих районах прибрежной полосы Тихого океана в зимний период наблюдается совпадение низких температур воздуха и большой скорости ветра.

Обработка многолетних материалов наблюдений прибрежных метеорологических станций Дальнего Востока показывает, что за самую холодную пятидневку, по температуре которой производится теплотехнический расчет, средняя скорость ветра намного превышает среднюю скорость ветра за три наиболее холодных месяца, которая принимается в расчет. Так, при расчетной зимней температуре воздуха для Владивостока -24° средняя скорость ветра за самую холодную пятидневку составляет 13,5 м/сек., а в отдельные зимы превышает 18 м/сек. Средняя же скорость ветра за три наиболее холодных месяца в году составляет 7,9 м/сек.

Значения средней скорости ветра и температуры воздуха за наиболее холодные пятидневки шести зим 40-летнего периода наблюдений, по которым определена расчетная зимняя температура наружного воздуха для Владивостока, приведены в табл. 1.

Анализ материалов наблюдений над температурой воздуха и скоростью ветра по метеостанции Владивосток показывает наличие устойчивой связи между этими элементами климата. По среднесуточным величинам температуры воздуха и скорости ветра за январь установлена корреляционная связь между температурой воздуха и скоростью ветра за три дня. Эта связь выражается формулой

$$t_n = -0,75v_n - 0,31v_{n-1} - 0,26v_{n-2} - 6,48,$$

где t_n — среднесуточная температура воздуха в градусах, v_n — средняя скорость ветра в м/сек. за расчетные сутки, v_{n-1} и v_{n-2} — то же за одни и двое суток, предшествующих расчетным.

Коэффициент корреляции равен 0,9. Связь является устойчивой и приближается к функциональной. Характерно, что в наиболее холодную

за зиму пятидневку средняя скорость ветра за пять дней всегда имеет максимальную величину.

Таблица 1

Зимний сезон	Средние показатели за самую холодную пятидневку °		Средние показатели за самые холодные сутки	
	температура воздуха (град.)	скорость ветра (м/сек.)	температура воздуха (град.)	скорость ветра (м/сек.)
1919-20	-22,7	10,7	-25,6	14,0
1921-22	-26,1	12,0	-27,3	13,3
1930-31	-24,3	12,2	-28,1	18,0
1935-36	-22,1	11,0	-23,8	10,5
1946-47	-21,1	18,1	-22,1	21,5
1950-51	-25,4	16,5	-26,4	16,5
Среднее за 6 зим	-23,6	13,5	-25,6	15,7

Влияние скорости ветра на величину теплотерь зданий очень велико. Его необходимо учитывать в расчете непосредственно, а не путем введения надбавок к основным теплотерям, как это делается сейчас. Расчеты показывают, а наблюдения подтверждают, что при температуре наружного воздуха $t = -20^\circ$ и скорости ветра $v = 15$ м/сек. теплотери стен на 25% больше, чем при $t = -40^\circ$ и $v = 5$ м/сек. Увеличение скорости ветра на 1 м/сек. в интервале от 5 до 10 м/сек. по теплотерям наветренных стен эквивалентно понижению температуры наружного воздуха на 3,5—4°.

Во всех инженерных расчетах, когда на сооружение одновременно действует несколько нагрузок, величина которых изменяется во времени, в расчет принимается невыгоднейшее сочетание этих нагрузок по одновременному их воздействию. В теплотехническом же расчете этот принцип необоснованно нарушается, что приводит к грубым ошибкам [3], [4]. Температура воздуха и скорость ветра — два климатических параметра, которые определяют температурное состояние ограждений и теплотери зданий. Оба они действуют одновременно, и, казалось бы, необходимо вводить в расчет их величину за один и тот же промежуток времени. По СНиПу же температура воздуха принимается в расчет за самую холодную пятидневку, а скорость ветра — за три наиболее холодных месяца.

Для пунктов, где наблюдается совпадение низких температур воздуха с большой скоростью ветра, в расчет необходимо вводить среднюю скорость ветра за самую холодную пятидневку. Для других пунктов следует установить наиболее неблагоприятное сочетание по времени низких температур воздуха и большой скорости ветра, при котором теплотери зданий будут максимальными. Для выявления этого сочетания целесообразно ввести понятие эквивалентной температуры наружного воздуха t_e . Под эквивалентной температурой наружного воздуха следует подразумевать такую условную температуру, при которой теплотери без ветра будут такими же, как и при данной температуре воздуха t_n и скорости ветра v . Разработанная в настоящее время теория влияния ветра на теплотери зданий позволяет относительно просто определять эквивалентную температуру наружного воздуха.

В связи с тем что влияние ветра быстро сказывается на теплопотерях зданий, необходимо уменьшить расчетный период с 5 до 2—3 суток.

До изменения методики учета климатических параметров в теплотехнических расчетах Дальневосточный научно-исследовательский институт по строительству разработал «Указания по определению процентных надбавок к основным теплопотерям вертикальными ограждениями для прибрежных районов Приморского края». Надбавки определены в зависимости от расчетной скорости ветра за холодную пятидневку, ориентации помещений, этажности здания и проемности стены; они изменяются от 10 до 90%. Указания утверждены Госстроем РСФСР как нормативный документ.

Наряду с необходимостью комплексного учета влияния температуры воздуха и скорости ветра на температурное состояние ограждений и теплопотери помещений в условиях Дальнего Востока следует разработать планировочные и конструктивные приемы, с помощью которых можно существенно уменьшить влияние ветра на охлаждение зданий. Для этого необходимо:

- 1) ставить дома длинной осью по направлению господствующего ветра зимой,
- 2) всемерно уменьшать проемность стен зданий с наветренной стороны,
- 3) при выборе участков под новое строительство в условиях горного рельефа предпочтение следует отдавать районам, защищенным от зимних ветров,
- 4) на открытых участках делать ветрозащитные ограждения из домов специальной планировки и конструкции с повышенным сопротивлением воздухопроницанию,
- 5) добиваться максимального уплотнения оконных проемов и балконных дверей с наветренной стороны.

