

06
Т78

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

Т Р У Д Ы
ГЛАВНОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ
ОБСЕРВАТОРИИ
имени А. И. Воейкова

162282

ВЫПУСК 131

ВОПРОСЫ ПРИКЛАДНОЙ КЛИМАТОЛОГИИ

Под редакцией
д-ра геогр. наук
М. В. ЗАВАРИНОЙ

Б И Б Л И О Т Е К А
Ленинградского
Гидрометеорологического
Института



ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

ЛЕНИНГРАД • 1962

АННОТАЦИЯ

Основное содержание сборника составляют работы, выполненные в связи с запросами проектных и строительных организаций. Помещенные в сборнике результаты исследования точности измерения осадков и новые характеристики этого элемента климата также имеют прикладное значение (особенно для гидротехники). Суточный ход повышенной турбулентности на высотах, рассматриваемый в последней статье сборника, представляет интерес для авиации.

Сборник рассчитан на широкий круг читателей, интересующихся вопросами прикладной климатологии.

К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ ПОВТОРЯЕМОСТИ ВЫПАДЕНИЯ МОКРОГО СНЕГА

В статье изложены результаты изучения повторяемости выпадения мокрого снега на Европейской территории СССР. Содержащиеся в ней сведения могут быть использованы при проектировании различных сооружений (особенно линий связи и электропередачи), а также представляют интерес для метеорологов и климатологов.

Мокрый снег, выпадающий при положительной температуре воздуха, отличается от сухого тем, что он прилипает даже к гладким стенкам, тонким ветвям деревьев и проволокам. Вследствие этого происходит накопление мокрого снега на предметах в виде висячего снежного покрова (рис. 1).

Налипший снег делает неразличимыми знаки сигнализации на транспорте, под его тяжестью ломаются тонкие разветвленные сучья деревьев, разрушаются линии связи и электропередачи.

Зимой обильное налипание мокрого снега на деревьях и кустах может нанести большой вред лесному хозяйству и привести в негодность воздушные линии связи и электропередачи [1].

Весной в хвойном лесу можно увидеть наклоненные, поваленные и сломанные молодые деревья. Под тяжестью налипшего снега они изгибаются так, что достигают вершинами земли [2].

На сопке Пидан в районе Владивостока 5 марта 1944 г. на флюгере метеостанции высота покрова осевшего мокрого снега была 28 см. Березы толщиной 10—15 см сгибались, достигая вершинами снежного покрова на поверхности земли [3].

Недостаточность данных об отложениях мокрого снега на проводах неоднократно приводила к авариям. Так, по данным ВНИИЭ (б. ЦНИЭЛ); особенно много схлестываний проводов на линиях напряжением 110 кв с вертикальным расположением проводов произошло при налипании мокрого снега. Ряд таких аварий имел место в сетевом районе Грузэнерго. Во всех этих случаях нагрузки на проводах превышали расчетные. Мокрый снег являлся причиной ряда аварий на одной двухцепной линии напряжением 110 кв, расположенной на Черноморском побережье Кавказа, где за период 1950—1957 гг. он вызвал 24 перекрытия [4].

Катастрофический случай выпадения мокрого снега, отмеченный Н. С. Муретовым, произошел 8—9 мая 1937 г., когда в районе Курган — Шумиха Южно-Уральской железной дороги было повреждено около 1500 столбов телеграфной железнодорожной линии. Толщина оледенелого снега на проводах достигала 80 мм в поперечнике.

В районе Швенчёниса (Литовская ССР) 18 ноября 1954 г. выпал мокрый снег, диаметр отложения которого на проводах в среднем составлял 52 мм. Если принять плотность отложения равной $0,5 \text{ г/см}^3$, то вычисленный вес составит около 1 кг на 1 пог. м. Отложение снега вызвало обрывы проводов, поломку телеграфных столбов, деревьев.

В центральной части Карельской АССР 7—8 ноября 1954 г. наблюдалось значительное отложение мокрого снега и его смерзание на проводах, столбах и других предметах при одновременном усилении ветра до 15—20 м/сек. В результате отложения мокрого снега были повреждены линии связи и электропередачи.

В Крыму также нередки случаи значительных отложений мокрого снега на проводах, с которыми связаны повреждения линий связи и элект-

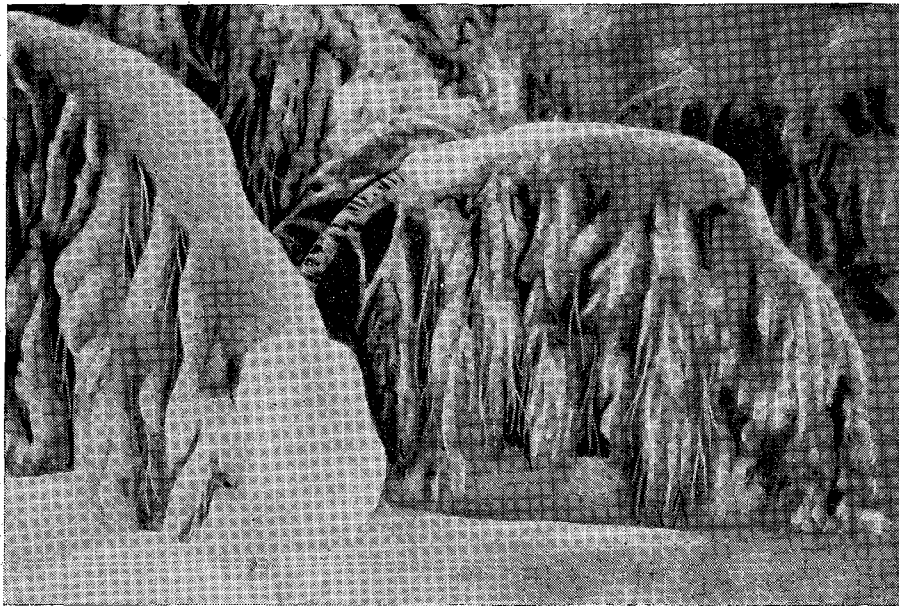


Рис. 1. Березы, согнувшиеся под тяжестью снега.

тропередачи. Так, отложения мокрого снега на проводах, отмеченные 21—22 января 1954 г., привели к многочисленным обрывам линий связи и электропередачи в районах Алушты и Гурзуфа.

Обледенение проводов при отложении мокрого снега наблюдается также и в других районах Советского Союза.

Несмотря на большой вред, который наносит мокрый снег народному хозяйству, он до сих пор почти не изучен.

В 1927 г. впервые этот метеорологический элемент стал изучаться в СССР на метеостанциях Народного комиссариата путей сообщения. Систематические наблюдения над мокрым снегом на метеостанциях Гидрометслужбы начались только с 1940 г. До 1940 г. мокрый снег как метеорологический элемент в таблицах метеорологических наблюдений отсутствует.

С целью изучения географического распределения дней с мокрым снегом на Европейской территории СССР (ЕТС) нами по данным наблюдений примерно 600 метеорологических станций за период с 1940 по 1958 г. была построена карта числа дней с мокрым снегом за год (рис. 2).

Несмотря на визуальный характер наблюдений и трудности определения этого метеорологического элемента, анализ данных показал, что качество наблюдений над мокрым снегом не хуже, чем качество визуальных наблюдений над другими метеорологическими элементами, например над гололедом и изморозью.

Анализ карты позволяет сделать следующие выводы.

Мокрый снег наблюдается на всей ЕТС. Повторяемость его изменяется от 40 дней и более в год в некоторых районах Кольского полуост-

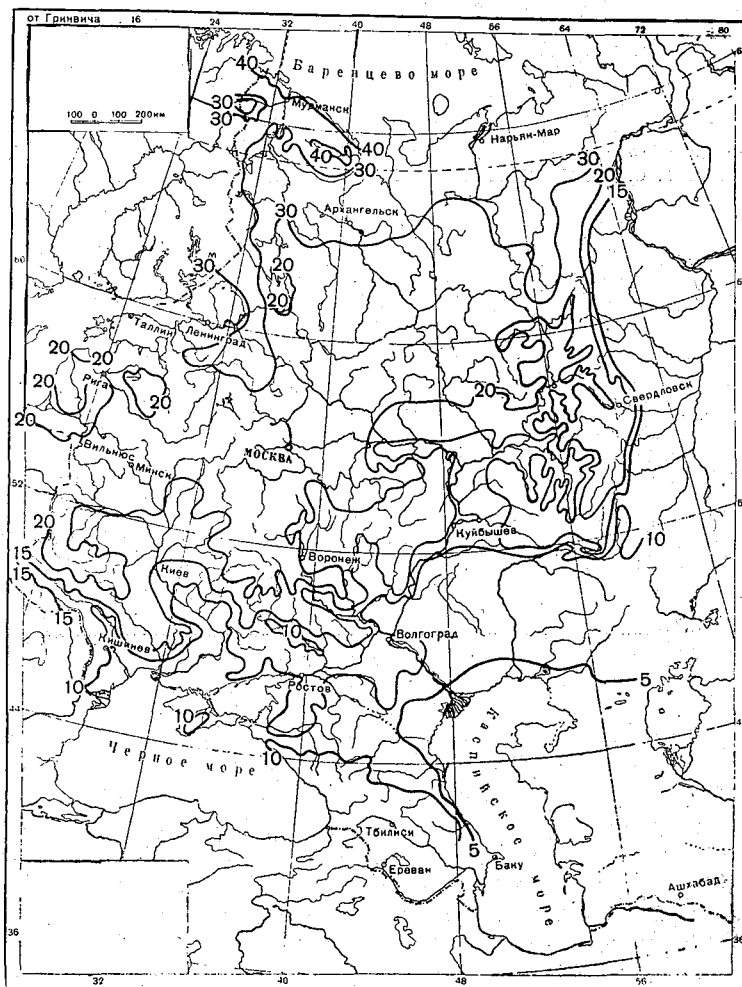


Рис. 2. Число дней с мокрым снегом за год.

рова до пяти дней и менее в год в самых южных районах рассматриваемой территории. На частоту появления мокрого снега влияет рельеф (высота, экспозиция), но это влияние имеет сложный характер. Как видно на карте, влияние возвышенностей на повторяемость дней с мокрым снегом выражено в неодинаковой степени, что объясняется различными физико-географическими условиями, при которых выпадает мокрый снег на земную поверхность.

В северных районах ЕТС выпадение мокрого снега происходит в переходные сезоны и зимой. Зимой мокрый снег наблюдается при от-

тепелях, когда он выпадает из теплой воздушной массы значительной мощности на охлажденную земную поверхность или поверхность, покрытую снежным покровом. Зимой мокрый снег отмечается чаще в низких местах. Осенью и весной, наоборот, он чаще бывает на возвышенностях.

В южных районах ЕТС мокрый снег наблюдается главным образом зимой в условиях неустойчивого снежного покрова, особенно в более низких местах. На юго-западе ЕТС часто бывает так, что на возвышенности отмечается мокрый снег, а на равнине, где теплее, — дождь. В северных районах такие условия создаются только в переходные сезоны.

Если на Вольно-Подольской возвышенности заметно увеличение с высотой повторяемости дней с мокрым снегом, то в северных районах это влияние сглажено.

Чтобы показать сглаживание влияния высоты на годовое число дней с мокрым снегом, нами построены графики связи между годовым числом дней с мокрым снегом на станциях с различной высотой.

