

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И КОНТРОЛЮ
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

ТРУДЫ
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГЛАВНОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ
им. А. И. ВОЕЙКОВА

Выпуск

425

ОБЩАЯ И ПРИКЛАДНАЯ
КЛИМАТОЛОГИЯ

Под редакцией
д-ра геогр. наук Н. В. КОБЫШЕВОЙ,
канд. геогр. наук И. Д. КОПАНЕВА

Ленинградский
Гидрометеорологический институт
БИБЛИОТЕКА
198196. Малоохтенский пр., 30



ЛЕНИНГРАД ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ 1979

304971

Рассматриваются вопросы использования климатологической информации для строительного проектирования, регламентируемой СНиПом, и даются рекомендации по формам обеспечения потребителей климатологическими данными. Анализируются ряды основных метеорологических величин за последние 15 лет и дается оценка характера их изменения за этот период. Предлагаются некоторые новые методы климатологической обработки.

The problems are considered on the use of climatological information in construction designing regulated by construction standards and regulations and recommendations are given for forms of providing consumers with climatological data. There are analyzed series of basic meteorological values for recent fifteen years and estimation of the nature of their change is presented for the same period. Some new techniques are suggested for climatological processing.

Н. В. Кобышева, И. Д. Копанев, Ц. А. Швер

О МЕТОДАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Существующие нормативные документы по учету климатологической информации при строительном проектировании промышленных, жилых и других зданий и сооружений не удовлетворяют проектные и строительные организации, что приводит к большому количеству запросов, поступающих в учреждения Госкомгидромета.

Главная причина запросов состоит в том, что строительство ведется чаще всего в районах с редкой сетью метеорологических станций. В местах строительства метеостанции отсутствуют, и поэтому в нормативных изданиях, в том числе в СНиПе, климатической информации для района строительства не оказывается. Если на большей части ЕТС одна станция приходится на площадь около 3 тыс. км², то в северных и центральных районах Западной и Восточной Сибири одна станция приходится на 13—17 тыс. км². Например, вдоль трассы Байкало-Амурской магистрали протяженностью свыше 3000 км насчитывается всего около 40 метеостанций. Из них лишь для 12 станций климатические характеристики основных метеорологических элементов приведены в СНиПе. Во многих местах строительства новых поселков мы до сих пор были лишены климатологической информации.

Естественный путь получения информации в малообжитых районах страны, состоящий в увеличении числа станций и проведении экспедиционных наблюдений, не позволяет в ближайшее время решить данную проблему. Должно пройти достаточно много лет, прежде чем по данным наблюдений на вновь открытых станциях можно будет получить климатические характеристики. Проведение же экспедиций в необжитых районах является дорогостоящим мероприятием и, будучи эпизодическим, позволяет выявить лишь некоторые особенности микроклимата.

Существует еще одно затруднение в получении необходимых данных о климате для строительного проектирования. Оно состоит в том, что в климатических справочниках и в СНиПе

отсутствуют некоторые специальные климатические характеристики, даже в том случае, если метеорологические наблюдения для района строительства имеются и общие климатические характеристики по ним вычислены.

Таким образом, возникает необходимость в расширении климатологической информации с целью использования ее для строительного проектирования.

Расширения климатологической информации можно достичь за счет: 1) обобщения уже имеющейся информации; 2) учета известных микро- и мезоклиматических закономерностей; 3) использования косвенных, расчетных методов получения климатологических характеристик.

По этим причинам целесообразно создать некоторое нормативное пособие, которое содержало бы инструкции о том, как получить климатологическую информацию непосредственно в районе строительства, если таковая отсутствует в справочных климатических изданиях общего типа. Данное пособие может быть названо «Указания по определению климатических характеристик для строительного проектирования промышленных, жилых и других зданий и сооружений». Это пособие не должно дублировать климатические справочники.

Авторами разработана следующая схема построения данного нормативного пособия.

Все климатические характеристики разделены на общие, используемые для различных прикладных целей и научных исследований, и специализированные, которые разработаны специально для строительного проектирования в результате исследования воздействия метеорологических условий на конкретные объекты проектирования. Примером общих характеристик являются средние месячные значения элемента, примером специальных — средняя температура наиболее холодной пятидневки, средняя температура за шесть дней до ледохода и т. п.

Указания состоят из трех частей. В первой части рассматриваются методы расчета климатических характеристик для случая, когда в районе строительства или в непосредственной близости от него имеется метеорологическая станция с достаточно длинным рядом наблюдений.

Вторая часть содержит методы получения климатических характеристик для случая, когда в районе строительства наблюдения ведутся недавно и ряды наблюдений короткие.

В третьей части даются указания по определению климатических характеристик при условии отсутствия в районе строительства метеорологических наблюдений.

Если в районе строительства имеется метеорологическая станция, то все общие климатические характеристики заимствуются из «Справочника по климату СССР». Когда станция располагается в непосредственной близости от строительства, но в несколько иных условиях местности (с точки зрения защищенности, близости водоема и т. д.), то некоторые характеристики Справочника по

данной станции корректируются, например, вводится поправка на защищенность флюгера, уточняется высота снежного покрова и т. д. Что же касается специализированных характеристик, то большая часть из них рассчитывается по данным первичных наблюдений на станции и помещается в таблицы, сборник которых служит приложением к Указаниям. Некоторые специализированные характеристики рассчитываются косвенным способом. Например, расчетный способ необходим для получения такой характеристики, как «шторм однопроцентной обеспеченности в период ледохода», используемой для расчета ледовых нагрузок на гидротехнические сооружения и ряда других экстремальных величин, а также для расчета некоторых комплексных характеристик. Необходимость косвенных расчетов связана с тем, что расчетные данные в этом случае более надежны.

Если в районе строительства наблюдения проводятся недавно (иногда они организованы специально для оценки особенностей влияния окружающей среды на строящийся объект), то в этом случае методы определения общих климатических характеристик сводятся к методам приведения рядов к длинному периоду, а специализированные характеристики рассчитываются косвенным способом.

Очень важным вопросом при определении характеристик в рассматриваемом случае является оценка достаточной для приведения длины ряда наблюдений в районе строительства. Допустимая длина ряда может быть разной не только для разных метеорологических элементов, но и для разных климатических характеристик одного и того же элемента. Так, для приближенной оценки средней температуры воздуха в районе строительства ряд можно использовать даже и тогда, когда наблюдения за температурой ведутся всего 2—3 года. Для количества осадков при составлении «Справочника по климату СССР» был принят в качестве минимально допустимого восьмилетний ряд наблюдений.

Выполненные нами проработки показали, что для надежного приведения максимальных скоростей ветра к длинному ряду традиционными методами недостаточно даже десятилетнего ряда наблюдений. Во второй части Указаний по каждой климатической характеристике, используемой в строительном проектировании, должна быть определена необходимая длина ряда наблюдений, допускающая приведение по соседней станции или методом оптимальной интерполяции.

В случае ультракоротких рядов (1—10 лет) в зависимости от вида метеоэлемента и статистической характеристики этого элемента должны использоваться специальные приемы при проведении рядов или от приведения следует отказаться и рассматривать этот случай как отсутствие данных наблюдений.

Методы получения климатологической информации при отсутствии наблюдений в районе строительства, являющиеся содержанием третьей части, складываются из методов пространственной интерполяции и экстраполяции (обычно линейной) климатических

характеристик с одной стороны и методов учета особенностей подстилающей поверхности в районе строительства, исходя из закономерностей мезо- и микроклиматической пространственной изменчивости, с другой.

Основой для интерполяции являются климатические карты. Главные климатические характеристики общего типа картированы и содержатся в климатических атласах. В последние годы уточнены и переизданы карты среднего месячного количества осадков [8], распределения характеристик снежного покрова на территории СССР [2—5].

В строительном проектировании должны найти широкое применение карты изменчивости и квантилей распределения метеорологических элементов малой обеспеченности. Ряд таких карт составлен авторами данной работы с тем, чтобы проектировщики, использующие Указания, могли обращаться к этим картам для получения нужной информации. К ним относятся карты: 1) среднего суточного максимума осадков и суточного максимума осадков однопроцентной обеспеченности; 2) месячные карты коэффициента вариации количества осадков; 3) наибольших декадных высот снежного покрова различной обеспеченности; 4) дат образования и разрушения устойчивого снежного покрова различной обеспеченности; 5) среднего квадратического отклонения и асимметрии высоты снежного покрова.

Полезными для целей строительного проектирования являются также карты средней месячной интенсивности осадков в день с осадками, карты доли твердых и жидких осадков. Все перечисленные карты целесообразно поместить в «Климатический атлас СССР». В приложение к Указаниям могут быть включены копии этих карт.

Если климатические карты отсутствуют, но данная характеристика есть в таблицах справочника, то климатические характеристики в районе строительства могут быть определены методом интерполяции по данным соседних станций, находящихся в аналогичных условиях местности.

Аналогичными условия местности опорной станции и района строительства можно считать в том случае, если:

а) разность высот опорной станции и пункта строительства не более ± 100 м;

б) станция и пункт строительства имеют открытое местоположение в радиусе не менее 1 км;

в) отсутствуют крупные возвышенности в радиусе 5 км;

г) станция и пункт строительства имеют однородные формы (выпуклая, вогнутая) и ориентировку рельефа (в первую очередь с точки зрения господствующих ветров);

д) расстояние до моря не менее 10 км, до озера, водохранилища; пролива не менее 5 км, до реки не менее 2 км.

Вероятная ошибка линейной интерполяции на расстоянии около 100 км составляет для основных элементов около 10—15%.

После интерполяции климатических данных на район строи-

тельства в климатические характеристики необходимо ввести поправки на местоположение района строительства. Системы поправок для некоторых климатических характеристик разработаны и содержатся в [6]. В частности, составлены таблицы поправок для среднего минимума температуры воздуха отдельно в летний и зимний периоды, среднего из абсолютных годовых минимумов, суточной амплитуды температуры воздуха, коэффициентов для средней скорости ветра. Методы учета местоположения станции по отношению ко многим очень важным характеристикам, например к характеристикам изменчивости элементов, максимальным значениям при заданном уровне вероятности не разработаны. Выяснение этого вопроса, который является чрезвычайно важным для правильного использования климатологической информации, должно предшествовать составлению Указаний.

Одним из возможных путей решения этой задачи, позволяющим не проводить специальных экспедиционных наблюдений для получения системы поправок на местоположение, является применение косвенных методов расчета. Суть этого метода состоит в следующем.

Пусть требуется определить в районе строительства значения квантили некоторого метеорологического элемента. Поправок для квантилей мы не имеем. Однако известна система поправок для среднего значения этого элемента. Тогда получаем методом интерполяции среднее значение элемента в районе строительства. Вводим к нему поправку на местоположение. После этого по исправленному среднему значению рассчитываем квантиль косвенным методом.

Косвенные методы перехода от одних, наиболее простых климатических характеристик к сложным опираются на аппроксимацию распределений метеоэлементов некоторыми известными теоретическими функциями. В настоящее время достаточно хорошо известны функции, являющиеся оптимальными для аппроксимации распределений основных метеорологических элементов. Это прежде всего функция нормальная, логнормальная, Пуассона, Шарлье, Гудрича [1].

Вернемся теперь к нашему случаю, когда мы определили среднее значение элемента в районе строительства. Если распределение данного элемента описывается однопараметрической функцией, то, зная выражение данной функции и среднее значение элемента, легко рассчитать квантиль любой вероятности. Если распределение двух или трехпараметрическое, то тогда необходимо интерполировать и вводить поправки на местоположение станции не только к среднему значению, но и к среднему квадратическому отклонению и коэффициенту асимметрии. Таким образом, в первую очередь нуждаются в уточнении (в разработке системы поправок) такие основные характеристики распределений, как среднее квадратическое отклонение и коэффициент асимметрии. Вероятностные характеристики целесообразно рассчитывать указанным косвенным методом.

Специализированные климатические характеристики в случае отсутствия наблюдений определяются по картам районирования данной характеристики и таблицам типовых характеристик для каждого района. И карты, и таблицы специальных характеристик входят в приложение к Указаниям. Карты районов, для которых приведены типовые специализированные характеристики, принятые в строительном проектировании в настоящее время (температура наиболее холодного периода, пятидневки, суток, температура наиболее жарких суток и др.), построены без использования объективных критериев, весьма схематично.

При составлении Указаний должны быть использованы методы объективного районирования. С этой целью устанавливается мера расхождения (метрика) между значениями величин (признаков), по которым проводится районирование. Затем по выбранному решающему правилу, в данном случае по способу «кратчайшей связывающей сети», определяются наибольшие значения меры расхождения признаков, по которым и проводятся границы районов [7]. Для районирования по одному признаку можно использовать наиболее простую линейную метрику. Районирование по комплексу метеорологических элементов заставляет прибегать к более сложной метрике, например к метрике Колмогорова. Мерой расхождения в этом случае является значение критерия Колмогорова.

Типовые значения определяются либо осреднением всех значений признака внутри выделенного района, либо рассчитываются с помощью теоретических функций распределения.

Составленные по изложенным принципам Указания должны явиться дополнением к СНиПу, обеспечивать проектные организации всей необходимой климатологической информацией, участвующей в проектных расчетах, и исключить какое бы то ни было обращение проектировщиков к первичным данным наблюдений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кобышева Н. В. Косвенные методы расчета климатических характеристик.— Л.: Гидрометеоздат, 1971.— 190 с.
2. Копанев И. Д. Вероятностная оценка распределения высоты снежного покрова.— Труды ГГО, 1976, вып. 376, с. 3—15.
3. Копанев И. Д., Липовская В. И. Характеристика распределения снежного покрова на территории СССР.— Труды ГГО, 1976, вып. 361, с. 72—86.
4. Копанев И. Д. Изменчивость продолжительности залегания снежного покрова на территории СССР.— Труды ГГО, 1976, вып. 349, с. 14—26.
5. Липовская В. И. Изменчивость характеристик снежного покрова на территории СССР.— Труды ГГО, 1975, вып. 335, с. 134—148.
6. Микроклимат СССР/Под ред. И. А. Гольцберг.— Л.: Гидрометеоздат, 1967.— 286 с.
7. Мирвис В. М. К вопросу об объективизации проведения границ в задачах прикладной классификации климатов.— Труды ГГО, 1975, вып. 330, с. 156—170.
8. Швер Ц. А. Атмосферные осадки на территории СССР.— Л.: Гидрометеоздат, 1976.— 302 с.

Н. В. Кобышева, Л. П. Кухтина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛИМАТОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Климатологическая информация, используемая в строительном проектировании зданий и сооружений, в настоящее время регламентируется Строительными нормами и правилами (СНиП). Это многотомное издание, подразделяющееся на части и главы. Всего в СНиП входит 177 отдельно изданных глав, объединенных в четыре части. Первая, третья и четвертая части содержат общие положения, правила производства и приемки работ, а также сметные нормы и правила.

Указания по использованию климатологической информации заключены в главах второй части, которая носит название «Нормы проектирования».

Все главы СНиПа время от времени переиздаются. При этом отдельные главы объединяются, видоизменяются, получают новые названия. Создаются также новые главы.

В настоящей редакции все указания по учету климатических данных сосредоточены в 38 из 108 глав второй части СНиПа.

В основном в указанных главах определяются климатические характеристики, которые следует использовать, и показано, как их использовать в расчетах при проектировании и в какие формулы включать. Сами же климатические материалы, т. е. значения климатических характеристик для разных районов, разных месяцев и сезонов содержатся только в трех главах СНиПа: в главе П-А.6-72 «Строительная климатология и геофизика», которая является полностью справочной и состоит из таблиц и карт климатических характеристик и пояснений к ним, и в главах П-6-74 «Нагрузки и воздействия» и П-33-75 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха», в которых наряду с указаниями по использованию климатической информации есть и сама информация в виде таблиц и карт.

Климатические данные, которые, согласно действующим СНиПам, должны приниматься в расчет при строительном проектировании, либо содержатся в «Справочнике по климату СССР»

и в трех указанных выше главах СНиПа, либо вычисляются по первичным данным наблюдений по мере возникновения надобности в них.

Общие климатические характеристики, используемые не только в строительном проектировании, например средняя месячная и годовая температура воздуха, средняя годовая скорость ветра и другие, или подобные содержатся в полном объеме (т. е. по всей сети метеостанций, за все месяцы) в «Справочнике по климату СССР». В СНиПе они составляют основное содержание главы II-A.6-72, где приводятся лишь по выборочной сети станций и не за все месяцы. Естественно, польза от такого издания является весьма сомнительной.

Специальные климатические характеристики, разработанные непосредственно для строительного проектирования (такие, как температура наиболее холодной пятидневки и однодневки, вентиляционная температура и т. п.) по ограниченному числу станций помещены в справочнике по климату. Эти данные получены в результате обработки первичного материала наблюдений по длинным станциям.

Вместе с тем в СНиПе приводятся карты-схемы, на которых указаны районы с определенными значениями параметров для косвенного расчета этих характеристик. Карты позволяют казалось бы получить значение специальной характеристики для любой точки на территории СССР. Однако в основу составления этих карт-схем заложены данные по ограниченному числу станций из Справочника. Районы выделялись субъективно, вследствие чего на карты-схемы не во всех случаях можно ориентироваться. Более того, формулы для расчета специальных характеристик по коэффициентам, снятым с карт, являются линейными уравнениями регрессии, связывающими искомую характеристику с известной (типа месячной температуры и др.) и, естественно, дают существенные погрешности. Поэтому при организации в районе строительства кратковременных наблюдений их результаты не согласуются с данными СНиПа.

Большая группа специальных характеристик, например средняя суточная температура за шесть дней до ледохода, скорость ветра 1%-ной обеспеченности в период ледохода и др., вообще не рассчитывались, и ни в Справочнике, ни в СНиПе их нет. Расчет этих характеристик по ежедневным данным наблюдений (таблица ТМ-1) специалистами проектных организаций, не владеющими методикой климатологической обработки и не знакомыми с особенностями метеорологических рядов, часто приводит к получению ошибочных результатов.

Отсутствие некоторых необходимых характеристик для проектирования как в СНиПе, так и в Справочнике, ограниченность информации, заключенной в СНиПе и ее несоответствие климатическим условиям в местах непосредственного строительства порождают непрерывный поток запросов проектных организаций в учреждения Госкомгидромета и прежде всего в ГГО.

Таким образом, та климатологическая информация, которая имеется в СНиПе, не удовлетворяет потребностей проектных организаций в климатических данных.

Анкетирование потребителей информации, проведенное ГГО совместно с ВНИИГМИ—МЦД, а также изучение справок о климате, выдававшихся в последние годы ГГО и ВНИИГМИ, показали, что в последнее время возникла потребность в новых видах информации, прежде всего в комплексных характеристиках, характеристиках временной структуры метеорологических рядов, например непрерывной продолжительности опасных значений метеорологических элементов, в информации по нижней части пограничного слоя, в слое башен и мачт, а также в «купольном слое» городов.

В работе [2] указаны некоторые возможные пути решения данной проблемы.

Несомненной является прежде всего необходимость отделения справочной климатологической части от системы СНиПа. Поместить в СНиП не только исчерпывающую, но и достаточно полную климатологическую информацию при современных требованиях к ней и уровне развития как климатологии, так и строительной техники практически невозможно. Такая информация должна содержаться в публикуемых справочных изданиях Госкомгидромета и системе гидрометеорологических банков данных.

Что касается регламентирующих глав СНиПа второй части, то здесь также предстоит большая работа по уточнению требований к климатологической информации. Дело в том, что ряд климатических характеристик, которые, согласно СНиПу, учитываются при проектировании, должны быть пересмотрены (заменены или уточнены).

Систематизируем климатические характеристики (табл. 1), которые принимаются в расчет при строительном проектировании согласно указаниям, размещенным в 38 «климатологических» главах СНиПа.

Как видно из таблицы, число различных климатических показателей, используемых в строительном проектировании, сравнительно невелико. При этом не менее половины этих показателей относится к общему типу. Эти показатели должны содержаться в «Справочнике по климату СССР». Одни и те же показатели, причем не только общие, но и специальные, фигурируют в нескольких главах СНиПа, посвященных разным областям проектирования. Например, в СНиПе даны рекомендации использовать температуры наиболее холодной пятидневки в строительной теплотехнике (IIА.7-71) для расчета сопротивления «массивных» и «средней массивности» ограждающих конструкций и при расчете систем отопления (II-33-75) для поддержания определенных условий в помещениях разного вида. Во многих главах предлагается использовать расчетную температуру наиболее теплого и наиболее холодного периодов года. Такое разнообразие в использовании одной и той же специальной характеристики не является

**Климатические характеристики, учитываемые в строительном проектировании,
согласно СНиПу**

Климатическая характеристика	Главы СНиПа
Температура воздуха	
1. Годовая и средняя месячная температура:	II А.7-71; II А.6-72; II-18-76
а) самого жаркого месяца	II-21-75; II Д.5-71 (II-42); II-100-75
б) самого холодного месяца	II-18-76; II Д.3-68 (II-40); II-100-75
в) июля	II А.7-71; II-6-74
г) января	II Л.1-71 (II-62); II-6-74
д) сумма абсолютных значений средних месячных отрицательных температур за зиму	II Б.1-62 (II-15); II-18-76
2. Абсолютный максимум и минимум температуры по месяцам	II А.7-71; II-33-75; II-37-73
3. Средний из абсолютных минимум. Январь	II-6-74
4. Средний максимум. Июль	II-33-75
5. Средняя температура за период с положительными и за период с отрицательными температурами	II-18-76
6. Средняя температура самой холодной пятидневки	II А.7-71; II-21-75; II В.3-72 (II-23); II-31-74; II-33-75; II-36-73; II-37-76; II М.2-72 (II-91)
7. Средняя температура самых холодных суток	II А.7-71; II А.10-71 (II-5); II-100-75
8. Средняя температура самых жарких суток	II А.6-72
9. Отклонение температуры наиболее холодных и теплых суток от средней многолетней температуры января и июля.	II А.7-71; II-6-74; II-21-75; II В.3-72 (II-23); II-24-74; II-2.4-71 (II-25); II-33-75; II-36-73; II-37-76
Расчетная температура наиболее теплого и холодного периодов	II Д.3-68 (II-40)
10. Средняя температура отопительного периода	II-31-73; II-36-73
11. Средняя продолжительность отопительного периода	II-31-73; II-36-73
12. Продолжительность периода с отрицательными и положительными температурами	II-18-76; II-31-74
13. Повторяемость температур в часах:	II А.6-72
а) температура, более высокие значения которой наблюдаются 400 ч и менее в среднем за год	II-33-75
б) температура, более высокие значения которой наблюдаются 200 ч и менее в году	II-33-75

Климатическая характеристика	Главы СНиПа
14. Средняя суточная и максимальная амплитуда температуры воздуха	II-33-75; II-100-75
15. Средний суточный размах температуры при ясном небе. Январь	II-6-74
16. Средняя суточная температура за 3 и 6 сут до ледохода	II-6-74; II-57-75
17. Максимальная скорость повышения температуры за время τ до ледохода	II-57-75
18. Температура, от которой начинается повышение перед ледоходом	II-57-75
Температура почвы	
19. Максимальная глубина проникания температуры 0°C, возможная один раз в 10 и 50 лет	II А.6-72
20. Средняя месячная и годовая температура на глубине залегания трубопровода	II-36-73
Направление ветра	
21. Повторяемость различных направлений ветра. Преобладающий ветер	II-46-75; II-60-75; II М.1-71 * (II-89); II-97-76
22. Повторяемость волноопасного направления	II-57-75
Скорость ветра	
23. Средняя годовая и месячная скорость ветра:	II-18-76; II-30-76; II-31-74
а) в январе	II Л.1-71 (II-62); II-100-75
б) в июле	II Л.1-71 (II-62); II-100-75
в) за 3 зимних месяца	II Л.1-71 (II-62)
24. Средняя скорость ветра по направлениям	II А.6-72
25. Расчетная скорость ветра, возможная один раз в 5, 10, 15 и 20 лет	II А.10-71 (II-5); II-6-74; II-21-75; II Н.9-62 (II-25); II-33-75; II-36-73; II Д.7-62 (II-43); II Д.8-62 (II-44); II-45-75; II-46-75; II-50-74; II-51-74; II-57-75
26. Средние наибольшая и наименьшая скорости ветра как наибольшая (в январе) или наименьшая (в июле) из средних скоростей по румбам, повторяемость которых 16% и более	II А.6-72; II А.7-71; II-33-75
27. Максимальная скорость ветра в период ледохода в 1%-ной обеспеченности	II-57-75
28. Расчетный шторм 1, 2, 4%-ной обеспеченности	II-57-75
29. Поперечная и продольная (к мосту) составляющие скорости ветра 2%-ной обеспеченности	II-6-74; II Д.7-62 (II-43); II-57-75
30. Повторяемость непрерывной продолжительности действия ветра в часах (6, 12, 18)	II-57-75

Климатическая характеристика	Главы СНиПа
Влажность	
<p>31. Средняя относительная влажность в 13 ч:</p> <p>а) наиболее холодного месяца б) наиболее жаркого месяца в) за 6 мес при температуре воздуха 20°C</p> <p>32. Средняя упругость и абсолютная влажность</p> <p>33. Повторяемость значений дефицита влажности</p>	<p>II-28-73; II Л.1-71 (II-62); II-100-75 II-21-75; II-33-75 II-21-75; II-33-75 II-21-75; II-45-75</p> <p>II-31-74</p> <p>II-31-74</p>
Осадки	
<p>34. Среднее годовое количество осадков</p> <p>35. Интенсивность жидких осадков продолжительностью 5 мин, 20 мин</p> <p>36. Суточный максимум осадков</p>	<p>II-31-74; II-32-74 II-31-74; II-32-74</p> <p>II А.6-72</p>
Снежный покров и снегоперенос	
<p>37. Средняя из наибольших высот снежного покрова в течение зимы</p> <p>38. Наименьшая высота снежного покрова</p> <p>39. Вес снежного покрова на 1 кв. м горизонтальной поверхности</p> <p>40. Средние даты образования и разрушения снежного покрова, средняя продолжительность снежного покрова</p> <p>41. Среднее значение ежегодных максимальных запасов воды по снегосъемкам на защищенном участке за 10 лет</p> <p>42. Средняя годовая величина снегопереноса</p> <p>43. Максимальная за год величина снегопереноса обеспеченностью 5, 7, 10%</p> <p>44. Средняя и максимальная продолжительность метелей</p>	<p>II А.6-72; II М-1-71* (II-89) II-57-75</p> <p>II А.10-71 (II-5); II-6-74; II-36-73; II Д.8-62 (II-44); II-45-75; II-50-74; II-51-74; II-57-75; II-100-75</p> <p>II А.6-72</p> <p>II.6-74</p> <p>II В.4-71 (II-25); II-39-76; II-60-75; II М.1-71* (II-89) II-39-76</p> <p>II А.6-72</p>
Гололед	
<p>45. Толщина стенки гололеда, превышающая один раз в 5 лет</p>	<p>II А.10-71 (II-5); II-6-74; II В.4-71 (II-25); II-36-73; II Д.8-62 (II-44); II-45-75; II-50-74; II-51-74; II-57-75</p>
Радиация	
<p>46. Среднее суточное и максимальное количество тепла от прямой, рассеянной и суммарной радиации на горизонтальную поверхность</p>	<p>II А.6-72; II А.7-71; II-24-74; II-45-75; II-70-74</p>

Климатическая характеристика	Главы СНиПа
47. Среднее суточное и максимальное количество тепла от прямой, рассеянной и суммарной радиации на вертикальную поверхность различной ориентации	II А.6-72; II А.7-71
48. Интенсивность ультрафиолетовой облученности на 15-е число	II А.6-72
Комплексные характеристики	
49. Теплосодержание, наиболее высокие значения которого наблюдаются 400 ч и менее и 200 ч и менее в году	II-33-75
50. Повторяемость сочетаний температуры воздуха и скорости ветра	II М,1-71* (II-89)
51. Повторяемость сочетаний различной скорости ветра и толщины стенки гололеда	II-46-75
52. Повторяемость сочетаний различной скорости ветра и веса снегового покрова	II-46-75

Примечание. Номера глав СНиПа, которые намечены к переизданию, имеют старые обозначения, включающие буквенный индекс. В скобках рядом с такими номерами указан номер главы, который будет за ней закреплен после ее переиздания.

положительным фактом. Скорее, наоборот, это свидетельствует о недостаточной изученности механизма воздействия метеорологических условий на объекты, которое должно быть дифференцированным. В частности, для поддержания оптимального режима температуры внутри помещений необходимо учитывать влияние ветра. В работе [1] уже указывалось, что вместо температуры холодной пятidineвки целесообразно использовать характеристики эффективной температуры, тем не менее и в новой редакции СНиПа, как это видно из табл. 1, использование эффективной температуры не предусмотрено.

В новом издании СНиПа (II-33-75) по-прежнему используются характеристики теплосодержания воздуха вместо повторяемости различных сочетаний температуры и влажности воздуха, преимущества использования которых были показаны в работе [1].