По действующим строительным нормам и правилам при расчете зданий и сооружений на ветровой напор величина ветровых нагрузок для данного пункта принимается одинаковой для всех направлений. Для Дальнего Востока характерно устойчивое направление ветров большой скорости. Это позволяет учитывать при расчетах различный ветровой напор по направлениям и дает значительную экономию при строительстве промышленных зданий.

3. Теплотехнические свойства стен в значительной степени зависят от влажности материала, из которых они изготовлены. В городах и населенных пунктах Тихоокеанского побережья, на Камчатке и Сахалине после сильных дождей с ветром влажность наружных стен иногда настолько повышается, что их внутренняя поверхность с наветренной стороны становится мокрой. Резко ухудшаются санитарно-гигиенические условия помещений. Во влажном климате прибрежной полосы стены сохнут долго и нередко в продолжение всей зимы остаются переувлажненными, что приводит к их размораживанию.

Для измерения количества осадков, выпадающих на вертикальные поверхности разной ориентации, нами разработан специальный прибор — вертикальный осадкомер. Описание этого прибора опубликовано [6].

Прибор устанавливается на участке метеорологической станции, не защищенном от ветра.

Летом 1959 г. наблюдения с помощью такого прибора проведены в г. Владивостоке. В 1960 г. наблюдения проводились в семи пунктах, а в 1961 г. — на 27 метеорологических станциях Дальнего Востока.

Результаты наблюдений за количеством осадков, выпавших на горизонтальную и вертикальные поверхности разных ориентаций, проведенных летом 1960 г. во Владивостоке, представлены в табл. 2. Из данных таблицы видно, что почти каждый месяц на вертикальные поверхности выпадает осадков в 1,5—2 раза больше, чем на горизонтальную поверхность. При этом во все месяцы наблюдений происходило смачивание вертикальных поверхностей всех ориентаций. Особенно интенсивные косые дожди были в мае. При 60,6 мм осадков, выпавших на горизонтальную поверхность за этот месяц, на вертикальные поверхности выпало 173,9 мм. Всего за 6 месяцев наблюдений на 4 вертикальные поверхности выпало 1045 мм осадков, что составляет 174,2% по отношению к количеству осадков, выпавших на горизонтальную поверхность.

Проведенные исследования влажности стен различной ориентации весной 1960 г. во Владивостоке показали, что средняя влажность шлакобетонных жилых домов, построенных в 1947 г., составляет 16—18%, а в отдельных точках достигает 30%. При этом оказалось, что средняя влажность стен различной ориентации пропорциональна количеству осадков, выпавших на вертикальные поверхности соответствующих ориентаций летом 1959 г. Это дает основание полагать, что главной причиной высокой влажности шлакобетонных стен зданий в условиях тихоокеанского побережья является обильное смачивание их косыми дождями.

Увлажнение наружных стен крайне отрицательно сказывается на сроке службы зданий в целом и особенно на долговечности деревянных перекрытий. Переменная повышенная влажность деревянных конструкций в местах, где они опираются на наружные стены, приводит к быстрому гниению опорных узлов. На Дальнем Востоке нередко наблюдаются случаи, когда деревянные перекрытия в зданиях со стенами из шлакобетонных камней после 5—10 лет эксплуатации требовали замены.

Строительство навесов для хранения сельскохозяйственных машин в колхозах и совхозах ведется без учета наличия косых дождей. Летом машины и инвентарь обильно смачиваются дождем, а зимой заносятся снегом. Это вызывает преждевременную коррозию металла. Между тем при легкой обшивке стен, хотя бы с наветренной стороны, можно без существенного удорожания строительства защитить машины от вредного воздействия влаги.

Отрицательное влияние косых дождей на конструкции усиливается с индустриализацией строительного производства. Переход на крупнопанельное домостроение требует более тщательного учета скорости ветра зимой и интенсивного смачивания стен летом. В зданиях, смонтированных из крупноразмерных элементов малой толщины, неправильный учет влияния температуры приводит к раскрытию швов, а также к тому, что спаренные окна зимой продуваются, а летом протекают. Требуется разработка специальных конструкций, в которых учитываются особенности климата. По нашему мнению, необходимо вести систематические наблюдения на метеорологических станциях за количеством осадков, выпадающих на вертикальные поверхности. Эти наблюдения помогут строителям правильно определять конструкции ограждающих поверхностей, характер уплотняющих швов крупных панелей, обоснованно и дифференцированно выбирать материал для стен в различных климатических районах. Все это будет способствовать удешевлению строительства и удлинению срока службы зданий.