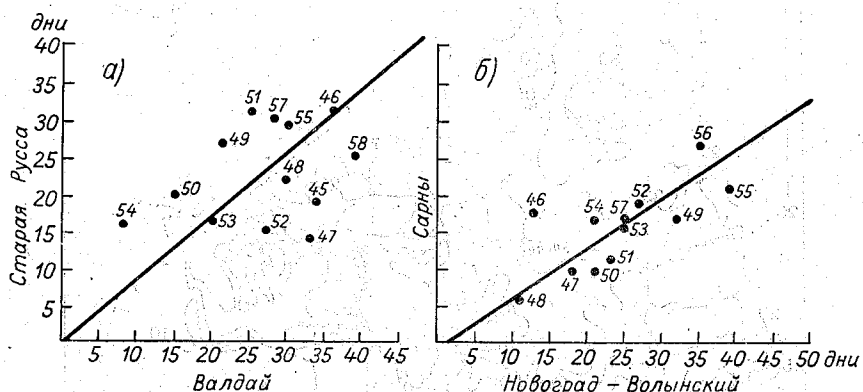


Рис. 3. Зависимость между годовым числом дней с мокрым снегом на станциях с различной высотой.

а — северная часть ЕТС, б — южная часть ЕТС.

На графике связи между годовым числом дней с мокрым снегом на станциях Старая Русса (24 м) и Валдай (219 м), расположенных в северной части рассматриваемой территории (рис. 3 а), видно, что мокрый снег на этих станциях, несмотря на довольно значительную разницу в высоте (почти 200 м), отмечается в течение года почти одинаково часто.

На графике связи между годовым числом дней с мокрым снегом на станциях Сарны (163 м) и Новоград-Волынский (218 м), расположенных на территории Украины (рис. 3 б), видно, что на ст. Новоград-Волынский мокрый снег наблюдается значительно чаще, чем на ст. Сарны, что объясняется влиянием высоты. Это влияние высоты на севере ЕТС сглажено изменяющимися условиями подстилающей поверхности зимой и в переходные сезоны на возвышенностях и на равнине.

На ЕТС, как видно на карте, наиболее часто мокрый снег отмечается на Кольском полуострове, где годовое число дней с мокрым снегом составляет более 40 на северном побережье и в долине р. Поной и около 30 на остальной территории полуострова. Мокрый снег здесь может наблюдаться почти в течение всего года, кроме июля—августа (Териберка), но наиболее часто он бывает весной и осенью (табл. 1).

Значительная повторяемость дней с мокрым снегом на Кольском полуострове объясняется главным образом влиянием теплых морских течений северной части Атлантического океана (Гольфстрим) и северным

положением полуострова. Первый фактор наиболее сказывается зимой, второй — в остальное время года.

Таблица 1

Число дней с мокрым снегом

Станция	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Год
Териберка	2	10	6	4	3	1	4	9	12	4	0	0	55
Мурманск	0,7	5	4	3	0,6	0,9	1	5	6	3	0	0	29
Мезень	2	9	6	4	1	0,8	2	6	7	3	0	0	41
Петрунь	4	9	2	2	0,4	0,1	2	6	8	4	0,3	0,1	38
Ра-Из	4	2	0	0	0	0	0,1	2	3	4	3	3	21
Ленинград, город	0,1	3	6	6	4	3	4	5	1	0,1	0	0	32
Старая Русса	0	2	3	4	3	2	4	5	0,3	0	0	0	23
Валдай	0,2	4	5	4	2	3	4	4	1	0	0	0	27
Таллин	0,1	1	4	6	5	4	4	4	0,8	0	0	0	29
Гурели	0,1	2	4	5	4	2	4	6	1	0	0	0	28
Рига, ГО	0	1	6	6	5	3	5	4	0,1	0	0	0	30
Салдус	0	0,9	5	6	6	4	4	4	1	0	0	0	31
Каунас	0	0,7	3	4	4	2	2	3	0,4	0	0	0	19
Вильнюс	0	1	4	5	5	4	5	4	0,5	0	0	0	18
Калинин	0	2	4	3	2	2	3	4	0,8	0,1	0	0	21
Москва, Сокольники	0,1	3	4	6	4	3	5	5	0,3	0	0	0	30
Тамбов	0,1	2	4	4	3	3	3	3	0,1	0	0	0	22
Воронеж	0	1	2	2	2	2	3	2	0,1	0	0	0	14
Верховье	0	2	4	4	3	3	4	5	0,1	0	0	0	25
Минск	0,1	1	3	4	4	3	2	4	1	0	0	0	22
Житковичи	0	0,9	3	4	4	3	4	4	0,1	0	0	0	23
Куйбышев	0,2	2	2	2	0,8	2	1	2	0,3	0	0	0	12
Саратов	0	1	3	2	2	2	3	2	0,1	0	0	0	15
Кузнецк	0,4	3	2	2	1	2	3	2	0,4	0,1	0	0	16
Сарны	0	0,6	2	3	2	3	4	2	0,1	0	0	0	17
Новоград-Волынский	0	1	4	4	4	4	5	2	0,2	0	0	0	24
Киев	0	0,6	3	2	2	2	3	2	0,1	0	0	0	15
Ай-Петри	0,2	1	2	2	2	3	2	1	0,3	0	0	0,1	14
Ростов-на-Дону	0	0,2	0,6	0,8	2	2	2	1	0,1	0	0	0	9
Уральск	0,1	0,9	2	1	0,8	0,8	2	0,8	0	0	0	0	8
Гурьев	0	0,2	0,2	0,6	0,7	0,3	0,6	0,4	0	0	0	0	3

Северным положением можно объяснить также почти такую же значительную повторяемость дней с мокрым снегом в прибрежной зоне северной части ЕТС. Здесь число дней с мокрым снегом составляет 30—40 в год. Мокрый снег на рассматриваемой территории не наблюдается только в августе и местами в июле. Наиболее часто он отмечается осенью (в октябре—ноябре) и весной (в апреле—мае).

В более южных районах повторяемость дней с мокрым снегом уменьшается. В центральной части ЕТС и в Прибалтике бывает 20—30 дней с мокрым снегом в год, причем наиболее часто мокрый снег наблюдается в марте—апреле и в ноябре—декабре.

В южных районах ЕТС мокрый снег наблюдается еще реже. Здесь на значительной части территории повторяемость дней с мокрым снегом составляет 5—15 в год. Наиболее часто он бывает в зимние месяцы. На Вольно-Подольской возвышенности отмечается увеличение числа дней с мокрым снегом до 20 в год.

Распределение повторяемости дней с мокрым снегом в горных районах имеет свои особенности. Здесь на повторяемость дней с мокрым

снегом влияет не только широта, но также высота и экспозиция горной системы по отношению к воздушным потокам, несущим влагу.

В Крыму, представляющем собой самостоятельную климатическую область, в равнинной части дней с мокрым снегом бывает около пяти в год. В горах повторяемость дней с мокрым снегом возрастает с высотой, и наиболее часто мокрый снег наблюдается в верхней части гор. На Ай-Петри (1180 м) в среднем бывает 15 дней с мокрым снегом в год. В Крыму мокрый снег выпадает главным образом зимой.

Таким образом, в Крыму наиболее благоприятные метеорологические условия для образования мокрого снега создаются зимой в верхней части гор. Для подтверждения этого положения в табл. 2 приведено число дней со средней суточной температурой около 0° и число дней с мокрым снегом на станциях Ай-Петри и Ялта.

Таблица 2

Годовое число дней со средней суточной температурой около 0° и с мокрым снегом

Станция	Высота, м	Число дней	
		со средней суточной температурой около 0°	с мокрым снегом
Ай-Петри	1180	12	15
Ялта, порт	3	7	6

Из таблицы видно, что на Ай-Петри средняя суточная температура воздуха около 0°, наиболее благоприятная для образования мокрого снега, бывает в два раза чаще, чем на побережье (в Ялте), где значительно реже отмечается мокрый снег.

Увеличение повторяемости дней с мокрым снегом с высотой наблюдается также в Карпатах, на Северном Кавказе и на Урале. Наибольшую повторяемость дней с мокрым снегом здесь можно ожидать при одинаковых условиях увлажнения на высоте, где чаще бывает положительная температура воздуха немного выше 0°. Выше указанной высоты повторяемость дней с мокрым снегом должна уменьшаться из-за неблагоприятных температурных условий.

Уральский хребет, значительно вытянутый с севера на юг, характеризуется сложным распределением дней с мокрым снегом за год. На западных склонах северной части Урала увеличение с высотой числа дней с мокрым снегом сглажено. Это объясняется большой повторяемостью дней с мокрым снегом на севере ЕТС. На западных склонах средней и южной частей Урала, а также на восточных склонах Урала это увеличение резко выражено. Повторяемость дней с мокрым снегом в верхней части гор Урала составляет 25—30 в год.

На юго-востоке ЕТС число дней с мокрым снегом составляет 5—10 в год.

На Кавказе, так же как и в других горных районах, условия выпадения мокрого снега очень различны, что требует особого изучения.

Таким образом, анализ данных наблюдений за период с 1940 по 1958 г. показывает, что выпадение мокрого снега наблюдается на всей ЕТС от пяти дней и менее до 40 дней и более в год.

Годовой ход повторяемости дней с мокрым снегом не одинаков в различных частях рассматриваемой территории.

Распределение повторяемости выпадения мокрого снега в горных районах имеет свои особенности и требует особого изучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тихомиров Е. Снеговалы и снеголомы в лесу. Метеор. вестн., № 1—2, 1934.
2. Долгушин Л. Д. Некоторые наблюдения над снежным покровом в северной части Среднего Урала зимой 1939 г. Проблемы физической географии, т. 9, 1940.
3. Загорский А. Д. Атмосферный лед. Иней, гололед, снег и град. Изд. АН СССР, М.—Л., 1955.
4. Бажанов П. И. Отложение мокрого снега на проводах линий электропередачи. Электрические станции, № 10, 1957.

Л. С. ГАНДИН

ОБ ОПТИМАЛЬНОМ ВЫБОРЕ ПАРАМЕТРОВ ВЕТРОДВИГАТЕЛЕЙ

В статье описана методика расчета параметров ветродвигателя, наилучшего для того или иного пункта, по заданной кривой распределения повторяемостей ветра в этом пункте.

При проектировании ветроэнергетических установок весьма важно уметь предвидеть, насколько эффективным окажется ветродвигатель той или иной системы в данном конкретном пункте. Имеется множество работ, посвященных этой задаче. Во всех этих работах параметры ветродвигателя принимаются заданными и не зависящими от того, где устанавливается этот ветродвигатель.

Хорошо известно, что один и тот же ветродвигатель может быть эффективным в одном пункте и неэффективным в другом. Это обстоятельство, разумеется, учитывается при расчетах. Однако во всех случаях характеристики ветродвигателей задаются заранее и рассматривается их эффективность в различных пунктах в зависимости от кривой распределения ветра в этих пунктах.

Между тем вполне мыслима и в известной степени более отвечает существу вопроса обратная постановка задачи: дана кривая распределения ветра, а требуется найти оптимальные для этой кривой значения параметров ветродвигателя. При этом важно иметь в виду следующее. Во всех случаях оптимальным явился бы идеальный ветродвигатель, полностью использующий всю энергию ветра при любых его скоростях. Однако такого ветродвигателя не существует. Всегда имеет место некоторый нижний предел рабочих скоростей a , такой, что при скоростях ветра, меньших a , колесо ветряка стоит на месте. Имеется всегда и верхний предел рабочих скоростей b , а именно при скоростях ветра, превышающих b , ветровое колесо во избежание аварии приходится выводить из-под ветра. Наконец, во избежание аварий обычно вводят еще так называемый режим регулирования. Он вводится для скоростей ветра, превышающих некоторое значение c ($c < b$), и состоит в том, что в интервале скоростей от c до b двигатель работает так, как если бы скорость ветра была равна c . Очевидно, что при прочих равных условиях, чем монументальнее ветродвигатель, тем больше для него параметры a , b и c .

Мощность ветродвигателя пропорциональна кубу рабочей скорости ветра. Поэтому средняя в данном месте мощность ветродвигателя будет пропорциональна величине

$$\overline{v^3} = \int_a^c f(x) x^3 dx + \int_c^b f(x) c^3 dx. \quad (1)$$

Здесь $f(x)$ — функция, описывающая дифференциальную кривую распределения ветра. Иначе говоря, $f(x)dx$ есть вероятность того, что скорость ветра заключена в пределах от x до $x+dx$.