Проектирование Байкало-Амурской железнодорожной магистрали в районе вечномерзлых грунтов и опытные измерения глубины промерзания и оттаивания почвы в этих районах показали, что результаты измерений не согласуются с расчетами глубины протаивания, в которые входит средняя температура воздуха, согласно указаниям в главах СНиПа II-18-76. Проектировщики Ленгипротранса в настоящее время вместо средней температуры воздуха в формулы расчета глубины протаивания вводят температуру, вероятность превышения которой составляет 10%. Кроме

того, сейчас накопился достаточно большой по объему материал длиннорядных наблюдений за температурой почвы и поэтому для расчетов глубины протаивания не имеет смысла пользоваться температурой почвы, полученной косвенным способом по температуре воздуха.

Климатические характеристики, которые предписывает вводить в расчеты нагрузок на гидротехнические сооружения глава СНиПа II-57-75, не являются достаточно обоснованными и нечетко сформулированы. Это относится, например, к ледовым нагрузкам. Как показала Л. П. Кухтина [3], таблица зависимости ледовой нагрузки от температуры воздуха не согласуется с результатами работы [4], где представлены результаты натурных наблюдений, и не рассчитана на ту толщину льда, которая обычно наблюдается на реках Восточной Сибири. Входом в названную выше таблицу служит средняя суточная температура воздуха за 6 дней до ледохода. Очевидно, имеется в виду средняя суточная температура за шестидневный период, предшествующий ледоходу. Проектировщики понимают данную характеристику именно таким образом, а не так, как это вытекает из формулировки, согласно которой следует определить температуру за одни сутки, отстоящие от начала ледохода на 6 дней.

В настоящее время существует много способов объективного районирования территории по совокупности признаков, основанных на теории распознавания образов (метод кратчайшей связывающей сети и др.). Районирование для строительного проектирования также должно быть выполнено на строгой научной основе. Кроме этого, для каждого района должны быть составлены рекомендации по переходу от средних для района характеристик к данным конкретного пункта [2].

Авторам представляется, что настало время поставить вопрос о пересмотре требований к климатологической информации, учитываемой в строительном проектировании. После этого в основные главы СНиПа следует внести коррективы. Ссылки на главу IIА.6-72 целесообразно заменить ссылками на вновь подготавливаемые справочники по климату СССР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анапольская Л. Е., Гандин Л. С. Климатические параметры в СНиПе, используемые при проектировании различных сооружений.— В кн.: Информационное письмо № 15. М., 1966, с. 3—15.

2. Кобышева Н. В., Копанев И. Д., Швер Ц. А. О методах определения и представления климатических данных для строительного проектирования.— См. наст. сб., с. 3—8.

3. Кухтина Л. П. О требованиях СНиПа по определению ледовых нагрузок на гидротехнические сооружения.— См. наст. сб., с. 17—20.

4. Сокольников Н. М. Прочность льда на р. Енисее в районе Красноярской ГЭС в весенний период.— В кн.: Труды координационных совещаний по гидротехнике. М., 1964, вып. 10, с. 113—120.

Л. П. Кухтина

О ТРЕБОВАНИЯХ СНиПа ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЛЕДОВЫХ НАГРУЗОК НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

При проектировании гидротехнических сооружений большое значение имеет определение предела прочности льда на сжатие R_c тс/м² в период, предшествующий ледоходу.

Методика расчета ледовых нагрузок на опоры железнодорожных мостов неоднократно менялась. Это объясняется тем, что очень трудно учесть все факторы взаимодействия между льдом и сооружениями. Процесс разрушения ледяных полей при встрече с сооружениями весьма сложен.

Если зимой сооружения испытывают сравнительно небольшое статическое давление льда (при резких колебаниях температуры воздуха), то в период весеннего ледохода сооружения встречаются с существенным динамическим воздействием крупных ледяных полей, обладающих значительной массой и большим запасом кинетической энергии.

По мнению К. Н. Коржавина [4], силы взаимодействия, возникающие при этом, определяются размерами ледяных полей, скоростью их движения, физико-механическими свойствами льда, а также размерами, материалом и формой опор сооружений. К периоду вскрытия рек меняются как упругие и пластические свойства льда, так и строение, и механические свойства льда.

В главе СНиПа II-57-75 «Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)» указано, что предел прочности льда на сжатие R_c тс/м² должен либо определяться по опытным данным, либо приниматься по табл. 1. В этой таблице представлена зависимость предела прочности льда на сжатие R_c от средней суточной температуры воздуха $t^\circ\text{C}$ (за 3 сут при толщине льда до 0,5 м и менее или за 6 сут при толщине льда более 0,5 м) и от солёности льда S .

При проектировании и строительстве Байкало-Амурской магистрали и освоении территорий, примыкающих к ней (районы Забайкалья и Дальнего Востока), выяснилось, что табл. 1 составлена без учета климатических и гидрологических особенностей этих районов. Одной из таких особенностей является очень большая

Зависимость R_c от температуры

$S^0/00$	R_c тс/м ² при $t^{\circ}\text{C}$			
	0	-3	-15	-30
Менее 1 (пресный лед)	45	75	120	150
1—2	40	65	105	135
3—6	30	50	85	105

(1,5—2,5 м) толщина льда перед ледоходом. Соответственно велика и прочность льда в этот период. В районе БАМа ледоход идет бурно, образуется большое количество заторов и зажоров, что представляет большую опасность для мостовых опор гидротехнических сооружений. Как правило, ледоход в районе БАМа начинается после довольно продолжительного периода времени с положительными средними суточными температурами.

В табл. 1 не даны значения R_c при положительных температурах воздуха. Исследования показывают, что на реках Байкало-Амурской магистрали: Тынде, Нюкже, Олекме, Чаре предел прочности льда на сжатие при температурах 3,5—4,5°С остается значительным, хотя и меньшим, чем при 0°С.

Кроме того, считается установленным, что для льда толщиной до 0,5 м достаточно 3 сут, а для льда более 0,5 м нужно 6 сут, чтобы температура во всей толще равнялась 0°С, после чего лед начинает оказывать действие на сооружения.

Для того чтобы весь лед толщиной 2,0—2,5 м принял температуру, близкую к 0°С, необходим более длительный период накопления тепла для начала ледохода. Таким образом, при оценке ледовых нагрузок на сооружение при большой толщине льда необходимо ориентироваться на средние суточные температуры воздуха за более длительный период времени, чем 6 сут.

Нами были проанализированы данные наблюдений трех метеостанций на центральном участке Байкало-Амурской магистрали: Тында, Усть-Нюкжа, Чара.

Из гидрологических ежегодников были выбраны даты вскрытия рек Чары, Нюкжи, Олекмы, Тынды, периоды ледохода, толщины льда перед ледоходом и за зиму, уровни воды перед ледоходом и в период ледохода. Результаты осреднения представлены в табл. 2. Из метеорологических таблиц ТМ-1 за 17 лет (1951—1967) выбирались данные по средним суточным и максимальным температурам, общей облачности, осадкам и высоте снежного покрова за месяц до ледохода.

Обработка этих данных показала, что на всех вышеупомянутых станциях ледоход проходит при положительных температурах воздуха, от 2,5 до 4,7°С. Средние суточные температуры, при которых начинается действие льда на гидротехнические сооружения за

6 сут до ледохода, составляют 3,5—4,7°С в среднем за рассматриваемый период, за 10 сут до ледохода 2,5—4,3°С. Эти температуры в отдельные годы могут колебаться от 0,5 до 9,6°С.

Таблица 2

Станция	Средняя многолетняя дата ледохода	Период ледохода, сут	Средняя многолетняя толщина льда перед ледоходом, см	Средняя многолетняя максимальная толщина льда за зиму, см	Средняя температура воздуха до ледохода, °С	
					за 6 сут	за 10 сут
Тында	8 V	8	109	114	3,5	2,5
Чара	21 V	7	206	220	4,7	4,3
Усть-Нюкжа	10 V	$\frac{6^1}{5}$	146	155	4,1	3,5

¹ 6 сут на р. Олекма, 5 сут на р. Нюкжа.

Исследование зависимости начала ледохода от средней суточной температуры за 6 и 10 сут до ледохода показало, что эта зависимость выражена не очень отчетливо, особенно для температуры за 6 сут до ледохода (рис. 1).

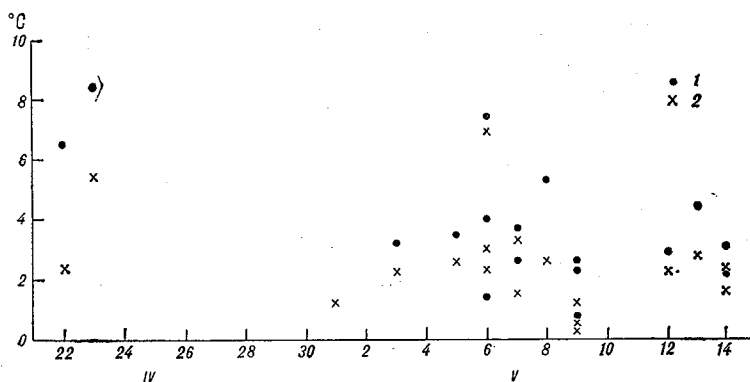


Рис. 1. Зависимость даты ледохода от средних суточных температур на ст. Тында.

1 — средние суточные температуры за 6 сут до ледохода, 2 — за 10 сут до ледохода.

Так как для средней суточной температуры за 10 сут до ледохода зависимость получается более четкой, в СНиПе в рекомендациях по использованию данных табл. 1 следует указать, что при толщине льда 2 м и более температурой, определяющей ледовую нагрузку, является средняя суточная температура воздуха за 10 сут.

Анализ указанных зависимостей показывает также, что начало ледохода и ледовые нагрузки на сооружение определяются не

только температурой воздуха, но и другими метеорологическими факторами. В работах [1, 2] отмечается роль солнечной радиации на прочность льда перед ледоходом и, как следствие этого, на создаваемые им нагрузки. По-видимому, имеют значение также наличие и толщина снежного покрова на реках, хотя для территории БАМа он чаще невелик.

В главу СНиПа II-57-75 при будущем ее пересмотре целесообразно рекомендовать включение зависимости ледовых нагрузок от таких факторов, как число ясных и пасмурных дней в период за 10 сут до ледохода, высота снежного покрова и температурный режим зимнего периода.

Изучение доступной нам литературы по ледовым нагрузкам показало, что до настоящего времени не проведено достаточного количества надежных натуральных наблюдений, позволяющих получить достоверную зависимость ледовой нагрузки от температуры воздуха.

Методика определения ледовых нагрузок на гидротехнические сооружения разработана рядом ученых: К. Н. Коржавиным, И. П. Бутягиным, К. Ф. Войтковским [2—5] и может быть использована для выполнения экспериментальных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бутягин И. П. Прочность льда и ледяного покрова.—Новосибирск: Наука, 1966.— 52 с.
2. Бутягин И. П. Прочность ледяного покрова по экспериментальным исследованиям в натуральных условиях.— В кн.: Труды координационных совещаний по гидротехнике. Новосибирск, 1964, вып. 10, с. 71—79.
3. Войтковский К. Ф. Механические свойства льда.— М.: Изд-во АН СССР, 1960.— 100 с.
4. Коржавин К. Н. Динамическое воздействие льда на сооружения гидростанций и опоры мостов.— В кн.: Труды координационных совещаний по гидротехнике.— М.; Л., 1965, вып. 17, с. 5—12.
5. Коржавин К. Н. Обзор развития методов определения давления льда на опоры мостов в СССР за 1917—1967 гг.— Труды НИИЖТ, 1968, вып. 79, с. 3—17.

Н. В. Кобышева, Л. П. Наумова

ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА СРЕДНЕЙ МЕСЯЧНОЙ И ГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ

Вновь создаваемые справочные пособия по климату для обслуживания народного хозяйства будут представлены не только в виде публикуемых справочников, но и в виде банков данных, позволяющих получать информацию в системе «запрос—ответ». Последняя форма обслуживания открывает большие возможности для расширения передаваемых потребителям климатологических материалов. В частности, в банках могут быть получены различные варианты климатических показателей, предназначенных для разных потребителей.

Одним из наиболее важных и часто используемых видов климатических показателей является среднее значение метеорологических элементов.

Авторы данной работы считают, что способ расчета средних значений величин (объема исходной выборки, весовых коэффициентов при осреднении) должен зависеть от конкретной цели их применения. Та же мысль, вытекающая из современного понятия климата, высказана Э. Н. Лоренцом [1]. Определяя климат как ансамбль, состоящий из всех возможных состояний атмосферы за длительное, но конечное время, Лоренц считает, что отрезок времени, на котором определяется климат, может быть разным. По мнению Лоренца, все зависит от того, на какой вопрос мы хотим получить ответ.

Каждая климатическая характеристика представляет обычно интерес постольку, поскольку является климатическим прогнозом на будущий отрезок времени.

Для сельского хозяйства климатический прогноз чаще всего представляет интерес на период не более 5—10 лет, для капитального строительства — на несколько десятилетий, для землепользования — на столетие и больше и т. д.

При таком подходе точность климатических характеристик не должна оцениваться по отношению к единым нормам, вычисленным

за 50—70-летний период, как это принято в настоящее время в климатологии. Наиболее точной следует считать климатическую характеристику, относительно которой дисперсия данных за отдельные годы на конкретном отрезке времени минимальна.

Считая, что значительное количество прикладных задач требует учета климатических условий на ближайшее десятилетие, авторы попытались в данной работе выяснить вопрос о методах расчета средних значений, которые позволяли бы наилучшим образом решить эту задачу. Исследования проведены применительно к рядам месячной температуры воздуха.

Как показали авторы в своей предыдущей работе [2], для климатологического прогноза не следует использовать простые средние арифметические значения, при вычислении которых данным за все годы приписываются равные веса. Лучшие результаты можно получить, если учитывать связность членов ряда между собой и использовать ее при расчетах средних.

Известны попытки расчета среднего значения с весами для членов ряда, убывающими от конца хронологического ряда к его началу по экспоненте. Однако экспоненциальная зависимость весов соответствует простой марковской модели ряда (марковскому процессу первого порядка), которая непригодна для рядов месячных значений элементов. Авторы получили выражение для определения весовых коэффициентов исходя из марковской модели более высокого порядка. Порядок модели предлагается определять для каждого конкретного ряда непосредственно перед расчетом средней. Формула для расчета имеет вид

$$X_{j+1} = AX_j + E_j, \quad (1)$$

где A — матрица весовых коэффициентов; E_j — случайный вектор с $ME_j = 0$ и $DE_j = \sigma_j$; X — значения ряда.

Число осредняемых членов ряда зависит от порядка марковского процесса. Для рядов средних месячных температур порядок марковского процесса обычно близок к 30. Это значит, что осредняются данные наблюдений примерно за 30 лет.

Более подробно данный метод изложен в работе [2].

Чтобы оценить погрешность данного метода и сравнить его с методом равновесового арифметического осреднения по разным периодам, рассчитывались средние квадратические отклонения ежегодных значений от различных средних за период 1960—1970 гг., на который составлялся климатологический прогноз. Рассматривались не сами значения температуры, а их отклонения от средней многолетней температуры. Расчеты основывались на материалах наблюдений 11 станций, расположенных в различных климатических условиях. По каждой станции было образовано 12 рядов средних месячных и один ряд годовых значений за весь имеющийся (более 70) ряд лет.

Таким образом, в проверке метода участвовало всего 143 метеорологических ряда месячных и годовых аномалий температуры воздуха.

По формуле (1) рассчитаны месячные и годовые аномалии температуры на каждый год рассматриваемого 10-летнего периода, которые затем осреднены за 10 лет ($\bar{x}_{расч}$). Кроме этого, определены нормы аномалий или средние аномалии за весь период до 1960 г. (\bar{x}_n), а также средние аномалии за ближайшие к последнему 10-летию 30, 20 и 10 лет (\bar{x}_{30} , \bar{x}_{20} , \bar{x}_{10}) методом простого арифметического осреднения.

Средние квадратические отклонения как месячных, так и годовых аномалий вычислялись относительно пяти средних: расчетной ($\sigma_{расч}$), средней за весь период до 1960 г., или нормы (σ_n), а также 30-летней (σ_{30}), 20-летней (σ_{20}) и 10-летней (σ_{10}) средних.

Таблица 1, в которой представлены результаты расчетов по одной из выбранных станций — Каргополь, дает представление о величине рассеивания ежегодных данных относительно различных средних, используемых для экстраполяции на будущий 10-летний период.

Таблица 1

Средние квадратические отклонения (°C) месячных и годовой аномалий температуры воздуха. Каргополь

Среднее квадратическое отклонение	I	II	III	IV	V	VI	VII
$\sigma_{расч}$	6,56	5,10	3,43	1,94	2,10	2,14	1,78
σ_n	6,30	5,12	3,76	1,98	2,07	2,14	1,88
σ_{30}	6,76	5,26	4,59	2,36	2,15	2,17	1,91
σ_{20}	7,16	5,10	4,00	2,00	2,14	2,14	1,76
σ_{10}	5,95	6,21	4,20	2,00	2,23	2,13	1,78

Среднее квадратическое отклонение	VIII	IX	X	XI	XII	Год
$\sigma_{расч}$	1,84	2,19	2,14	2,19	4,41	1,38
σ_n	1,90	2,14	2,14	2,28	4,48	1,41
σ_{30}	1,86	2,17	2,17	2,72	4,88	1,38
σ_{20}	1,84	2,43	2,14	2,25	4,67	1,49
σ_{10}	1,86	2,32	2,14	2,24	4,67	1,57

На данной станции минимальную ошибку в большей части случаев имеет средняя, рассчитанная по формуле (1). На других станциях $\sigma_{расч}$ также чаще имеет минимальное значение по сравнению с остальными средними квадратическими отклонениями.

Для более удобного обозрения результатов, не приводя по другим станциям таблиц, аналогичных табл. 1, получим некоторые обобщенные данные. В каждый из месяцев выберем минимальное

значение среднего квадратического отклонения (минимум по графам), а затем подсчитаем число случаев с выделенными минимальными квадратическими отклонениями по каждой строке. Затем обобщим данные о повторяемости минимальных отклонений по месяцам, станциям и по всему имеющемуся материалу. Очевидно, что точнее будет то среднее значение температуры, среднее квадратического отклонения для которого имело минимальное значение большее число раз. Чем реже ошибка среднего была минимальной, тем менее точно среднее значение.

Таблицы 2 и 3, где приведены результаты таких подсчетов, дают ясное представление о точности различных средних. Наиболее точным является расчетное среднее значение, ошибка которого в подавляющем числе случаев по всем станциям была минимальной, и для каждой станции неизменно оказывалось лучшим чаще всех остальных (табл. 2). Такая картина характерна также для всех месяцев (табл. 3) кроме апреля. Для годовых значений ошибки мало зависят от метода осреднения. Они оказываются минимальными чаще всего для $\bar{x}_{расч}$ и \bar{x}_N .

Таблица 2

Повторяемость (случаи) минимальных ошибок средних месячных значений температуры по станциям

Среднее значение аномалии	Архангельск	Барнаул	Верхоянск	Казань	Казань	Каргополь	Кола	Ленинград	Петропавловск-Камчатский	Рига	Сургут	Всего
$\bar{x}_{расч}$	8	4	7	5	7	7	8	7	7	7	6	73
\bar{x}_N	6	3	2	2	1	3	0	0	2	3	2	24
\bar{x}_{30}	1	4	4	2	4	3	1	4	2	5	3	33
\bar{x}_{20}	0	1	3	4	3	4	2	1	3	1	0	22
\bar{x}_{10}	1	1	2	3	1	1	3	3	2	3	3	21

Следовательно, среднее значение, рассчитанное с учетом связности членов ряда между собой, обладает несомненными преимуществами по сравнению с простыми средними арифметическими, за какой бы период последние не вычислялись.

После расчетной средней наименьшая ошибка чаще всего приходится на 30-летнюю среднюю, а затем на норму. Данный вывод находится в соответствии с получившимися результатами о преобладании порядка марковского процесса для рядов месячных значений температуры, близкого к 30 годам (27—28 лет). Очевидно, этот вывод свидетельствует и о применимости такой марковской модели.

Конкретные рекомендации авторов в результате проделанной работы сводятся к следующему:

Повторяемость (случаи) минимальных ошибок средних месячных значений температуры по месяцам и за год

Среднее значение аномалии	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Всего	Год
$\bar{x}_{расч}$	5	7	6	4	7	7	4	6	7	8	5	7	73	6
\bar{x}_H	1	1	2	1	2	3	2	2	3	4	2	1	24	5
\bar{x}_{30}	4	2	2	6	4	1	1	3	4	2	3	1	33	2
\bar{x}_{20}	1	3	3	0	3	2	2	4	1	1	1	1	22	3
\bar{x}_{10}	1	2	0	2	1	3	1	2	3	1	1	4	21	4

— при построении банка данных необходимо для основных станций (например, реперной сети) в качестве активных данных держать в информационной базе банка хронологические ряды месячных значений температуры воздуха;

— предусмотреть в библиотеке программ банка данных программы расчета средних значений по формуле (1);

— передавать потребителям в системе «запрос—ответ» средние значения, вычисляя их на отрезок времени, определяемый конкретной прикладной задачей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лоренц Э. Н. Предсказуемость климата.— В кн.: Физические основы теории климата и его моделирования. Пер. с англ. Л., 1977, с. 137—141.
2. Наумова Л. П., Кобышева Н. В. Использование марковской модели для оценки устойчивости норм и дисперсий.— Труды ГГО, 1978, вып. 404, с. 30—34.

Н. В. Кобышева, Л. А. Литвякова, З. Е. Чмутова

О МНОГОЛЕТНИХ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ВОЗДУХА

При создании «Справочника по климату СССР» использованы ряды наблюдений до 1960 г. Наблюдения за прошедшие 15 лет не обобщены и, следовательно, не отражены в тех климатологических материалах, которые используются в настоящее время для обеспечения народного хозяйства. Вместе с тем как раз в 60-е годы закончилось климатическое потепление и началось резкое похолодание, продолжавшееся по крайней мере до середины 70-х годов. В связи с этим можно думать, что продление метеорологических рядов до последних лет может изменить климатические характеристики, и в первую очередь экстремальные значения метеоэлементов, при пересчете этих характеристик по новым рядам. Если это так, то использование климатических данных, особенно экстремальных значений, в качестве климатологического прогноза для практических целей не является оптимальным. В этом случае предпочтение следует отдавать характеристикам, вычисленным за не слишком длинный период, но включающий последние годы. Поэтому в настоящее время возникла необходимость в работах по анализу данных за период после 1960 г.

Авторами работы составлены и проанализированы ряды экстремальных месячных температур в зимний и летний сезоны за последние 15 лет, которые затем сравнивались с соответствующими климатическими характеристиками Справочника.

Исходные ряды были составлены из абсолютных месячных экстремумов температуры воздуха за три зимних (декабрь—февраль) и три летних (июнь—август) месяца. Эти данные выбраны за период с 1960 по 1976 г. по 100 станциям, расположенным в различных климатических условиях и приблизительно равномерно распределенным по территории СССР.

К анализу привлечены материалы длиннорядных станций из числа реперных, ряды которых не подвергались существенной «ломке» из-за переносов метеоплощадки и приборов.

По ежегодным месячным значениям экстремальных температур определены для каждого месяца самые высокие и низкие значения максимальных и минимальных температур, которые являются абсолютными месячными экстремумами за рассмотренный 15-летний период. Кроме этих характеристик, рассчитаны средние значения из абсолютных максимумов и минимумов за этот же период.

Затем получены наибольшие и наименьшие абсолютные и средние из абсолютных экстремумов за летний и зимний сезоны. На следующем этапе работы данные сезонные характеристики сопоставлены с соответствующими значениями климатических показателей, содержащихся в «Справочнике по климату СССР» [4].

Результаты сравнения представлены в табл. 1. В таблицу помещены лишь случаи, когда определенные нами максимумы были выше максимумов Справочника, а минимумы ниже. Наибольший интерес для практики, естественно, представляют сведения о более низких минимумах температуры по сравнению с данными Справочника для зимы и о более высоких максимумах для лета.

Таблица 1

Повторяемость (%) перекрытия многолетних экстремумов температуры экстремумами за период 1961—1976 гг.

Превыше- ние, °С	Абсолютные				Средние из абсолютных			
	макс.		мин.		макс.		мин.	
	зима	лето	зима	лето	зима	лето	зима	лето
1°	11	8	3	14	51	41	21	37
2°	4	6	4	6	20	13	12	18
3°	2	2	3	2	2	2	3	6
4°	2		2	1	1	2	5	5
5°	1				2	1		1
Всего	20	16	12	23	76	59	41	67

Судя по данным табл. 1, за прошедший 15-летний период абсолютные минимумы и максимумы очень редко выходили за пределы соответствующих значений Справочника. Зимой такие экстремумы отмечены на 12, а летом на 16 станциях из 100.

Станции, на которых наблюдаются перекрытия экстремумов Справочника, располагаются группами. На рис. 1 и 2 обнаруживается четкая локализация областей группировки таких станций. Области эти составляют малую долю всей территории СССР.

Таким образом, за истекшие 15 лет на большей части территории необычных похолоданий и потеплений, которые не фиксировались бы ранее, не происходило. В тех ограниченных областях, где это имело место, экстремумы температуры не превышали достигнутых ранее более чем на 3°С летом и 4°С зимой. Приходились эти случаи на разные годы даже в пределах выделенных ограниченных районов.

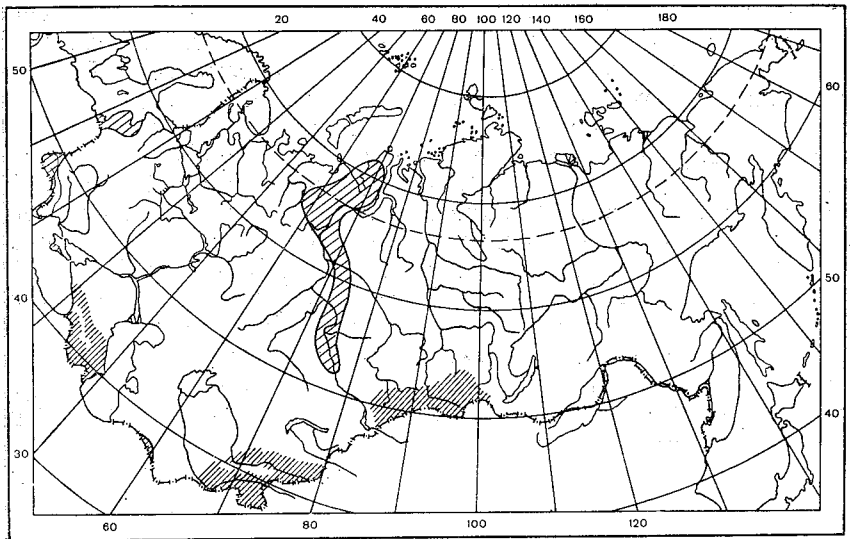


Рис. 1. Области перекрытия абсолютного минимума температуры воздуха зимой.

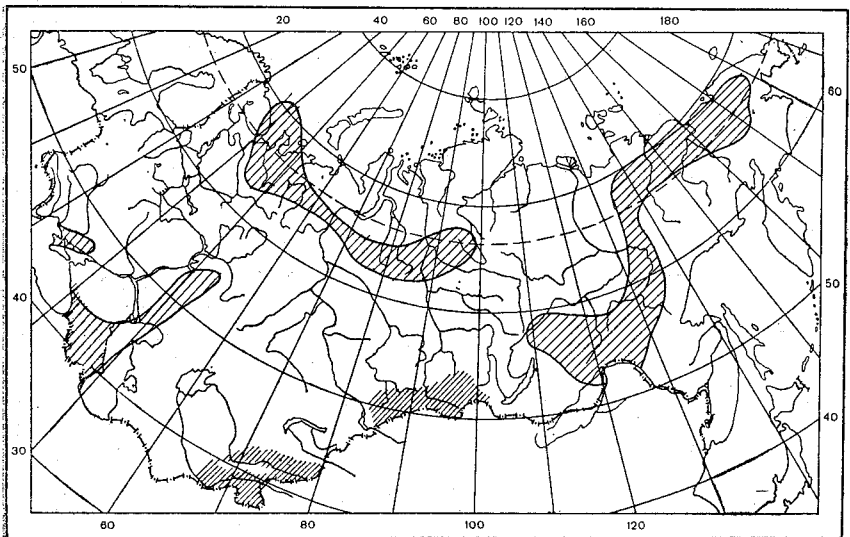


Рис. 2. Области перекрытия абсолютного максимума температуры воздуха летом.

Значит, при решении хозяйственных задач, ориентированных на учет абсолютных экстремумов, использование данных Справочника оправдывает себя, как правило, и в настоящее время.

Иначе обстоит дело со средними значениями абсолютных экстремумов. Рассчитанные за 15-летний период средние более чем на половине всех станций, как это видно из табл. 1, перекрыли соответствующие многолетние характеристики Справочника, т. е. в последние годы аномально низкие и высокие температуры наблюдались чаще, чем раньше. Данный результат находится в соответствии с выводами, представленными в докладе по физическим основам теории климата и его моделирования [2]. В частности, в докладе указывается, что после потепления, окончившегося в 40—50-х годах, «смещение атмосферной циркуляции в северном полушарии, по-видимому, привело к росту амплитуд планетарных волн и возникновению резко выраженных экстремумов погоды во многих районах земного шара».

Обращает на себя внимание и еще одна особенность соотношения повторяемости различных характеристик в табл. 1. Более высокие максимумы за последний период лет по сравнению с многолетними их значениями и летом и зимой наблюдаются на большем числе станций, чем более низкие минимумы.