На Дальнем Востоке большой вред строительству и эксплуатации инженерных сооружений причиняют наледи. Наледи наблюдаются как

Таблица 2

Количество осадков, выпавших на поверхности разной ориентации летом 1960 г. в г. Владивостоке

Ориентация поверхности	Май		Июнь		Июль		Август		Сентябрь		Октябрь		Всего за 6 месяцев	
	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%
	Горизонтальная	60,6	100	212,4	100	85,4	100	158,5	100	61,0	100	22,3	100	600,2
74,8		123,4	203,6	95,8	102,0	119,4	169,6	107,0	113,4	186,0	42,7	191,5	706,1	117,6
42,6		70,3	21,2	10,0	23,7	27,8	125,5	79,1	32,0	52,5	5,9	26,5	250,9	41,7
29,2		48,2	97,8	46,0	31,7	37,1	54,1	34,1	23,5	46,7	10,1	45,3	251,4	41,8
Вертикальная разной ориентации	41,7	68,8	222,5	104,8	47,6	55,8	68,7	43,4	34,7	56,9	14,9	66,9	430,1	71,6
	60,4	99,7	21,0	9,9	7,9	9,3	13,5	8,5	6,2	10,2	3,6	16,2	112,6	18,7
Всего на вертикальные поверхности	173,9	287,0	362,5	170,7	110,9	130,0	261,8	165,1	101,4	166,3	34,5	154,9	1045	174,2

в области вечной мерзлоты, так и в районах сезонного промерзания грунтов. Нередко строительные площадки, дороги и даже выстроенные здания оказываются залитыми наледью на длительное время. Нарушается работа предприятий, затрудняется движение транспорта по дорогам, становится невозможным проживание людей в домах. Так, зимой 1958-59 г. в жилом поселке на руднике Солнечном Хабаровского края было залито наледью 12 домов. У многих из них наледь поднялась до уровня карниза (рис. 1). Несмотря на большой вред,



Рис. 1. Наледь в жилом поселке рудника Солнечный, Хабаровского края зимой 1958-59 г.

причиняемый наледями, вопросу противоналедевой борьбы не уделяется должного внимания. Лишь в последнее время разработаны и утверждены Госстроем РСФСР «Рекомендации по борьбе с наледями», где обобщены и систематизированы активные противоналедевые мероприятия.

4. Преобладающий горный рельеф территории Дальнего Востока, большое влияние на климат муссонных ветров и океана приводят к значительным колебаниям всех элементов климата в приземном слое в пределах небольшого района в зависимости от экспозиции склона, степени защищенности от господствующего направления ветра, удаленности от моря, характера застройки и других факторов.

В южных районах Дальнего Востока при солнечной безоблачной зиме наблюдается высокая солнечная радиация. В такие периоды усиливаются микроклиматические различия отдельных районов, наблюдается большое количество циклов замораживания и размораживания облучаемых поверхностей и быстрое их разрушение.

В настоящее время все расчетные климатические характеристики, необходимые для строительного проектирования, принимаются по данным наблюдений метеорологических станций. Понятно, что в условиях горного рельефа с резко выраженными микроклиматическими условиями климатические характеристики могут существенно отличаться от данных метеостанций. Однако до сих пор нет еще рекомендаций,

Выводы

1. В условиях тихоокеанского побережья ветер является определяющим фактором теплопотерь зданий.
2. Существующая методика теплотехнического расчета ограждающих конструкций и теплопотерь зданий по средней температуре самой холодной пятидневки и средней скорости ветра за три наиболее холодных месяца не соответствует действительному температурному состоянию ограждений и теплопотерям зданий.
3. Для правильного определения теплопотерь зданий необходимо принимать во внимание самое невыгодное сочетание температуры воздуха и скорости ветра по одновременному их воздействию. Наиболее показательной характеристикой такого сочетания является эквивалентная температура наружного воздуха.
4. Долговечность, теплофизические свойства ограждающих конструкций в значительной степени зависят от количества осадков, выпадающих на их поверхности. Необходима постановка наблюдений за смачиванием вертикальных поверхностей.
5. Большое значение имеет правильный учет микроклимата в районе строительства. Микроклиматические особенности отдельных районов особенно существенны на Дальнем Востоке.
6. Измерение скорости ветра флюгером Вильда не удовлетворяет запросы строителей. Флюгер должен быть заменен более точным и современным прибором — анеморумбографом.
7. При проектировании, строительстве и эксплуатации инженерных сооружений необходим комплексный и всесторонний учет особенностей климата. Для этого нужно глубокое изучение особенностей климата, выявление наиболее неблагоприятных сочетаний отдельных его элементов по воздействию на конструкции зданий. В этом направлении строит свою работу лаборатория строительной климатологии и ограждающих конструкций Дальневосточного научно-исследовательского института по строительству.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анапольская Л. Е. Режим скоростей ветра на территории СССР. Гидрометеониздат, Л., 1961.
2. Анапольская Л. Е., Гандин Л. С. Методика определения расчетных скоростей ветра. Метеорол. и гидрол., № 10, 1958.
3. Вопросы прикладной климатологии. Сб. статей под ред. Ф. Ф. Давитая. Гидрометеониздат, Л., 1960.
4. Гандин Л. С. О расчете теплопередачи зданий в различных климатических условиях. Тр. ГГО, вып. 55, 1955.
5. Курс климатологии. Под ред. Е. С. Рубинштейн. Гидрометеониздат, Л., 1954.
6. Цвид А. А. Измерение осадков, выпадающих на вертикальные поверхности. Метеорол. и гидрол., № 11, 1960.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПЕРИОДА С ТВЕРДЫМИ И СМЕШАННЫМИ ОСАДКАМИ НА ТЕРРИТОРИИ СССР

В статье рассматривается температурный критерий, определяющий границы периодов с твердыми и смешанными осадками, а также длительность этих периодов с точностью до декады. Выделение периодов с твердыми и смешанными осадками связано с необходимостью введения поправок в средние многолетние количества осадков после замены дождемера с защитой Нифера на осадкомер системы Третьякова. В статье также приведены средние поправки для сравнимости рядов наблюдений над твердыми осадками в зависимости от физико-географического района и типа защищенности станций.

Одной из важных задач климатологии является вычисление многолетних средних значений различных метеорологических элементов, которые используются для сравнения климатических условий различных районов, а также для выявления различий климатического режима каждого сезона в данных географических условиях.