Будем теперь считать, что мы располагаем множеством ветродвигателей с различными значениями параметров a , b и c , но отношения

$$\frac{b}{a} = k \quad \text{и} \quad \frac{c}{b} = s \quad (2)$$

для всех ветродвигателей данного множества одинаковы. Иначе говоря, мы считаем, что при переходе от одного ветродвигателя данного семейства к другому верхний предел рабочих скоростей и граница режима регулирования меняются во столько же раз, во сколько меняется нижний предел рабочих скоростей. Это приближенно соответствует изменению габаритов и тяжести двигателя без изменения его конструкции.

Практически можно говорить о двух-трех различных ветродвигателях в пределах одного семейства. Но для теоретических рассуждений удобно представлять себе дело так, что параметр a — а с ним и параметры b и c — может меняться непрерывно. Тогда задача нахождения оптимальных параметров ветродвигателя сведется к обычной задаче на максимум.

Подставим (2) в (1)

$$\bar{v}^3 = \int_a^{ksa} f(x) x^3 dx + \int_{ksa}^{ka} f(x) (ksa)^3 dx \quad (3)$$

и потребуем, чтобы \bar{v}^3 было максимальным по a . Необходимым условием этого является равенство

$$\frac{d\bar{v}^3}{da} = k^4 s^3 a^3 f(ka) - a^3 f(a) = 0. \quad (4)$$

В работе [1] было показано, что интегральная кривая распределения ветра может быть с достаточной для практических целей точностью описана формулой

$$F(x) = e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\gamma}, \quad (5)$$

где $F(x)$ — вероятность того, что скорость ветра больше x , а β и γ — параметры. Если принять эту зависимость, то дифференциальная кривая распределения скорости ветра опишется функцией

$$f(x) = \frac{\gamma}{\beta} \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\gamma-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\gamma}. \quad (6)$$

Подставляя (6) в (4), получим после несложных преобразований следующую формулу для оптимального значения нижнего предела рабочих скоростей ветродвигателя:

$$a = \beta \left[\frac{(3 + \gamma) \ln k + 3 \ln s}{k^\gamma - 1} \right]^{\frac{1}{\gamma}}. \quad (7)$$

Формула (7) выражает оптимальное значение a через параметры ветрового режима данного места β и γ и параметры данного семейства ветродвигателей k и s . В частности, если режим регулирования не вводится, то $s=1$ и формула (7) приобретает вид

$$a = \beta \left[\frac{(3 + \gamma) \ln k}{k^\gamma - 1} \right]^{\frac{1}{\gamma}}. \quad (8)$$

Легко получить выражения и для оптимальных значений параметров ветродвигателя b и c . Именно на основании (2) и (3)

$$b = k\beta \left[\frac{(3 + \gamma) \ln k + 3 \ln s}{k^\gamma - 1} \right]^{\frac{1}{\gamma}}, \quad (9)$$

$$c = ks\beta \left[\frac{(3 + \gamma) \ln k + 3 \ln s}{k^\gamma - 1} \right]^{\frac{1}{\gamma}}. \quad (10)$$

В работе [1] разъяснен смысл параметров β и γ кривой распределения ветра. Там показано, что параметр β с большой точностью пропорционален средней скорости ветра, а параметр γ однозначно связан с относительной дисперсией скорости ветра, убывая с ее ростом. Рассматривая с этой точки зрения полученные формулы, легко дать им качественное истолкование.

Все величины a , b и c пропорциональны параметру β . Это значит, что для пунктов, отличающихся друг от друга лишь средними скоростями ветра, оптимальные значения параметров должны различаться во столько же раз, во сколько различаются и скорости ветра. Далее, a , очевидно, растет с ростом s . Это означает, что, чем большая часть интервала рабочих скоростей охватывается режимом регулирования, тем больше оптимальные значения параметров ветродвигателя.

Величины k и γ входят в формулы более сложным путем, и для получения выводов об их влиянии целесообразно выполнить конкретные расчеты. Такие расчеты были выполнены нами применительно к девяти семействам ветродвигателей соответственно трем градациям величины s : $s=1$ (отсутствие регулирования), $s=0,8$ (малый интервал регулирования) и $s=0,6$ (большой интервал регулирования) — и трем градациям величины k : $k=3$ (малый интервал рабочих скоростей), $k=4$ (средний интервал рабочих скоростей) и $k=5$ (большой интервал рабочих скоростей).

Вычисления произведены для ряда значений параметра γ в том интервале, в каком встречаются эти значения в действительности. Все подсчеты велись с точностью до трех значащих цифр. Результаты их представлены в табл. 1.

Из таблицы видно, что с ростом интервала рабочих скоростей, т. е. с ростом параметра k , уменьшается оптимальное значение нижней и увеличивается оптимальное значение верхней границы этого интервала. Все величины a , c и b уменьшаются при прочих равных условиях с ростом параметра γ . Это легко понять, если вспомнить, что, чем больше γ , тем реже встречаются большие скорости ветра.

Разумеется, табл. 1 может быть использована не только для анализа, но и для расчетов. Приведем пример такого расчета.

Пусть мы имеем дело с ветродвигателем со средним интервалом рабочих скоростей ($k=4$) и наличием регулирования в небольшом интервале ($s=0,8$) и пусть надо найти оптимальные параметры такого ветродвигателя для пункта, где $\gamma=1,2$, $\beta=5$ м/сек.

В табл. 1 находим для данного случая значения:

$$\frac{a}{\beta} = 1,17, \quad \frac{c}{\beta} = 3,74, \quad \frac{b}{\beta} = 4,68.$$

Отсюда получаем:

$$a = 5,85 \text{ м/сек.}, \quad c = 18,7 \text{ м/сек.}, \quad b = 23,4 \text{ м/сек.}$$

Таким образом, в данных условиях среди данного семейства ветродвигателей оптимальным будет такой, у которого нижний предел рабочих скоростей составляет около 6 м/сек., нижний предел регулируемых скоростей — около 19 м/сек. и верхний предел рабочих скоростей — около 23 м/сек.

Таблица 1

Оптимальные значения параметров ветродвигателей

	s = 1			s = 0,8			s = 0,6		
	$\frac{a}{\beta}$	$\frac{c}{\beta}$	$\frac{b}{\beta}$	$\frac{a}{\beta}$	$\frac{c}{\beta}$	$\frac{b}{\beta}$	$\frac{a}{\beta}$	$\frac{c}{\beta}$	$\frac{b}{\beta}$
$\gamma = 1,0$ k = 3	2,20	6,60	6,60	1,86	4,46	5,58	1,43	2,57	4,29
	1,85	7,40	7,40	1,63	5,21	6,52	1,34	3,22	5,36
	1,61	8,05	8,05	1,44	5,75	7,20	1,23	3,69	6,15
$\gamma = 1,2$ k = 3	1,54	4,62	4,62	1,36	3,26	4,08	1,10	1,98	3,30
	1,30	5,20	5,20	1,17	3,74	4,68	1,01	2,42	4,04
	1,12	5,60	5,60	1,03	4,12	5,15	0,90	2,70	4,50
$\gamma = 1,4$ k = 3	1,22	3,66	3,66	1,10	2,64	3,30	0,93	1,67	2,79
	1,01	4,04	4,04	0,94	3,00	3,76	0,83	2,00	3,32
	0,90	4,50	4,50	0,82	3,28	4,10	0,74	2,22	3,70
$\gamma = 1,6$ k = 3	1,03	3,09	3,09	0,94	2,26	2,82	0,82	1,48	2,46
	0,86	3,44	3,44	0,80	2,56	3,20	0,72	1,73	2,88
	0,74	3,70	3,70	0,69	2,75	3,45	0,63	1,89	3,15
$\gamma = 1,8$ k = 3	0,91	2,73	2,73	0,85	2,04	2,55	0,75	1,35	2,25
	0,75	3,00	3,00	0,71	2,27	2,84	0,65	1,56	2,60
	0,64	3,20	3,20	0,61	2,44	3,05	0,57	1,71	2,85
$\gamma = 2,0$ k = 3	0,83	2,49	2,49	0,78	1,87	2,34	0,70	1,26	2,10
	0,68	2,72	2,72	0,65	2,08	2,60	0,60	1,44	2,40
	0,58	2,90	2,90	0,56	2,24	2,80	0,52	1,56	2,60

Из табл. 1 видно также, что выводы относительно оптимальных значений параметров существенно зависят от используемого семейства ветродвигателей и в особенности от того, применительно к какому пункту ведутся расчеты. Так, например, если снова рассматривать ветродвигатели с $k=4$ и $s=0,8$, то для ст. Яранск ($\gamma=1,6$, $\beta=4,9$ м/сек.) получаем оптимальные значения с округлением до целых метров в секунду: $a=4$ м/сек., $b=12$ м/сек., $c=16$ м/сек. Эти цифры близки к тем, которыми характеризуется большинство существующих ветродвигателей. Если же произвести подобный подсчет, допустим, для ст. Мыс Терпения ($\gamma=1,4$, $\beta=8,7$ м/сек.), получим $a=8$ м/сек., $b=26$ м/сек., $c=33$ м/сек. Эти значения существенно превышают обычные. Вообще в районах с сильными ветрами, где использование ветродвигателей особенно эффективно, их рабочие скорости должны быть существенно выше, чем применяемые в настоящее время.

В заключение подчеркнем следующее. Выведенные формулы описывают только один из возможных вариантов постановки задачи об оптимальных параметрах ветродвигателей. Можно характеризовать ветродвигатели иными параметрами и иным образом фиксировать соотношения между этими параметрами. Тогда, естественно, получатся и другие

количественные оценки. Рассмотренную постановку задачи следует считать не единственно возможной и даже не наиболее рациональной, а лишь иллюстрацией той общей идеи, что применительно к заданному ветровому режиму можно поставить и решить вопрос об оптимальных параметрах ветродвигателя.

При решении этого вопроса не следует рассматривать воздействие ветра на двигатель во всей его сложности. Необходимо найти простую, но достаточно корректную физическую стилизацию этого воздействия. Один из вариантов такой стилизации был описан выше.

Считаю своим долгом выразить глубокую признательность Д. Л. Лайхтману и Л. Е. Анапольской за полезные обсуждения разбираемых в настоящей статье вопросов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анапольская Л. Е., Гандин Л. С. Режимы больших скоростей ветра на территории СССР для учета ветровых нагрузок на сооружения. Сб. «Вопросы прикладной климатологии». Гидрометеоиздат, Л., 1960.

ВЕТРОВОЙ РЕЖИМ НОВОСИБИРСКОГО И КРАСНОЯРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ

Статья посвящена исследованию ветрового режима Новосибирского и Красноярского водохранилищ и содержит сведения, необходимые при проектировании и эксплуатации гидротехнических сооружений. В ней приводятся данные о повторяемости различных скоростей ветра, о скорости ветра, возможной один раз в год, в 5, 10, 15 и 20 лет, о штормах, охватывающих одновременно все водохранилище или часть его, о скоростях ветра различных направлений.

Исследование ветрового режима водохранилищ представляет значительный интерес для уточнения расчетов сгонно-нагонных явлений, расчетов, связанных с переформированием берегов, и т. д.

Основными данными о скоростях ветра в районе водохранилищ являются результаты наблюдений метеорологических станций, расположенных на берегу. Хотя наблюдения этих станций лишь частично отражают тот ветровой режим, который будет иметь место на водохранилище после того, как его уровень достигнет проектного горизонта, это единственный способ учета в проектах тех скоростей ветра, которые возможны в районе будущего водохранилища. Для более правильного описания ветрового режима водохранилища необходимо использовать наблюдения открыто расположенных станций, которые более близки к условиям будущих водохранилищ.