Анализ средних значений абсолютных экстремумов показывает, таким образом, что при составлении климатического прогноза для практических целей на короткий период, порядка десятилетия, рискованно использовать средние многолетние значения абсолютных максимумов и минимумов. Предпочтительнее брать в этом случае в качестве климатического прогноза средние за ближайший период.

В работах [1, 3] изложен метод расчета климатических характеристик ряда средних месячных температур воздуха, основанный на использовании марковской модели. Такой же подход может быть использован и для рядов экстремальных температур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кобышева Н. В., Наумова Л. П. Оценка различных методов расчета средней месячной и годовой температуры воздуха для практических целей.— См. наст. сб., с. 21—25.
2. Лоренц Э. Н. Предсказуемость климата.— В кн.: Физические основы теории климата и его моделирования. Пер. с англ. Л., 1977, с. 137—141.
3. Наумова Л. П., Кобышева Н. В. Использование марковской модели для оценки устойчивости норм и дисперсий.— Труды ГГО, 1978, вып. 404, с. 30—34.
4. Справочник по климату СССР.— Л.: Гидрометеиздат, 1965—1967. Ч. 2. Вып. 1—34.

СУТОЧНЫЙ МАКСИМУМ ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ СССР 1⁰/₀-НОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ

Суточные максимумы осадков являются практически весьма важной характеристикой режима атмосферных осадков, данные о которых используются для строительных и гидрологических расчетов, при проектировании сооружений, эксплуатации приборов и т. д. Значения суточного максимума представляют собой наибольшие суммы осадков, выпавшие в течение метеорологических суток (наблюденный максимум). Суточные суммы осадков различной обеспеченности определяются по многолетним данным, что повышает надежность оценки их обеспеченности (P), особенно редко встречаемых значений ($P < 25\%$).

Суточные максимумы осадков измеряются осадкомером на многочисленной сети метеорологических станций и могут быть картированы. Это дает возможность получить расчетные характеристики дождевых осадков практически для любого пункта, причем в годовом ходе наибольшие суточные суммы приходится именно на жидкие (дождевые) осадки. Обычно суточные максимумы осадков являются результатом выпадения ливней, охватывающих небольшую площадь и имеющих относительно случайное пространственно-временное распределение. Именно случайное распределение ливней по территории определяет быстрое затухание связей между суточными максимумами осадков на соседних станциях. Ряды для вычисления суточных осадков различной обеспеченности для отдельных метеорологических пунктов должны иметь период наблюдений более 25 лет. Расчетные суточные суммы осадков, вычисленные из рядов менее 25 лет, можно считать лишь сугубо приближенными.

Статистические параметры кривых обеспеченности: средние суточные значения (\bar{x}), коэффициент вариации (C_v) и коэффициент асимметрии (A_s) можно определить графоаналитическим способом. Для аппроксимации эмпирических кривых обеспеченности в зоне избыточного и достаточного увлажнения в основном применима логарифмически-нормальная кривая распределения, дающая хорошее соответствие наблюдаемому, резко асимметричному распределению суточных максимумов осадков. Реже встречается

биномиальная кривая распределения, когда $A_s < 3C_v + C_v^3$. Этот тип кривых характерен для засушливых районов и подветренных долин, например, для полупустынной зоны Средней Азии, где распределение суточного максимума осадков более симметрично. Большая асимметрия суточного максимума осадков, когда значения редкой повторяемости намного превосходят средние значения, наблюдается в предгорьях наветренных склонов и наветренных побережьях. В таких районах ежегодные суточные максимумы осадков относительно невелики, но значения редкой обеспеченности (1% и менее) наибольшие по сравнению с другими районами.

Сравнение кривых редукции суточных сумм осадков показало, что их ординаты мало зависят от расчетной обеспеченности и медленно меняются по территории. Именно территориальная устойчивость кривых редукции для расчета дождевых максимумов, необходимых в гидрологических расчетах, позволила объединить кривые для более чем 900 пунктов в 30 типов расчетных кривых [1].

Остановимся более подробно на суточных максимумах осадков 1%-ной обеспеченности.

Суточные максимумы осадков существенно зависят от абсолютной продолжительности периода, причем наименьшая необходимая длина периода связана с изменчивостью самих осадков. В районах с малой изменчивостью суточных сумм дождевых осадков можно использовать 30-летние ряды. Для большей части СССР наименьшим возможным периодом следует считать 40—50 лет, а в некоторых районах с большой изменчивостью осадков и сложными физико-географическими условиями и этот период может быть недостаточным. Чаще всего большие отклонения расчетных значений суточных сумм 1%-ной обеспеченности в отдельных пунктах от общего осредненного фона являются результатом недостаточной точности вычисления именно по относительно коротким рядам наблюдений. Отклонения также могут быть вызваны влиянием местных физико-географических условий местоположения метеостанций. Поскольку крупные осадки на разных станциях практически не связаны между собой, при отсутствии длинных рядов наблюдений в каком-либо районе рекомендуется привлекать данные соседних станций, расположенных в аналогичных условиях. Таким образом, для получения надежной кривой обеспеченности из ряда достаточной длительности, т. е. 30—50 лет, соединяют ряды наблюдений двух или нескольких станций в единый ряд. Показания станций следует считать независимыми при небольшом коэффициенте корреляции между ними ($r < 0,3 \div 0,4$). Район для объединения выбирается так, чтобы различия в количестве осадков в его пределах были бы возможно меньше.

Однако следует отметить, что природный закон распределения суточных максимумов осадков весьма сложен и недостаточно изучен. Поэтому крайне редкие расчетные значения суточных максимумов осадков (0,5 и 0,1%-ной обеспеченности, повторяемостью 1 раз в 200 и 1000 лет) при существующей в настоящее время длине ряда и особенно при больших коэффициентах вариации

(C_v) и больших соотношениях между A_s и C_v можно вычислить лишь ориентировочно.

Суточный максимум осадков 1%-ной обеспеченности обычно называют первым максимумом. Когда эмпирическая кривая, включающая наблюдаемый максимум, аппроксимируется логарифмически-нормальной кривой так, что 1%-ная обеспеченность суточных сумм превышает значения второго и третьего наблюдаемых максимумов менее чем на 50%, то значения наблюдаемого суточного максимума и максимума 1%-ной обеспеченности практически совпадают. Если в ряду наблюдений суточный максимум слоя осадков 1%-ной обеспеченности на 50—100% и более превышает значения второго и третьего наблюдаемых максимумов, то получаются две кривые обеспеченности. Априори можно сказать, что значения суточных максимумов осадков 1%-ной обеспеченности, опубликованные в Справочнике [3], определены не вполне надежно в тех районах, где в последующие годы, после 1965 г., наблюдаемые значения оказались превышенными.

Суточный максимум 1%-ной обеспеченности в годовом ходе повсеместно приходится на теплый период.

Ряды наблюдений по всем пунктам, опубликованным в Справочнике, были продлены по 1976 г. Оказалось, что по 192 пунктам экстремальные наблюдаемые значения суточного максимума превышили наблюдаемые до 1965 г.

Можно дать краткое географическое распределение суточного максимума 1%-ной обеспеченности дождевых осадков.

В арктических и субарктических районах, в районах развития вечной мерзлоты и на равнинах Средней Азии и Казахстана суточные максимумы ливневых осадков 1%-ной обеспеченности колеблются от 40 до 60 мм, лишь местами повышаясь до 80 мм. На остальной территории Советского Союза, за исключением некоторых горных районов, суточный слой осадков 1%-ной обеспеченности составляет 80—140 мм. Сюда включаются и горные районы: западные отроги Копетдага, Западный Тянь-Шань, западная и северная части Памиро-Алая и Алтая, Западный Саян, Прибайкалье, Баргузинский и Становой хребты, юго-восточная часть Среднесибирского плоскогорья, западный склон Верхоянского хребта, горные районы Корякии, Камчатка и вся территория от Станового хребта до Алданского нагорья. В горах Крыма, Карпат и Кавказа суточный слой осадков 1%-ной обеспеченности достигает 170—200 мм.

Наибольшие значения суточных максимумов 1%-ной обеспеченности на территории Советского Союза наблюдаются на крайнем юге Приморского края — около 310 мм (Краскино — 308 мм, Гамов маяк — 309 мм), на Черноморском побережье Кавказа — около 300 мм (Гагринский хребет — 300 мм, Пицунда — 295 мм, Кодори — 290 мм) и свыше 250 мм на хребте Хамар-Дабан.

Такое распределение значений суточного максимума соответствует данным до 1965 г. За последние 10—12 лет в ряде районов наблюдались ливни, которые дали превышение над ранее наблю-

денными значениями суточного максимума. В то же время имеется большая часть территории, где не оказалось ни одного пункта с превышением суточных максимумов. Это север и северо-запад ЕТС, север Сибири и Приморский край.

Все сравнение произведено лишь для сети станций, опубликованных в Справочнике.

Из 1517 станций, опубликованных в Справочнике, в 192 пунктах (12,7%) наблюдаемые значения суточных максимумов оказались превышенными.

В табл. 1 приведены данные наблюдаемых суточных максимумов по 52 станциям, на которых в последние 10—12 лет (до 1976 г.) выпали ливни, более чем на 10% превысившие ранее известные значения. Там же помещены средние значения суточных максимумов (\bar{x} мм), коэффициенты вариации (C_v), коэффициенты асимметрии (A_s) и значения суточных максимумов 1%-ной обеспеченности. Можно отметить некоторые пункты, где после 1965 г. выпали ливни более чем в два раза превысившие данные Справочника, например станции Пулозеро (Кольский полуостров), Советск (Калининградская область), Сорочинск (Среднее Поволжье), Иргиз (Казахстан), Чулым (Западная Сибирь), Шира (Красноярский край), Томпо (Якутия), Тында (Забайкалье), Козыревск (Камчатка), Оби-Гарм, Тавиль-Дора (Памир).

Понятно, что на всех 192 пунктах следует пересмотреть значения суточных максимумов осадков 1%-ной обеспеченности, которые обычно близки к наблюдаемым. Кроме указанных характеристик, в табл. 1 по 53 станциям приведены новые значения суточных максимумов 1%-ной обеспеченности, рассчитанные из рядов наблюдений до 1976 г. Оказалось, что увеличилась площадь, где суточные максимумы осадков указанной обеспеченности превышают 100 мм, и появились новые районы, где они превышают 200 мм, например районы станций Советск, Сочи, Ткибули. На хребте Хамар-Дабан появился район, где суточный максимум 1%-ной обеспеченности достигает 360 мм.

Известно, что ведущим климатическим фактором образования водной составляющей селей в горах являются ливневые осадки [2]. Так, в районах, где значения суточных максимумов 1%-ной обеспеченности превышают 80 мм, можно прогнозировать образование селей в любых горных системах независимо от их геофизического строения. Площадь таких районов по новым данным увеличилась и одновременно уменьшилась площадь с суточными максимумами 1%-ной обеспеченности, не превышающими 40 мм. Это значение является нижним пределом возникновения ливневых селей при наличии достаточно рыхлого материала, который поддается смыву.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Материалы по расчетным характеристикам дождевых осадков.— Л.: Гидрометеониздат, 1969.— 396 с.
2. Селеопасные районы СССР.— М.: Изд-во МГУ, 1976.— 308 с.
3. Справочник по климату СССР.— Л.: Гидрометеониздат, 1966—1970. Ч. 4. Вып. 1—34.

Л. П. Наумова

СПОСОБ ВЫДЕЛЕНИЯ ТРЕНДА КЛИМАТОЛОГИЧЕСКОГО РЯДА

Существуют различные фильтры сглаживания временных климатологических рядов с целью выделения детерминированной составляющей процесса изменения метеорологического элемента или тренда. В данной работе предлагается еще один фильтр — ступенчатый. Ступенчатый фильтр удобен для выявления статистической неоднородности метеорологических рядов.

Как правило, климатологическую неоднородность выделяют известными методами, основанными на использовании пространственных связей. Однако в ряде случаев на такие связи опираться нельзя (например, при нарушении однородности ряда одновременно на всех станциях, изменении сроков наблюдений, смене приборов и т. д.).

Предлагаемый способ позволяет выявить резкие изменения уровня и рассеивания ряда, которые наиболее часто являются следствием климатологической неоднородности. Данные об истории станции, привлекаемые к анализу резких изменений, иногда позволяют подтвердить климатологическую неоднородность.

Метод основан на представлении временного ряда в виде

$$x(t) = a(t) + \sigma(t) \xi, \quad (1)$$

где $x(t)$ — климатологический процесс, $a(t)$ и $\sigma(t)$ — математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение процесса соответственно, $\xi(t)$ — нормированный стационарный случайный процесс с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией ($E\xi = 0$, $D\xi = 1$).

Математическое ожидание $a(t)$ характеризует тенденцию изменения метеорологического элемента, т. е. тренд. Ясно, что в случае постоянных a и σ плотность распределения величины ξ , p_ξ должна совпадать с плотностью распределения случайной величины p_x . Если эти плотности не совпадают, то процесс нестационарен. Это означает, что, представив $a(t)$ и $\sigma(t)$ в виде ступенчатой функции, мы можем проверить гипотезу о стационарности исходного ряда.

Предлагается следующая схема проверки этой гипотезы.

Пронумеруем члены хронологического ряда от 1 до N . Затем определим диапазон изменения значений ряда и разобьем его на градации. Распределим значения метеоэлемента в данном ряду по градациям. Пусть в j -ю градацию попадет m_j значений ряда. Запишем в порядке возрастания номера членов ряда, попавших в j -ю градацию. Получим некоторую группу номеров (назовем ее j -м классом). В дальнейшем будем оперировать с номерами членов ряда вместо их значений.

При условии постоянства во времени $a(t)$ и $\sigma(t)$ ($a(t) = \text{const} = a$, $\sigma(t) = \sigma$) и вследствие стационарности ξ номера значений случайной величины ξ , соответствующих значениям $x(t)$, должны распределяться по классам точно так же, как и номера значений $x(t)$.

Рассмотрим распределение расстояний d_x между соседними номерами значений x , попавших в j -й класс. Распределение расстояний d_ξ соответствующих номеров значений величины ξ в том же классе является распределением Пуассона. Для постоянных во времени $a(t)$ и $\sigma(t)$ распределение d_x также должно подчиняться закону Пуассона; различие же распределений d_x и d_ξ укажет на изменение a и σ , т. е. на статистическую неоднородность ряда.

Для проверки гипотезы о постоянстве a и σ (идентичности распределения d_x и d_ξ) воспользуемся критерием Колмогорова.

В пределах каждого класса будем рассматривать распределение всех номеров, попавших в данный класс, последовательно накапливая расстояния между ними. Тогда выражение для меры расхождения между распределениями d_x и d_ξ в j -м классе можно записать следующим образом:

$$D_j = \max |F(d_{ij})_x - F(d_{ij})_\xi|, \quad (2)$$

где $i=1, \dots, m_j$ (m_j — последний номер в j -м классе), F — функция распределения значений величин d_x и d_ξ .

Для совпадающих номеров значений x и ξ в j -м классе различие тождественно равно нулю до некоторого номера $N_{ij\text{пред}}$, для которого не выполняется закон Пуассона.

При достижении некоторого номера, для которого имеются различия, не равные нулю, выражение (2) принимает вид

$$D_j = |F(d_{ij})_x - F(d_{ij})_\xi|. \quad (3)$$

Проверка соответствия распределений $F(d_{ij})_x$ и $F(d_{ij})_\xi$ сводится к проверке различий между $(d_{ij})_x$ и $(d_{ij})_\xi$ для несовпадающих номеров. Поэтому мы можем записать

$$D_j = \left| \frac{(d_{ij})_x}{N} - \frac{(d_{ij})_\xi}{N} \right|,$$

где i — номер разности в j -м классе, N — число членов ряда, D_j — мера различия между d_x и d_ξ .

После простых преобразований получим

$$\frac{\lambda_j N}{\sqrt{m_j}} = |(d_{ij})_x - (d_{ij})_\xi|, \quad (4)$$

где λ_j — статистика Колмогорова, m_j — число членов в классе. Задавая уровень значимости $P = 0,999$, определим соответствующее ему критическое значение $\lambda_{кр} = \lambda_j = 0,32$. Подставив в правую часть формулы (4) λ_0 , N , m_j , получим

$$d_{кр} = 0,33N. \quad (5)$$

Значения $|(d_{ij})_x - (d_{ij})_\xi|$ не должны превышать $d_{кр}$. Поскольку по условию

$$(d_{ij})_x \geq (d_{ij})_\xi \text{ и } |(d_{ij})_x - (d_{ij})_\xi| \leq (d_{ij})_x,$$

должно выполняться и следующее неравенство

$$(d_{ij})_x \leq d_{кр}. \quad (6)$$

Таким образом, для каждого класса можно определить критическое значение $d_{кр}$.

В делении ряда на отрезки имеется некоторая условность, связанная с тем, что определение номеров $N_{пред}$, ограничивающих однородные участки ряда, зависит от выбора градаций. Чем больше градаций, тем на большее число однородных участков будет разбит исходный ряд, т. е. при использовании данного метода возникает та же трудность, что и при использовании других методов фильтрации ряда, например скользящего осреднения, которое может выполняться по разным периодам. Преимущество данного метода состоит в том, что при выбранном числе интервалов значения ряда объединяются в наиболее однородные группы. Очевидно, что точность разделения на однородные участки будет определяться точностью группировки данных, которую можно количественно оценить.

Некоторая дополнительная условность вносится также при выборе уровня вероятности для определения $d_{кр}$. Однако данный уровень может определяться исходя из задачи с учетом соответствующей функции риска.

Тем не менее условность в определении $N_{пред}$ не позволяет совершенно определенно считать год, соответствующий $N_{пред}$, годом нарушения однородности.

В результате проведенной данным способом обработки мы можем лишь наметить некоторый участок ряда (в 3—4 года), на котором происходило нарушение статистической однородности ряда. С этим участком затем будем последовательно сравнивать d_{ij} в каждом классе. Сравнение начинаем с разности $|N_0 - N_{ij}|$, где N_0 — самый первый номер, от которого начинается отсчет разности; N_{ij} — следующий за ним по порядку номер в каждом из классов.

Такое сравнение производится по каждому классу вплоть до первой разности, превышающей критическую. В каждом классе, таким образом, получим некоторый $N_{ij\text{пред}}$, после которого следует разрыв номеров на величину, превышающую $d_{\text{кр}}$. Осредняя значения $N_{ij\text{пред}}$ для всех классов, получим номер года, когда произошло нарушение статистической однородности ряда. Утверждение о неоднородности не является категорическим, а имеет некоторую заранее устанавливаемую нами вероятность. Принимая средний номер

$$\bar{N}_{ij} = N_{\text{пред}} = \frac{\sum N_{ij\text{пред}}}{l},$$

где l — число классов, в которых можно выявить $N_{ij\text{пред}}$, за N_0 , повторяем всю процедуру заново для нахождения следующего года, в который нарушена однородность.

Значения $d_{\text{кр}}$ каждый раз после определения очередного $N_{\text{пред}}$ следует пересчитывать, так как меняется общее число членов ряда N . Ряд укорачивается, и каждый раз его объем определяется начиная с новой точки отсчета N_0 . Таким образом, мы получим несколько значений $N_{\text{пред}}$.

В результате проведения указанных процедур будет образована некоторая ступенчатая функция (ступенчатый тренд). Исходный ряд данных делится при этом на квазистационарные отрезки.

Проиллюстрируем данный способ на примере ряда количества осадков холодного полугодия в г. Одессе за период наблюдений с 1895 по 1975 г. Номерам 10 и 48 соответствуют пропуски в ряде количества осадков.

1. Разобьем весь диапазон изменения количества осадков за рассматриваемый период на k градаций. Положим $k=10$. Составим распределение номеров по десяти соответствующим классам (табл. 1).

Таблица 1

Распределение номеров по классам ($k=10$)

Класс	Номера членов ряда
1	27, 55
2	2, 4, 5, 9, 11, 17, 24, 31, 33, 36, 40
3	8, 13, 14, 19, 32, 34, 38, 44, 52, 60, 63, 65, 71, 78
4	3, 6, 7, 12, 15, 16, 18, 20, 22, 23, 26, 28, 30, 35, 39, 41, 45, 46, 49, 53, 56, 57, 70
5	1, 25, 29, 43, 47, 51, 54, 58, 62, 66, 80, 81
6	21, 42, 50, 64, 68, 77, 79
7	37, 61, 67
8	74, 76
9	59, 75
10	69, 72, 73

2. Найдем d_{ijkp} для каждого класса при $N=81$:

Класс . . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_{ijkr} . . .	19	8	7	4	8	10	15	19	19	15

3. Просмотрим разности d_{ij} для всех классов начиная с $N_0=1$ и получим предельный номер для первого ряда однородного участка.

В первом классе $|N_0 - N_{11}| = |1 - 27| = 26$. Так как $26 > 19$, в данном классе мы не можем выделить $N_{ijпред}$. Это значит, что

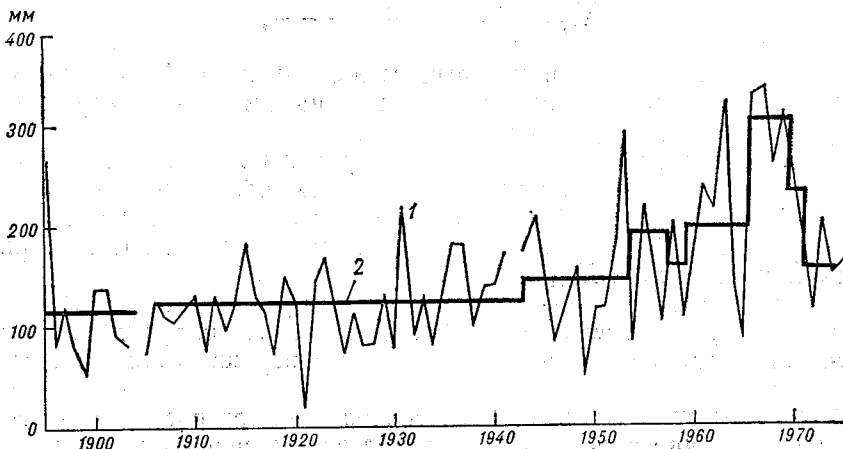


Рис. 1. Средние суммы осадков за холодное полугодие и ступенчатый тренд. Одесса.

1 — ежегодные суммы осадков, 2 — тренд.

значения количества осадков, относящиеся к этому классу, при расчете первого участка ряда учитываться не будут.

Во втором классе $|N_0 - N_{12}| = |1 - 2| = 1$. Так как $1 < 8$, данную разность принимаем и переходим к следующему номеру: $|N_{12} - N_{22}| = |2 - 4| = 2$, $2 < 8$; $|N_{22} - N_{32}| = |5 - 4| = 1$, $1 < 8$ и т. д. В данном классе $N_{ijпред} = 40$. В третьем классе $N_{ijпред} = 19$.

Таким образом, предельными номерами по классам для первого участка ряда будут:

Класс . . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$(N_{ij пред})_1$	0	40	19	7	1	0	0	0	0	0

Тогда

$$(N_{пред})_1 = \frac{40 + 19 + 7 + 1}{4} = 17.$$

4. Повторим все указанные процедуры начиная с $N_0=17$ для определения следующего однородного участка ряда или $(N_{пред})_2$. В данном случае значение N уменьшится на 17 номеров, т. е. будет равно 70, $(N_{пред})_2 = 48$.

5. Определим $N_{\text{пред}}$ для всех однородных участков ряда: $(N_{\text{пред}})_1$; $(N_{\text{пред}})_2$; $(N_{\text{пред}})_3$; ... и построим на графике хода количества осадков ступенчатый тренд (рис. 1). Наиболее резкие изменения уровня значений рассматриваемого ряда осадков произошли, как это видно на рисунке, в 1953 г. ($(N_{\text{пред}})_3=59$) и в 1966 г. ($(N_{\text{пред}})_2=72$). Среднее количество осадков возросло начиная с 1953 и 1966 гг. примерно на 50 мл и 100 мл соответственно.

Известно, что в начале 50-х годов произошла замена дождемера на осадкомер, а в 1966 г. изменились сроки наблюдений. Таким образом, данный пример служит подтверждением правильности основных положений данного метода.

В. Д. Антоневич, Л. А. Литвякова

ОСОБЕННОСТИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ СКОРОСТИ ВЕТРА

При первичной обработке рядов скорости ветра замечено, что с начала 50-х годов на многих станциях средние месячные ее значения уменьшились в последние 10 лет. При этом было выяснено, что это изменение не является следствием изменения сроков наблюдений и смены приборов. Записи самописцев показали, что и по четырехсрочным наблюдениям также фиксируется уменьшение средней месячной скорости ветра. Уменьшение скорости наблюдается и на тех станциях, на которых смены прибора не было, а также там, где скорости ветра малы (различия между скоростями ветра по флюгеру и анемометрам М-12 и М-63 отмечаются начиная с 12 м/с).

Таким образом, уменьшение скорости ветра может объясняться либо изменением окружающей местности (общей застройкой метеостанций в городах), либо естественными флуктуациями скорости ветра во времени, связанными с переходом от одной циркуляционной эпохи к другой.

Авторами составлены и проанализированы 34 ряда средних месячных скоростей ветра с периодами от 25 до 80 лет для станций, расположенных в различных климатических условиях.

Для уменьшения случайных колебаний ряд значений скорости ветра фильтруется методом скользящего десятилетнего осреднения. На рис. 1 представлены скользящие кривые отклонений средних январской и июльской скоростей ветра от их многолетних значений.

На рис. 1а отчетливо видны долгопериодные колебания значений средней январской скорости. За рассмотренный период прослеживается около двух таких колебаний. Период этих колебаний составляет 20—30 лет, что согласуется с данными А. А. Гирса [1]. При этом на большей части станций в последние 20 лет наблюдается постепенное уменьшение скорости ветра. Минимум скорости ветра приходится на период 1970—1975 гг. Лишь на юге ЕТС (Киев, Одесса) минимум скорости наблюдался несколько раньше (в 1968—1969 гг.). По-видимому, понижение скорости ветра в настоящее время сменилось ее повышением. Максимальная скорость

ветра за последний период колебания скорости ветра приходится на 50-е годы.

В 30-х—40-х годах наблюдался также пониженный уровень скорости ветра. На большей части станций минимум средних январских скоростей, наблюдаемый в настоящее время, является более глубоким, чем минимум 30-х—40-х годов. Вместе с тем, по

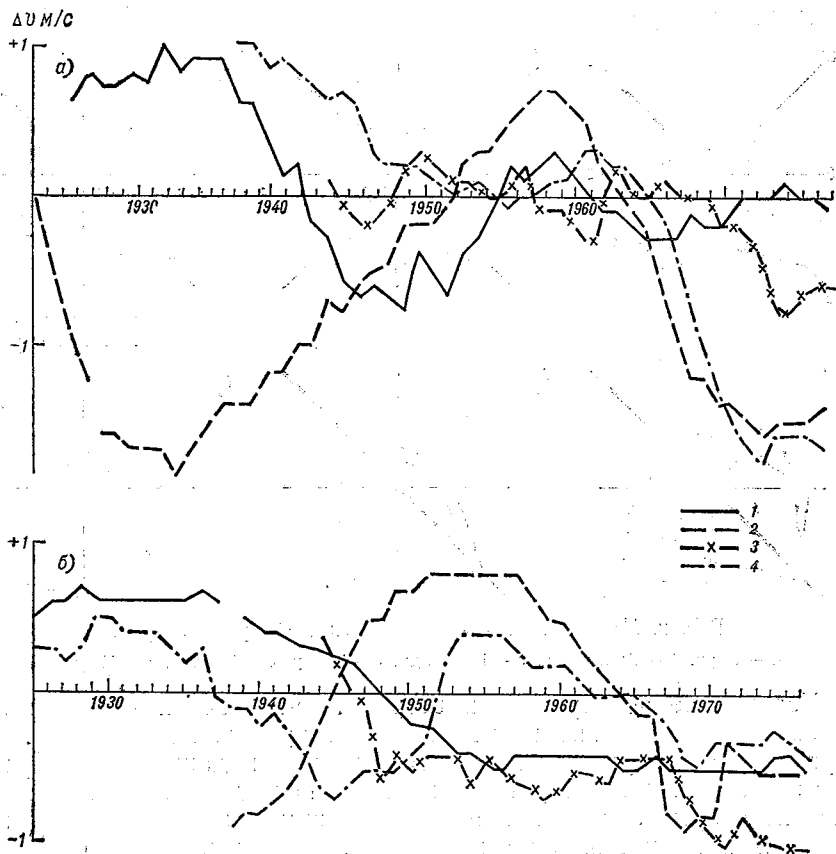


Рис. 1. Десятилетние скользящие средние для января (а) и июля (б).

1 — Киев, 2 — Киров, 3 — Комсомольск-на-Амуре, 4 — Таллин.

данным некоторых станций, современное понижение скорости ветра меньше предыдущего понижения.

Таким образом, из анализа данных, представленных на рис. 1, можно сделать вывод, что наблюдающееся в настоящее время уменьшение скорости ветра следует считать проявлением естественных колебаний, свойственных многолетним рядам наблюдений, и оно не является необычным для климатического режима скорости ветра.