Средние многолетние количества осадков для всей территории Советского Союза были вычислены О. А. Дроздовым на основании дождемерных наблюдений. Для районов, где имело место выдувание твердых осадков из дождемера, Дроздовым были введены поправки. Величины поправок определялись в основном с помощью отношения количества осадков холодного периода к количеству осадков теплого периода, а также из уравнения водного баланса, данных снегомерных съемок и постоянных рек, учета рельефа, лесистости и других физико-географических факторов.

Как отмечалось в ряде работ [2, 4, 7], замена дождемера с защитой Нифера на осадкомер системы Третьякова привела к более точному измерению твердых осадков. Но после смены прибора непосредственное сравнение количества зимних осадков каждого года с многолетним средним количеством осадков привело к увеличению абсолютных значений положительных аномалий и их повторяемостей. Все это затрудняет использование метода аномалий при долгосрочных прогнозах погоды, в агрометеорологии и гидрологии при обслуживании народного хозяйства. Поэтому очень остро встал вопрос об уточнении средних многолетних количеств осадков, особенно за период с твердыми осадками.

Период с твердыми осадками

При климатологической обработке количества осадков в Советском Союзе принято условное деление года на два периода — холодный (XI—III) и теплый (IV—X). Такое деление, основанное на использовании только месячных данных, удобно для картирования осадков по всей тер-

ритории Советского Союза, так как достигается единообразие и определенность интервала во времени. Однако не для всей территории СССР границы холодного периода с ноября по март соответствуют фактическому началу и концу зимы. Можно было ожидать, что лишь в средней полосе Европейской территории СССР (ЕТС) и южной части Азиатской территории СССР такое деление в среднем совпадает с фактическими границами зимнего сезона. Для более южных районов период с твердыми осадками короче условно принятого. На крайнем севере СССР и особенно в Арктике он выходит за условные пределы.

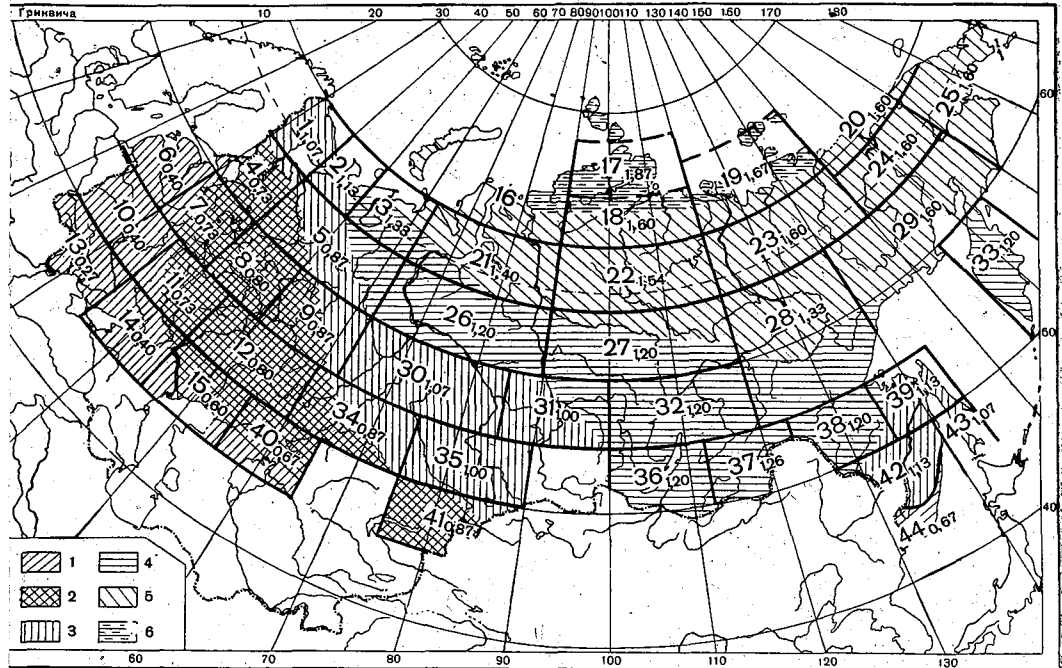


Рис. 1. Карта-схема районов (крупные цифры — номера районов). Отношение продолжительности холодного периода (XI—III) к продолжительности периода с твердыми осадками (мелкие цифры).

Продолжительность периода с твердыми осадками:

- 1 — XII₃—II₃—3, 2 — XI₃—XII₂—III₁—3, 3 — X₁—3—III₃—IV₂, 4 — X₂—3—IV₂, 5 — X₁—2—IV₃—V₃, 6 — IX₂—3—VI₁—2.

В результате смены прибора в средние многолетние величины количества осадков, вычисленные из ряда наблюдений по дождемеру, следует вводить поправку, причем величина ее весьма существенна для периода с твердыми осадками. В переходные месяцы, осенью и весной, наблюдаются твердые, жидкие и смешанные виды осадков. Располагая же только месячными суммами осадков, нельзя отделить период с твердыми от периода с жидкими осадками. Поэтому возникла необходимость выделить период с твердыми осадками с большей точностью.

В ряде работ советских и зарубежных авторов [1, 3, 5, 8, 9, 10, 11] были сделаны попытки установить связь между началом и концом периода с твердыми осадками, с одной стороны, и температурой воздуха — с другой. В работах Л. Ауеску [1], А. И. Воейкова [3], Б. Каснера [10] определялась связь температурных характеристик с наличием твердых осадков в отдельные дни. В работе Х. Цехак-Трока [9] приведено эмпирическое линейное уравнение для определения количества твердых осадков

в зависимости от температуры воздуха. Параметры уравнения подобраны для атлантической климатической зоны. А. Нордман [11] по 157 станциям за 1901—1930 гг. вычислил среднюю суточную температуру начала периода с твердыми осадками. На территории Финляндии она в среднем равна $-3,9^{\circ}$.