При исследовании ветрового режима Новосибирского и Красноярского водохранилищ были использованы многолетние наблюдения метеорологических станций, расположенных в открытых, незащищенных условиях.

Наиболее трудным вопросом при исследовании ветрового режима является вопрос об оценке повторяемости больших скоростей ветра. Как известно, флюгера отмечают скорости ветра в пределах 20 м/сек. (флюгер с легкой доской) и 40 м/сек. (флюгер с тяжелой доской). В исследуемом районе наблюдения за ветром по флюгерам с тяжелыми досками имеются лишь за небольшой ряд лет. Для определения повторяемости больших скоростей ветра использован метод статистической экстраполяции, изложенный в работе [1]. В исследовании использованы наблюдения метеорологических станций за период с 1936 по 1956 г., а для некоторых районов — по 1958—1960 гг.

Новосибирское водохранилище

Под влиянием атмосферной циркуляции и особенностей рельефа в районе Новосибирского водохранилища зимой часто наблюдаются сильные ветры, охватывающие значительные территории. Весной, при

Повторяемость скоростей ветра по градациям (%)

Станция	Месяц	Градация скоростей, м/сек.												
		0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-19	20	>20	
Колывань	I	18,3	24,4	19,2	12,5	7,8	3,6	6,1	3,9	2,2	0,2	1,7		
	IV	14,7	26,7	23,3	13,1	8,4	2,4	5,8	3,0	1,3		1,3		
	VII	23,3	34,2	23,3	9,8	4,2	1,1	3,0	0,6	0,4	0,4	0,4		0,1
	XII	15,6	25,8	20,7	14,9	7,9	2,7	5,8	3,4	1,6	0,2	1,3		0,1
	Год	17,1	27,2	21,7	13,0	7,4	3,0	4,9	3,1	1,2	0,1	1,3		
Новосибирск	I	31,0	26,5	17,9	11,8	5,8	2,5	2,1	0,8	0,6	0,5	0,4		0,1
	IV	27,0	30,8	20,2	11,8	5,3	2,0	1,2	0,9	0,5	0,2	0,1		
	VII	45,0	33,5	14,4	5,5	1,0	0,2	0,2		0,1				0,1
	XII	26,0	28,7	21,2	13,7	5,3	2,5	1,2	1,0	0,2	0,1	0,1		0,1
	Год	31,3	29,8	19,0	10,9	4,5	1,7	1,4	0,7	0,4	0,1	0,1		
Коченево	I	17,6	23,6	18,1	15,5	10,1	1,8	6,6	2,1	3,1		1,5		
	IV	13,0	25,9	21,8	15,3	10,3	1,3	7,7	1,8	2,3		0,6		
	VII	23,4	37,9	20,6	10,2	4,4	0,5	2,1	0,2	0,5	0,2	0,2		
	XII	13,1	26,5	21,4	17,0	9,9	1,7	5,9	1,7	2,3	0,5	0,5		
	Год	15,6	27,9	21,0	14,7	9,1	1,5	6,1	1,6	1,9		0,6		
Камень-на-Оби	I	20,5	27,2	20,4	10,7	7,5	2,8	5,4	1,9	1,8	0,1	0,8		0,6
	IV	16,5	24,5	20,6	16,9	9,4	2,6	6,1	1,5	1,5		0,3		
	VII	25,4	31,3	24,9	11,0	4,5	0,8	1,8	0,3	0,1	0,1	0,2		0,1
	XII	15,7	24,2	20,8	15,8	10,9	2,5	6,1	2,1	1,4	0,1	0,4		0,1
	Год	19,1	25,6	21,7	13,7	8,2	2,4	5,4	1,8	1,3	0,1	0,4		

постепенном размывании отрога сибирского антициклона, циклоничность возрастает и увеличивается повторяемость сильных, нередко засушливых ветров. Летом градиенты давления уменьшаются, циклоны менее глубоки и число сильных ветров уменьшается.

Средние месячные скорости ветра зимой на открытых участках достигают 5—5,5 м/сек., в более защищенных условиях они уменьшаются до 3,5—4 м/сек. От зимы к весне средние месячные скорости ветра уменьшаются на 15—20%. Летом они составляют 3,2—3,5 м/сек. на открытых участках и 2,5—3,0 м/сек. на более защищенных. Осенью скорости ветра вновь начинают возрастать и в октябре достигают 4—4,5 м/сек. на открытых участках.

Зимой на долю штилей и малых скоростей ветра (1 м/сек.) на открытых участках приходится 17—18% случаев, скорости 2—3 м/сек. повторяются в 24—26% случаев, скорости 10 м/сек. — в 1,8—4% и 20 м/сек. — до 1,5% общего числа случаев (табл. 1). Это означает, что в районе Новосибирского водохранилища, например, в январе возможны в среднем два случая штормов скоростью ≥ 20 м/сек.

Весной число штилей и малых скоростей ветра несколько уменьшается за счет увеличения повторяемости скоростей ветра 4—7 м/сек., однако число штормов становится меньше. Наибольшее число штилей наблюдается летом (23—25% случаев). Число случаев скоростей ветра 2—3 м/сек. летом увеличивается до 35—40%. Уменьшается число штормов скоростью ≥ 20 м/сек. Такие штормы летом бывают не ежегодно (табл. 1).

При расчетах сооружений используются сведения о скоростях ветра различной вероятности (табл. 2).

162282

Таблица 2

Расчетные скорости ветра различной вероятности (м/сек.)

Станция	Скорости ветра, возможные один раз				
	в год	в 5 лет	в 10 лет	в 15 лет	в 20 лет
Колывань	28	33	34	35	36
Коченево	25	28	30	31	32
Новосибирск, Бугры	22	26	27	28	29
Камень-на-Оби	25	29	30	31	32

В открытых условиях местоположения в районе Новосибирского водохранилища ежегодно возможны скорости ветра 25—28 м/сек., а один раз в 20 лет на высоте флюгера эти скорости достигают 32 м/сек. Несколько меньшие скорости ветра в Новосибирске можно объяснить влиянием застройки и более защищенным положением флюгера. Следует иметь в виду, что по сравнению с сушей над водой скорости ветра возрастают. Как показали многочисленные исследования, в среднем можно считать, что над водой скорость ветра больше на 25—30%. При расчетах скоростей ветра над водной поверхностью необходимо данные табл. 2 умножить на 1,3, а затем произвести пересчет с высоты флюгера (примерно равной 10 м) к высоте 2 м над водной поверхностью, для которой обычно производятся расчеты.

Значительный интерес при гидротехнических расчетах представляют данные о скоростях ветра различных направлений. В районе Новосибир-

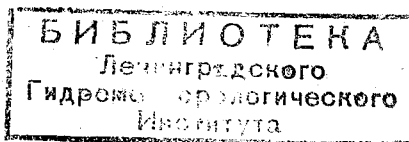


Таблица 3

Вероятность ветра различной скорости по направлениям (%).
Новосибирск, Бугры

Скорость ветра, м/сек.	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Сумма
Апрель									
0—1	2,4	2,6	2,6	2,8	3,4	2,6	2,4	1,8	20,6
2—5	3,9	5,6	6,0	7,0	6,0	9,6	9,6	4,5	52,2
6—10	1,3	1,2	0,4	1,2	3,8	7,7	4,2	1,7	21,5
11—15	0,2	0,1	0,3	0,4	1,0	1,6	0,8	0,1	4,5
>15					0,2	0,9	0,1		1,2
Май									
0—1	2,4	3,9	2,0	1,6	1,4	1,1	2,2	2,2	16,8
2—5	6,2	6,8	5,8	5,0	5,6	7,0	8,8	7,8	53,0
6—10	1,6	1,0	0,9	1,8	4,6	7,5	5,2	2,6	25,2
11—15	0,0	0,0	0,2		0,8	1,8	1,0	0,1	3,9
>15		0,0			0,4	0,5	0,2		1,1
Июнь									
0—1	3,8	5,0	5,3	2,5	2,0	1,8	2,8	4,1	27,3
2—5	6,8	7,8	6,6	4,6	5,9	7,0	8,4	7,2	54,3
6—10	1,4	2,0	0,7	1,2	3,3	3,8	2,2	1,8	16,4
11—15					0,4	1,0	0,3	0,2	1,9
>15					0,1	0,0			0,1
Июль									
0—1	5,8	6,6	5,8	3,6	2,6	2,7	3,9	4,4	35,4
2—5	8,4	9,5	7,0	5,9	5,1	6,4	5,6	6,4	54,3
6—10	1,7	1,2	0,2	0,8	2,0	1,8	0,9	0,9	9,5
11—15	0,1		0,1		0,1	0,2	0,2		0,7
>15						0,1			0,1
Август									
0—1	6,2	6,9	4,0	3,0	3,3	2,2	5,1	4,9	35,6
2—5	8,5	8,6	6,8	4,8	5,6	6,8	6,7	6,6	54,4
6—10	0,4	1,1	0,5	1,0	2,2	2,2	0,6	0,8	8,8
11—15				0,2	0,3	0,2		0,1	0,8
>15				0,2		0,2			0,4
Сентябрь									
0—1	3,2	3,5	4,6	3,2	2,8	2,7	2,8	4,0	26,8
2—5	3,0	4,0	5,5	6,2	9,4	10,2	10,4	5,0	53,7
6—10	0,5	0,6	0,3	1,2	5,7	5,9	2,2	0,8	17,2
11—15		0,0	0,0	0,2	0,8	0,8	0,2		2,0
>15					0,2	0,0	0,1		0,3

ского водохранилища во все сезоны года преобладающими являются юго-западные ветры. В табл. 3 приводятся данные о скоростях ветра по направлениям на ст. Новосибирск, Бугры. Следует иметь в виду, что эта станция расположена в более защищенных условиях и на водохранилище скорости ветра будут больше. Преобладание же юго-западных ветров характерно для всего района водохранилища.

Значительный интерес представляет исследование длительности и одновременного охвата штормом района водохранилища. В настоящей работе использованы данные о штормах (ветрах скоростью ≥ 16 м/сек.), их длительности и направлениях, полученные из материалов наблюдений станций за период с 1936 по 1956 г.

Для эксплуатации водохранилища наибольший интерес представляют штормы, возникающие в тот период, когда вода не покрыта льдом. Характерной особенностью исследуемого района является то, что наиболее сильные и длительные штормы наблюдаются зимой и в переходные сезоны. Летние штормы, как правило, слабее и менее длительны. Следует, однако, иметь в виду, что под влиянием водной поверхности скорости ветра возрастают и можно ожидать увеличения длительности штормов в летнее время. Приведем несколько примеров длительных штормов, охватывающих значительную территорию.

Такой шторм начался 30 октября 1952 г. и продолжался до середины дня 31 октября. Скорости ветра достигали 17—20 м/сек. (табл. 4).

Таблица 4

Станция	Сроки наблюдений			
	19 час.	1 час	7 час.	13 час.
	30/X 1952 г.		31/X 1952 г.	
Колывань	ЗЮЗ 17	ЮЗ 17	ЮЗ 17	ЗЮЗ 20
Новосибирск	3 10	3 12	3 14	3 18
Коченево	3 17	ЮЗ 17		
Камень-на-Оби	Ю 17			

Еще более сильный шторм наблюдался 21 октября 1954 г. Значительным усилением ветра был охвачен район водохранилища, а также обширная область Горной Шории. На станциях, расположенных в районе водохранилища, были отмечены скорости ветра 20 м/сек. (табл. 5).