По шести станциям Эстонской ССР (району, где уменьшение скорости ветра за последние годы особенно велико) построены розы ветров за семилетний период (1970—1976), которые затем совмещены с многолетними розами ветров (рис. 2). Как видно из рисунка, в последние годы на всех станциях возросла повторяемость юго-восточных, южных и иногда восточных ветров и уменьшилась повторяемость юго-западных, западных, северо-западных и северных ветров.

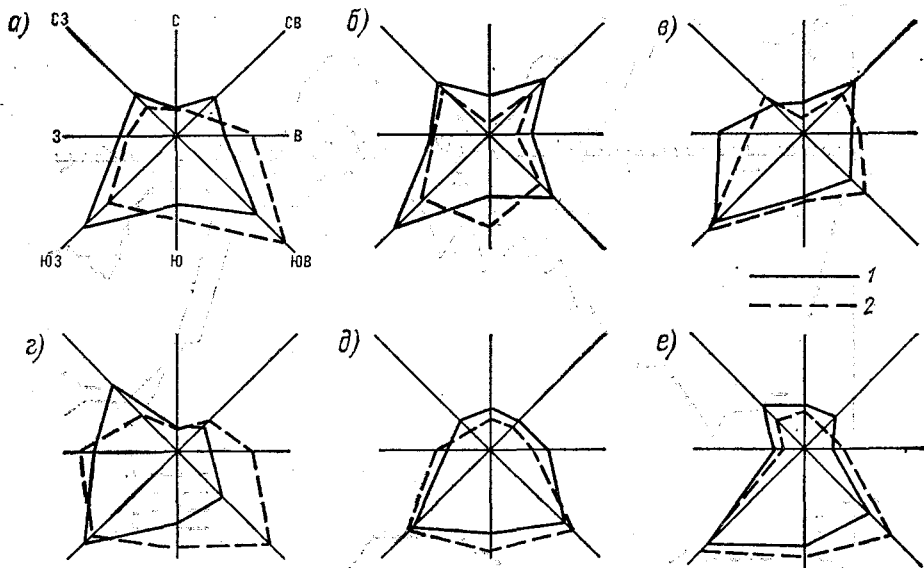


Рис. 2. Многолетние (1) и семилетние (2) розы ветров.

а — Тюри, б — Вильсанди, в — Вильянди, г — Тарту, д — Таллин, е — Нарва.

Увеличение повторяемости ветров юго-восточной четверти горизонта и уменьшение повторяемости ветров западной половины горизонта и северных ветров, наблюдаемое в данном районе повсеместно, свидетельствует о том, что в последние годы наблюдались некоторые отклонения преобладающих в этот период циркуляционных процессов от многолетних. Поскольку изменения роз ветров носят одинаковый характер на всех станциях, их нельзя отнести за счет изменения защищенности станций. Это в свою очередь служит подтверждением того, что изменение скорости ветра на территории Эстонии также является следствием естественной изменчивости атмосферных процессов и не связано с изменением условий окружающей местности.

Уменьшение скорости ветра в последние годы не является результатом изменения методики наблюдений, так как оно началось и проявилось наиболее отчетливо в период, предшествовавший замене флюгера анемометром и изменению сроков наблюдений. Аналогичные (чуть большие или меньшие колебания скорости ветра) наблюдались и раньше, как это видно из рис. 1.

На графике хода средних июльских скоростей ветра не обнаруживается таких четких колебаний уровня ряда, как для января (рис. 1б). Скорее можно видеть тенденцию к уменьшению скоростей ветра за весь рассмотренный период. Однако уменьшается скорость ветра на сравнительно небольшую величину.

В целях определения среднего уменьшения и увеличения скорости ветра за весь рассмотренный период и на его отдельных участках изменение скорости ветра оценивалось с помощью аппроксимации тренда линейной функцией методом наименьших квадратов. Пусть $\bar{v}_i = ai + b$, где i — номер члена ряда, \bar{v}_i — расчетная скорость в i -й год. Угловым коэффициентом a определяется по формуле

$$a = \frac{N \sum i \cdot v_i - \sum i \cdot \sum v_i}{\sum_{i=1}^N i^2 - N (\sum i)^2}$$

где i — номер года, v_i — средняя месячная скорость в i -й год, N — длина ряда. Для ряда без пропусков можно вычислить $\sum i$ и $\sum i^2$ и для него

$$a = \frac{6(N+1) \sum v_i - 12 \sum i \cdot v_i}{3N^2 - N - 2}$$

Таблица 1

Уменьшение средней месячной скорости ветра (см/с за год)

Станция	1952—1976 гг.		1967—1976 гг.	
	июль	январь	июль	январь
Ай-Петри	-1,0		4,5	
Бисер	-0,1	-0,2	2,7	0,5
Благовещенск	4,0	0,7	8,1	16,0
Вильсанди	2,7	1,5	7,2	-5,4
Вильянди	5,0	6,6	7,8	-2,2
Ворошиловград	5,1	6,6	4,5	14,9
Горький	4,4	7,0	-0,9	-8,1
Елатама	1,8	7,1	10,2	3,2
Златоуст	6,5	4,2	5,9	8,8
Киев	1,7	1,0	6,4	6,3
Комсомольск-на-Амуре	5,9	1,2	-1,5	-0,1
Кострома	9,0	14,6	9,7	10,9
Москва, с/х академия	-1,5	-2,6	13,2	4,3
Одесса	1,3	4,8	7,5	17,1
Пермь	1,0	3,7	2,4	-0,7
Рыбинск	3,6	7,2	17,2	12,2
Рязань	4,5	9,9	14,6	11,2
Сарапул		1,0		-11,3
Свердловск	1,1	3,3	-9,9	-8,5
Софийский Прииск	2,1	-3,3	7,1	-1,3
Умань	1,5	5,8	2,4	10,7
Чердынь	3,1	7,5	9,0	8,1
Эжимчан	1,4	-0,9	4,5	0,6

В табл. 1 приведены значения a , выраженные в см/с за год. По данным большей части станций четко видна тенденция к резкому убыванию скорости ветра в последнее десятилетие. Для 25-летнего периода это убывание меньше.

В результате выполненного исследования рядов средних месячных скоростей ветра можно сделать следующие выводы.

1. В последние 20 лет наблюдалось уменьшение скорости ветра.
2. Особенно резкое уменьшение скорости ветра наблюдалось зимой в период 1960—1970 гг., после 1970 г. оно либо прекратилось, либо замедлилось.
3. Уменьшение скорости ветра в последние 20 лет не связано с изменением методики наблюдений и изменением окружающей местности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гирс А. А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы.— Л.: Гидрометеоздат, 1971.— 280 с.

В. Э. Ницис

СПОСОБ РАСЧЕТА СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕПРЕРЫВНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО КОМПЛЕКСА

Характеристики временной структуры метеорологических рядов, такие, как непрерывная продолжительность заданных значений метеорологических элементов и др., в последнее время широко используются при решении прикладных задач.

Для определения этих характеристик была использована теория выбросов случайных процессов [1]. В выполненных до настоящего времени работах рассматривался одномерный случай. Поскольку, как правило, объекты находятся под воздействием не одного, а целого комплекса метеорологических условий, наибольший интерес представляют показатели непрерывной продолжительности комплекса метеорологических элементов.

Применение теории выбросов для многомерного случая встречает большие трудности, поэтому в практике не использовались климатические характеристики непрерывной продолжительности комплекса метеорологических элементов.

Вычисление этих климатических характеристик непосредственно по исходным временным рядам нескольких метеорологических элементов требует большого объема материала и трудоемкой обработки. Поэтому нами выполнены исследования статистических характеристик непрерывной продолжительности наиболее важного для практики температурно-влажностного комплекса. Был составлен и реализован на БЭСМ-6 алгоритм расчета непрерывной продолжительности для градаций относительной влажности 5% и температуры воздуха 5°C. Этот алгоритм применим для любых закрытых градаций и к любым комплексам. Изменение значений комплекса в промежутке между сроками наблюдений считается линейным.

Пусть имеется ряд двух метеорологических элементов

$$\Gamma = \{x_i, y_i\}_{i=1}^n.$$

Наблюдения за x_i, y_i проводились через интервал времени l . Градации метеоэлементов задаются заранее.

По минимальному и максимальному значениям элементов $\{x_i\}_{i=1}^n$ и $\{y_i\}_{i=1}^n$ определяется подобласть рассматриваемой сеточной области. Вычисление непрерывной продолжительности выполняется следующим образом.

Рассматривается первая пара значений элементов ряда (x_1, y_1) и (x_2, y_2) . Находятся те прямоугольники, в которые попали эти точки. Возможны два случая: точки лежат в одном и том же прямоугольнике, точки лежат в разных прямоугольниках.

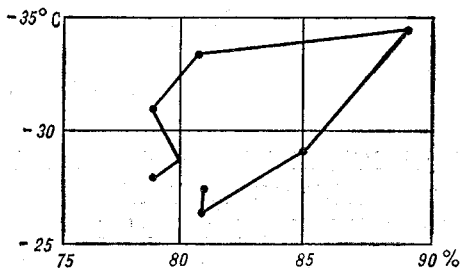


Рис. 1. Сеточная подобласть для температурно-влажностного комплекса.

В первом случае относим к непрерывной продолжительности данной градации величину l . Во втором случае прямая, соединяющая две точки, проходит через два или более прямоугольников. Промежуток времени l распределяется соответственно отрезками прямой между прямоугольниками.

После нанесения на такую сетку всего ряда составляется распределение периодов непрерывной продолжительности различной длительности для каждой градации.

Приведем пример расчета непрерывной продолжительности по ряду восьмисрочных наблюдений за температурой воздуха и относительной влажностью за одни сутки.

Пусть имеем следующие синхронные данные наблюдений за температурой и влажностью:

Время, ч	0	3	6	9	12	15	18	21
Температура воздуха, °С	-32,5	-33,4	-31,0	-25,2	-26,6	-28,7	-31,3	-32,0
Относительная влажность, %	84	84	80	76	84	86	85	86

По данному ряду построим рис. 1, на котором показана под-область значений температуры и влажности в ряду. Составляем траекторию движения точки с координатами x, y (температура, влажность) в подобласти в последовательные промежутки времени. Получаем периоды непрерывной продолжительности для различных градаций температуры и влажности:

Температура, °С	-35 . . .	-30 . . .	-35 . . .	-30 . . .	-35 . . .	-30 . . .
	. . . -30	. . . -25	. . . -30	. . . -25	. . . -30	. . . -25
Относительная влажность, %	75—80	75—80	80—85	80—85	85—90	85—90
Непрерывная продолжительность, ч	0,4	4,1	6,0	3,1	4,5	2,9

Далее для каждой градации в отдельности вычисляем статистические характеристики.

По данному алгоритму обработано шесть реализаций (1966—1971 гг.) срочных данных температуры и влажности за январь по ст. Тында. В результате обработки этого материала получены выборки значений непрерывной продолжительности.

Приведем выборку значений непрерывной продолжительности для градаций 75—79% и —30 ... —25,1°C (табл. 1). Выберем максимальное и минимальное значение непрерывной продолжительности и найдем величину градации для этого ряда по формуле Стерджеса:

$$K = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{1 + 3,322 \lg N} = \frac{11,1 - 0,0}{1 + 3,322 \lg 137} = 1,37,$$

где K — величина градации, N — объем выборки.

Таблица 1

Ряд значений непрерывной продолжительности для градаций относительной влажности 75—79% и температуры воздуха —30 ... —25,1°C

Год	Значения непрерывной продолжительности, ч
1966	3,8; 3,4; 0,5; 1,6; 1,0; 0,5; 0,1; 0,9; 0,6; 4,8; 1,9; 1,2; 3,4; 0,9; 1,8; 0,9; 1,5; 0,6; 0,3; 1,3; 2,1; 0,6
1967	0,6; 2,4; 0,5; 0,7; 3,9; 6,3; 4,3; 8,4; 3,2; 4,7; 3,2; 2,5; 8,1; 1,3; 0,6; 1,4; 0,4; 0,3; 0,2; 1,2; 1,8; 0,1; 0,3; 3,1; 2,8; 0,7; 0,2; 0,9; 5,1; 0,5
1968	1,5; 3,9; 0,2; 4,1; 0,8; 0,6; 1,5; 4,1; 2,1; 2,3; 0,6; 5,9; 1,5; 4,4; 2,1; 1,4; 6,4; 0,9; 3,1; 4,2; 0,2; 0,1; 4,2; 0,4; 9,5; 3,8; 0,7; 1,1; 5,8; 2,0; 1,2; 0,3
1969	Отсутствует данное сочетание температуры и влажности
1970	0,8; 5,3; 5,3; 3,9; 1,3; 2,9; 7,0; 2,5; 0,7; 0,7; 3,3; 0,3; 2,7; 1,4; 1,3; 1,6; 5,8; 3,8; 1,4; 4,7; 0,2; 4,4; 1,1; 1,2
1971	0,0; 2,6; 3,2; 3,7; 9,2; 0,7; 11,1; 2,8; 2,0; 4,9; 1,5; 2,6; 6,2; 1,0; 1,8; 0,1; 1,9; 1,3; 0,1; 4,0; 2,7; 1,2; 1,2; 3,3; 0,5; 0,7; 0,4; 0,2; 3,3

Построим гистограмму распределения непрерывной продолжительности комплекса (рис. 2). Рассчитаем среднее (\bar{T}) и среднее квадратическое (S_T) отклонения времени непрерывного пребывания в данной градации. Эти значения соответственно равны 2,4, 2,2 ч. Коэффициент вариации

$$C_V = \frac{S_T}{\bar{T}} = \frac{2,2}{2,4} = 0,91.$$

Поскольку C_V близок к единице, данное распределение может быть аппроксимировано экспоненциальной функцией.

Аппроксимация распределения времени непрерывной продолжительности комплекса некоторой теоретической функцией распределения позволяет рассчитать вероятность различных значений непрерывной продолжительности по известным параметрам этих

распределений. Целесообразно для этой цели подбирать простейшие функции с небольшим числом параметров.

Примеры расчетов, проведенные нами для различных градаций указанного выше ряда, позволяют думать, что в качестве такой функции можно использовать экспоненту.

Аппроксимируем в рассматриваемом нами случае распределение непрерывной продолжительности функций вида

$$f(T) = N \frac{1}{T} e^{-\frac{T}{T}} = N \cdot 0,42 e^{-0,42T}. \quad (1)$$

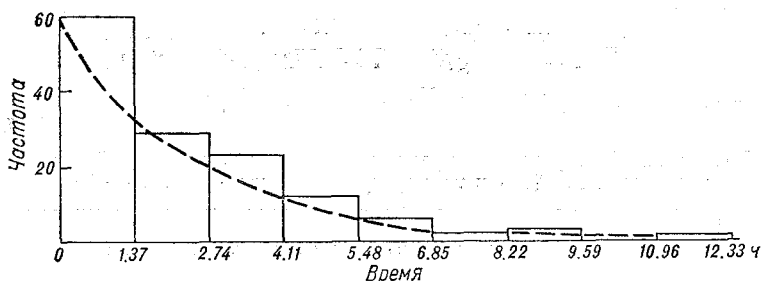


Рис. 2. Гистограмма распределения непрерывной продолжительности температурно-влажностного комплекса для градаций 75—79% и —30...—25,1°C.

В табл. 2 представлены теоретические (рассчитанные по (1)) и фактические частоты.

Таблица 2

Распределение непрерывной продолжительности комплекса

Частоты	0—1,37	1,37—2,74	2,74—4,11	4,11—5,48	5,48—6,85	6,85—8,22	8,22—9,59	9,59—10,96	10,96—12,33
Фактические	60	29	23	12	6	2	3	0	1
Теоретические	58	32	18	10	6	3	2	1	1

Объединим последние четыре градации в таблице и подсчитаем критерий Пирсона. Он равен $\chi^2 = 2,2$ при количестве степеней свободы $m = 3$. При уровне значимости 5% и $m = 3$ $\chi_0^2 = 7,8$. Так как $\chi_0^2 > \chi^2$, то гипотеза о согласии теоретического и фактического распределений принимается.

Таким образом, основную информацию о распределении непрерывной продолжительности температурно-влажностного комплекса несет средняя непрерывная продолжительность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каган Р. Л., Федорченко Е. И. О применении теории выбросов к исследованию температурных рядов.— Труды ГГО, 1970, вып. 267, с. 86—89.

В. Д. Шаповалова

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕОБЛАДАЮЩИХ ФОРМ ОБЛАЧНОСТИ ВО ВНЕТРОПИЧЕСКИХ ШИРОТАХ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ

Данная работа входит в цикл климатологических исследований облачности, выполненных на материале цифрового архива спутниковой информации по наблюдениям со спутников системы «Метеор», созданного ВНИИГМИ—МЦД и ГГО.

Методика преобразования видеоинформации об облачности в цифровую форму излагалась в ряде работ [2, 3]. Согласно принятой методике, данные по формам облаков представляются в виде преобладающей формы при первичной обработке облачного покрова в равновеликих четырехугольниках размером $\approx 310,2$ тыс. км².

Анализ яркости и структуры изображения облаков на снимках позволяет достаточно уверенно выявить следующие формы:

- кучевообразные;
- мощные кучевые и кучево-дождевые;
- слоистообразные;
- слоисто-кучевые облака.

Перистые облака при определении формы не выделяются, так как на фотоснимках они практически неразличимы, особенно в тех случаях, когда под ними располагаются более низкие облака.

До сих пор статистика форм облачности проводилась как по спутниковым, так и по наземным наблюдениям лишь по отдельным районам. Например, Л. С. Мининой [1] были составлены карты повторяемости кучевых и кучево-дождевых облаков за июль 1965 г. над районом Тихого океана, ограниченном 20° с. ш. и 20° ю. ш. Эти карты в свое время позволили получить ряд новых сведений об облачной системе внутритропической зоны конвергенции. Известно еще несколько работ также локального характера [4, 5]. Наиболее крупной из этих работ является исследование форм облачности над Европой [5].

Только после создания архива данных по четырем формам облаков появилась возможность проанализировать глобальные закономерности распределения облачных форм.

Основой для климатологических обобщений послужили ряды данных о преобладающей форме облаков, составленные отдельно для каждого квадрата, за четырехлетний период (1972—1975 гг.). За сутки преобладающая форма облаков отмечалась 2—3 раза (в зависимости от числа витков спутника). Следовательно, для каждого квадрата за месяц длина исходного ряда составляла около 300 случаев.

В качестве климатической характеристики нами выбрана абсолютная повторяемость облаков той или иной формы. Это значит, что за 100% принимается общее число случаев наблюдений для каждого квадрата (т. е. ≈ 300 случаев), включая и случаи с ясным небом.

Повторяемость данной формы облаков рассчитана для всех указанных квадратов и отнесена к их серединам. По этим данным были построены карты повторяемости различных форм облаков для июля и января. В июле основными формами являются кучевообразная и мощная кучевая и кучево-дождевая облачность, в январе — слоистообразная и кучевообразная. На остальные облака приходится всего несколько процентов. Поэтому строились карты повторяемости лишь указанных форм.

Картина распределения облаков различных форм в январе является довольно пестрой. Это связано отчасти с тем, что рассматривается не относительная, а абсолютная повторяемость облаков. Слоистообразная облачность (рис. 1) преобладает в умеренных широтах, к югу и к северу ее повторяемость уменьшается. Повторяемость кучевообразной облачности (рис. 2) в целом убывает в направлении с юга на север.

Однако на эту общую закономерность, связанную с действием основного климатообразующего фактора (распределение радиационного баланса и, как следствие этого, термического влияния подстилающей поверхности), накладываются особенности циркуляционных процессов, вызывающих значительную азональность распределения облачности. Вместе с тем распределение форм облаков значительно труднее увязать с характером атмосферной циркуляции в различных районах по сравнению с количеством облачности. Одна и та же форма облачности, как известно, может наблюдаться при различных синоптических условиях.

В январе на широтах от 40 до 60° с. ш. слоистообразная облачность наиболее часто наблюдается над Европой и океанами, где она имеет абсолютное преобладание как над другими формами облаков, так и по отношению к ясному небу. В районе исландской депрессии повторяемость слоистообразной облачности превышает 60%, над океанами ее повторяемость в основном больше 40%, а местами больше 50%. Реже наблюдается слоистообразная облачность над АТС и территорией Северной Америки, где ее повторяемость составляет 30—40 и 10—20% соответственно. Причина этого состоит в том, что в области сибирского и канадского антициклонов зимой преобладает ясная погода, в связи с чем естественно уменьшается абсолютная повторяемость любой формы облаков.

Относительная повторяемость слоистообразной облачности здесь должна быть большой, т. е. по сравнению с другими формами здесь чаще всего наблюдаются все же облака слоистых форм.

Над западной частью Северной Америки абсолютная повторяемость слоистообразной облачности мала, главным образом не за счет преобладания ясной погоды, а вследствие того, что здесь

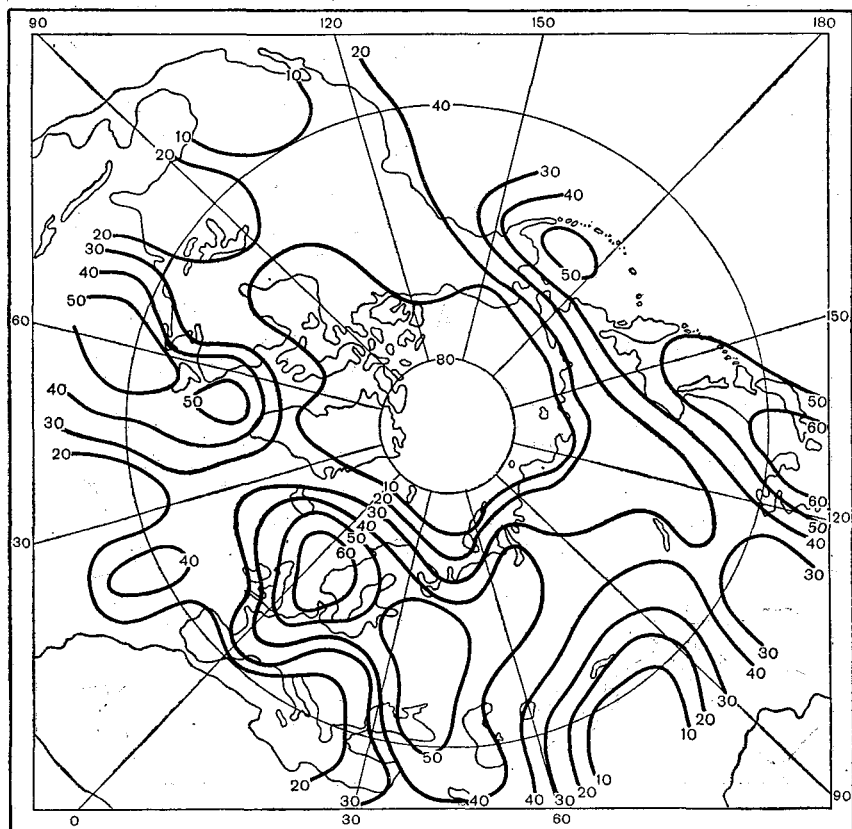


Рис. 1. Повторяемость (%) слоистообразной облачности. Январь.

часто образуются кучевообразные облака. Это связано с наличием высоких горных хребтов Кордильер, расположенных вдоль западного берега материка, которые способствуют восходящим движениям разной интенсивности над различными участками и размывают фронты в проходящих циклонах.

Южнее 40° с. ш. в целом вероятность слоистообразной облачности уменьшается как за счет возрастания повторяемости ясной погоды, так и за счет преобладания здесь кучевых форм благодаря термическому влиянию подстилающей поверхности. Абсолютная повторяемость кучевых облаков для большей части территории

субтропиков превышает 30%, достигая местами 60%. Исключением являются муссонные области Азии и Северной Америки, где почти одинаково часто наблюдаются как слоистообразные, так и кучевообразные облака (повторяемость и тех и других близка к 50%) и почти не бывает ясной погоды.

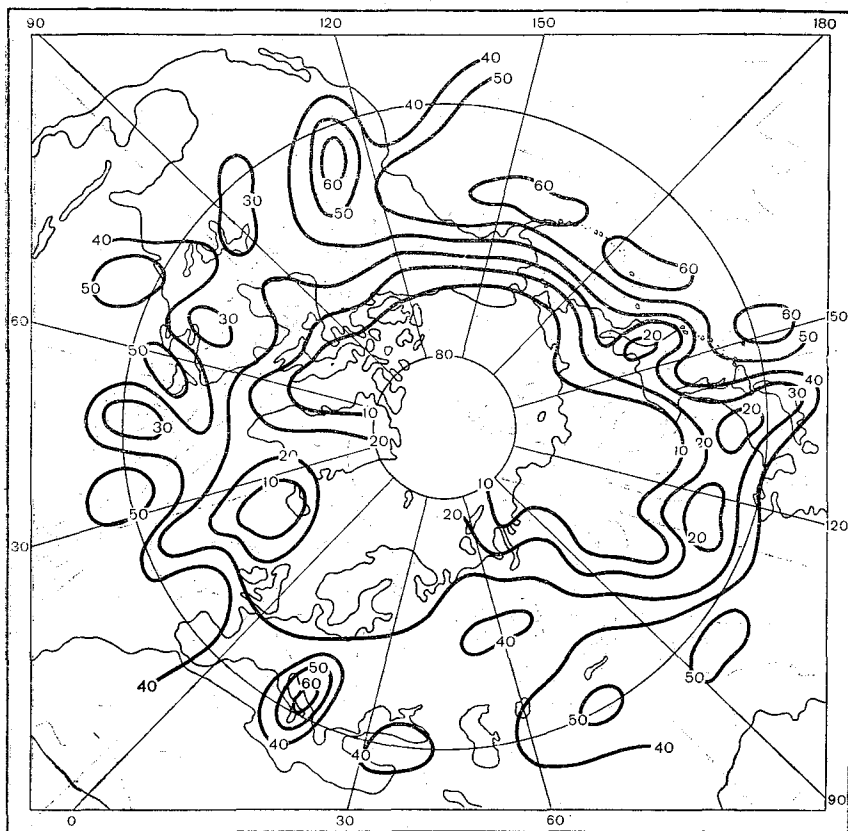


Рис. 2. Повторяемость (%) кучевообразной облачности. Январь.

В высоких широтах повторяемость как кучевообразной, так и слоистообразной облачности мала и не превышает 20%, потому что количество облачности здесь вообще мало.

В июле (рис. 3 и 4) картина распределения абсолютной повторяемости облаков является особенно пестрой. Повсеместно преобладают облака кучевых форм, причем, как правило, это преобладание выражено очень четко. Повторяемость кучевообразной облачности местами достигает 60—70% и более. Очаги повышенной повторяемости кучевообразной облачности (свыше 70%) расположены над южной частью Сибири, в районе Скандинавии и Англии, над Гренландией и у берегов Аляски. Сравнительно малая повто-

ряемость кучевообразной облачности приходится на южные засушливые районы континентов. Мощные кучевые и кучево-дождевые облака в умеренных и высоких широтах, естественно, наблюдаются значительно реже. Их повторяемость резко возрастает в районах развития тропических циклонов: у восточных берегов Северной

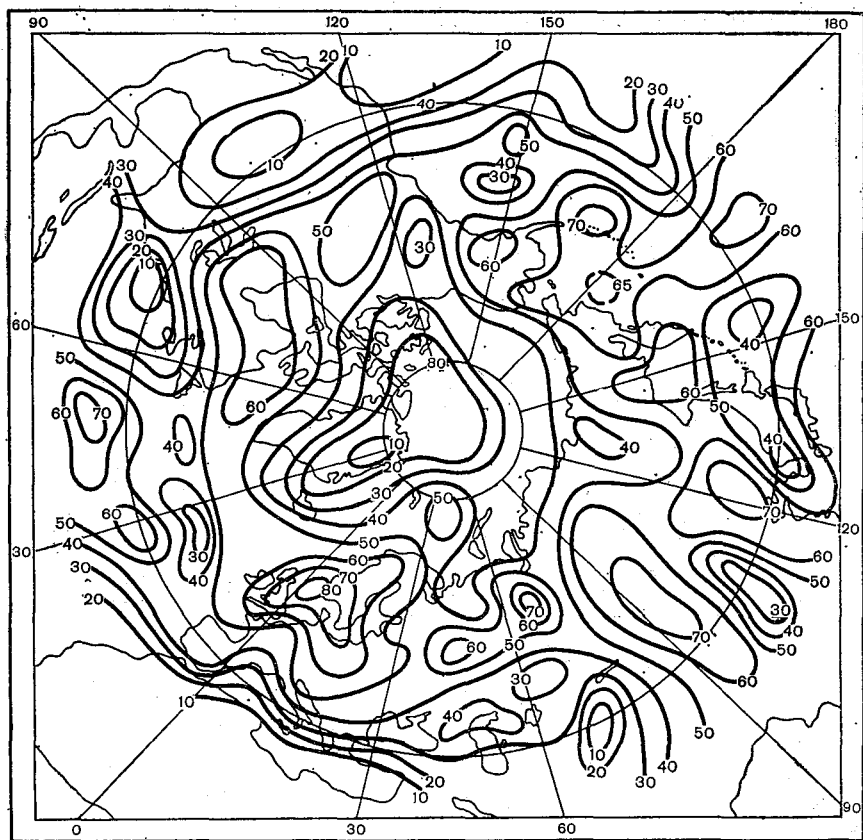


Рис. 3. Повторяемость (%) кучевообразной облачности. Июль.