В нашей работе за месяц с твердыми осадками был принят такой период, в течение которого было отмечено не более пяти дней со средней

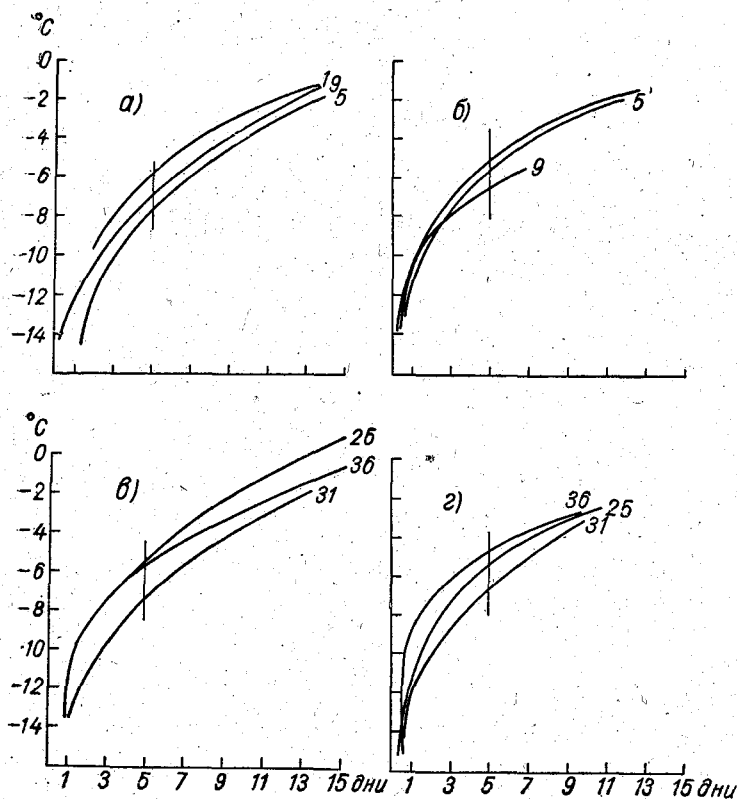


Рис. 2. Графики связи средней месячной температуры с числом дней со средней суточной температурой выше 0°C , а, в — осень, б, г — весна; а, б — для Европейской территории СССР, в, г — для Азиатской территории СССР.

Цифры у кривых — номера районов.

суточной температурой воздуха выше 0° [8]. Это дает возможность определить период с твердыми осадками с точностью до декады.

На территории СССР было выделено 44 района через 5° по широте и 10° по долготё. В малоосвещенных районах квадраты были укрупнены (рис. 1). Для каждого района устанавливалась связь средней месячной температуры воздуха осенью и весной с числом дней, в которые средняя суточная температура была выше 0° . Графически для всех районов эта зависимость получилась в виде кривой линии. На рис. 2 даны примеры указанной зависимости. Эти графики использовались для определения средней месячной температуры воздуха t° , при которой бывает пять дней со средней суточной температурой выше 0° . Снятые с графиков зна-

чения t°_T для весны и осени по всем 44 районам СССР и определяют температурные границы периода с твердыми осадками (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика периода с твердыми осадками и его продолжительность в декадах

№ района	Начало периода		Конец периода		Число декад	№ района	Начало периода		Конец периода		Число декад
	месяц и декада	t°_T	месяц и декада	t°_T			месяц и декада	t°_T	месяц и декада	t°_T	
1	XI ₂	-5,8	IV ₂	-4,8	16	23	X ₁	-6,3	V ₃	-5,9	24
2	XI ₁	-5,6	IV ₂	-4,8	17	24	X ₁	-5,6	V ₃	-5,4	24
3	X ₃	-5,5	V ₁	-4,0	20	25	X ₁	-5,0	V ₃	-4,4	24
4	XII ₂	-6,6	III ₃	-6,5	11	26	X ₃	-7,0	IV ₂	-7,2	18
5	XI ₃	-6,6	III ₃	-5,6	13	27	X ₃	-7,0	IV ₂	-7,1	18
6	XII ₃	-6,2	II ₃	-6,6	6	28	X ₂	-6,8	IV ₃	-6,6	20
7	XII ₁	-6,4	III ₂	-6,4	11	29	X ₁	-6,0	V ₃	-6,0	24
8	XI ₃	-6,4	III ₂	-6,1	12	30	XI ₁	-7,4	IV ₁	-6,6	16
9	XI ₂	-7,0	III ₂	-6,4	13	31	XI ₂	-7,4	IV ₁	-6,6	15
10	XII ₃	-6,0	II ₃	-6,4	6	32	X ₃	-5,6	IV ₂	-5,4	18
11	XII ₁	-6,0	III ₂	-6,4	11	33	XI ₁	-4,8	IV ₃	-4,0	18
12	XI ₃	-6,6	III ₂	-6,4	12	34	XI ₃	-6,4	III ₃	-6,6	13
13	XI ₂	-5,0*	II ₂	-6,0	4	35	XI ₂	-7,6	IV ₁	-7,0	15
14	XI ₁	-5,0*	II ₃	-6,2	6	36	X ₃	-5,5	IV ₂	-5,2	18
15	XII ₂	-5,0*	III ₁	-5,8	9	37	X ₂	-6,0	IV ₂	-6,0	18
16	X ₁	-4,0	V ₂	-2,0	20	38	X ₃	-6,2	IV ₂	-6,0	18
17	IX ₂	-2,4	VI ₂	-3,0	28	39	XI ₁	-5,0	IV ₂	-5,2	17
18	X ₂	-4,6	VI ₁	-4,4	24	40	XII ₂	-6,4	III ₂	-6,8	10
19	IX ₃	-4,2	V ₃	-5,8	25	41	XI ₃	-6,0	III ₃	-6,4	13
20	X ₁	-4,4	V ₃	-4,4	24	42	XI ₁	-6,0	IV ₂	-5,6	17
21	X ₂	-6,6	V ₁	-6,8	21	43	XI ₁	-4,4	IV ₁	-3,0	16
22	X ₁	-6,6	V ₂	-7,0	23	44	XII ₃	-6,0	III ₃	-5,0	10