Таблица 5

Станция	Сроки наблюдений		
	7 час.	13 час.	19 час.
	21/X 1954 г.		
Колывань	ЮЗ 20	ЗЮЗ 20	
Новосибирск		ЮЗ 18	
Коченево	ЮЮЗ 20	ЮЗ 20	ЮЗ 20
Камень-на-Оби		ЮЗ 20	

Станция	Сроки наблюдений											
	1 час	7 час.	13 час.	19 час.	1 час	7 час.	13 час.	19 час.	1 час	7 час.	13 час.	
		2/XI 1950 г.				3/XI 1950 г.				4/XI 1950 г.		
Кольвань	ЮЗ 20	ЮЗ 18	ЮЮЗ 20	ЮЗ 20	ЮЮЗ 20	ЮЗ 20	ЮЮЗ 20	ЮЮЗ 20	ЮЮЗ 20	ЮЗ 20	ЮЗ 20	ЮЗ 20
Новосибирск	ЮЗ 12	ЮЗ 17	ЮЮЗ 14	ЮЮЗ 17	ЮЮЗ 12	ЮЮЗ 9	ЮЮЗ 17	ЮЮЗ 17	ЮЮЗ 17	ЮЗ 14	ЗЮЗ 12	
Коченево	ЮЗ 17	ЮЗ 17	ЮЗ 17	ЮЗ 17	ЮЗ 17	ЮЗ 17	ЮЗ 17	ЮЮЗ 20	ЮЮЗ 20	ЮЗ 17	ЮЗ 17	
Камень-на-Оби	ЮЮЗ 14	ЗЮЗ 17	ЮЗ 17	ЮЗ 17	ЮЗ 17	ЮЮЗ 20	ЮЮЗ 20	ЮЮЗ 20	ЮЮЗ 20	ЮЗ 17	ЮЗ 17	
Барнаул	ЮЗ 18	ЮЗ 24	ЮЗ 20	ЮЗ 18	ЮЗ 18	ЮЗ 18	ЮЗ 20	ЮЗ 20	ЮЗ 20	ЮЗ 20	ЮЗ 16	ЮЗ 16
Красноярск			ЮЮЗ 10	ЮЗ 16	ЮЗ 16	ЮЗ 16	ЮЮЗ 16	ЮЗ 28	ЮЗ 14	ЮЗ 14		
Дербино		ЮЮЗ 16	ЮЮЗ 16	ЮЮЗ 16	ЮЮЗ 16	ЮЮЗ 18	ЮЮЗ 10	ЮЮЗ 14	ЮЮЗ 10	ЮЮЗ 10	ЮЗ 18	
Новоселово			ЮЗ 17	ЮЗ 16	ЮЗ 16	ЮЗ 18	ЮЗ 18	ЮЗ 16	ЮЗ 16	ЮЗ 16		

21 октября в центральной части Западной Сибири располагался циклон. В районе Казахстана располагалась область высокого давления. Большие градиенты давления и проходящий холодный фронт вызвали резкое усиление ветра. В 7 час. шторм был отмечен в районе Колывань — Коченево, а к 13 час. штормом была охвачена большая территория.

В ноябре по сравнению с октябрём число штормов резко возрастает. Увеличивается продолжительность действия шторма, а также повторяемость скоростей ветра >20 м/сек. В качестве примера приведём шторм 2—4 ноября 1950 г. (рис. 1), когда в районе Новосибирского водохранилища в течение нескольких дней во все сроки наблюдений отмечались скорости ветра >16 м/сек. (табл. 6).

Наибольшей силы шторм достиг вечером 3 ноября 1950 г., когда скорости >16 м/сек. наблюдались одновременно (в 19 час.) от Новосибирска до Красноярска на севере и до Барнаула на юге.

Шторм начался 2 ноября 1950 г. В 21 час. тёплый фронт находился вблизи Новосибирска. В районе Барнаула скорости ветра достигали

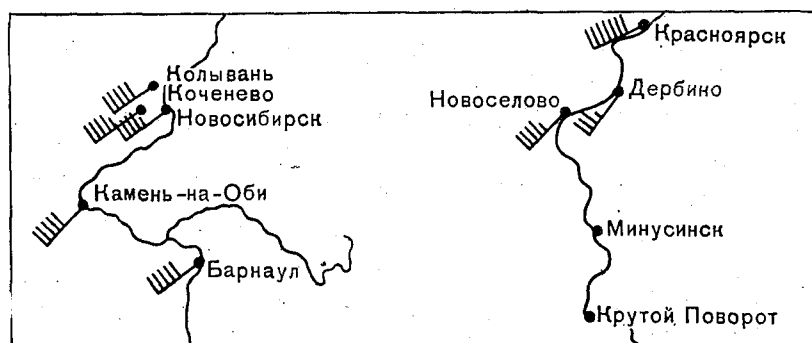


Рис. 1. Направление и скорость ветра 3 ноября 1950 г. в 19 час. в районе Новосибирского и Красноярского водохранилищ.

24 м/сек. Шторм распространялся в двух направлениях: с севера и запада, — образуя две отдельные области. В течение дня 3 ноября шторм охватывал постепенно все новые и новые районы. К 13 час. обе области сомкнулись, не распространяясь дальше, но шторм продолжался до 19 час. 3 ноября (рис. 2).

Весенние штормы характеризуются большой длительностью и значительными скоростями (табл. 7). Таким, например, был шторм 20—21 марта 1953 г. (рис. 3).

На рис. 4 приведена синоптическая карта за 21 час 21 марта 1953 г. Шторм вызван прохождением фронтов тёплого (20 марта) и холодного (21 марта).

Приведенные выше данные свидетельствуют о том, что в районе Новосибирского водохранилища наблюдаются значительные штормы чаще всего юго-западного направления.

В безледоставный период (май — октябрь) преобладающими при штормах остаются ветры юго-западного направления скоростью до 20 м/сек. Летом по сравнению с другими сезонами несколько возрастает число северо-восточных штормов, скорости которых редко достигают 20 м/сек. Зимой и в переходные сезоны длительность штормов велика. Имеют место случаи, когда скорости ветра ≥ 16 м/сек. наблюдаются в течение 1—2 дней. Летние штормы, как правило, более кратковременны. На водохранилище следует ожидать увеличения скоростей ветра и длительности штормов.

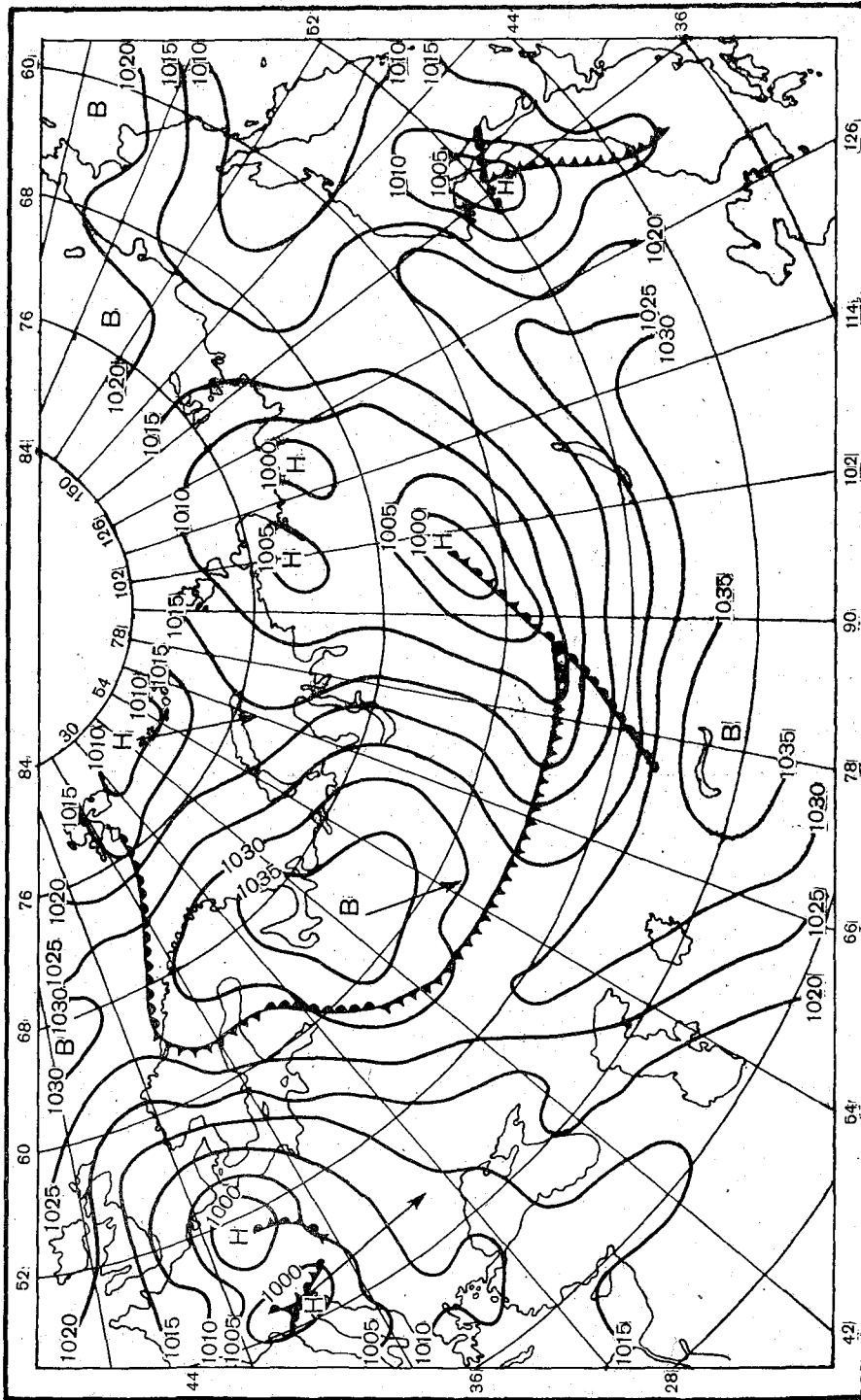


Рис. 2. Синоптическая карта за 21 час 3 ноября 1950 г.

Таблица 7

Станция	Сроки наблюдений				
	13 час.	19 час.	1 час	13 час.	19 час.
	20/III 1953 г.		21/III 1953 г.		
Колывань	Ю 20	Ю 20	ЮЗ 20	З 20	
Новосибирск	Ю 14	ЮЮЗ 14	ЮЗ 20	ЮЗ 14	ЮЗ 14
Коченево	ЮЮЗ 20	ЮЮЗ 20	ЮЗ 20	З 20	
Камень-на-Оби		Ю 17		ЮЮЗ 18	ЮЗ 20
Балахта				ЮЗ 20	ЮЮЗ 18
Березовское					З 17
Дербино				ЮЗ 16	ЮЗ 16
Новоселово				ЮЮЗ 20	
Идринское					ЗЮЗ 16
Краснотуранск				ЮЮЗ 18	ЮЗ 20
Абакан				ЗЮЗ 16	З 24
Минусинск					ЮЗ 20
Ермаковское					З 16

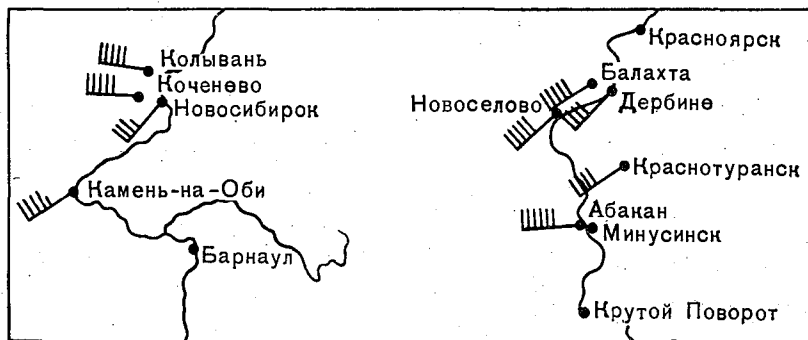


Рис. 3. Направление и скорость ветра 21 марта 1953 г. в 13 час в районе Новосибирского и Красноярского водохранилищ.