Америки над Тихим океаном, а также над районами Мексики и юго-востоком США, где в летнее время года развивается интенсивная циклоническая деятельность на полярном фронте при большом влагосодержании континентального тропического воздуха.

Полученные карты позволяют выявить особенности географического распределения повторяемости форм облаков в глобальном масштабе. Провести достаточно подробное сравнение выявленных закономерностей с наземными данными не удастся из-за отсутствия аналогичных наземных карт. Можно лишь указать некоторые самые общие различия в распространении облачных форм при виде снизу и сверху.

Прежде всего по табличным данным видно, что при наземных наблюдениях во все сезоны и почти во всех районах преобладают слоисто-кучевые облака. По спутниковым данным, наоборот, слоисто-кучевые облака имеют очень малую повторяемость. По-видимому, с одной стороны, слоисто-кучевые облака сверху часто выглядят как слоистообразные, с другой стороны, наблюдатель из-за

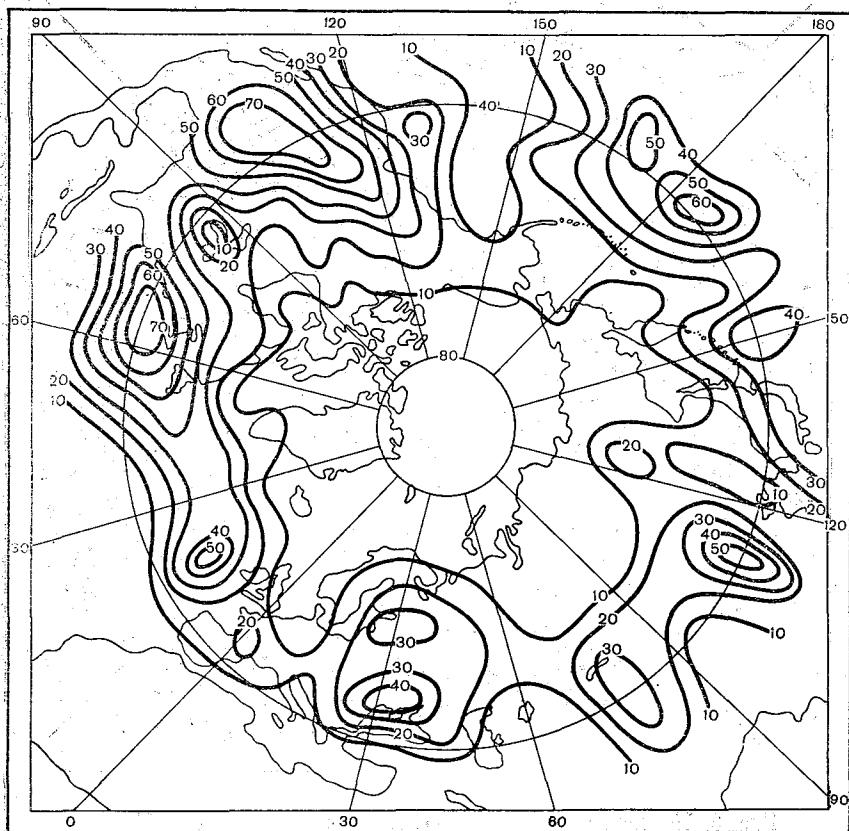


Рис. 4. Повторяемость (%) мощной кучевой и кучево-дождевой облачности. Июль.

небольшого обзора часто принимает мощные кучевые облака за слоисто-кучевые.

Картина распределения форм облаков, особенно кучевообразных в летнее время года, по спутниковым данным является значительно более пестрой, чем по наземным наблюдениям, насколько об этом можно судить по обобщенным наземным данным за геофизический год.

В дальнейшем представляется целесообразным провести по имеющимся наземным данным расчет площадных характеристик

различных форм облаков и после этого сопоставить климатические обобщения, выполненные по наземным и спутниковым данным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Минина Л. С., Каплина Л. И. Характеристика облачности холодных фронтов в низких широтах Тихого океана.— Труды Гидрометцентра СССР, 1969, вып. 41, с. 64—70

2. О преобразовании аналоговых изображений облачности, получаемых с ИСЗ.— В. И. Титов, Ю. В. Спиридонова, В. Н. Головлева, Т. Ш. Мусаелян.— Труды ВНИИГМИ—МЦД, 1976, вып. 2, с. 3—27.

3. Сравнение повторяемости ясного и пасмурного неба, полученной по наземным и спутниковым данным. Н. В. Кобышева, В. Д. Шаповалова, Л. А. Литвякова, З. Е. Чмутова.— Труды ВНИИГМИ—МЦД, 1977, вып. 42, с. 27—33.

4. Gisaytys Y. e. a. Investigation into the quantitative interpretations of brightness of Tiros films. Y. Gisaytys, H. Neuburger, H. A. Panovsky.— Trans. Amer. Geophys. Union, 1963, vol. 44, N 1.

5. Malberg H. Ein Beitrag zur Bewölkungs—klimatologie Europas und Atlantics anhand von Satellitenaufnahmen.— Met. Abhand. Ser. A, 1977, Bd. 1, Hf. 1, S. 111.

Г. В. Волобуева

СУТОЧНЫЕ СНЕГОНАКОПЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССИИ

Наряду со снегонакоплением, формируемым в течение всей зимы, важной характеристикой снежного покрова являются кратковременные и, в частности, суточные снегонакопления. Здесь и далее под снегонакоплением понимается масса накопленного снега — снеговая нагрузка на поверхность земли в $\text{кг}/\text{м}^2$, численно равная запасу воды в снеге в миллиметрах. Знание суточных снегонакоплений необходимо в первую очередь для расчета кратковременных снеговых нагрузок на сооружения. Количество выпавшего за сутки снега должно быть известно при планировании снегоуборки на городских улицах, шоссе и дорогах, при изучении давления снега на остекленные поверхности в парниково-тепличных хозяйствах и т. д.

Изучение суточных снегонакоплений можно проводить в двух направлениях: 1) изучение суточного прироста высоты снежного покрова, 2) изучение суточной суммы выпадающих твердых осадков. Оба метода имеют свои преимущества и недостатки.

Определение суточных значений снеговой нагрузки на поверхность земли по суточному приросту высоты снежного покрова, измеряемого по постоянным рейкам на открытых участках вблизи метеоплощадки, позволяет учесть объем выпавшего снега. Однако при переходе от объема к массе снега допускаются ошибки, так как определение плотности снега при ежедневной регистрации высоты снега не производится. Использование же какой-то осредненной плотности приводит к значительным неточностям ввиду того, что в зависимости от метеоусловий плотность свежевыпавшего снега может изменяться от 0,01 до 0,30 $\text{г}/\text{см}^3$, а при последующем выпадении жидких осадков до 0,60 $\text{г}/\text{см}^3$ [1]. И второе, не представляется возможным учесть величину сноса и надувания снега на небольшом участке.

Определение снеговых нагрузок по суточным суммам твердых осадков имеет то преимущество, что замеряется непосредственно слой воды в миллиметрах, содержащийся в снеге и численно равный массе снега в $\text{кг}/\text{м}^2$. Имеются два крупных недочета в этом

методе. Так, в Белоруссии даже в холодные месяцы (январь и февраль) осадки выпадают в жидком и смешанном виде (от 25—30% всех случаев на северо-востоке до 55—60% на юго-западе). Между тем измерение количества осадков по видам не производится.

Вторым недостатком является ветровой недоучет твердых осадков осадкомером. Но здесь уже существуют поправочные коэффициенты.

Распространение получил первый метод определения суточных снегонакоплений. В работах [2—6], выполненных в ГГО, рассмотрены вопросы расчета суточных снеговых нагрузок, распределения их по территории СССР, метеоусловия при сильных снегопадах. В основу положен учет случаев сильных снегопадов, давших прирост высоты снежного покрова за сутки ≥ 10 см. Для перехода к снеговым нагрузкам принято постоянное значение плотности снега, равное $0,11 \text{ г/см}^3$ (для большей части территории СССР, за исключением районов с большими скоростями ветра). Расчет проведен для 65 метеостанций на территории СССР; территория Белоруссии конкретно не рассматривалась.

В работе [7] по 10 станциям рассматривается суточное приращение высоты снежного покрова по территории БССР. Автор не ставил перед собой задачи перехода от приращения высоты снежного покрова к расчету снеговых нагрузок.

Для расчета суточных снегонакоплений на территории Белоруссии сделана попытка использовать оба метода. Это позволило бы увязать полученные по БССР значения с вычисленными по территории СССР [2—6] и дало бы возможность сравнить, а следовательно, оценить полученные результаты.

Расчет суточных снегонакоплений в БССР проведен по данным 41 станции за период с 1945 по 1975 г.

Расчет снегонакоплений по суточному приросту высоты снежного покрова. Расчет сводится к определению среднего значения и квантилей прироста высоты снежного покрова с последующим умножением на постоянное значение плотности, характерное для средних метеоусловий, при которых происходит выпадение осадков.

В Белоруссии в среднем за год наблюдается 70—90 дней с выпадением снега сухого или совместно с жидкими осадками (табл. 1). При этом нарастание высоты снежного покрова происходит лишь в 20—30 днях в году.

Как показывают данные табл. 1, в преобладающем большинстве случаев происходит образование снежного покрова небольшой высоты: 1 см почти в 50% случаев, до 5 см в 80—90%. Увеличение на 10 см и более отмечается не ежегодно, 3—7 раз в течение 10 лет.

Средний за год суточный прирост высоты снежного покрова, по нашим данным и по [7], составляет 2—3 см и определен с большой надежностью, учитывая значение средней квадратической изменчивости $\sigma = 2 \div 3$ [7] и 30-летний период наблюдений.

Однако наибольший интерес и значительные трудности при расчете представляет определение вероятности значительных суточных

снегонакоплений и максимально возможных значений определенной обеспеченности.

Таблица 1

Характеристики суточного прироста снега

Метеостанция	Число дней в году со снегом	Число дней в году с суточным приростом снега $\Delta h \geq 1$ см	Повторяемость суточного прироста высоты снега, см								Среднее за год Δh см
			≥ 1	≥ 2	≥ 3	≥ 5	≥ 8	≥ 10	≥ 15	≥ 20	
Витебск	94	33	100	49	28	12	3	2	0,2	0,1	2,2
Минск	92	29	100	56	35	17	5	2	0,5		2,7
Могилев	94	32	100	52	32	13	4	2	0,4	0,2	2,5
Гомель	86	24	100	57	37	17	6	3	0,4	0,1	2,8
Гродно	75	22	100	51	31	13	5	2	0,6	0,2	2,4
Брест	74	21	100	52	30	14	5	1,5			2,5
Пинск	72	21	100	52	32	14	6	2	0,5	0,2	2,6

Учитывая достаточно большой период наблюдений на станциях (более 30 лет), расчет обеспеченности суточного прироста высоты снега проведен по годовым максимумам.

Спрямление интегральных кривых проводилось с помощью клетчатки для кривых с умеренной асимметричностью (при коэффициенте асимметрии ряда $C_s \leq 1,0$) и клетчатки для кривых со значительной асимметрией (при $C_s > 1,0$). Полученные данные приведены в табл. 2.

Таблица 2

Суточный прирост высоты снежного покрова различной обеспеченности по БССР

Обеспеченность, %	Средний по БССР, см	Пределы колебаний, см	Средняя квадратическая пространственная изменчивость σ_n см
50	9	7—11	$\pm 1,05$
20	13	10—16	$\pm 1,5$
10	15	12—18	$\pm 1,7$
5	17	13—21	$\pm 2,3$
2	20	14—27	$\pm 3,2$

В распределении элемента по территории республики отсутствует строгая закономерность изменения, позволяющая проводить картирование. Однако намечается общая тенденция увеличения суточных снегонакоплений, в основном 50, 20, 10%-ной обеспеченности, в направлении роста общих за зиму снегонакоплений, т. е. с юго-запада к центральным возвышенным районам и к северо-восточным, более континентальным районам республики.

Так как наблюдения в одной точке (станции) недостаточно надежны и характерны для окружающего района из-за неточности

метода определения, микроклиматических особенностей местности, локального характера проявления элемента, возникла необходимость осреднения суточного прироста снежного покрова по территории. Учитывая аналогичный с общими за зиму снегонакоплениями характер распределения суточных снегонакоплений, в качестве районов осреднения были использованы районы снеговых нагрузок. Последние были уточнены по БССР с учетом физико-географических особенностей территории [8], что и позволило использовать их для осреднения и других характеристик снежного покрова.

На территории республики выделены три района. Количество станций по районам следующее: I район—7, II район—18, III район—16.

Осреднение внутри районов проведено путем построения объединенных по району кривых обеспеченностей [9]. Для построения последних осреднялись ранжированные ряды отдельных станций. Спрявление кривых проводилось в зависимости от значения коэффициента асимметрии C_s на клетчатке вероятности для кривых с умеренной или значительной асимметрией. Построение объединенных кривых позволяет с большей уверенностью экстраполировать кривые для получения значений малой обеспеченности (табл. 3).

Таблица 3

Суточный прирост высоты снежного покрова (см) по районам снеговых нагрузок

Район	\bar{x}	σ_B	При обеспеченности, %				
			20	10	5	2	1
I	8	3,5	10 (1,1)	13 (1,3)	15 (2,0)	20 (3,5)	26
II	9	3,7	12 (1,2)	15 (1,6)	17 (2,2)	20 (3,5)	23
III	10	3,6	13 (1,4)	15 (1,6)	17 (2,1)	19 (2,5)	21

Примечание. \bar{x} — средний из годовых максимумов, σ_B — временная изменчивость объединенного ряда. В скобках σ_n — пространственная изменчивость по району.

На территории БССР суточные максимумы прироста высоты снежного покрова, как средние, так и реже встречаемые (5—20%-ной обеспеченности), возрастают по мере увеличения суммарных за зиму снегонакоплений (с ростом номера района снеговых нагрузок). Однако на юге, западе и главным образом на юго-западе БССР (I район) возможны отдельные, очень редкие (обеспеченностью 1—2%) увеличения высоты снега за сутки, более значительные, чем в восточных районах республики.

Для перехода от суточного прироста высоты снега к снеговым нагрузкам, т. е. к массе снега, приходящейся на единицу площади (m^2) поверхности земли, использовано предложенное в [4] среднее

значение плотности снега, равное $0,11 \text{ г/см}^3$. Осредненные по районам значения массы суточных снегонакоплений представлены в табл. 6.

Полученные данные по максимальным суточным снегонакоплениям хорошо согласуются с данными отдельных станций на Европейской территории СССР, представленными в [4] (табл. 4).

Таблица 4

Суточные снеговые нагрузки (кг/м^2) различной обеспеченности по ЕТС

Станция	Район снеговых нагрузок	При обеспеченности, %	
		10	1
Пинск (БССР)	I	15	38
Василевичи (БССР)	II	18	37
Курск	III	20	36
Казань	IV	25	34

В пределах одного и того же широтного пояса максимальные суточные снегонакопления, наблюдаемые раз в 5—10 лет и чаще, возрастают с увеличением общих снеговых нагрузок, т. е. с ростом номера района. Для реже отмеченных суточных максимумов зависимость меняется на противоположную: отдельные снегопады в районах с небольшими зимними запасами снега бывают более обильными, чем в районах с большими снегонакоплениями.

Расчет снегонакоплений по суточной сумме осадков холодного полугодия. Суточная сумма осадков из-за частого и значительного включения жидкой фазы в осадки холодного полугодия непосредственно не может быть использована для расчета снеговых нагрузок. Между тем и игнорирование ее приводит к исключению из расчетов значительных снегопадов, сопровождающихся ветром или мокрым снегом, которые, создавая большие нагрузки на сооружение, обычно не приводят к значительному приросту высоты снега. И наоборот, при значительном суточном увеличении высоты снега фактические нагрузки зачастую бывают меньше расчетных из-за малой плотности снега. Следует отметить, что для БССР даты максимальных приростов высоты снега и даты максимальных снегопадов в основном не совпадают.

Суточные суммы осадков холодного полугодия можно использовать для расчета кратковременных, суточных снегонакоплений, только вводя определенные ограничения и условия. Прежде всего следует рассматривать лишь те случаи зимних осадков, которые привели к приросту высоты снежного покрова (Δh). Причем при $\Delta h = 2 \div 3 \text{ см}$ также в основном невозможны значительные нагрузки. Однако уже при 5-сантиметровом увеличении высоты снега возможны накопления снега до $20\text{--}30 \text{ кг/м}^2$, так как плотность снега может достигать $0,40\text{--}0,60 \text{ г/см}^3$ [10]. Именно это значение, $\Delta h =$

=5 см, и приняли за пороговое, начиная с которого проводился учет суточных сумм осадков. Твердые осадки (сухой снег) включались независимо от прироста высоты снега. Был проведен подсчет осадков за сутки с 07 до 07 ч (вместо 19—19 ч), так как именно эти осадки приводили к образованию измеряемого Δh снега. В расчет принимались только осадки, измеренные осадкомером. Для сохранения единого периода максимум осадков в годы, когда существовал дождемер, рассчитывался по значению Δh и средней плотности (γ) снега в данном месяце на данной станции, определенной как $\gamma = \frac{\sum R}{\sum 10\Delta h}$, где R — суточная сумма осадков по осадкомеру при $\Delta h \geq 5$ см. Кроме того, во всех случаях, когда суточный приrost снега 5 см и более образовывался в результате выпадения дождя, лишь впоследствии перешедшего в снег, производилось исключение суммы осадков, выпавших в жидком виде. В случае затруднения осадки рассчитывались по средней плотности.

Из полученных рядов суточных сумм осадков выбирались годовые максимумы. Для расчета обеспеченности использовались клетчатки для кривых с умеренной асимметрией или со значительной асимметрией.

Как и в случае с суточным приростом высоты снежного покрова, суточные суммы осадков различной обеспеченности рассчитывались по отдельным станциям с тем, чтобы оценить особенности распределения по территории республики (рис. 1).

Распределение значительных суточных снегонакоплений отличается большей пестротой. Несколько меньшие значения отмечены на западе республики, максимальные наблюдаются в двух больших очагах — на возвышенностях центра республики и на залесенных низинах юга. Причем во втором очаге они отличаются более частой пространственной повторяемостью.

Для получения более надежных характеристик суточных снегонакоплений проводилось осреднение полученных значений по районам снеговых нагрузок путем построения объединенных по району интегральных кривых. Объединение проводилось путем осреднения ординат интегральных кривых отдельных станций. Объединенная кривая более четко определена на клетчатке, полученные с ее помощью данные более надежны, чем по отдельной станции. Объединенная кривая позволяет экстраполировать значения суточных снегонакоплений до 1%-ной обеспеченности (табл. 5).

Зависимость среднего (50%-ная обеспеченность) из суточных максимумов осадков от общих за зиму снегонакоплений хорошо прослеживается. Обращают на себя внимание большие снегонакопления во II районе, что связано со значительными снегопадами на юге Белоруссии.

Наличие столь больших значений суточных снегонакоплений на юге Белоруссии и общее их увеличение на юге ЕТС связаны с влиянием южных циклонов. Проведенный синоптиками республики [10] анализ синоптических процессов, которые обуславливали интенсивные снегопады в течение последних лет, показал, что

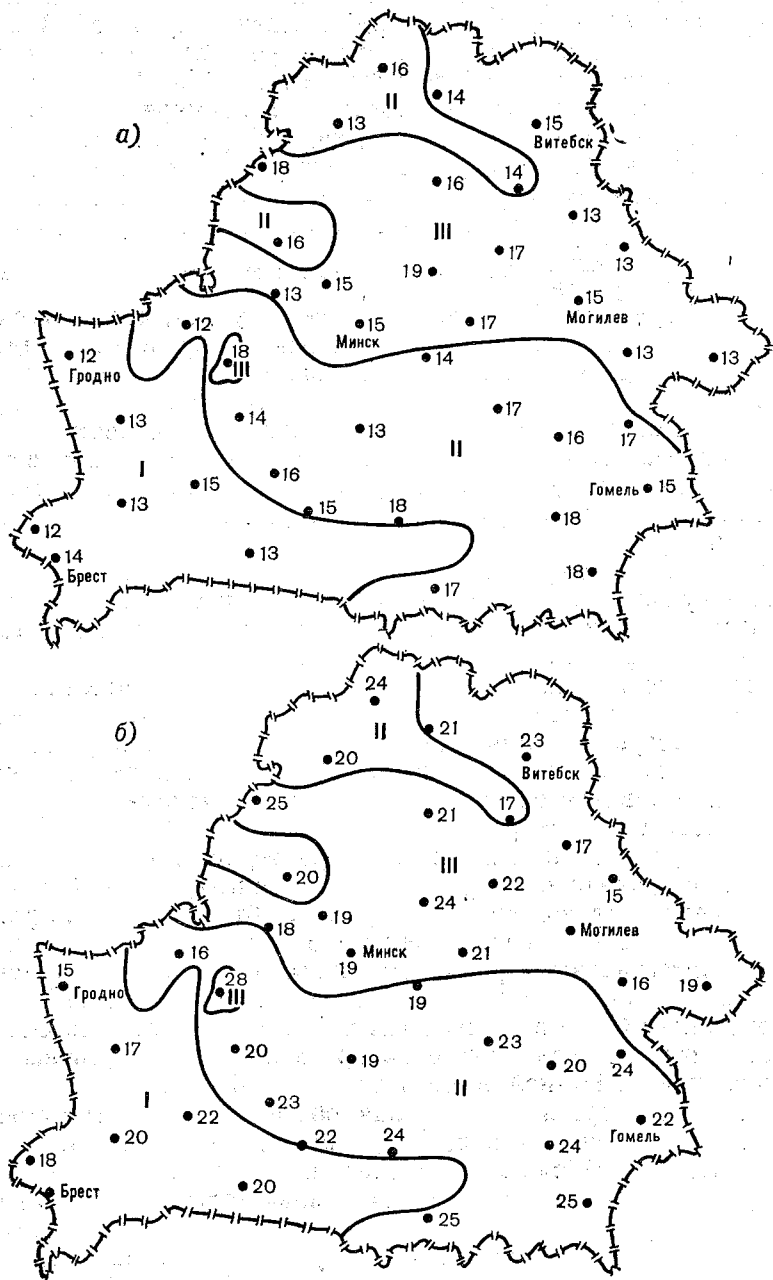


Рис. 1. Максимальная за год суточная сумма осадков при $\Delta h \geq 5$ см обеспеченностью 20% (а) и 5% (б).

Таблица 5

Осредненные по районам снеговых нагрузок суточные суммы осадков (мм) различной обеспеченности при Δh снега ≥ 5 см

Район снеговых нагрузок	При обеспеченности, %					
	50	20	10	5	2	1
I	9 (0,8)	13 (1,0)	15 (1,4)	18 (2,2)	21 (2,9)	24
II	10 (1,2)	15 (1,9)	18 (2,9)	21 (2,6)	26 (3,7)	29
III	11 (1,4)	15 (2,0)	18 (2,5)	20 (3,3)	24 (4,5)	26

Примечание. В скобках σ_n — пространственная изменчивость по району.

возникновение этих явлений связано с перемещением циклонов с запада и юга через Белоруссию. При этом большая повторяемость и наибольшая интенсивность снегопадов связаны обычно с выходом циклонов с юга. Следует отметить, что южные циклоны в ряде случаев оказывают влияние не на всю территорию республики. Так, по [10], территория юга БССР чаще подвержена действию южных циклонов, что и объясняет большую повторяемость здесь обильных снегопадов.

Таким образом, снеговые нагрузки на поверхность земли, обрабатываемые в течение суток, были определены двумя способами и показали сравнимые результаты (табл. 6).

Таблица 6

Суточные снегонакопления ($\text{кг}/\text{м}^2$) различной обеспеченности, определенные по суточному приросту Δh (1-я строка) и сумме осадков при $\Delta h \geq 5$ см (2-я строка)

Район	Обеспеченность, %					
	50	20	10	5	2	1
I	9	11	14	16	22	29
	9	13	15	18	22	24
II	10	13	16	19	22	25
	10	15	18	21	26	29
III	11	14	16	19	21	23
	11	15	18	20	24	26

Расхождения в основном не превышают $2 \text{ кг}/\text{м}^2$, и только для малых обеспеченностей (2 и 1%-ной), где точность расчета уменьшается, различия возрастают. Причем значение максимальной нагрузки, полученное по высоте снежного покрова, оказалось несколько ниже рассчитанного по суточной сумме осадков, что является в основном результатом имевшего иногда место сдувания

снега с открытой площадки и недоучета случаев выпадения смешанных осадков, плотность снега при которых в 2—3 раза превосходит расчетную (0,11 г/см³). Учитывая меньшие погрешности определения осадков, представляется более обоснованным использовать для характеристики суточных значений снеговых нагрузок на поверхность земли в Белоруссии значения, рассчитанные по суточной сумме осадков (табл. 7).

Таблица 7

Средние из максимальных за год суточных снегонакоплений по БССР и отношения снегонакоплений различной обеспеченности к средним

Район снеговых нагрузок	Средняя из максимальных за год, кг/м	Обеспеченность, %				
		20	10	5	2	1
I	9	1,4	1,7	2,0	2,4	2,7
II	10	1,5	1,8	2,1	2,6	2,9
III	11	1,4	1,6	1,8	2,2	2,4

Таким образом, в Белоруссии суточные снегонакопления изменяются с общим ростом зимних снегонакоплений, увеличиваясь для средних значений и меняя зависимость на обратную для величин малой обеспеченности. Сравнимость результатов расчета суточных снегонакоплений, полученных двумя методами, свидетельствует об объективности полученных данных. Они характеризуют снегонакопления на открытой местности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузьмин Н. П. Физические свойства снежного покрова.—Л.: Гидрометеиздат, 1957.—179 с.
2. Липовская В. И. Метеорологические условия при сильных снегопадах.—Труды ГГО, 1969, вып. 246, с. 90—93.
3. Липовская В. И. Кратковременные снеговые нагрузки.—Труды ГГО, 1971, вып. 283, с. 35—42.
4. Липовская В. И. Учет сильных снегопадов при определении снеговых нагрузок.—В кн.: Информационное письмо ГУГМС № 19. М., 1972, с. 152—157.
5. Заварина М. В., Липовская В. И. Районирование территории СССР по снеговой нагрузке на горизонтальную поверхность.—Метеорология и гидрология, 1973, вып. 9, с. 69—71.
6. Липовская В. И. Методика расчета снеговых нагрузок и сильных снегопадов.—В кн.: Информационное письмо ГУГМС № 20. М., 1976, с. 145—152.
7. Назарова И. В. О суточном приращении высоты снежного покрова на территории БССР.—Труды ВНИИГМИ—МЦД, 1976, вып. 27, с. 113—123.
8. Волобуева Г. В. О величине снеговых нагрузок на территории Белорусской ССР.—В кн.: Информационное письмо ГУГМС № 21. М., 1977, с. 15—22.
9. Крйцкй С. Н., Менкель М. Ф. О методике совместного анализа наблюдений за стоком гидрологических сходных бассейнов.—Труды ГГИ, 1970, вып. 180, с. 3—29.
10. Юбочников О. И. Осадки в Белоруссии, связанные с выходом южных циклонов.—В кн.: Сборник работ Минской гидрометеорологической обсерватории, Минск, 1962, вып. 4, с. 43—52.

В. Г. Глухов, М. Н. Мыгарев

К РАСЧЕТУ ПАРАМЕТРОВ ОБЛЕДЕНЕНИЯ ВЫСОТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПО КОСВЕННЫМ ДАННЫМ

Непрерывно расширяющееся строительство высотных сооружений, разнообразие их конструкций, различные климатические условия районов строительства делают исследования процессов образования гололедно-изморозевых отложений в пограничном слое атмосферы весьма актуальными и практически ценными. Данные, имеющиеся по этому вопросу в Строительных нормах и правилах [10], не могут удовлетворить запросы проектных и строительных организаций, так как не имеют строгого научного обоснования.

В настоящее время экспериментальные наблюдения за обледенением в пограничном слое производятся лишь в двух близко расположенных пунктах: Обнинске и Останкино (Москва). Данные этих уникальных наблюдений, обобщенные в [1, 6, 7], при всей их ценности не могут быть распространены на всю территорию нашей страны, отличающуюся большим разнообразием географических и климатических условий.

Расчет гололедных нагрузок на сооружения высотой 100 м и более над поверхностью земли по наземным данным является неоправданным и в большинстве случаев приводит к ошибочным результатам, поскольку процессы образования гололедно-изморозевых отложений в приземном слое и на больших высотах чаще всего протекают независимо друг от друга и далеко не всегда совпадают по времени. Это достаточно убедительно показали результаты наблюдений в Обнинске и Останкино [1, 2, 4, 6, 7].

Поэтому физически обоснованные расчеты параметров обледенения высотных сооружений на территории СССР могут быть выполнены лишь косвенным методом, с учетом основных факторов обледенения — наличия переохлажденных облаков или тумана, выпадения жидких осадков при отрицательной температуре или мокрого снега.