Примечание. В графе «месяц и декада» римскими цифрами обозначены месяцы, арабскими (индексы) — декады.

* Данные ориентировочные.

Следует отметить, что основное влияние на значение температуры начала и конца периода с твердыми осадками оказывает широта места. В период понижения температуры воздуха величина t°_T изменяется от $-2,4^{\circ}$ на Таймырском полуострове до $-7,6^{\circ}$ на юго-востоке Западно-Сибирской низменности. На западе ЕТС t°_T составляет $-6,0^{\circ}$, а на юго-восточном побережье СССР t°_T повышается до $-5,0^{\circ}$. По мере увеличения степени континентальности климата t°_T понижается до $-7,6^{\circ}$. К северу от 70° с. ш. и на Колыме t°_T близка к $-4,0^{\circ}$.

Таким образом, можно сказать, что период с твердыми осадками в континентальных районах Советского Союза устойчив, и t°_T , определяющая его начало, на 2° ниже, чем в прибрежных районах.

На примере горных систем Кавказа и Алтая авторам удалось проследить четко выраженную зависимость t°_T от высоты места. Так, например, на станциях, расположенных на высотах от 500 до 1000 м, t°_T начала периода с твердыми осадками равна $-6,2^{\circ}$. На станциях, где высота места равна 1500—2000 м, t°_T повышается до $-4,8^{\circ}$ и почти равна t°_T в районах севернее 65° широты.

Весной, в период повышения температуры, значение t°_T , соответствующее окончанию периода с твердыми осадками, на большей части территории Советского Союза в среднем выше t°_T в его начале (это террито-

рии Прибалтики, Украины, юга Казахстана, Приморья и крайнего северо-востока СССР). Колебание температуры весной составляет от $-7,2$ до $-3,0^\circ$.

Для определения календарных дат начала и конца периода с твердыми осадками по датам наступления средних суточных температур через -5 , -10° и соответствующим климатическим картам были установлены даты перехода через принятые температурные границы (t° начала и конца периода). Границы периода с твердыми осадками определены с точностью до декады. На карте (рис. 1) представлено районирование территории СССР по величине отношения длительности условного холодного периода (XI—III) Пу к длительности фактического периода с твердыми осадками Пф. Если допустить равенство периодов Пу и Пф с точностью до $\pm 0,15$, то районы, где оно сохранится, совпадают с указанными выше (средняя полоса ЕТС и южная часть Азиатской территории СССР). Однако здесь совпадение только по длительности периода. При этом имеет место сдвиг во времени Пф по отношению к Пу на 1—2 декады. Например, на Кольском полуострове, где $\frac{\text{Пф}}{\text{Пу}} = 1,06$, период с твердыми осадками в среднем длится со второй декады ноября по вторую декаду апреля и равен 16 декадам, а Пу равен 15 декадам. Таким образом, разница в длительности периодов во времени составляет 1 декаду. В Прибалтике, Белоруссии и на Украине Пу более чем в два раза превышает Пф, т. е. длительность периода с твердыми осадками в среднем многолетнем не превышает 1,5—2 месяцев. В центральной части ЕТС и Среднем Поволжье Пу на 1—1,5 месяца больше Пф. В низовье Волги, на территории, примыкающей к Аральскому морю, Пф длится 3—3,5 месяца. На остальной территории Советского Союза $\frac{\text{Пф}}{\text{Пу}} > 1,2$ что соответствует длительности периода с твердыми осадками от 6 до 9,5 месяца. Длительность периода с твердыми осадками примерно совпадает с периодом устойчивых морозов на территории СССР, полученным В. В. Орловой [6].

Для уточнения среднего многолетнего количества осадков, полученного по дождемерным наблюдениям в Пф, и сравнения их с текущими наблюдениями по осадкомеру были вычислены средние значения поправок по 9 физико-географическим районам (табл. 2). Для остальной территории ввиду отсутствия надежных данных сравнительных наблюдений по дождемеру и осадкомеру эти поправки вычислить не удалось. Величина поправок зависит от скорости ветра, физико-географических особенностей района и степени защищенности установки прибора. Значения поправок, приведенные в табл. 2, рассчитаны для наибольшей повторяемости скорости ветра в данном районе. Принципы выделения типов защищенности установки прибора приведены в работах [2], [7].

К типу I относится установка осадкомера, защищенная со всех сторон от ветра. В этом типе выделяются два подтипа: Ia — сплошная непродуваемая защита установки и Ib — не сплошная, продуваемая защита.

Тип II — полузащищенный от ветра тип установки, когда установка осадкомера защищена строениями или древесными насаждениями с одной, двух или трех сторон горизонта. Ограниченное количество материалов сравнительных наблюдений не позволило дать более детальную классификацию по этому типу установки прибора. Однако, используя графики корреляционной зависимости количества осадков за холодный период по двум станциям, можно уточнить поправочные коэффициенты. Для этого следует по одной оси координат откладывать данные стан-

ций типа I или III, поправки для которых вычислены сравнительно надежно, а по другой оси откладывать данные станции типа II.