Красноярское водохранилище

Исследование ветрового режима Красноярского водохранилища проводилось по наблюдениям метеорологических станций, расположенных вблизи будущего водохранилища, имеющего значительную протяженность (от района Красноярска до Минусинска).

Район Красноярского водохранилища характеризуется сложным рельефом, обуславливающим большое разнообразие скоростей и направления ветра. Зимой, когда район Красноярского водохранилища находится под влиянием отрога сибирского антициклона, наибольшую повторяемость (табл. 8) имеют штили или слабые ветры (1 м/сек.). Так, в Красноярске в январе в 50% случаев отмечаются скорости ветра 0—1 м/сек., в Краснотуранске таких скоростей ветра бывает 80%, а в Абакане — 70%. Наряду с очень маленькими скоростями возможно усиление ветра до 17—20 м/сек. (0,1—0,2% случаев).

Весной, по мере ослабления сибирского антициклона, усиливается циклоническая деятельность и скорости ветра увеличиваются. Число

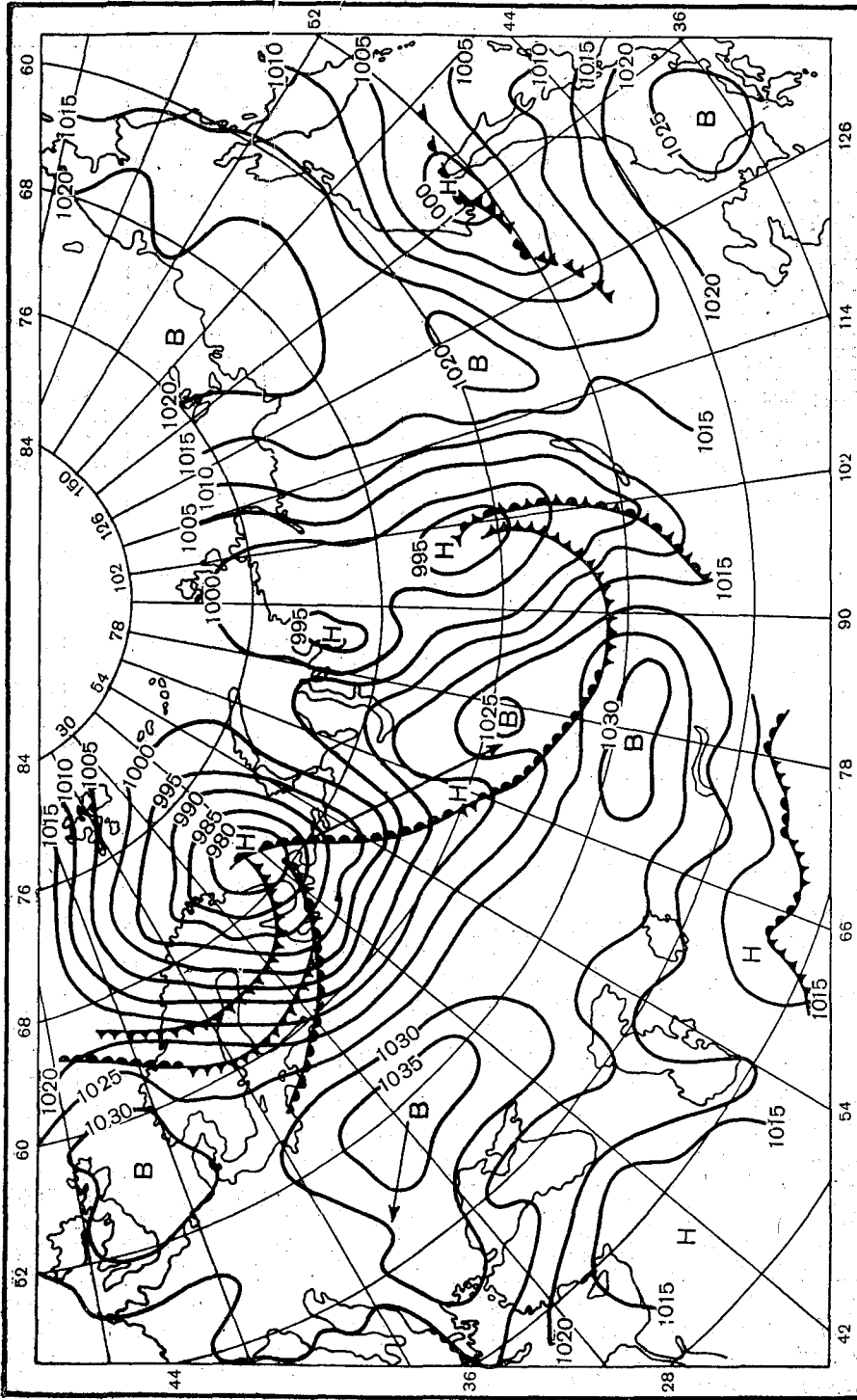


Рис. 4. Синоптическая карта за 21 час 21 марта 1953 г.

Таблица 8

Повторяемость скоростей ветра по градам (‰)

Станция	Месяц	Градации скоростей, м/сек.											
		0—1	2—3	4—5	6—7	8—9	10—11	12—13	14—15	16—17	18—19	20	>20
Красноярск	I	50,7	15,0	14,7	8,2	5,8	2,5	1,2	0,4	1,2	0,1	0,2	
	IV	35,1	24,3	20,0	12,4	4,8	1,8	0,8	0,4	0,4			
	VII	48,5	31,7	15,0	3,7	0,9	0,1	0,1					
	X	30,2	23,6	21,8	13,2	6,4	2,4	1,3	0,5	0,5			
	Год	41,7	23,4	17,8	9,1	4,4	1,7	1,1	0,3	0,5			
Новоселово	I	62,2	6,9	7,1	7,8	5,3	3,1	2,7	1,6	2,4	0,6	0,2	0,1
	IV	43,7	18,1	13,7	11,7	6,6	3,4	1,7	0,2	0,5	0,2		
	VII	58,3	21,1	12,5	5,5	1,8	0,5	0,2	0,1				
	X	36,8	15,7	16,0	14,0	9,8	3,9	2,3	0,8	0,6	0,1	0,1	
	Год	49,1	15,3	12,3	9,4	6,2	3,2	2,2	0,9	1,1	0,2		
Красногуранск	I	80,6	11,9	4,0	1,8	1,1	0,5	0,1		0,1			
	IV	41,0	27,3	18,7	7,5	2,4	2,2	0,4	0,2	0,3			
	VII	44,9	33,0	15,5	4,9	1,1	0,5		0,1				
	X	45,9	30,3	13,6	4,5	2,3	1,6	0,9	0,5	0,4			
	Год	53,3	25,5	12,7	4,9	1,7	1,1	0,5	0,2	0,1			
Абакан	I	70,4	12,7	5,3	3,8	3,1	1,1	1,5	0,9	1,0	0,1	0,1	
	IV	36,3	24,7	15,9	8,1	5,5	2,3	3,6	1,0	2,0	0,2	0,2	0,2
	VII	43,9	30,2	16,4	5,6	2,5	0,6	0,4	0,2	0,2			
	X	44,6	18,4	14,0	8,9	5,6	2,6	3,4	1,1	1,0	0,2	0,2	0,1
	Год	48,2	21,6	13,2	6,8	4,3	1,8	2,1	0,7	1,0	0,1	0,1	

штилей и слабых скоростей уменьшается до 35—40% (апрель), число скоростей 4—7 м/сек. возрастает. Однако в северной части водохранилища число штормов уменьшается. Например, в Красноярске в январе бывает 1,2% случаев скоростей 16—17 м/сек., а в апреле это число уменьшается до 0,4%. В южной части водохранилища режим скоростей ветра складывается под влиянием атмосферной циркуляции и особого, котловинного рельефа местности. Число штилей и малых скоростей от зимы к весне уменьшается почти вдвое (табл. 8). Резко возрастает число скоростей 4—7 м/сек., которое, например, в Краснотуранске возрастает от 6% в январе до 26% в апреле. В Минусинской котловине под влиянием рельефа образуется местная циркуляция и часто наблюдаются фёны, сгоняющие снег. Внутри котловины почти постоянно наблюдаются юго-западные ветры. Сильные ветры в апреле и мае при сухой обнаженной почве часто приводят к черным бурям. В летнее время в Минусинскую котловину часто проникают северные и северо-восточные потоки, преодолевающие на своем пути горные отроги и опускающиеся в район Абакана и Минусинска в виде суховейных северо-восточных фёнов. Летом в районе Абакан — Минусинск довольно часты значительные скорости ветра (до 16—17 м/сек.), однако такие ветры, как правило, непродолжительны. В результате ветровой эрозии, которая наиболее резко проявляется весной и осенью, с полей во многих районах сдувается плодородный слой почвы. В степных и некоторых лесостепных районах сильные ветры наносят значительный ущерб животноводству и задерживают полевые работы.

Для расчетов различных сооружений, например линий связи и электропередачи, приводим сведения о расчетных скоростях ветра различной вероятности (табл. 9).

Таблица 9

Расчетные скорости ветра различной вероятности (м/сек.)

Станция	Скорости ветра, возможные один раз				
	в год	в 5 лет	в 10 лет	в 15 лет	в 20 лет
Красноярск	23	26	27	28	29
Дербино	20	25	27	28	30
Балахта	23	28	31	32	33
Новоселово	25	31	33	34	36
Краснотуранск	17	20	21	22	23
Абакан	25	30	33	34	35

Значительное усиление ветра в открытых, незащищенных условиях местоположения, достигающее ежегодно 23—25 м/сек., свидетельствует о том, что в южной части водохранилища следует ожидать длительных и сильных штормов.

Исследование направлений ветра различной скорости в районе Красноярского водохранилища (табл. 10) показывает, что для всего района характерно преобладание юго-западных ветров во все сезоны года. Летом и в переходные сезоны несколько возрастает число северных и северо-восточных ветров. Наибольшие скорости ветра, как правило, имеют также юго-западное и реже западное направление. Летом иногда возможны северные и северо-восточные ветры скоростью до 20—24 м/сек.

Таблица 10

Вероятность ветра различной скорости по направлениям (%)

Скорость ветра, м/сек.	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Сумма
------------------------------	---	----	---	----	---	----	---	----	-------

КРАСНОЯРСК, ОП. П.

Январь

0—1	0,8	2,6	0,4	0,8	7,1	24,2	8,8	1,9	46,6
2—5	0,3	0,2	0,8	0,0	4,7	15,6	5,2	0,3	27,1
6—10			0,0		4,3	10,2	2,3	0,1	16,9
11—15					1,0	2,2	0,4		3,6
>15					1,6	3,5	0,7	0,0	5,8

Апрель

0—1	1,6	1,9	2,0	1,7	5,4	15,5	5,8	4,0	37,9
2—5	0,8	1,5	1,8	0,5	5,5	16,2	7,9	1,4	35,6
6—10	0,2	0,1	0,5	0,2	3,9	10,2	4,8	0,7	20,6
11—15	0,1	0,1			0,7	1,9	0,6	0,1	3,5
>15					0,4	1,4	0,6		2,4

Июль

0—1	1,2	5,7	3,6	2,5	6,3	23,7	11,6	4,4	59,0
2—5	1,2	1,9	2,7	1,0	5,1	13,4	5,9	2,5	33,7
6—10	0,1	0,4	0,1	0,1	1,5	3,1	1,0	0,3	6,6
11—15			0,1		0,1	0,2	0,2		0,6
>15						0,1			0,1

Октябрь

0—1	1,1	1,6	3,0	0,2	2,8	20,3	7,6	0,9	37,5
2—5	0,3	0,4	1,0	0,1	5,6	18,7	6,8	1,0	33,9
6—10	0,1			0,1	4,5	11,6	3,5	0,5	20,3
11—15					0,9	2,6	0,7	0,2	4,4
>15					0,5	2,7	0,5	0,2	3,9

МИНУСИНСК, ОП. П.