Такой метод, основанный на закономерностях физических процессов, приводящих к обледенению различных тел, был разработан ранее одним из авторов [2] и впоследствии уточнялся в работах

[3—5]. В частности, была рассчитана интенсивность обледенения элементов сооружений при выпадении переохлажденных жидких осадков [5]. Была также сделана попытка учесть влияние изменения размеров и формы обледеневающего элемента на точность расчета гололедной нагрузки [4]. Однако полученные и рекомендованные в [4, 9] поправочные коэффициенты, рассчитанные на основании теоретической зависимости эффективности инерционного осаждения от скорости ветра и размеров препятствия, как оказалось, не приводили к желаемому уточнению расчетных формул.

Тщательный анализ результатов сравнения гололедных нагрузок, рассчитанных косвенным методом, с соответствующими экспериментальными данными, приведенными в [4], показал, что относительная погрешность косвенного метода достаточно закономерно зависит от скорости ветра. Так, при малых скоростях расчетные формулы дают заниженные результаты, при больших — несколько завышенные. Такой характер погрешностей позволяет ввести в рабочие формулы поправки, зависящие от средней за период нарастания отложений скорости ветра (\bar{u}). Осредненные значения относительных ошибок и поправки даны в табл. 1.

Таблица 1

Погрешности косвенного метода расчета гололедных нагрузок и поправки к рабочим формулам

	\bar{u} м/с						
	1	2	3	4	5	6	7
r_p	-1,40	-1,15	-0,97	-0,84	-0,70	-0,56	-0,38
k	6,0	3,4	3,0	2,5	2,2	1,9	1,6

	\bar{u} м/с						
	8	10	12	14	16	18	20
r_p	-0,20	0,07	0,2	0,62	0,96	1,28	1,60
k	1,25	0,93	0,74	0,60	0,50	0,35	0,25

Примечание. r_p — относительная ошибка определения гололедной нагрузки косвенным методом: $r_p = \frac{p_p - p_a}{p_a}$, где p_p и p_a — соответственно расчетное и экспериментальное значение массы отложения; $k = p_a/p_p$ — поправка, вводимая в рабочую формулу.

В 1976 г. были разработаны и изданы «Рекомендации по расчету гололедных нагрузок на высотные сооружения», в которых изложен косвенный метод расчета веса гололедно-изморозевых отложений на круглый цилиндр (провод) диаметром 10 мм по данным метеорологических и аэрологических наблюдений за облаками, осадками, температурой воздуха и скоростью ветра. В соответствии

Таблица 2

Максимальные и вероятностные значения гололедных нагрузок в слое 100—600 м над поверхностью земли

Станция и использованный период наблюдений	Высота над поверх- ностью земли, м	P_{max} кг/пог. м	P_2 кг/пог. м	P_5 кг/пог. м	P_{10} кг/пог. м	P_{20} кг/пог. м
Архангельск, 1967—1976 гг.	100	0,6	0,3	0,4	0,6	0,9
	200	1,0	0,4	0,6	0,8	1,0
	300	3,6	1,5	2,5	3,5	5,5
	500	4,1	2,5	3,5	4,5	5,5
	600	6,3	3,0	4,5	6,0	8,0
Воейково, 1969—1976 гг.	100	1,0	0,6	0,9	1,2	1,7
	200	1,8	1,2	1,6	2,0	2,4
	300	2,8	1,6	2,4	3,0	3,9
	500	3,7	2,5	3,3	4,0	5,0
	600	3,2	2,5	3,0	3,5	4,0
Таллин, 1959—1970, 1973—1977 гг.	100	1,4	0,4	0,7	1,1	1,6
	200	1,6	0,6	1,1	1,6	2,4
	300	1,8	1,1	1,6	2,0	2,6
	500	4,2	1,6	2,5	3,4	4,6
	600	×	×	×	×	×
Каунас, 1960—1976 гг.	100	2,5	×	×	×	×
	200	2,7	×	×	×	×
	300	2,5	×	×	×	×
	500	2,3	×	×	×	×
	600	2,9	×	×	×	×
Мозырь, 1959—1969 гг.	100	2,2	1,4	1,8	2,1	2,5
	200	4,6	2,4	3,5	4,5	5,5
	300	5,2	2,8	4,0	5,0	6,3
	500	10,5	4,0	5,7	7,0	9,0
	600	12,5	4,4	6,2	7,8	10,0
Уфа, 1959—1976 гг.	100	0,8	0,4	0,6	0,8	1,2
	200	0,6	0,3	0,4	0,6	0,9
	300	2,0	1,2	1,6	2,0	2,8
	500	3,4	1,6	2,2	2,8	3,6
	600	5,2	3,0	3,8	4,5	5,5
Свердловск, 1970—1976 гг.	100	1,02	0,5	1,1	2,0	3,5
	200	1,9	0,6	1,5	2,7	4,8
	300	2,3	1,2	2,0	3,2	5,0
	500	5,1	2,0	3,3	4,7	6,7
	600	3,7	2,2	3,4	4,7	×
Шепетовка, 1959—1976 гг.	100	1,7	1,0	1,4	1,8	2,2
	200	3,2	0,8	1,5	2,3	3,3
	300	3,8	2,2	3,1	3,8	4,8
	500	5,8	4,2	4,8	5,1	5,6
	600	12,0	4,5	5,2	5,9	6,6
Кишинев, 1959—1977 гг.	100	0,8	0,2	0,4	0,6	1,0
	200	1,5	0,7	1,1	1,5	2,0
	300	2,4	1,8	2,1	2,3	2,5
	500	4,8	2,6	3,5	4,3	5,1
	600	5,5	3,2	4,3	5,2	6,2

Станция и использованный период наблюдений	Высота над поверх- ностью земли, м	$P_{\text{пак}}$ кг/пог. м	P_2 кг/пог. м	P_5 кг/пог. м	P_{10} кг/пог. м	P_{20} кг/пог. м
Пенза, 1967—1976 гг.	100	1,9	0,8	1,6	2,5	×
	200	6,2	3,2	4,7	6,2	×
	300	×	×	×	×	×
	500	8,9	7,0	8,0	8,8	9,5
	600	×	×	×	×	×
Оренбург, 1958—1976 гг.	100	1,1	0,4	0,6	0,9	1,4
	200	4,1	0,7	1,5	2,5	4,0
	300	×	×	×	×	×
	500	4,8	2,4	3,3	4,0	5,0
	600	×	×	×	×	×
Омск, 1957—1976 гг.	100	2,3	×	×	×	×
	200	2,3	0,4	0,9	1,5	×
	300	1,5	0,6	1,0	1,4	2,0
	500	2,2	0,8	1,2	1,6	2,2
	600	×	×	×	×	×
Кзыл-Орда, 1959—1975 гг.	100	1,2	0,4	0,7	1,0	1,3
	200	1,9	0,6	1,2	1,8	2,8
	300	2,0	0,9	1,5	2,1	2,9
	500	3,7	1,4	2,2	2,8	3,5
	600	4,0	1,6	2,5	3,3	4,4
Троицкий Прииск, 1959—1976 гг.	100	—	—	—	—	—
	200	—	—	—	—	—
	300	—	—	—	—	—
	500	0,5	0,3	0,4	0,5	0,6
	600	1,4	×	×	×	×
Якутск, 1959—1975 гг.	100	0,3	0,1	0,1	0,2	0,3
	200	0,5	0,4	0,6	0,8	1,2
	300	1,3	0,8	1,1	1,3	1,5
	500	3,0	1,2	1,9	2,6	3,5
	600	2,7	1,0	1,6	2,3	3,0
Николаевск-на- Амуре, 1955—1976 гг.	100	0,9	×	×	×	×
	200	2,6	×	×	×	×
	300	2,4	0,7	1,3	1,8	2,7
	500	2,6	1,1	1,9	2,8	×
	600	×	×	×	×	×
Терней, 1955—1976 гг.	100	×	×	×	×	×
	200	×	×	×	×	×
	300	1,0	×	×	×	×
	500	1,2	0,4	0,7	1,0	1,5
	600	1,2	0,5	0,7	×	×
Никольское (о. Беринга), 1958—1977 гг.	100	1,3	×	×	×	×
	200	0,9	0,2	0,4	0,6	0,9
	300	2,0	0,4	0,8	1,3	2,2
	500	15,7	1,8	3,7	6,0	9,5
	600	17,1	2,7	6,0	10,0	17,0

Станция и использованный период наблюдений	Высота над поверх- ностью земли, м	P_{\max} кг/пог. м	P_2 кг/пог. м	P_5 кг/пог. м	P_{10} кг/пог. м	P_{20} кг/пог. м
Петропавловск- Камчатский, 1966—1976 гг.	100	0,3	×	×	×	×
	200	0,3	×	×	×	×
	300	0,6	0,3	0,4	0,6	0,8
	500	3,2	1,5	2,4	3,4	4,8
	600	3,9	2,5	3,4	4,2	5,1
Воронеж, 1961—1976 гг.	100	×	×	×	×	×
	200	2,8	0,6	1,3	2,0	3,0
	300	4,5	2,0	3,0	3,8	4,7
	500	7,0	3,0	4,5	6,0	8,0
	600	9,0	3,9	5,6	7,2	9,3
Горький, 1966—1977 гг.	100	2,1	0,8	1,3	1,9	2,8
	200	5,7	2,0	3,0	4,2	5,1
	300	6,2	4,3	5,3	6,2	7,2
	500	9,9	6,8	8,7	10,2	12,5
	600	10,2	7,0	9,0	10,1	10,4
Сухиничи, 1960—1977 гг.	100	1,5	0,6	0,9	1,2	1,5
	200	2,0	1,0	1,4	1,8	2,3
	300	3,3	1,4	2,0	2,7	3,4
	500	7,3	3,8	5,4	6,7	7,8
	600	7,7	3,8	5,4	6,7	7,8
Ашхабад, 1959—1977 гг.	100	0,5	0,1	0,3	0,4	0,7
	200	0,8	0,2	0,4	0,7	0,9
	300	1,7	0,4	0,8	1,3	2,3
	500	2,1	0,8	1,0	1,2	1,4
	600	2,4	1,0	1,2	1,4	1,6
Фрунзе, 1960—1976 гг.	100	2,2	0,5	1,0	1,5	2,3
	200	2,0	0,6	1,1	1,7	2,5
	300	×	×	×	×	×
	500	×	×	×	×	×
	600	×	×	×	×	×
Мыс Шмидта, 1960—1971 гг.	100	1,2	0,7	1,0	1,2	1,5
	200	2,4	0,8	1,5	2,2	3,1
	300	3,0	1,0	1,8	2,6	3,8
	500	2,0	1,0	1,5	2,0	2,6
	600	2,1	1,1	1,7	2,3	3,0

с этими рекомендациями во многих гидрометобсерваториях были рассчитаны гололедные нагрузки на высотах 100, 200, 300, 500 и 600 м для одной-двух станций, находящихся на территории данного управления. Эти данные были уточнены в ГГО на основании поправочных коэффициентов, приведенных в табл. 1. После строгого контроля и анализа в итоговую таблицу были сведены результаты, полученные в 23 ГМО по 25 станциям. Они приведены в табл. 2. В этой таблице P_{\max} — максимальная за рассматриваемый период гололедная нагрузка; индексы «2», «5», «10» и «20» означают

периоды повторения нагрузки в годах. Вероятностные значения p определялись по методике, изложенной в [8, 9].

Знак \times в графах таблицы указывает на то, что вероятностные значения p не определены из-за того, что отсутствовал исходный материал или интегральные повторяемости значений нагрузок плохо укладывались на экстраполяционную прямую. Прочерки ставились в случае отсутствия на данном уровне условий обледенения в течение всего периода.

Из табл. 2 видно, что гололедные нагрузки в целом с высотой увеличиваются. Если на высоте 100 м их величина, возможная, например, 1 раз в 5 лет, колеблется от 0,1 до 1,8 кг/пог. м, то на высоте 600 м она может достигать, на отдельных станциях, 9 кг/пог. м. Возрастание массы отложения от одного уровня к другому в различных районах различно. Наиболее велико оно, судя по имеющимся данным, на станциях Мозырь, Пенза, Архангельск, Шепетовка, Никольское, Горький.

В то же время в некоторых пунктах наблюдается и уменьшение массы гололедно-изморозевых отложений с высотой в слоях толщиной 200—300 м. Это относится как к P_{\max} , так и к вероятностным значениям P . По-видимому, это объясняется частыми туманами у земли, инверсиями температуры на высотах или, при небольших периодах гололедообразования, возможным уменьшением средней скорости ветра с высотой.

Следует заметить, что, поскольку такие факторы гололедообразования, как мокрый снег, жидкие переохлажденные осадки, могут наблюдаться до высот 100—200 м и более, то в районах, где повторяемость переохлажденных облаков с высотой нижней границы 100—200 м мала, эти факторы будут вносить существенный вклад в образование гололедно-изморозевых отложений. Для таких районов значения нагрузок на уровнях 100—200 м могут быть в дальнейшем уточнены.

Результаты вычислений, помещенные в табл. 2, подтверждают излишнюю упрощенность метода расчета гололедных нагрузок на высотах 100 м и более, предложенного в СНиПе [10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойков В. П. К постановке наблюдений за гололедно-изморозевыми отложениями в нижнем 500-метровом слое атмосферы на телевизионной башне в Останкине (Москва).— Труды ЦВГМО, 1971, вып. 1, с. 131—139.

2. Глухов В. Г. Метеорологические условия образования гололеда на высотных сооружениях.— Л.: Гидрометеиздат, 1972.— 99 с.— (Труды ГГО. Вып. 311).

3. Глухов В. Г. К расчету гололедных нагрузок на высотные сооружения по аэроклиматическим характеристикам низкой облачности.— Труды ГГО, 1974, вып. 333, с. 33—37.

4. Глухов В. Г., Заварина М. В. О точности косвенного метода расчета гололедных нагрузок на высотные сооружения.— Труды ГГО, 1976, вып. 361, с. 43—50.

5. Глухов В. Г., Мытарев М. Н. К расчету интенсивности обледенения элементов сооружений при выпадении жидких осадков.— Труды ГГО, 1976, вып. 379, с. 11—15.

6. Клинов Ф. Я. Изморозь и гололед в нижнем 300-метровом слое атмосферы.— Л.: Гидрометеиздат, 1970.— 66 с.

7. Клинов Ф. Я., Бойков В. П. О гололедно-изморозевых отложениях в нижнем 500-метровом слое атмосферы по наблюдениям на телевизионной башне в Останкино.— Труды ГГО, 1974, вып. 333, с. 22—32.

8. Рекомендации по расчету климатических параметров гололедных и гололедно-ветровых нагрузок на провода воздушных линий.— Л.: Гидрометеиздат, 1974.— 34 с.

9. Рекомендации по расчету гололедных нагрузок на высотные сооружения.— Л.: Гидрометеиздат, 1976.— 22 с.

10. Строительные нормы и правила. СНиП П-6-74. Нагрузки и воздействия.— М.: Стройиздат, 1976.— 60 с.

А. Г. Захаров, С. Н. Соколова

ПЛОТНОСТЬ И МАССА ГОЛОЛЕДНО-ИЗМОРОЗЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ НА ЕТС .

В последние годы вопросу влияния физико-географических условий на характер и параметры гололедообразования посвящено много работ отдельных авторов [1, 4—8, 10]. В них доказано влияние рельефа местности на такие показатели, как число дней, повторяемость, плотность и размер гололедно-изморозевых отложений, на примерах различных физико-географических и административных районов СССР. Однако при тех или иных разработках применялись различные типизации форм рельефа, которые в основном характеризуют каждый отдельный регион. Наиболее универсальную классификацию типов рельефа предложил А. Н. Раевский [8]. Он обнаружил связи между распределением числа дней размеров отложений и характером рельефа на территории Украины. В дальнейшем по той же схеме А. В. Рудневой [10] получены аналогичные зависимости для территории СССР.

В связи с тем что на метеорологической сети массу гололедно-изморозевых отложений не всегда удастся измерить, для составления климатологического ряда необходимо производить ее расчет по размерам и плотности отложений.

При составлении карты гололедного районирования, помещенной в СНиПе [11], определение нормативной стенки гололеда производилось по средним расчетным значениям плотности (γ), различных видов отложений, полученным во Всесоюзном научно-исследовательском институте электроэнергетики (ВНИИЭ) [2]. Эти средние значения γ принимались одинаковыми для всей территории СССР: для гололеда 0,75 г/см³, смеси и мокрого снега 0,2, зернистой изморози 0,1 и кристаллической изморози 0,05 г/см³. Они были получены по данным сравнительно небольшого числа наблюдений, проводившихся в основном на равнинной части СССР.

Вместе с тем И. М. Белоусом [1] и Г. Н. Леухиной [6] были получены средние и экстремальные значения плотности различных видов отложений в разнообразных типах рельефа Казахстана и

Средней Азии. Заключение авторов этих работ о влиянии рельефа местности на плотность гололедно-изморозевых отложений подтверждают выводы М. В. Завариной [3] о необходимости уточнения γ в различных формах рельефа.

С целью обоснованного расчета гололедных нагрузок по переменному значению плотности отложений в зависимости от физико-географических условий в НИГМИ и ГМО рассчитаны средние значения плотности в различных типах рельефа. При этом в соответствии с Рекомендациями [9], составленными М. В. Завариной, определены типы рельефа, характерные не только для ЕТС, но и для всей территории СССР. Это:

I. Равнина, плоская или пересеченная небольшими оврагами, балками, пологими холмами с относительным превышением не более 50 м.

II. Долины рек, защищенные от гололедонесущего потока возвышенностями высотой более 50 м.

III. Долины рек, закрытые возвышенностями, но не защищенные от гололедонесущего потока.

IV. Подветренные склоны возвышенностей.

V. Наветренные склоны возвышенностей и крутых берегов больших рек.

VI. Вершины возвышенностей, водораздельные плато с относительной высотой более 50 м.

VII. Острова, открытые побережья.

Наветренные и подветренные, защищенные и незащищенные пункты определялись с учетом преобладающего направления ветра при гололедно-изморозевых отложениях.

Согласно этой типизации по материалам наблюдений за гололедными отложениями на 1036 метеорологических станциях, расположенных на Европейской территории СССР, были обобщены средние значения плотности ($\bar{\gamma}$) каждого из видов отложений. Они приведены в табл. 1. Общее число случаев за весь период инструментальных наблюдений составило 25 809.

Приводимые в таблице результаты показывают, что плотность разных видов отложений в различных физико-географических условиях неодинакова. Наибольшие из ее средних значений отмечаются в районах, не защищенных от преобладающего гололедонесущего потока. Это типы рельефа III, V, VI, VII. В условиях рельефа, защищенного от воздействия преобладающего потока (типы II и IV), значения плотности ниже, чем на равнине.

Кроме того, γ такого вида отложений, как гололед, ниже значения плотности, принятого в качестве расчетного в СНиПе. Для ЕТС оно составляет $0,56 \text{ г/см}^3$, что подтверждает результаты работы [3]. В пределах указанных типов рельефа плотность гололеда изменяется от $0,41 \text{ г/см}^3$ во II типе рельефа до $0,63 \text{ г/см}^3$ в V типе. Средние значения плотности смешанных отложений, зернистой изморози и мокрого снега оказались несколько выше значений γ , принятых к расчету гололедных нагрузок, и по ЕТС

Плотность гололедно-изморозевых отложений в различных физико-географических условиях

Тип рельефа	Гололед			Зернистая изморозь			Кристаллическая изморозь			Смешанное отложение			Мокрый снег		
	число стан-ций	γ	число случаев	число стан-ций	число случаев	γ	число стан-ций	число случаев	γ	число стан-ций	число случаев	γ	число стан-ций	число случаев	γ
I	409	1583	0,54	358	1526	0,12	354	4 153	0,05	409	1425	0,21	341	703	0,24
II	21	40	0,41	36	231	0,09	92	1 604	0,06	21	278	0,22	43	61	0,20
III	91	365	0,62	90	219	0,16	104	1 826	0,05	91	301	0,33	40	66	0,28
IV	37	250	0,45	68	353	0,12	64	895	0,06	37	311	0,25	40	83	0,22
V	90	653	0,63	91	665	0,17	86	1 408	0,05	90	799	0,29	66	146	0,23
VI	85	929	0,57	69	1458	0,19	79	1 795	0,07	85	927	0,26	48	108	0,27
VII	26	126	0,60	16	53	0,14	19	317	0,06	26	88	0,32	56	64	0,24
Среднее по ЕТС	759	3946	0,56	723	4505	0,15	798	11 998	0,05	759	4129	0,25	634	1231	0,24

соответственно равны 0,25, 0,15 и 0,24 г/см³. В пределах указанной типизации плотность отложений изменяется следующим образом: смесей — от 0,21 г/см³ в I типе до 0,33 г/см³ в III типе; зернистой изморози — от 0,09 г/см³ во II до 0,19 г/см³ в VI типе; мокрого снега — от 0,20 г/см³ во II до 0,27—0,28 г/см³ в III и VI типах. Если полученные средние значения γ этих видов отложений незначительно отличаются от расчетных, то разница значений γ в типах рельефа III и VI становится больше. Для более детальной иллюстрации были получены средние абсолютные и относительные отклонения расчетных значений γ_p от действительных γ . Они приведены в табл. 2.

Таблица 2

Абсолютные ($\Delta\gamma$ г/см³) и относительные ($r_\gamma\%$) отклонения расчетных значений плотности гололедно-изморозевых отложений

Тип рельефа	Гололед		Изморозь				Смешанное отложение		Мокрый снег	
			зернистая		кристаллическая					
	$\Delta\gamma$	r_γ	$\Delta\gamma$	r_γ	$\Delta\gamma$	r_γ	$\Delta\gamma$	r_γ	$\Delta\gamma$	r_γ
I	0,21	28	-0,02	-20	0	0	-0,01	-5	-0,04	-20
II	0,34	45	0,01	10	0	0	-0,02	-10	0	0
III	0,13	17	-0,06	-60	0	0	-0,13	-65	-0,08	-40
IV	0,30	40	-0,02	-20	-0,01	-20	-0,05	-25	-0,02	-10
V	0,12	16	-0,07	-70	0	0	-0,09	-45	-0,03	-15
VI	0,18	24	-0,09	-90	-0,02	-40	-0,06	-30	-0,07	-35
VII	0,15	20	-0,04	-40	-0,01	-20	-0,12	-60	-0,04	-20
Среднее по ЕТС	0,19	25	-0,05	-50	0	0	-0,05	-25	-0,04	-20

Известно, что гололедная нагрузка рассчитывается по формуле

$$P=78\gamma(ac-d^2) \text{ г/м,}$$

где γ — плотность отложения, г/см³; a и c — большой и малый диаметры отложения, см; d — диаметр провода, см. Поэтому приведенные в табл. 2 сравнения показывают, что в ряде случаев гололедная нагрузка, входящая в нормативный документ, может быть завышена. Знаки плюс и минус указывают соответственно на завышение и занижение расчетного значения. В других случаях неправильный расчет плотности отложений может привести к занижению нормативного параметра. Характерно, что наибольшие отрицательные относительные отклонения ($r \geq 45\%$) приходится на открытые типы рельефов, в условиях которых отмечается наибольшая повторяемость аварий и повреждений ЛЭП.

Из табл. 1 и 2 видно, что плотность кристаллической изморози мало изменяется на Европейской территории СССР от одного типа рельефа к другому и близка к расчетному значению 0,05 г/см³.

Причиной существенного воздействия рельефа местности на плотность гололедно-изморозевых отложений является изменчивость метеорологического режима соседних ороклиматических областей.

Количественные значения параметров гололедных отложений могут зависеть от таких метеорологических факторов, как влагосодержание воздушной массы, скорость ее перемещения, атмосферные явления (наличие твердых и жидких осадков) и др. Если изменение первого из них в значительной степени определяет изменение интенсивности гололедообразования, а в конечном итоге количество гололедного осадка, то второй — скорость ветра, способен формировать ту или иную плотность этого вида отложения. В подтверждение этому нами были получены средние взвешенные значения плотности различных видов гололедно-изморозевых образований при разных скоростях ветра. Они были получены по данным 3061 инструментального наблюдения на сети Мурманского управления Госкомгидромета, которая расположена на территории Кольского полуострова таким образом, что охватывает все семь типов рельефа из приводимой выше типизации. При этом использовалась максимальная за период гололедообразования скорость ветра. Результаты помещены в табл. 3.

Таблица 3

Плотность отложений (γ г/см³) и ее изменение при различных скоростях ветра

Вид отложений	Градации скорости ветра, м/с				
	0—4,0	4,1—8,0	8,1—12,0	12,1—16,0	> 16,0
Гололед	0,52	0,55	0,57	0,57	—
	<u>1,00</u>	<u>1,06</u>	<u>1,10</u>	<u>1,10</u>	—
Смешанные отложения	0,15	0,21	0,27	0,33	0,21
	<u>1,00</u>	<u>1,40</u>	<u>1,80</u>	<u>2,20</u>	<u>1,40</u>
Мокрый снег	0,19	0,24	0,38	—	—
	<u>1,00</u>	<u>1,26</u>	<u>2,00</u>	—	—
Зернистая изморозь	0,15	0,20	0,23	0,25	0,27
	<u>1,00</u>	<u>1,33</u>	<u>1,53</u>	<u>1,67</u>	<u>1,80</u>

Здесь в числителе даны средние взвешенные значения плотности различных отложений, а в знаменателе — ее изменение, равное отношению плотности при любой градации скорости ветра к плотности при начальной градации. Полученное распределение характеризуется увеличением плотности того или иного из представленных видов отложений с возрастанием скорости ветра. При этом наибольшее увеличение γ свойственно мокрому снегу, смешанным отложениям и зернистой изморози. Так, плотность мокрого

снега при изменении скорости ветра от 0 до 12 м/с может увеличиваться в 2 раза.

Таким образом, уточненные значения плотности различных видов гололедно-изморозевых отложений в зависимости от рельефа местности и представленные в табл. 1 данные позволяют более обоснованно подходить к расчету гололедных нагрузок на провода воздушных линий.

При крупномасштабном районировании по гололедным нагрузкам не менее важное значение имеет учет их зависимости от формы рельефа.

В ряде работ были получены определенные связи единичных гололедных нагрузок при синхронных гололедообразованиях и вероятностных (возможных раз в 10 лет) значений гололедных нагрузок с абсолютной высотой местности и защищенностью флюгера [4, 5]. В настоящей работе была сделана попытка определить изменение гололедных нагрузок в зависимости от формы рельефа с использованием типизации, примененной для исследования плотности отложений. Для этого были обобщены данные о массе (P) гололедно-изморозевых отложений на проводе гололедного станка различной обеспеченности, полученные климатологами НИГМИ и ГМО. Результаты обобщения приведены в табл. 4. В ней, кроме типа рельефа, дано число станций, расположенных в каждом из этих типов, значения массы отложения, возможные раз в 2, 5, 10, 15 и 20 лет, осредненные по совокупности станций, относящихся к одному из семи типов рельефа.

Таблица 4

Масса (P) гололедно-изморозевых отложений в различных типах рельефа

Тип рельефа	Число станций	P г/м, возможная раз в					K
		2	5	10	15	20	
I	339	40	80	130	200	240	1,0
II	87	20	50	80	110	130	0,6
III	104	50	100	170	230	460	1,3
IV	85	40	70	120	160	180	0,9
V	181	60	120	220	290	370	1,7
VI	127	90	190	290	400	500	2,2
VII	63	50	90	140	180	230	1,1

Из таблицы видно, что в открытых для гололедонесущего потока условиях рельефа (типы III, V, VI) гололедная нагрузка на проводе гололедного станка увеличивается от типа к типу. Для определения количественной зависимости P от типа рельефа в таблице приведен показатель K . Он численно равен отношению массы отложения P_{10} в различных типах рельефа к массе P_{10} на равнине, соответствующей I типу. Так, для III, V и VI типов K равен соответственно 1,3, 1,7 и 2,2. Наоборот, для закрытых от преобладающих потоков станций отмечается уменьшение массы

отложения по сравнению с равнинными (K для IV типа равно 0,9, для II типа — 0,6).

На островах и открытых побережьях масса отложения лишь незначительно возрастает по сравнению с равнинами ($K=1,1$).

Полученные зависимости массы гололедно-изморозевых отложений от физико-географических условий дадут возможность уточнить карты гололедного районирования, в особенности тех районов, где метеорологическая сеть не дает возможность осветить все разнообразие форм рельефа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоус И. М. Влияние физико-географических и метеорологических условий на плотность гололедно-изморозевых отложений.— Труды ГГО, 1970, вып. 265, с. 45—51.
2. Бургсдорф В. В., Муретов Н. С. Расчетные климатические условия для высоковольтных линий электропередачи.— М.: Госэнергоиздат, 1960.— 207 с. (Труды ВНИИЭ. Вып. 10).
3. Заварина М. В. Удельный вес гололедно-изморозевых отложений.— Труды ГГО, 1970, вып. 265, с. 30—45.
4. Заварина М. В., Ломилина Л. Е. Влияние холмистого рельефа на вес и толщину стенки гололеда.— Труды ГГО, 1976, вып. 379, с. 46—53.
5. Захаров А. Г. Влияние высоты места на величину гололедной нагрузки.— Труды ГГО, 1976, вып. 361, с. 38—42.
6. Леухина Г. Н. Гололедно-изморозевые явления и обледенение проводов в Средней Азии.— Л.: Гидрометеониздат, 1972.— 144 с. (Труды САРНИГМИ. Вып. 7(88)).
7. Олейникова Н. А. Плотность гололедно-изморозевых отложений на территории Украины.— Труды ГГО, 1974, вып. 333, с. 107—111.
8. Раевский А. Н. Влияние рельефа на распределение гололедно-изморозевых отложений.— Труды ОГМИ, 1961, вып. 23, с. 3—10.
9. Рекомендации по расчету климатических параметров гололедных и гололедно-ветровых нагрузок на провода воздушных линий.— Л.: Гидрометеониздат, 1974.— 36 с.
10. Руднева А. В. К вопросу о зависимости величины отложения льда на проводах от рельефа.— Труды ГГО, 1960, вып. 88, с. 25—29.
11. СНиП П-6-74. Нагрузки и воздействия.— М.: Стройиздат.— 60 с.