Таблица 2

Средние значения поправок (%) к количеству осадков, измеренных дождемером, в зависимости от типа защищенности установки прибора

Физико-географические районы	Тип станции				
	Ia	Iб	II	IIIa	IIIб
Север ЕТС	10	—	20	60	50
Северо-запад ЕТС, Прибалтика, Белорусская ССР	5	10	15	50	35
Центральная часть ЕТС	7	15	20	—	30
Центрально-Черноземные области	5	10	15	—	25
Южная часть ЕТС	0	10	12	—	15
Среднее Поволжье и Северный Казахстан	5	20	25	—	45
Восточная Сибирь	0	7	15	—	20
Прибайкалье и Забайкалье	0	5	12	—	25
Северо-восток Сибири	—	35	30	75	50

На графиках будет четко видна неоднородность ряда наблюдений после смены прибора. Поэтому следует проводить две линии зависимости. Различие в углах наклона этих линий и указывает на величину поправки на станции типа II.

Тип III — открытая установка прибора. Имеются в окружении лишь отдельные деревья или строения в какой-либо части горизонта. В этом типе тоже выделено два подтипа: IIIa — метеорологические станции на открытых морских побережьях и IIIб — метеорологические станции в материковых условиях.

Значения поправок к средним многолетним величинам, вычисленным из дождемерных наблюдений, вводятся только за Пф.

На примере открытых материковых станций (тип IIIб) можно проследить влияние скорости ветра, различие в физико-географических условиях и структуры осадков на величину поправки. Значения поправки колеблются на открытых материковых станциях от 15% количества осадков на юге ЕТС до 50% на севере ЕТС и северо-востоке Сибири.

Средняя скорость ветра для этих районов в зимний сезон соответственно увеличивается от 4 до 9 м/сек. (табл. 3). При одинаковой скорости ветра в районах, где в Пф температура ниже, величина поправки возрастает. При этом температуру можно рассматривать как косвенный признак, определяющий структуру твердых осадков. Нами были выбраны три физико-географических района, где средние скорости ветра за период Пф равны 4 м/сек. (табл. 3). Это — территория центральной части ЕТС, Центрально-Черноземной области и южной части ЕТС. Понижение зимних температур в январе от -3 , -8° на юге до -10 , -14° в центральной части ЕТС, по-видимому, обуславливает увеличение поправки от 15 до 30%. При температуре воздуха ниже -10° снег становится более сыпучим, что и способствует его большему переметанию при тех же скоростях ветра, чем при температуре выше -10° [8].

Из данных табл. 3 также следует закономерный рост величины поправки с повышением скорости ветра. При этом видно, что понижение

Таблица 3.

Значения средних многолетних скоростей ветра (\bar{v}) за холодный период и средние многолетние температуры января для каждого района (\bar{t}°)

Физико-географические районы	\bar{v} м/сек.	\bar{t}°	
		от	до
Север ЕТС	5—8	—12	—18
Северо-запад ЕТС, Прибалтика и Белорусская ССР	4—6	—3	—9
Центральная часть ЕТС	4	—10	—14
Центрально-Черноземная область	4	—7	—9
Южная часть ЕТС	4—5	—3	—8
Среднее Поволжье и Северный Казахстан	4—5	—12	—18
Восточная Сибирь	3	—30	—40
Прибайкалье и Забайкалье	3	—20	—30
Северо-восток Сибири	5—9	—14	—38

температуры является менее существенным фактором, чем изменение скорости ветра.

Период со смешанными осадками

Изменение конструкции прибора внесло также уточнение в измерение смешанных осадков порядка 10% [4], [7]. Эта постоянная поправка не зависит от скорости ветра и степени защищенности прибора. Отсюда следует, что средние многолетние значения количества осадков, вычисленные на основании дождемерных наблюдений в период со смешанными осадками (Пс), необходимо увеличить на 10%.

В среднем многолетнем число декад только со смешанными осадками складывается из промежутка времени от осенней даты перехода температуры воздуха через 0° до начала периода с твердыми осадками и промежутка времени от конца периода с твердыми осадками до весенней даты перехода температуры через 0°.

В табл. 4 приведены границы периода со смешанными и твердыми осадками. При этом конец периода с жидкими осадками соответствует началу периода со смешанными и твердыми осадками (Пт+Пс), а начало периода с жидкими осадками — концу Пт+Пс.

Длительность Пс в сумме весной и осенью измеряется от одной декады на севере и северо-востоке Советского Союза до 6—7 декад на западе и юге ЕТС и до 5 декад в центральных областях ЕТС и в Приморье. Длительность Пс зависит от повторяемости средних суточных температур в пределах от — 5 до +5°. Так, в приморских районах число дней со средней суточной температурой в этих пределах равно 20—25, а в континентальных районах (Якутия) оно не превышает 10—12. При этом разности температур между смежными месяцами соответственно увеличиваются от 7—8 до 13—15°.