Январь

0—1	19,1	14,8	1,8	1,6	1,9	13,4	13,0	13,9	79,5
2—5	1,2	1,8	0,0	0,1	0,6	5,3	1,6	0,6	11,2
6—10	0,1	0,2				7,7	0,2	0,1	8,3
11—15						0,7			0,7
>15		0,0				0,3			0,3

Апрель

0—1	7,9	13,2	2,1	3,7	2,2	8,9	5,8	3,7	47,5
2—5	7,7	7,0	2,1	1,7	1,7	9,4	5,5	2,6	37,7
6—10	1,0	0,3	0,1	0,0		7,4	3,0	0,6	12,4
11—15	0,0					0,9	0,7		1,6
>15	0,1	0,0				0,4	0,3	0,0	0,8

Скорость ветра, м/сек.	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Сумма
Июль									
0—1	7,9	10,0	4,1	4,7	3,2	11,1	7,8	6,8	55,6
2—5	6,3	7,2	2,0	2,1	1,6	10,0	7,0	4,7	40,9
6—10	0,6	0,2				1,4	0,8	0,5	3,5
11—15							0,0		0,0
>15									
Октябрь									
0—1	8,6	10,9	3,1	3,7	3,0	13,5	9,2	5,5	57,5
2—5	3,6	3,2	0,7	1,3	1,3	14,5	4,0	1,7	30,3
6—10	0,5	0,2	0,0	0,1	0,1	8,2	1,2	0,2	10,5
11—15	0,1					0,8	0,2		1,1
>15	0,0					0,6	0,0		0,6

Значительный интерес представляет оценка штормов, охватывающих одновременно все водохранилище или большую его часть. В качестве примера приводим два шторма в ноябре и марте (см. табл. 6 и 7 и рис. 1—4). В районе Красноярского водохранилища наиболее длительными являются зимние штормы. Весенние и летние штормы (скоростью ≥ 16 м/сек.), как правило, охватывают незначительную территорию и отмечаются в 1—2 срока наблюдений подряд. Для описываемого района летом и в переходные сезоны характерно длительное усиление ветра (6—10 час. подряд) скоростью до 10—12 м/сек. юго-западного и западного направлений. Такие усиления ветра могут одновременно охватывать значительные территории, особенно в южной части водохранилища.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анапольская Л. Е., Гандин Л. С. Методика определения расчетных скоростей ветра для проектирования ветровых нагрузок на строительные сооружения. *Метеорология и гидрология*, № 10, 1958.
2. Анапольская Л. Е. Исследование ветрового режима водохранилищ. Труды III Всесоюзного гидрологического съезда, т. 4, Гидрометеонздат, Л., 1959.
3. Гавлина Г. Б. Климат Хакасии. В кн. «Природные условия и сельское хозяйство Хакасской автономной области». Изд. АН СССР, М., 1954.

СРАВНЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ЗИМНИХ ОСАДКОВ ПО ОСАДКОМЕРАМ И ДОЖДЕМЕРАМ С МАКСИМАЛЬНЫМИ ЗАПАСАМИ ВОДЫ ПО СНЕГОСЪЕМКАМ

В статье приведены данные о количестве осадков, измеренных приборами (дождемером с защитой Нифера и осадкомером системы Третьякова), и запасах воды, определенных по снегосъемкам, а также результаты их сравнения.

Использованы материалы наблюдений сети станций ГУГМС и ГУСМП за 1945—1959 гг.

Для увязки рядов наблюдений над осадками по дождемеру с защитой Нифера и осадкомеру системы Третьякова в ряде работ [1, 2, 4, 8, 9] произведено непосредственное сравнение показаний этих приборов. Нами сделана попытка оценить коэффициент пересчета путем сравнения показаний каждого из приборов с третьей величиной как с эталоном. Поскольку рассматриваются осадки за холодный период (твердые), за третью независимую величину приняты результаты наблюдений по снегосъемкам.

В качестве типовых эталонных участков для снегосъемок, где сравнительно надежно можно определить запасы воды, выбраны участки «поляна в лесу» и «под кронами деревьев» в лиственном лесу [10].

Для сопоставления использовалось равенство

$$K = 1 + K_1 - K_2, \quad (1)$$

где $K = \frac{K_0}{K_d}$, $K_1 = \frac{K_0}{K_c}$, $K_2 = \frac{K_d}{K_c}$, K_0 и K_d — нарастающие суммы осадков соответственно по осадкомеру и дождемеру за период между датами установления устойчивого снежного покрова и максимального запаса воды по снегосъемке (K_c).

K_1 почти всегда больше K_2 , так как осадкомером твердые осадки измеряются более точно, чем дождемером. Сравнение производилось по датам максимального запаса воды (см. табл. 1 и 2 приложения). Величина максимального запаса воды несколько занижена по сравнению с истинной, так как не учитывалось испарение с поверхности снега. По расчетным данным П. П. Кузьмина [5], испарение составляет 25—28 мм на Европейской территории СССР (ЕТС). Результаты непосредственных измерений испарения на открытых участках оказались весьма разнообразными. Так, в районе Ергеней, по данным Е. Д. Сабо [7], испарение составляет 50% максимального запаса воды, а в более северных районах не превышает 15%. Больших значений испарение достигает в начале и конце зимы. В конце зимы наибольшие величины испарения наблюдаются после даты максимального запаса воды. Поэтому в использованном нами периоде они значительной роли не играют.

Таким образом, пренебрегая испарением, мы несколько сближаем сравниваемые величины, поскольку выбранный нами эталон имеет погрешность в сторону занижения конечных результатов.

В зимы с оттепелями вследствие просачивания воды в почву и образования ледяной корки наблюдения по снегосъемкам перестают быть надежными [3]. Это подтверждается и составленной нами табл. 1, в которой приводятся значения коэффициента K_1 , а также коэффициента корреляции r между K_1 и числом дней с оттепелью B и средняя квадратичная ошибка коэффициента корреляции σ_r . Для составления табл. 1

Таблица 1

Зависимость K_1 от числа дней с оттепелью

	Число дней с оттепелью за сезон			
	0—10	11—20	21—30	31—40
K_1	0,90	0,86	0,95	1,10
$r (K_1, B)$	0,83	0,79	0,69	0,63
σ_r	0,07	0,03	0,05	0,09

было рассмотрено 324 случая наблюдений за 1952—1959 гг. Величина коэффициента корреляции уменьшается с увеличением числа дней с оттепелью за сезон для территории от полярного круга до 50° с. ш. и от 40 до 115° в. д. Средняя ошибка σ_r не превышает 0,09. Из табл. 1 следует, что в зимы, когда B меньше 20 дней и $r=0,80$, в качестве эталона можно использовать запас воды, определенный по снегосъемкам. В зимы, когда B больше 20 дней, коэффициент корреляции между K и B резко уменьшается.

Таблица 2

Зависимость K_1 от степени защищенности установки осадкомера при числе дней с оттепелью не более 20

	Установка	
	защищенная	открытая
K_1	0,89	0,79
$r (K_1, B)$	0,85	0,70
σ_r	0,04	0,06

Так как осадкомеры расположены не на выбранных нами эталонных участках снегосъемок, а на станциях с различной защищенностью, в табл. 2 показана зависимость K_1 для крайних условий защищенности установки осадкомера. Разница для открытых и защищенных установок в среднем составляет 10%. Однако коэффициент корреляции уменьшается на 0,15 для открытых установок при небольшом увеличении ошибки.

Как уже отмечалось [1, 10], ошибки в измерении осадков объясняются метелевым состоянием погоды. На рис. 1 видно, что на открытых уста-

новках осадкомера вследствие выдувания и непопадания осадков в прибор при метелях количество измеренных осадков уменьшается на 10% по сравнению с защищенными установками. При этом имеет место равномерное увеличение недоучета измеряемых осадков с ростом числа дней с метелью. Даже на защищенных установках осадкомера осадков на 10% меньше по сравнению со снегосъемками.

Из-за отсутствия до 1950 г. массового доброкачественного материала наблюдений по снегосъемкам на выбранных нами участках полян в лесу сравнение количества осадков по дождемеру с запасами воды по снегосъемкам было проведено только по четырем районам (табл. 3). Для расчета этой таблицы использованы наблюдения за 1945—1951 гг.

Из табл. 3 видно, что в среднем дождемером с защитой Нифера измерялось осадков на 30% меньше, чем запасов воды по снегосъемкам. Исключение составляет Забайкалье, где при слабых зимних ветрах (1,0—1,5 м/сек.) дождемером учитывалось осадков только на 4% меньше, чем запасов воды по снегосъемкам. Таким образом, в Забайкалье почти не произошло уточнения в измерении твердых осадков при замене приборов.

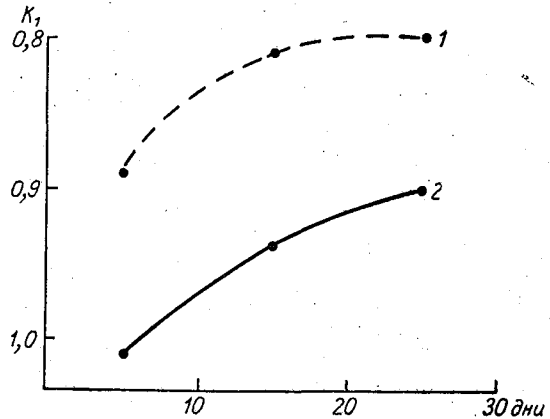


Рис. 1. Зависимость K_1 от числа дней с метелью для зим с числом дней с оттепелью не более 20.

1 — для открытых установок осадкомера, 2 — для защищенных установок осадкомера.

Таблица 3

Отношение количества осадков, измеренных дождемером, к запасам воды по снегосъемкам

Район	K_2	r' (K_d, K_c)	$\sigma_{r'}$
Северо-Запад ЕТС	0,78	0,70	0,06
Забайкалье	0,96	0,57	0,10
Приморье	0,73	0,70	0,08
Колыма	0,71	0,77	0,05

Таблица 4

Сравнение количества осадков по осадкомеру и дождемеру с запасами воды по снегосъемкам

Район	K_1	K_2	r (K_o, K_c)	r' (K_d, K_c)	σ_r	$\sigma_{r'}$	v_o	v_d
Северо-Запад ЕТС	1,11	0,78	0,80	0,70	0,05	0,06	3,6	3,7
Забайкалье	0,98	0,96	0,70	0,57	0,09	0,10	1,2	1,1

В табл. 4 приводится сравнение всех параметров для двух географических районов и, кроме того, средние скорости ветра за период наблюдений по осадкомеру v_o и дождемеру v_d . Поскольку сравнение было произведено за разные периоды, существенно было учесть значение средней скорости ветра как главного фактора, влияющего на выдувание осадков. Расчет показал, что скорости ветра отличались всего на 0,1 м/сек.

В табл. 4 v_o и v_d — средняя скорость ветра в м/сек. за период наблюдений соответственно по осадкомеру и дождемеру.

Подставляя в равенство (1) значения K_1 и K_2 из табл. 4 для Забайкалья, получаем $K=1+0,98-0,96=1,02$, т. е. различие составляет только 2%. Непосредственное сравнение осадкомерных и дождемерных наблюдений, проведенное автором [9], показало, что при замене прибора различие составляет 5% в сторону увеличения измеряемых осадков. Следовательно, K , вычисленное двумя независимыми способами, указывает на сравнительную надежность результатов.

Для Северо-Запада ЕТС, где в среднем бывает 30—40 дней с оттепелью за декабрь — февраль [6], как видно из табл. 4, при этих условиях более надежными являются наблюдения по осадкомеру. Непосредственное сравнение количества осадков, измеренных по осадкомеру и дождемеру [9], показывает, что различие составило 13%. K_1 и K_2 , вычисленные для зим с оттепелями меньше 20 дней, получились равными соответственно 1,03 и 0,86. Из равенства (1) следует, что $K=1,17$. Следовательно, в зимний период с редкими оттепелями соотношение, полученное разными способами, различается только на 4%.