Ю. Н. Гуляев

О ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ НАРАСТАНИЯ ГОЛОЛЕДНО-ИЗМОРОЗЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Вопрос изучения продолжительности гололедно-изморозевых явлений имеет большое практическое значение, поскольку гололед и изморозь оказывают влияние на производственные процессы многих отраслей народного хозяйства: нарушают нормальную эксплуатацию линий связи и электропередачи, затрудняют работу железнодорожного транспорта, причиняют большой ущерб сельскому хозяйству и пр. Известно, что даже при небольших отложениях гололеда и изморози происходит затухание высокочастотных телеграфных каналов, утечка тока и резкое снижение слышимости телефонных переговоров [6]. Отложения гололеда и изморози приводят к вибрации и скручиванию проводов, отчего вязки проводов и сами провода в местах крепления быстро изнашиваются.

Очевидно, что чем больше продолжительность нарастания гололеда или изморози, тем они опаснее, поскольку возрастает и вероятность достижения особо опасных отложений. Однако вопрос этот до сих пор еще мало изучен.

Настоящая работа посвящена изучению различных характеристик продолжительности нарастания гололедно-изморозевых отложений, а также некоторым факторам, определяющим эту продолжительность.

В работе использованы данные «Справочника по климату СССР» и метеорологических ежемесячников (220 станций).

Анализ материала наблюдений над продолжительностью нарастания гололедно-изморозевых отложений на Европейской территории СССР (ЕТС) показал, что существует определенная зависимость между продолжительностью нарастания гололеда и изморози и типом рельефа (рис. 1.). При этом использовалась классификация типов рельефа Раевского [7].

Отнесение станции к тому или иному типу рельефа осуществлялось по данным описания их местоположения. Из рис. 1 видно, что для ЕТС связь продолжительности нарастания гололедно-изморозевых явлений с типом рельефа удовлетворительная. Существующий разброс точек можно объяснить тем, что при построении

графика использовались данные по продолжительности нарастания как гололеда, так и изморози, физика образования которых различна. К тому же в горных районах создаются особые условия для образования гололеда и изморози. Переохлажденный туман или облако наблюдаются в горах чаще, чем в долинах, так как открыто расположенные склоны гор и возвышенности гораздо чаще оказываются внутри облака, причем в наиболее водной ее части. Отсюда и различия в интенсивности явления, а следовательно, в продолжительности нарастания.

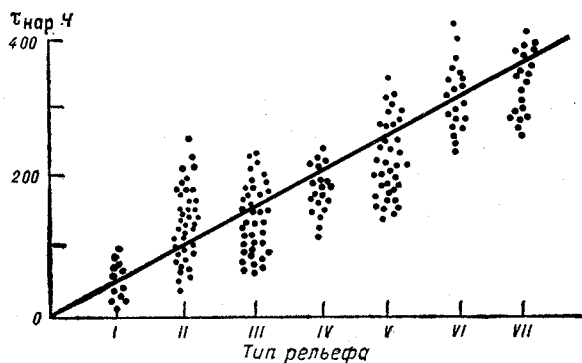


Рис. 1. График зависимости продолжительности нарастания обледенения от типа рельефа.

Наибольшая продолжительность нарастания гололедно-изморозевых отложений характерна для наветренных склонов гор и открытых возвышенностей, относительная высота которых превосходит на 20—50 м окружающую местность, т. е. для VI и VII типов рельефа.

Повышенная продолжительность нарастания отмечается также в центральных частях и на наветренных склонах небольших возвышенностей, которые относятся к V типу рельефа и часто встречаются на Европейской территории СССР.

Минимальная продолжительность нарастания и интенсивность гололедно-изморозевых отложений наблюдается на подветренных склонах возвышенностей и в долинах, защищенных от влагонесущего потока (I—III типы рельефа), а также на станциях, расположенных на отмелях, вдающихся в море, и других прибрежных станциях, которые ввиду малой повторяемости случаев гололеда также можно отнести к I типу рельефа.

Попытка установить зависимость продолжительности существования гололедно-изморозевого отложения от продолжительности его нарастания дала удовлетворительные результаты.

Как видно из рис. 2, чем больше продолжительность нарастания, тем больше продолжительность случая обледенения. Очевидно, что полученный график может иметь прогностическое значение, т. е., имея какую-то определенную продолжительность на-

растания гололедно-изморозевого явления, можно по ней с помощью подобного графика с определенной степенью вероятности определить, какова будет общая продолжительность случая обледенения.

Правда, график строился по средним многолетним данным наблюдений 220 метеорологических станций без учета местных особенностей районов, поэтому он подлежит уточнению с целью учета местных физико-географических особенностей районов, для которых необходимо получить подробную прогностическую зависимость.

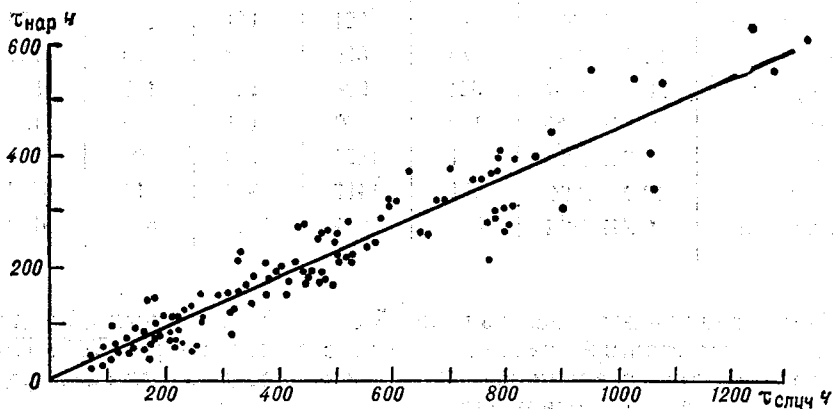


Рис. 2. График зависимости продолжительности случая обледенения от продолжительности нарастания.

Учет температурно-ветрового режима, повторяемости туманов, осадков позволит сделать эту корреляционную зависимость более надежной.

В результате анализа случаев гололедно-изморозевых явлений большой продолжительности на станциях Кольского полуострова было выделено 9 наиболее значительных случаев (табл. 1). Кольский полуостров представляет собой очень хороший полигон для исследований, здесь представлены все районы гололедности, а продолжительность (средняя) случая обледенения меняется от 50 ч на северном побережье до 5000 ч в Хибинах.

Из данных таблицы видно, что все случаи опасных отложений характеризуются, кроме большой продолжительности случая, значительной продолжительностью стадии нарастания гололедно-изморозевого отложения. Это естественно, от интенсивности и продолжительности стадии нарастания зависит величина отложения льда.

Рекордные по величине отложения отмечены в Хибинах на ст. Центральная. Максимальное значение большого диаметра на ст. Центральная достигло 1430 мм, а вес 9150 г, при этом наблюдалась и самая большая по продолжительности стадия нарастания (586 ч).

Случай особо опасных отложений гололеда и изморози на Кольском полуострове

Станция	Дата	Продолжительность, ч		Диаметр, мм	Толщина, мм	Масса, г
		нарастания	случая			
Перевал	9 XII 1965	150	267	219	166	437
Пулозеро	26 XI 1964	85	236	86	71	79
Краснощелье	26 XII 1967	70	624	134	128	256
Падун	28 XI 1966	78	318	58	29	104
Ковдор	14 XII 1967	334	908	125	105	552
Зашеек	12 XII 1969	100	469	111	80	152
Умба	16 XII 1967	471	1068	123	90	128
Юкспор	13 XI 1964	621	1417	932	414	3787
Центральная	4 XII 1964	586	904	1430	562	9150

Нами анализировались данные 15 станций различных областей ЕТС, причем станций, расположенных с севера на юг ЕТС. При этом выбирались станции только III типа рельефа. Для всех станций было рассчитано отношение

$$n = \frac{\tau_{\text{нар}}}{\tau_{\text{случ}}},$$

где $\tau_{\text{нар}}$ — продолжительность нарастания гололедно-изморозевых отложений, ч; $\tau_{\text{случ}}$ — продолжительность случая гололедно-изморозевых отложений, ч. В результате были получены значения n (табл. 2) для станций ЕТС, расположенных на различных широтах.

Таблица 2

Изменение показателей n с широтой

Станция	Продолжительность, ч		n	Станция	Продолжительность, ч		n
	нарастания	случая			нарастания	случая	
Варандей	161	740	0,217	Шацк	146	353	0,413
Мосеево	201	946	0,212	Нежин	148	319	0,463
Усть-Кулом	195	770	0,253	Приколотное	199	476	0,418
Суоярви	267	1186	0,225	Кировоград	190	423	0,449
Тихвин	100	393	0,264	Волноваха	387	808	0,479
Старицы	88	279	0,315	Аскания-Нова	151	277	0,545
Демидов	190	492	0,386	Кириловка	258	495	0,521
Иваново	174	430	0,404				

Из таблицы видно, что с севера на юг ЕТС продолжительность случая отложения $\tau_{\text{случ}}$ при одном и том же значении продолжительности нарастания отложения $\tau_{\text{нар}}$ уменьшается. Так, если на ст. Варандей (Архангельская область) $n=0,217$, то на ст. Демидов (Смоленская область) $n=0,386$, а на ст. Аскания-Нова (Херсонская область) n равно уже 0,545.

Возможная причина этого состоит в том, что на Европейскую территорию СССР приходят циклоны, возникающие либо в Атлантике, либо в Средиземноморье. Циклоны при движении по южным траекториям попадают на юг ЕТС в основном в неокклюдированном состоянии, с хорошо выраженным теплым сектором. Перед теплыми фронтами таких циклонов часто образуется гололед из осадков, выпадающих при отрицательных температурах. Затем во время прохождения теплового сектора циклона происходит повышение температуры и разрушение отложений гололеда.

С продвижением циклонов к северо-востоку происходит их окклюдирование и создаются условия для продолжительного существования отложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бургсдорф В. В., Муретов Н. С. Расчетные климатические условия для высоковольтных линий электропередачи.— М.: Госэнергоиздат, 1960.— 208 с.— (Труды ВНИИЭ. Вып. 10).

2. Бучинский Б. Е. Гололед и борьба с ним.— Л.: Гидрометеиздат, 1969.— 192 с.

3. Глухов В. Г. О продолжительности гололедно-изморозевых явлений в приземном слое атмосферы.— Труды ГГО, 1976, вып. 361, с. 95—102.

4. Заварина М. В. Строительная климатология.— Л.: Гидрометеиздат, 1976.— 336 с.

5. Климов М. А. Влияние гололедообразований на работу ВЧ связей.— Электросвязь, 1947, № 10, с. 4—6.

6. Раевский А. Н. Влияние особенностей рельефа на распределение гололедных отложений.— Труды ГГО, 1961, вып. 122, с. 45—52.

7. Руднева А. В. Гололед и обледенение проводов на территории СССР.— Л.: Гидрометеиздат, 1961.— 175 с.

А. В. Руднева

РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ СССР ПО ОТЛОЖЕНИЯМ ГОЛОЛЕДА

Прошло более 10 лет с тех пор, как была опубликована карта гололедного районирования по толщине стенки гололеда в строительных нормах [12], позже переизданная без существенных изменений в новых Строительных нормах и правилах [11]. Указанная карта представляет собой первое обобщение многолетних материалов инструментальных наблюдений над гололедно-изморозевыми отложениями, проводимых на сети метеорологических станций. Методика построения карты изложена в работах [2, 3, 8]. При построении этой карты были использованы статистические методы обработки материалов наблюдений, значения толщины стенки гололеда заданной вероятности определялись с помощью экстраполяции кривой распределения вероятностей различных отложений [2, 3, 8]. При этом необходимо подчеркнуть, что построение вероятностных кривых проводилось не всегда на достаточно большом материале наблюдений. За это время период инструментальных наблюдений над обледенением проводов на гололедных станках на метеорологических станциях увеличился, хотя он и в настоящее время невелик (не более 20 лет). Последнее особенно относится к Азиатской территории СССР и горным районам. Кроме того, за последние годы проводились научные исследования по дальнейшему изучению гололедно-изморозевых явлений в различных районах СССР и по уточнению поправочного коэффициента для пересчета гололедной нагрузки с проводов гололедного станка на провода воздушных линий. Указанные выше обстоятельства и практика использования карты вызвали необходимость ее уточнения.

Для уточнения этой карты использованы следующие материалы:

1. Данные инструментальных наблюдений над гололедно-изморозевыми отложениями на метеостанциях за более длительный период наблюдений по сравнению с картой действующих СНиПов (1976 г.), обработанные в гидрометобсерваториях в соответствии с Рекомендациями [7].

2. Данные специальных наблюдений над обледенением проводов на рабочих уровнях воздушных линий электропередачи некоторых энергосистем, полученные в соответствии с Методическими указаниями ГГО [5].

3. Результаты научных исследований по дальнейшему изучению гололедно-изморозевых явлений в различных районах СССР.

4. Сведения об авариях ЛЭП и линий связи, помещенные в технических обзорах гололедно-изморозевых явлений за период 1970—1976 гг., составленных в гидрометобсерваториях.

Районирование выполнено по толщине нормативной стенки гололеда, возможно один раз в 10 лет, в соответствии с требованиями СНиПа.

Нормативная стенка гололеда получена в результате приведения гололедно-изморозевого отложения на гололедном станке к отложению цилиндрической формы, к плотности, равной $0,9 \text{ г/см}^3$, диаметру провода 10 мм и высоте подвеса 10 м при переменном поправочном коэффициенте в зависимости от метеорологических условий гололедообразования в соответствии с Рекомендациями ГГО [7].

Районы гололедности определялись по нормативной толщине стенки (b), возможной раз в 10 лет в соответствии с градациями, принятыми ранее в СНиПе:

Район	I	II	III	IV	V (особый)
b мм	$\leq 7,4$	7,5—12,4	12,5—17,4	17,5—22,4	$> 22,4$

При составлении карты учитывались физико-географические и синоптические условия гололедообразования, характер подстилающей поверхности, зависимость повторяемости и интенсивности гололеда и изморози от рельефа места (высота, экспозиция, форма) [4, 6, 8, 9], а также сведения энергосистем об авариях воздушных линий.

Анализ вновь построенной карты (масштаб 1:7 500 000) гололедного районирования территории Советского Союза (рис. 1) показывает, что она заметно изменилась по сравнению с картой действующих СНиПов (1976 г.), особенно для азиатской части. Последнее обстоятельство объясняется, главным образом, довольно значительным увеличением периода инструментальных наблюдений над обледенением проводов на метеостанциях, что привело в свою очередь к увеличению числа метеостанций, использованных для расчета нормативной стенки гололеда.

Европейская территория СССР. На рассматриваемой территории наблюдаются все виды отложения (гололед, изморозь и мокрый снег). Продолжительность обледенения проводов составляет около 500 ч в год, в горных районах она увеличивается до 1000 ч, а на севере и на юго-западе обледенение проводов продолжается около 200 ч в год. В тундровой зоне (примерно до 65° с. ш.) большую площадь занимает II район гололедности. На территории Кольского полуострова наблюдается гололед от I до особого района.

Здесь, в долине р. Лотты, по данным станций Ниванкюль, Янискоски и Верховье р. Лотты, а также северо-восточнее Тиманского края, на побережье Онежской и Двинской губы (в отличие от СНИПа) выделен I район гололедности. На территории Карелии гололедное районирование имеет более сложный характер, чем оно представлено в СНИПе. Здесь, кроме II района, прослеживается и I район. Южнее, в лесной зоне (65—55° с. ш.), характеризующейся меньшей скоростью ветра по сравнению с тундровой зоной, увеличивается площадь I района гололедности, что особенно заметно до широты 60°. На территории этой зоны наблюдается гололедность первых трех районов. Здесь (в отличие от СНИПа) выделены I район гололедности в долине р. Свирь и II район на побережье Финского залива севернее Пяру.

Лесостепная и степная зоны (южнее 55° с. ш.) характеризуются наибольшей на ЕТС интенсивностью гололедообразования, что объясняется наиболее благоприятными физико-географическими и синоптическими условиями, а также влиянием южных морей. Здесь имеют место все пять районов гололедности. Существенные изменения по сравнению со СНИПом отмечаются на Волыно-Подольской возвышенности и в прибрежной зоне.

В горных районах Урала, Кавказа и Крыма гололедные нагрузки I района наблюдаются в защищенных долинах, а особого района — в верхней открытой части гор.

Западная Сибирь и Казахстан. На территории Западной Сибири, удаленной от Атлантики, создаются менее благоприятные условия для гололедообразования, чем на ЕТС. Здесь зачастую обледенение проводов наблюдается в виде изморози. Продолжительность обледенения составляет около 500 ч в год.

В тундровой зоне (примерно до 65—68° с. ш.) рассматриваемая территория почти вся занята II районом гололедности. Гололедность повышается на восточной части побережья (III район).

В лесной зоне (до 55° с. ш.) гололедно-изморозевые отложения наблюдаются небольшой интенсивности, что соответствует гололедности I района. В долине р. Обь на участке Ханты-Мансийск — Сургут, в южной части Тюменской и Омской областей, а также на наветренных склонах возвышенностей гололедность повышается (II и III районы).

В горах Алтая могут наблюдаться все виды отложений, особенно мокрого снега. Здесь в зависимости от высоты, экспозиции и типа рельефа могут быть различные гололедные нагрузки, от I района до особого.

В Казахстане обледенение наблюдается при различных видах отложения, продолжительность обледенения составляет около 500 ч в год. Здесь на значительной части территории отмечаются гололедные нагрузки II района (вместо III района по СНИПу). Район I занимает сравнительно небольшую территорию на северо-западе (южнее Кустаная), а также защищенные места и долины. Район III занимает небольшую территорию Казахского мелкосопочника.

В районе г. Аркалыка и на плато вдоль Аральского моря можно ожидать гололедные нагрузки IV района и даже V (особого).

В горных районах Казахстана имеют место все пять районов гололедности.

Восточная Сибирь и Дальний Восток. В северных районах Восточной Сибири и Дальнего Востока наблюдаются все виды отложений, а на остальной территории главным образом изморозь или мокрый снег.

На большей части территории Колымской низменности гололедно-изморозевые отложения достигают гололедности II района. Южная часть Северо-Сибирской низменности и вся обширная территория Среднесибирского плоскогорья характеризуются слабой интенсивностью гололедообразования (I район). Обледенение проводов здесь наблюдается главным образом при отложении изморози.

На территории Прибайкалья и Забайкалья имеются более благоприятные для гололедообразования физико-географические и синоптические условия по сравнению с территорией Среднесибирского плоскогорья. Здесь основными видами отложений на провода являются изморозь и реже мокрый снег. Продолжительность обледенения проводов колеблется от 200 ч в северной части до 500 ч в год на юге территории. На возвышенных и открытых местах можно ожидать гололедность II района.

В Восточных Саянах можно выделить II и III районы гололедности до высоты приблизительно 1000 м. В Западных Саянах, в долинах Большого и Малого Енисея, выделен I район гололедности.

В Забайкалье гололед почти не наблюдается, и обледенение проводов здесь происходит при отложении изморози или мокрого снега. Гололедное районирование этой территории существенно уточнено за счет инструментальных наблюдений. В результате учета этих данных и закономерности изменения повторяемости изморози с высотой [9] на рассматриваемой территории выделены гололедные нагрузки I района, наблюдающиеся преимущественно в долинах и на высоте примерно до 1000 м, и гололедные нагрузки II района — в горах на высоте выше 1000 м.

В северной части Прибайкалья и Забайкалья в горах при отложении мокрого снега бывают гололедные нагрузки, превышающие нагрузки II района. В южной части максимальный диаметр отложения мокрого снега на проводах воздушных линий может достигать 110—120 мм.

Дальний Восток характеризуется горным рельефом и большой протяженностью с севера на юг. Гололед здесь — редкое явление. Обледенение проводов наблюдается преимущественно при отложении изморози и мокрого снега. Последний представляет наибольшую опасность для воздушных линий.

На территории Приамурья и Приморья имеются все пять районов гололедности. Гололедные нагрузки I района наблюдаются

в низменных местах вдоль р. Амура (до Хабаровска) и р. Уссури, в районе озера Ханка и в защищенных горных долинах.

Гололедные нагрузки II района отмечаются в Нижнеамурской низменности, у подножья гор Сихотэ-Алиня и Бурейнского хребта. Данные наблюдения в районе Сихотэ-Алиня показывают, что здесь гололедные нагрузки III района наблюдаются на наветренных склонах на высоте примерно 500 м и на побережье южнее бухты Де-Кастри, гололедные нагрузки IV района — в верхней части гор Сихотэ-Алиня, а также на побережье в открытых местах севернее бухты Де-Кастри и в прилегающих горных районах.

Все побережье Дальнего Востока от Магадана до Чумикаина, а также Шантарские острова характеризуются гололедностью особого района.

Для Сахалина и Камчатки характерно интенсивное гололедообразование. На Сахалине гололед наблюдается редко, особенно в южной его части, наиболее часто отмечается мокрый снег (10—15 дней в год). Обледенение проводов здесь наблюдается главным образом при отложении мокрого снега и изморози. Для Сахалина характерны гололедные нагрузки от I до V района. Наименьшей интенсивностью гололедообразования (I район) отличаются долина р. Поронай, расположенная между горными хребтами, и северная часть западного и восточного побережий. Гололедные нагрузки II района наблюдаются в равнинной северной части острова и в предгорье между хребтами. Более интенсивное гололедообразование (III район) отмечается на северной оконечности острова, в нижней части долины р. Поронай, на наветренных склонах гор и в открытых долинах, а также на открытых участках побережья. Гололедные нагрузки IV района имеют место на наветренных склонах и в открытых долинах. Наибольшей интенсивностью гололедообразования (особый район) характеризуется почти все побережье залива Терпения.

Территория Камчатки преимущественно горного характера. Основным и опасным видом отложений здесь является мокрый снег. Продолжительность обледенения составляет около 200 ч на западном побережье и около 500 ч на восточном побережье и в долине р. Камчатки.

На рассматриваемой территории, исключая горные районы, наибольшие гололедные нагрузки (особый район) наблюдаются в районе Петропавловска-Камчатского и Ключей, а также на северном побережье Карагинского залива. Гололедные нагрузки IV района отмечаются на восточном побережье и в районе Ключей, а нагрузки III района — в долине р. Камчатки, в менее открытых местах восточного побережья и в южной части западного побережья. Наименьшая интенсивность гололедообразования (II район) наблюдается на западном побережье.

Анализ уточненной карты гололедного районирования по климатическим характеристикам гололедно-изморозевых отложений показывает, что она построена для преобладающих форм рельефа. В действительности на территории каждого гололедного района

могут быть в зависимости от рельефа и другие районы гололедности локального характера.

В дальнейшем целесообразно при проектировании воздушных линий в пересеченной местности и горных районах производить предварительные специальные обследования трассы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бернгардт Р. П. Гололедное районирование территории о. Сахалин.— Труды ГГО, 1976, вып. 361, с. 11—17.
2. Бургсдорф В. В., Муретов Н. С. Расчетные климатические условия для высоковольтных линий электропередачи. М.—Л.: Госэнергоиздат, 1960.— 208 с.— (Труды ВНИИЭ. Вып. 10, т. 1).
3. Заварина М. В., Швер Ц. А. Результаты климатологических разработок применительно к гололедному районированию территории СССР.— Труды ГГО, 1966, вып. 200, с. 16—32.
4. Ломилина Л. Е. Влияние физико-географических условий на гололедные нагрузки.— Труды ГГО, 1977, вып. 391, с. 38—41.
5. Методические указания по наблюдениям над обледенением проводов на рабочих уровнях воздушных линий электропередачи.— Л.: Гидрометеоздат, 1970.— 16 с.
6. Раевский А. Н. К вопросу о повторяемости гололеда.— Метеорология и гидрология, 1953, № 1, с. 28—32.
7. Рекомендации по расчету климатических параметров гололедных и гололедно-ветровых нагрузок на провода воздушных линий.— Л.: Гидрометеоздат, 1974.— 35 с.
8. Руднева А. В., Бассарская Т. А. Учет рельефа местности при расчете гололедных нагрузок.— Труды ГГО, 1967, вып. 210, с. 47—56.
9. Руднева А. В. Гололед и обледенение проводов на территории СССР.— Л.: Гидрометеоздат, 1961.— 175 с.
10. Руднева А. В. Мокрый снег и обледнение проводов на территории СССР.— Л.: Гидрометеоздат, 1964.— 166 с.
11. СНиП П-6-74. Нагрузки и воздействия.— М.: Стройиздат, 1976.— 60 с.
12. Указания по определению гололедных нагрузок. СН 318-65. М.: Стройиздат, 1966.— 20 с.

М. М. Борисенко, И. К. Кравченко

ОБ ИССЛЕДОВАНИИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ МОРЕЙ СССР

За последний период в связи со значительным возрастанием потребностей в различного рода минеральном сырье резко увеличились масштабы использования ресурсов континентального шельфа морей. Современные технические средства позволяют производить поиски, разведку и разработки полезных ископаемых на шельфе до глубины нескольких сотен метров, причем многие страны все более расширяют эти работы. Соответственно возросло значение работ и исследований, обеспечивающих проведение изысканий на шельфовых акваториях и возможности использования их сырьевых ресурсов.

В течение ряда лет в организациях Госкомгидромета проводятся разработки по созданию системы обеспечения народнохозяйственных организаций, ведущих гидротехнические и геологоразведочные (изыскательские) работы на шельфе морей СССР, необходимыми характеристиками гидрометеорежима.

Создание такой системы предусматривает решение двух групп задач. К первой из них относятся те, которые непосредственно связаны с разработкой специализированных справочных пособий (справочников). В них наиболее место должен быть освещен режим гидрометеорологических элементов как на акватории открытого шельфа, так и на побережьях и островах.

Из метеорологических элементов подробнее всего должны быть освещены режимные характеристики ветра, а также дальности видимости, температуры воздуха и комплексные характеристики (температурно-ветровой и температурно-влажностный комплексы).

Ко второй группе задач относится усовершенствование существующих и разработка новых методов определения режимных характеристик метеоэлементов применительно к условиям шельфовой акватории. Значительное место здесь отводится косвенным способам расчета этих характеристик над шельфом.

Большое значение имеют разработки по созданию метода выявления таких метеостанций на побережье и островах шельфа, дан-

ные которых соответствовали бы условиям открытой акватории, либо таких, характеристики метеорежима которых могут быть каким-либо образом использованы для перехода к этим условиям, т. е. с учетом некоторой систематической поправки. В связи с этой последней задачей естественной оказывается и проблема создания методики перехода от режимных характеристик, полученных по данным метеостанций на побережьях, к значениям характеристик метеорежима на открытой акватории.

Следует заметить, что поиски и разработки косвенных способов получения режимной метеорологической информации для акваторий, слабо или вовсе не освещенных метеорологическими наблюдениями, были начаты еще в середине 50-х годов С. Д. Кошинским и А. И. Соркиной [8, 9, 13].

На основании теоретических проработок авторами статей [4, 12, 13] был сделан вывод о возможности определять значения скорости и направления ветра над морем по характеристикам барического поля, снимаемым с синоптической карты. В этот период Соркиной были разработаны практические приемы, позволяющие производить расчеты и на их основе описания ветровых полей над открытыми акваториями по характеру погодных процессов.

Наиболее значительной работой, посвященной развитию методов получения режимных характеристик ветра над акваториями, является недавно опубликованная монография С. Д. Кошинского [8], представляющая собой первую часть трилогии, в которой изложены результаты исследований режима ветра над морями Советского Союза.

Помимо характеристик режима ветра на акватории Каспийского моря, для расчета которых автором [8] использованы главным образом данные метеорологических станций на побережье и островах, одним из достоинств работы явились результаты анализа погрешностей, возникающих в полях ветра над морем, построенным по данным о градиентах давления с синоптических карт. Примером такого подхода, основывающегося на чисто теоретической модели построения поля ветра по полю давления, когда не учитываются данные непосредственных наблюдений за ветром на станциях, является работа Л. Н. Иконниковой [7].

Можно полагать, что по примеру [8] будут обобщены накопленные за последние 10—15 лет многочисленные материалы по полям ветра над акваториями шельфа различных морей СССР.

В последние годы появился ряд публикаций, в которых приведены данные изучения характеристик структуры ветра над водной поверхностью, могущие быть использованы при уточнении режимных характеристик на акваториях шельфа [10, 11, 16, 19—21].

Подробный обзор состояния исследования характеристик порывистости ветра, причем преимущественно тех из них, которые используются для определения нагрузок и воздействий на морские суда, приведен в монографии В. В. Луговского [10].