Длительность периода со смешанными осадками весной и осенью на большей части территории СССР почти одинаковая, разница не превышает одной декады. Лишь на территории Карельской АССР, Архангельской области и в Приморье осенью период со смешанными осадками на

Таблица 4

Начало и конец периода со смешанными и твердыми осадками

№ района	Начало периода	Конец периода	Число декад	№ района	Начало периода	Конец периода	Число декад
1	X ₂	IV ₂	21	23	IX ₂	V ₃	26
2	X ₂	IV ₂	22	24	X ₁	V ₃	25
3	X ₂	V ₁	22	25	IX ₃	VI ₁	26
4	XI ₁	III ₃	17	26	X ₃	V ₂	22
5	X ₂	III ₃	19	27	X ₁	V ₂	23
6	XI ₃	II ₃	13	28	X ₁	V ₂	24
7	XI ₁	III ₂	17	29	IX ₃	V ₃	25
8	X ₃	III ₂	17	30	X ₂	IV ₂	20
9	X ₃	III ₂	18	31	X ₂	IV ₃	20
10	XI ₃	II ₃	13	32	IX ₁	V ₁	22
11	XI ₂	III ₂	15	33*	X ₃	V ₁	21
12	XI ₂	III ₂	16	34	X ₃	IV ₂	18
13	XII ₁	II ₂	11	35	X ₃	IV ₂	18
14	XII ₁	II ₃	12	36	X ₁	IV ₃	21
15	XI ₂	III ₃	15	37	X ₂	IV ₃	19
16	X ₁	VI ₃	21	38	X ₂	IV ₃	20
17	IX ₂	VI ₃	29	39	X ₃	V ₁	20
18	IX ₃	VI ₂	27	40	XI ₂	III ₃	14
19	IX ₃	VI ₂	27	41	XI ₁	IV ₁	16
20	IX ₃	VI ₁	26	42	X ₃	IV ₃	19
21	X ₁	VI ₁	25	43	XI ₁	IV ₂	17
22	IX ₃	V ₃	25	44	XI ₂	IV ₁	15

Примечание. В графе «конец периода» римскими цифрами обозначены месяцы, арабскими (индексы) — декады.

* В центральных районах начало периода Пт+Пс — IX₃ и конец — V₃.

две декады длиннее, чем весной. На территории Западно-Сибирской низменности и Восточно-Сибирского плоскогорья весенний период со смешанными осадками на две декады длительнее осеннего.

Выводы

1. Многолетняя средняя месячная температура начала периода с твердыми осадками (осенью) колеблется от —6,0 до —7,5° на большей части территории Советского Союза, за исключением северных и северо-восточных районов.

2. Многолетние средние месячные температуры конца периода с твердыми осадками (весной) несколько выше осенних температур и колеблются от —5,0 до —7,2°.

3. Начало периода с твердыми осадками изменяется от третьей декады сентября на севере до второй декады января на юго-западе Советского Союза. Конец этого периода соответственно изменяется от второй декады июня до второй декады февраля.

4. Продолжительность периода с твердыми осадками различна на территории СССР и является наибольшей (28 декад) на севере Таймырского полуострова и наименьшей (4—6 декад) на юге ЕТС.

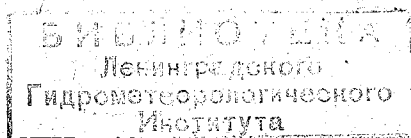
5. Поправки к средним значениям количества твердых осадков, полученным по дождемеру, для восстановления однородности рядов наблюдений после смены прибора при одинаковых скоростях ветра и типе защищенности установки прибора зависят от физико-географических условий района.

6. Поправка к количеству смешанных осадков для восстановления однородности рядов наблюдений постоянна и равна 10%.

7. Длительность периода со смешанными осадками изменяется от одной декады на севере и северо-востоке СССР до 6—7 декад на западе и юге ЕТС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ауеску Л. О выпадении снега при высокой температуре воздуха. Мет. вестник, № 5—6, 1934.
2. Батталов Ф. З. К вопросу пересчета количества твердых осадков, измеренных дождемерами, на показания осадкомеров. Тр. ГГО, вып. 113, 1960.
3. Воейков А. И. К вопросу о температуре, при которой падают снег и крупа. Мет. вестник, т. XVIII, 1908.
4. Волох В. Г. Сравнение результатов показаний дождемера и осадкомера Третьякова по материалам сети станций. Тр. ГГО, вып. 34(96), 1952.
5. Лебедев А. Н. Некоторые закономерности в продолжительности осенних осадков на территории СССР. Тр. ГГО, вып. 132, 1962.
6. Орлова В. В. Устойчивые морозы в СССР. Тр. ГГО, вып. 85, 1958.
7. Швер Ц. А. К вопросу пересчета количества осадков, измеренных дождемером, на осадкомер. Тр. ГГО, вып. 113, 1960.
8. Швер Ц. А. Повторяемость количества осадков различного вида. Тр. ГГО, вып. 133, 1962.
9. Sehak-Trock H. Der feste Niederschlag im atlantischer Klimagebiet. Arch. Meteorol. Geophys. und Bioklimatol., Bd. 8, Nr 3—4, 1958.
10. Kassar B. Lufttemperatur bei Schnee und Graupelfall in Berlin. Meteor. Zeitschr., VIII, 1908.
11. Nordman A. Er. Snöförhållanden och temperatur om hösten vid vinterns intera del och om våren då snötäcket försvinner. Plus-och minus områ den Nordman Adolf Fr. Memoranda Soc. fauna et flora fennica, N 34, 1957—58.



Редактор В. С. Протопопов

Техн. редактор А. Г. Алексеев

Корректоры: В. С. Игнатова, А. В. Хюркес

Сдано в набор 13/IV 1963 г.

Подписано к печати 12/VIII 1963 г.

Бумага 70×108¹/₁₆. Бум. л. 2,5+1 вкл. Печ. л. 7,18.

Уч.-изд. л. 6,66. Тираж 800 экз. М-24830. Индекс МЛ-70.

Гидрометеорологическое издательство

Ленинград, В-53, 2-я линия, д. № 23

Заказ № 258

Цена 47 коп.

Типография № 8 УЦБ и ПП ЛСНХ Ленинград

Прачечный пер., д. № 6.