Значительно меньшее место в литературе отводится изучению особенностей распределения режимных характеристик температуры

воздуха над водными поверхностями вблизи побережий. Имеющиеся к настоящему времени методы расчета температуры над акваториями по данным наблюдений за ней на берегу по сути представляют собой приближенные качественные модели [2]. По-видимому, требуется основательное уточнение существующих теоретических схем. Как можно заключить из данных, приведенных, например, в работе [2], точность определения температуры на акватории косвенным путем во многих случаях оказывается недостаточной.

Рассматривая состояние вопроса о составлении специализированных справочных пособий по гидрометеорологическому шельфу морей, укажем, что до последнего времени основным видом справочных материалов, подготавливаемых в учреждениях Госкомгидромета по запросам народнохозяйственных организаций, являлись так называемые справки по гидрометеорологическим условиям шельфовой зоны морских регионов. Эти справки составлялись в основном по имеющимся материалам наблюдений и литературным источникам.

Методической основой справок являлся проспект Справки, подготовленный Государственным океанографическим институтом (ГОИН) в 1974 г. При составлении этого проспекта Справки был уточнен уже имеющийся опыт по подготовке аналогичных документов, составлявшихся еще в предыдущие годы по просьбе заказчиков.

Наиболее радикальный путь обеспечения подробными данными по гидрометеорологическому режиму видится в создании капитальных справочников, составляемых отдельно для каждого района шельфовой зоны морей СССР.

При составлении программы создания специализированных справочников было принято, что их основой должен явиться типовый макет справочного пособия, определяющий структуру будущего справочника по метеорежиму шельфа.

Метеорологический раздел такого макета был разработан совместно ГГО и Западно-Сибирским региональным НИГМИ и в 1976 г. издан в виде «Рекомендаций по определению метеорологических условий шельфовой зоны моря».

Типовой макет справочного пособия по гидрометеорологическому шельфовой зоны моря служит своего рода исходным материалом для подготовки на его основе так называемых рабочих макетов, составляемых по шельфовым зонам конкретных морей или бассейнов. В отличие от типового, в рабочем макете полнее учитываются специфические особенности шельфа данного региона. Эти макеты справочных пособий разрабатываются региональными институтами.

Что касается вопроса, какими именно путями должны быть получены те характеристики метеорежима, которые помещаются в справочники, т. е. непосредственно методы определения характеристик, перечисляемых в таблицах типового и рабочего макетов, то это — задача другого документа. Таким документом являются

«Методические указания по расчету статистических характеристик шельфовой зоны моря» [12].

Одним из основных методических вопросов, возникающих при использовании режимных характеристик ветра в районе шельфовой акватории, является получение данных по скоростям ветра, осредняемым как минимум по 10-минутному интервалу времени. Такие сведения необходимы для решения задач, связанных с расчетами параметров ветрового волнения морских течений и других гидрологических характеристик [4, 12].

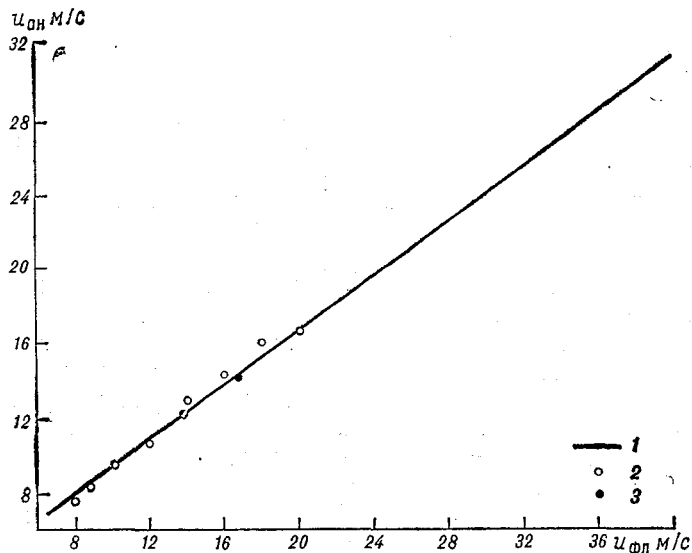


Рис. 1. График корреляционной связи скоростей ветра, полученных по флюгеру Вильда ($u_{фл}$) и по анеморумбметру М-63 ($u_{ан}$).

1 — данные С. Д. Кошинского [12], 2 — Р. П. Бернгардта и Г. В. Волобуевой [1], 3 — авторов.

В то же время известно, что имеющиеся долговременные ряды данных по характеристикам ветра основаны, за малым исключением, на станционных наблюдениях по флюгеру Вильда. Эти данные получены, как считается, при 2-минутном интервале осреднения.

Напомним, что у вводимого в настоящее время на сети станций анеморумбметра М-63 интервал осреднения скорости и направления ветра равен 10 мин.

На рис. 1 показана связь между «флюгерными» и «анемометрическими» значениями скоростей. Р. П. Бернгардт и Г. В. Волобуева использовали данные параллельных наблюдений за ветром по флюгерам и анеморумбметрам на станциях БССР [1], а авторы настоящей статьи воспользовались методом отношений для оценки систематических расхождений в показаниях этих приборов.

Применение метода основано на сопоставлении продолжительных (порядка 6—12 лет) временных рядов наблюдений на двух близко расположенных станциях. Пары станций подбираются с таким условием, что первоначально на обеих станциях наблюдения ведутся для флюгером, а затем на одной из них происходит замена ветроизмерительного прибора на М-63, после чего на протяжении длительного периода измерения ветра ведутся на этих станциях уже разными приборами. Применение этого метода позволяет объективнее оценить величину систематического расхождения в показаниях М-63 и флюгера, так как наблюдатели на соседних станциях не имеют возможности сопоставлять их между собой. Вследствие этого уменьшается вероятность подсознательной подгонки данных этих двух приборов.

При определении систематических расхождений в показаниях М-63 и флюгера использовались данные станций Северо-Западного управления Госкомгидромета.

Возвращаясь к рис. 1, мы наблюдаем практически идеальное согласование между собой данных, полученных разными авторами и на независимом материале, по разным районам. Правда, сопоставление данных М-63 с флюгерными авторам статьи [1], как и нам, удалось выполнить для диапазона сравнительно небольших скоростей ветра по причине отсутствия достаточного числа случаев с сильными ветрами на рассматриваемых территориях.

Одной из важнейших характеристик ветрового режима является расчетная, возможная один раз в заданное число лет скорость ветра u_p . Проблема получения данных по расчетным скоростям для шельфовой зоны морей возникает в связи с тем, что в «Справочнике по климату СССР» [14] такие сведения даны по сравнительно небольшому числу станций в каждом управлении. Как правило, оно в несколько раз меньше числа станций, по которым даются в том же Справочнике значения «норм», т. е. средних годовых скоростей (табл. 3 [14]). Проведенные авторами работы показали, что между средней годовой (нормой) скоростью и расчетной скоростью в заданном регионе существует достаточно тесная корреляционная связь.

На этом основании для «восстановления» значений расчетных скоростей в тех пунктах (станциях), по которым эти данные отсутствуют в табл. 10 Справочника, можно рекомендовать графики зависимости расчетной скорости от средней годовой.

Для примера на рис. 2 дан график зависимости расчетной, возможной один раз в 5 лет скорости от средней годовой, построенный по данным 113 станций Прибалтики, Северо-Запада ЕТС и Карелии. Заметно, что корреляционная связь близка к линейной; коэффициент корреляции между u_p и \bar{u} составил $0,83 \pm 0,03$.

Аналогичные графики можно строить и по другим регионам, включающим в себя шельфовые зоны морей и их побережья. Установлено при этом, что теснота корреляционной связи между u_p и \bar{u} не уменьшается при объединении групп станций, располагаю-

щихся на побережьях и островах шельфа, с внутриконтинентальными. Напротив, при таком объединении достигается увеличение достоверности статистической связи между расчетной (максимальной) и средней многолетней скоростями.

Используя график (рис. 2), мы смогли «восстановить» таким путем значения расчетной скорости ветра дополнительно еще по 39 станциям побережья Балтики и Карелии, в то время как в соответствующих выпусках Справочника [14] такие скорости были даны только по 38 метеостанциям этого региона. Следовательно, применение предложенного способа «восстановления» расчетных

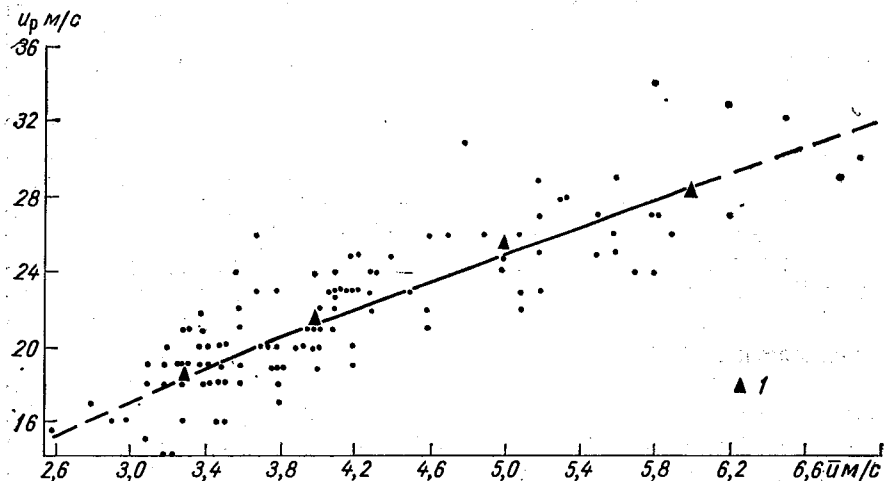


Рис. 2. Зависимость расчетной, возможной 1 раз в 5 лет скорости ветра (u_p), от средней годовой (\bar{u}). Прибалтика, Карелия и Северо-Запад ЕТС.

1 — средненное значение u_p по градациям средней годовой скорости.

скоростей позволило увеличить количество используемых станций на побережьях шельфа в данном случае вдвое.

Анализ распределения расчетных, возможных 1 раз в 5 лет скоростей ветра в районе акватории Балтики и ближайших крупных водоемов позволил сделать вывод, что значения расчетных скоростей в открытой акватории (по данным метеостанций на небольших низменных островах или наветренной стороне крупных островов) в среднем на 3—4 м/с больше, чем на побережье континента.

Такая же величина поправки для перехода от данных береговых станций к островным получена из рассмотрения карты распределения расчетных скоростей над Карским морем и прилегающими территориями. Эта карта построена И. Д. Сноповой и опубликована в [12]. Путем анализа карты было установлено, что хотя расчетные скорости ветра на побережье довольно сильно варьируют в пределах 20—26 м/с, в среднем они на 3 м/с ниже,

чем определенные по барическому полю для открытой акваторий Карского моря.

Подытоживая сказанное, приходим к заключению, что для получения расчетных скоростей на открытой акватории шельфа, где нет прямых наблюдений за ветром, можно использовать данные станций, располагающихся в условиях равнинных слабо или умеренно-изрезанных побережий моря. Для этого необходимо значения расчетных скоростей, полученных по данным береговых станций, увеличить на 3—4 м/с.

В связи с важностью вопроса о получении информации по расчетным скоростям ветра имеет смысл остановиться еще на одном способе «восстановления» этих скоростей по тем станциям, для которых значения расчетных скоростей в «Справочнике по климату СССР» отсутствуют. Речь идет о способе, основанном на использовании эмпирических зависимостей между средней скоростью (табл. 3 Справочника [14]) и интегральными повторяемостями скоростей ≥ 4 ; ≥ 8 и > 15 м/с, вычисляемыми по данным табл. 5 того же Справочника, а также зависимости $P(u > 15 \text{ м/с})$ от среднего годового числа дней с сильным ветром $N(u \geq 15 \text{ м/с})$. Этот способ, предложенный С. Д. Кошинским, подробно изложен в работах [8, 9], поэтому на технике использования его останавливаться не будем. Укажем лишь, что при построении графиков зависимости $P(u \geq x)$ от \bar{u} по конкретным регионам теснота связи между обеими характеристиками почти всегда хорошая и, по данным [8, 9], коэффициент корреляции почти всегда превышает 0,90.

Выполненные нами разработки показали, что зависимости $P(u \geq x)$ от \bar{u} , равно как и зависимости $P(u > 15 \text{ м/с})$ от $N(u \geq 15 \text{ м/с})$, в разных районах могут оказаться существенно различными и не совпасть с теми, что получены в работах [8, 9] для определенных географических регионов. В качестве примера на рис. 3 показаны зависимости $P(u \geq x)$ от \bar{u} и $P(u > 15 \text{ м/с})$ от $N(u \geq 15 \text{ м/с})$ по двум регионам. Из рассмотрения этого рисунка можно сделать вывод, что зависимости между режимными характеристиками ветра, которые приведены в работах Кошинского, по-видимому, можно применять для районов побережий с сильными ветрами, в то время как зависимости, полученные нами (по данным в районе Балтики), «репрезентативны» для регионов, где ветры более слабые.

Очевидно, что формальный перенос или экстраполяция графиков зависимостей, полученных по какому-либо конкретному географическому району, на район, где особенности ветрового режима иные, без специальной проверки правомерности таких действий может привести, как видно из рис. 3, к серьезным искажениям поля расчетных скоростей в этом последнем районе.

Для определения ветровой нагрузки на некоторые виды сооружений, возводимых на шельфе морей, в особенности на те, которые обладают большой парусностью, необходимо располагать сведениями о расчетных скоростях, осредняемых за интервал времени

в несколько секунд. Речь идет, иными словами, о расчете максимальных порывов ветра, возможных один раз в заданное число лет.

В работе Шелларда приведены данные, свидетельствующие, что пространственная вариация максимальных порывов ветра значительно меньше пространственной вариации максимальных (расчетных) скоростей, осредняемых за один час [18]. Эти результаты подтвердились в дальнейшем выводами Вииринги [21], установившего, что местные условия существенно слабее влияют на величину максимального порыва, чем на максимальные значения скоростей, осредняемых за больший интервал времени (порядка нескольких минут), а также данными разработок авторов настоящей статьи.

Исходя из этого, можно с определенным основанием распространять значения максимальных порывов ветра, полученные по наблюдениям на береговых станциях, на прилегающие участки акватории шельфа.

В работах [16—18, 20] приведены данные, из анализа которых авторами было установлено наличие практически линейной корреляционной связи максимальных порывов с расчетными значениями скорости, осредняемой за 10—60 мин.

Полученное нами уравнение регрессии по данным наблюдений на станциях Северо-Запада ЕТС имеет вид

$$u_{\max(p)} = 0,84\bar{u}_p + 14,3 \text{ м/с}, \quad (1)$$

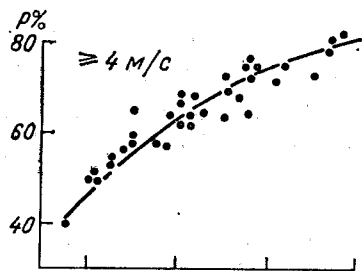
где $u_{\max(p)}$ — расчетное, возможное 1 раз в 5 лет значение порыва ветра, а \bar{u}_p — расчетная, возможная также раз в 5 лет «анемометрическая» скорость ветра при 10-минутном осреднении.

Эмпирическое уравнение (1) получено для диапазона расчетных скоростей \bar{u}_p (10 мин) от 9 до 21 м/с. Поэтому его можно с полным основанием применять для вычисления максимальных порывов ветра лишь по тем станциям, где возможные раз в 5 лет скорости \bar{u}_p (10 мин) находятся в этом диапазоне или близки к нему.

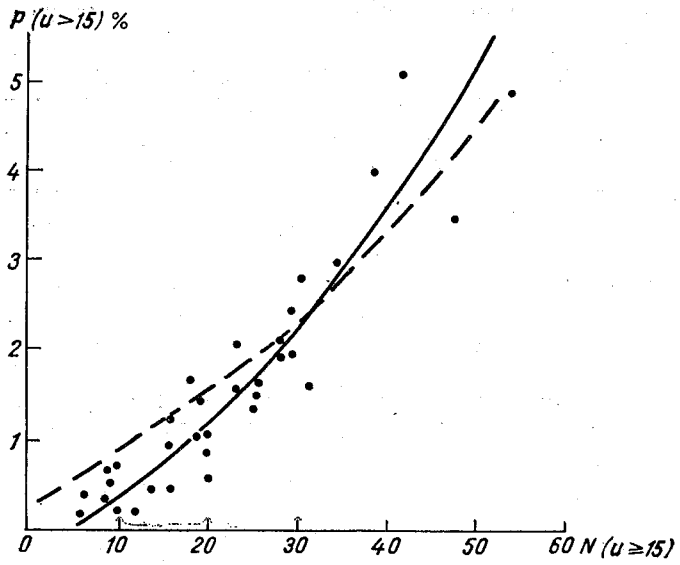
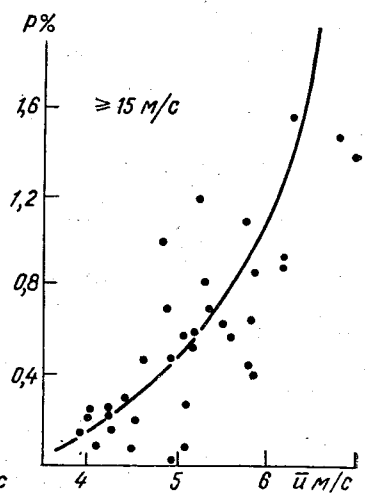
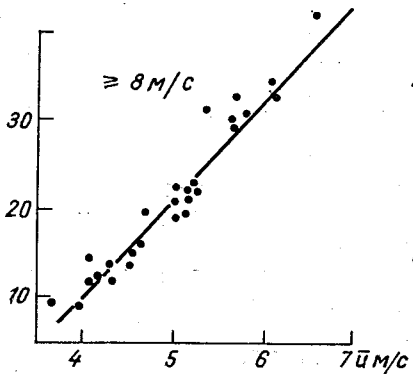
Используя полученные ранее значения расчетных, возможных раз в 5 лет скоростей на станциях побережья и островов Балтики, с помощью уравнения (1) мы вычислили возможные раз в 5 лет значения порывов ветра на этих станциях.

Сравнивая расчетные порывы с расчетными скоростями при 10-минутном осреднении, мы установили, что первые в 1,4—1,8 раза больше.

Поставив далее расчетные порывы ветра с «флюгерными» 2-минутными скоростями на тех же станциях, обнаружили, что порывы в 1,1—1,5 раза больше. В среднем же расчетный порыв ветра на регионе Балтики превышает расчетную 2-минутную «флюгерную» скорость в 1,3 раза. Последнее значение совпадает с полученными авторами работы [9] путем обработки данных прямых измерений порывистости ветра на ряде станций Западной Сибири.



a)



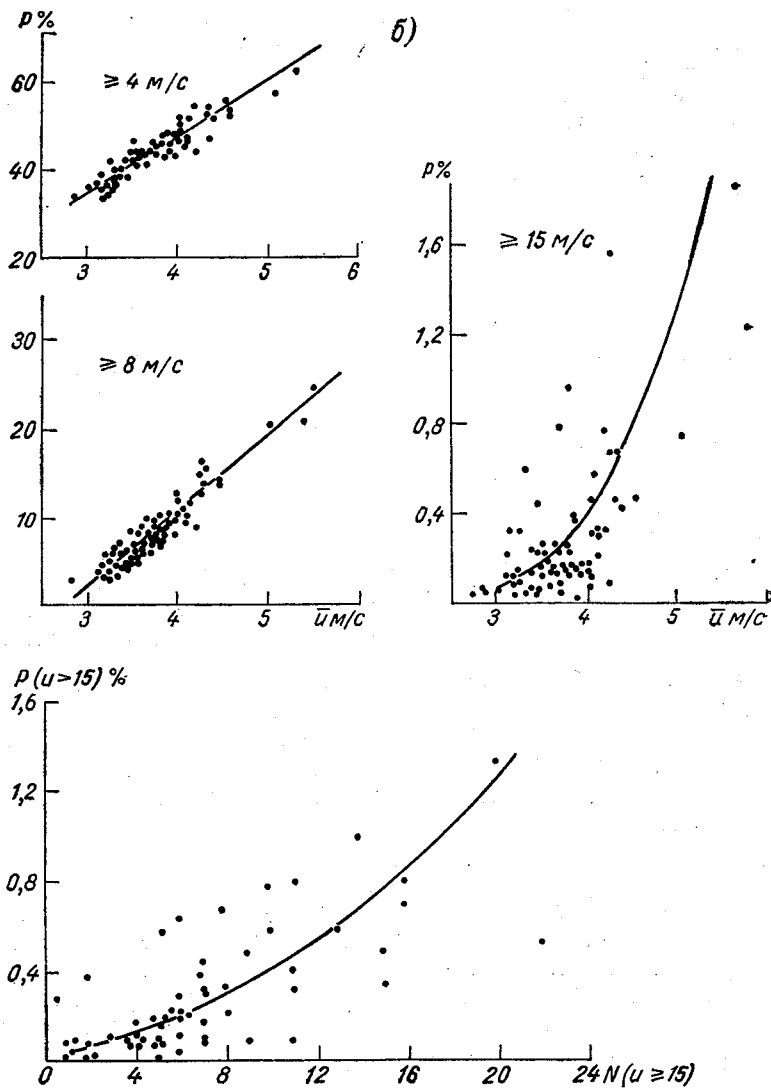


Рис. 3. Зависимость интегральной повторяемости скоростей ветра (P), больших заданного значения, от средней годовой скорости (\bar{u}) и числа дней с сильным ветром N .

а — острова и побережья Балтики и крупных водоемов Северо-Запада ЕТС;
б — внутриконтинентальные районы Северо-Запада ЕТС.

Столь хорошее согласование результатов, полученных разными авторами на независимом материале, дает, очевидно, основание рекомендовать аналитическую зависимость (1) для определения максимальных порывов ветра, если известна расчетная «флюгерная» или 10-минутная «анемометрическая» скорость ветра.

Для оценок динамичности ветровой нагрузки, действующей на судно в штормовую погоду, используются сведения о коэффициенте порывистости K [10]. Последний определяется соотношением

$$K = \frac{u_{\max}}{\bar{u}}, \quad (2)$$

где u_{\max} — значение максимального порыва ветра, выбираемое из того интервала времени, за который осредняется скорость ветра \bar{u} . Таким образом, K есть отношение синхронно наблюдаемых характеристик.

Как указывается в монографии В. В. Луговского [10], рядом исследователей, и прежде всего японских, установлено, что при сильном ветре коэффициент порывистости на стандартной высоте (10—12 м) над уровнем моря может быть принят равным 1,20—1,25, а в среднем 1,23. Выполненные нами проработки показали, что для этой высоты над поверхностью озера при сильных ветрах коэффициент порывистости составляет 1,20—1,21. Важно иметь в виду факт, установленный в работах [16, 17, 20], что при сильных ветрах, порядка 10 м/с и более, коэффициент порывистости мало зависит от средней скорости \bar{u} и его можно принять постоянным.

По коэффициенту порывистости непосредственно рассчитывается так называемый коэффициент пульсации скоростного напора ветра P , используемый при оценке динамической компоненты ветровой нагрузки:

$$P = K^2 - 1. \quad (3)$$

Сравнивая полученное нами значение пульсации ветрового напора ($P = 1,22^2 - 1 = 0,49$) с приведенным в СНиПе [15] для суши, можем убедиться, что значение P над водной поверхностью значительно меньше. Так, для суши по [15] величину P рекомендуется принимать равной 0,60—0,88 в зависимости от типа подстилающей поверхности, в то время как на уровне 10 м над водной поверхностью P получился равным $1,22^2 - 1 = 0,49$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бернгардт Р. П., Заварина М. В. Климатологическая оценка точности измерения больших скоростей ветра.—Труды ГГО, 1974, вып. 333, с. 121—129.
2. Браславский А. П. К вопросу о трансформации воздушной массы при ее движении над водоемом.—Труды КазНИГМИ, 1977, вып. 58, с. 114—117.
3. Ветер и волны в океанах и морях. Справочные данные.—Л.: Транспорт, 1974.—360 с.

4. Виленский Я. Г., Глуховский В. Е. Экспериментальное исследование процесса морского ветрового волнения.— Труды ГОИН, 1957, вып. 36, с. 9—12.

5. Гидрометеорологические условия шельфовой зоны моря (макет справочного пособия)/Под ред. А. А. Юшача.— М.: Отпеч. на множит. аппарате. ГОИН, 1975.— 29 с.

6. Гоптарев Н. П. Некоторые результаты градиентных наблюдений в районе Нефтяных Камней.— Труды ГОИН, 1957, вып. 36, с. 128—202.

7. Иконникова Л. Н. Расчет волн Каспийского моря и ветра над ним.— Труды ГОИН, 1960, вып. 50, с. 54—144.

8. Кошинский С. Д. Режимные характеристики сильных ветров на морях Советского Союза. Ч. 1. Каспийское море.— Л.: Гидрометеиздат, 1975.— 412 с.

9. Кошинский С. Д., Рудова Л. С. Расчет скоростей ветра малой вероятности по распределению их суточных максимумов и в порывах.— Труды ЗСРНИГМИ, 1976, вып. 25, с. 62—71.

10. Луговский В. В. Динамика моря.— Л.: Судостроение, 1976.— 200 с.

11. Макова В. И. Экспериментальное определение характеристик порывистости ветра над поверхностью моря.— В кн.: Метеорологические исследования в тропических частях океана. М., 1975, № 24, с. 160—168.

12. Методические указания по расчету статистических характеристик шельфовой зоны моря.— Л.; Новосибирск: Отпеч. на множит. аппарате. 1978.— 112 с.

13. Соркина А. И. Построение карт полей ветра для морей и океанов.— Труды ГОИН, 1958, вып. 44, с. 3—75.

14. Справочник по климату СССР.— Л.: Гидрометеиздат, 1966. Ч. ПП. Вып. 3—6.

15. Строительные нормы и правила (СНиП): Нагрузки и воздействия.— М.: Госстройиздат, 1976.— 59 с.

16. Horiguchi Z. Gust factors measured over the Japan Sea.— J. Met. Res., 1974, vol. 26, N 3, p. 141—147.

17. Monahan H. H., Armendariz M. Gust factor variations with height and atmospheric stability.— J. Geophys. Res., 1971, vol. 76, N 24, p. 3807—3818.

18. Shellard H. C. Extreme wind speeds over Great Britain and Northern Ireland.— Met. Mag., 1958, vol. 87, p. 257—265.

19. Shiotani M. Turbulence measurements at the sea coast during high winds.— J. Met. Soc. Jap., 1975, vol. 53, N 5, p. 340—354.

20. Wieringa J. Gust factors over open water and build-up country.— Boundary-Layer Met., 1973, vol. 3, N 4, p. 421—424.

21. Wieringa J. An objective exposure correction method for average wind speeds measured at a sheltered location.— Quart. J. Roy. Met. Soc., 1976, vol. 102, N 431, p. 241—253.

СОДЕРЖАНИЕ

Н. В. Кобышева, И. Д. Копанев, Ц. А. Швер. О методах определения и представления климатологических данных для строительного проектирования	3
Н. В. Кобышева, Л. П. Кухтина. Использование климатологической информации в строительном проектировании	9
Л. П. Кухтина. О требованиях СНиПа по определению ледовых нагрузок на гидротехнические сооружения	17
Н. В. Кобышева, Л. П. Наумова. Оценка различных методов расчета средней месячной и годовой температуры воздуха для практических целей	21
Н. В. Кобышева, Л. А. Литвякова, З. Е. Чмутова. О многолетних экстремальных температурах воздуха	26
Ц. А. Швер. Суточный максимум осадков на территории СССР 1%-ной обеспеченности	30
Л. П. Наумова. Способ выделения тренда климатологического ряда	36
В. Д. Антоневич, Л. А. Литвякова. Особенности временных рядов скорости ветра	42
В. Э. Ницис. Способ расчета статистических характеристик непрерывной продолжительности температурно-влажностного комплекса	47
В. Д. Шаповалова. Распределение преобладающих форм облачности во внетропических широтах северного полушария	51
Г. В. Волобуева. Суточные снегонакопления на территории Белоруссии	58
В. Г. Глухов, М. Н. Мытарев. К расчету параметров обледенения высотных сооружений по косвенным данным	67
А. Г. Захаров, С. Н. Соколова. Плотность и масса гололедно-изморозевых отложений в различных физико-географических условиях на ЕТС	74
Ю. Н. Гуляев. О продолжительности нарастания гололедно-изморозевых отложений	81
А. В. Руднева. Районирование территории СССР по отложениям гололеда	86
М. М. Борисенко, И. К. Кравченко. Об исследовании метеорологического режима шельфовой зоны морей СССР	92

Труды ГГО, вып. 425

ОБЩАЯ И ПРИКЛАДНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ

Редактор Г. И. Слабкович. Технический редактор Л. М. Шишкова.
Корректор Л. И. Хромова

*Сдано в набор 25.12.78. Подписано в печать 10.04.79. М-13030. Формат 60×90^{1/16}, бумага тип. № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Печ. л. 7,25 (в т. ч. вклейка) Уч.-изд. л. 7,65. Тираж 750 экз. Индекс МЛ-111. Заказ № 65. Цена 55 коп.

Гидрометеиздат. 199053. Ленинград, 2-я линия, д. 23.

Ленинградская типография № 8 ЛПО «Техническая книга» Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 190000, Ленинград, Прачечный пер., 6.