Нами проведена обработка дождемерных и осадкомерных наблюдений по арктическим станциям. Данные отдельных снегосъемок в Арктике значительно менее надежны, так как здесь, естественно, отсутствуют участки «поляна в лесу»; выбранные нами за эталон, и неравномерность залегания снежного покрова еще больше увеличивается, чем в зоне тундры. Однако осредненные по времени и по площади значения запасов воды по снегосъемкам, когда сглаживается влияние каждого года, могут служить надежной характеристикой многолетней суммы осадков. Так, за 1948—1951 гг. среднее из многолетних значений запаса воды равно 126 мм, а за 1952—1954 гг. — 129 мм, скорости ветра — соответственно 6,1 и 6,4 м/сек. (табл. 5).

Таблица 5

Сравнение дождемерных и осадкомерных наблюдений со снегосъемками в арктическом районе

Период	K_c	Количество осадков, мм	K	$r(K, K_c)$	σ_r	v м/сек.	Прибор
1948—1951	126	48	0,42	0,55	0,07	6,1	Дождемер
1952—1954	129	114	0,96	0,47	0,11	6,4	Осадкомер

Для этого района оттепели совсем не характерны. Все это увеличивает надежность осредненных значений по снегосъемкам. За период с 1948 по 1954 г. методика снегосъемок не изменилась. Замена дождемера Нифера на осадкомер Третьякова в 1952 г. привела к увеличению измеренных осадков в 3 раза (48 и 114 мм). Количество осадков, измеренное осадкомером, почти равно максимальному запасу воды по снего-

съемке ($K_1=0,96$), а при дождемерных наблюдениях это отношение равнялось всего 0,42. Однако коэффициент корреляции несколько уменьшился.

Таблица 6

Повторяемость K_1 и K_2 для арктического района (%)

		Градации K_1 и K_2 (от—до)						
		0,11—0,20	0,21—0,30	0,31—0,40	0,41—0,50	0,51—0,60	0,61—0,70	0,71—0,80
K_1			3	3	3	3	5	8
K_2	11	20	22	10	13	9	4	

		Градации K_1 и K_2 (от—до)					
		0,81—0,90	0,91—1,00	1,01—1,10	1,11—1,20	1,21—1,30	1,31—1,40
K_1		10	12	16	8	8	8
K_2	4	3	2	1	1	1	1

		Градации K_1 и K_2 (от—до)					
		1,41—1,50	1,51—1,60	1,61—1,70	1,71—1,80	1,81—1,90	1,91—2,00
K_1		3	1	1	1	1	1
K_2							

Анализ величин K_1 за отдельные годы показал, что имеет место больший интервал колебаний K_1 , чем K_2 . Из табл. 6 видно, что резко увеличилась повторяемость K_1 в сторону увеличения случаев, когда осадкомером измеряется больше осадков, чем по снегосъемке. Это указывает на наметание осадков в прибор. Диапазон изменения K_1 колеблется от 0,21 до 2,00, в то время как K_2 изменяется только от 0,11 до 1,40. Особенно велико различие в максимальной повторяемости — K_1 имеет максимум (38%) для 0,81—1,10, а K_2 — для 0,11—0,40 (53%). Таким образом, в 50% всех случаев дождемером измерялось на 40% осадков меньше, чем по снегосъемкам.

Выводы

1. Дождемером с защитой Нифера измерялось в среднем на 30% осадков меньше, чем по снегосъемкам.

2. При слабых зимних ветрах (1—2 м/сек.), малом количестве зимних осадков (20—30 мм) и большом числе дней с осадками ≤ 01 , мм

в процентах от общего числа дней с осадками нарушения в однородности рядов наблюдений при замене дождемера на осадкомер не произошло.

3. На Северо-Западе ЕТС для зим без оттепелей разница, выраженная в процентах, полученная путем непосредственного сравнения измеренных осадков по дождемеру и осадкомеру, подтверждается сравнением с запасами воды по снегосъемкам.

4. Количество осадков по осадкомеру, среднее для всего рассмотренного участка Арктического бассейна, близко к величинам запаса воды по снегосъемкам. Дождемером в 50% случаев измерялось всего 40% осадков по сравнению с запасами воды по снегосъемкам.

При осадкомерных наблюдениях в Арктике имеет место наметание осадков в прибор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батталов Ф. З. К вопросу пересчета количества твердых осадков, измеренных дождемерами, на показания осадкомеров. Труды ГГО, вып. 113, 1960.
2. Волох В. Г. Сравнение результатов показаний дождемера и осадкомера Третьякова по материалам сети станций. Труды ГГО, вып. 34, 1952.
3. Зыков Н. А. Соотношение количества зимних осадков по осадкомерам и снегосъемкам на опытных водосборах ВНИГЛ. Труды ГГИ, вып. 81, 1960.
4. Клюкин Н. К. и Мельникова Т. В. К вопросу об измерении осадков. Труды ГГО, вып. 88, 1960.
5. Кузьмин П. П. Исследования испарения с почвы и снежного покрова. Труды ГГИ, вып. 41, 1953.
6. Лебедева О. Н. Происхождение и характер оттепелей в ЕТС. Труды ГГО, вып. 16, 1938.
7. Сабо Е. Д. Испарение со снежного покрова в районе Ергеней. В сб. «Снег и талые воды». Изд. АН СССР, М., 1956.
8. Швер Ц. А. К вопросу пересчета количества осадков, измеренных дождемером, на осадкомер. Труды ГГО, вып. 113, 1960.
9. Швер Ц. А. Соотношение месячных сумм осадков, полученных по осадкомеру и дождемеру. Труды ГГО, вып. 85, 1958.
10. Швер Ц. А. Сравнение количества осадков, измеренных осадкомером и методом снегомерных съемок. Труды ГГО, вып. 122, 1961.

Пример расчета K_0 и K_d по ст. Кингисепп
(с 1 января 1953 г. наблюдения производились по осадкомеру)

Период наблюдений	Поляна в лесу			Месяц	K_d и K_0	Число дней		v м/сек.
	дата начала устойчивого снежного покрова	дата максимального запаса воды	K_c			с оттепелью	с метелью	
1944—1945	29/XII	20/III	101	XII	2	—	3	—
				I	19	4	8	4,1
				II	22	7	2	3,5
				III	14	2	2	3,3
Сумма					57	13	15	3,6
1945—1946	27/XI	20/III	126	XI	4	—	2	—
				XII	29	3	4	3,3
				I	12	7	1	3,7
				II	27	6	8	4,1
				III	16	1	1	3,2
Сумма					88	17	16	3,6
1946—1947	21/I	31/III	76	I	3	0	2	—
				II	12	0	3	3,2
				III	39	11	9	3,4
Сумма					54	11	14	3,3
1947—1948	10/XII	31/I	112	XII	17	2	3	3,6
				I	48	4	5	3,7
Сумма					65	6	8	3,6
1948—1949	12/I	20/III	38	I	16	4	3	4,6
				II	17	15	6	4,1
				III	9	0	2	3,3
Сумма					42	19	11	4,0
1949—1950	24/XII	28/II	80	XII	7	0	1	—
				I	10	2	1	2,8
				II	22	8	10	3,4
Сумма					39	10	12	3,1
1950—1951	26/XII	31/III	81	XII	13	—	2	—
				I	30	3	3	3,5
				II	20	5	4	3,8
				III	26	8	5	3,4
Сумма					89	16	14	3,6
1951—1952	3/I	31/III	97	I	42	12	2	4,1
				II	42	3	5	3,3
				III	14	4	6	2,8
Сумма					98	19	13	3,4
1953—1954	23/XII	28/II	55	XII	8	0	0	2,5
				I	35	2	8	3,9
				II	6	0	0	2,6
Сумма					49	2	8	3,0
1954—1955	22/XII	31/III	101	XII	21	2	3	4,5
				I	71	7	8	4,0
				II	17	8	1	2,6
				III	23	7	5	3,3
Сумма					132	24	17	3,8

Период наблюдений	Поляна в лесу			Месяц	K_d и K_o	Число дней		v м/сек.
	дата начала устойчивого снежного покрова	дата максимального запаса воды	K_c			с оттепелью	с метелью	
1955—1956	22/XII	10/IV	165	XI	30	0	2	3,9
				XII	68	7	8	3,3
				I	55	7	7	3,5
				II	22	0	5	3,7
				III	11	22	3	2,0
Сумма			IV	35	3	3	3,0	
					221	39	28	3,2
1957—1958	24/XI	10/III	118	XI	2	0	0	3,2
				XII	43	22	6	4,0
				I	45	3	4	3,2
				II	49	5	3	2,6
				III	24	0	2	3,0
Сумма				203	30	15	3,2	
1958—1959	1/XII	20/III	112	XII	38	8	4	3,3
				I	82	7	7	3,7
				II	40	11	4	3,6
				III	10	7	2	2,4
				Сумма				170

Таблица 2

Рассчитанные значения K_1 и K_2 по ст. Кингисепп

Период наблюдений	K_2	Период наблюдений	K_1
1944—1945	0,56	1953—1954	0,90
1945—1946	0,70	1954—1955	1,31
1946—1947	0,71	1955—1956	1,33
1947—1948	0,58	1957—1958	1,37
1948—1949	1,11	1958—1959	1,52
1949—1950	0,49		
1950—1951	1,09		
1951—1952	1,01		

ПОВТОРЯЕМОСТЬ КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ РАЗЛИЧНОГО ВИДА

В статье приведена повторяемость комплексов метеорологических элементов (сочетаний скорости и направления ветра с количеством осадков) и количества осадков различного вида. Комплексы могут быть использованы для уточнения коэффициента пересчета осадков, измеренных дождемером, на осадкомер. Все расчеты произведены на счетно-аналитических машинах с использованием постоянного метеорологического массива перфокарт по срочному макету.

Для пересчета многолетнего количества осадков, измеренных дождемером с защитой Нифера, на количество осадков, измеренных по осадкомеру системы Третьякова, необходимо ввести коэффициент пересчета количества твердых осадков. Однако в холодный период (ноябрь — март) в южных районах выпадают осадки и твердые, и смешанные, и жидкие. В то же время на севере период выпадения твердых осадков выходит за пределы принятого холодного периода. В отдельных работах для определения количества твердых осадков исследована их зависимость от приземной температуры воздуха. Так, в работе Цехок-Трок [4] приведено эмпирическое линейное уравнение связи для атлантической климатической зоны

$$F(t) = 50 - 5t, \quad (1)$$

где t — средняя месячная температура воздуха, $F(t)$ — твердые осадки, выраженные в процентах от общего количества. При температуре -5° (табл. 1) 75% осадков выпадает в твердом виде.

Таблица 1

Зависимость вида осадков от приземной температуры воздуха (по Цехок-Трок)

Температура воздуха, град.	Количество осадков, %	
	твердых	жидких
-10	100	—
-5	75	25
0	50	50
5	25	75
10	—	100

В работе Л. Ауеску [1] указано, что в средних широтах наблюдается выпадение снега вблизи поверхности земли большей частью при температуре воздуха около 0° и сравнительно реже при более низких температурах. По Касснеру [5], в Берлине снег выпадает чаще при температуре воздуха выше 0° . Ханном и Зюрингом отдельные случаи выпадения снега отмечены при температуре воздуха 10° . А. И. Воейков [2] указал, что, хотя, по Касснеру, во все месяцы снег в Берлине выпадает при температуре воздуха немного выше 0° , большую роль при этом играет средняя месячная температура. Им высказано предположение, что снег в Западной и Восточной Сибири должен выпадать при более низких

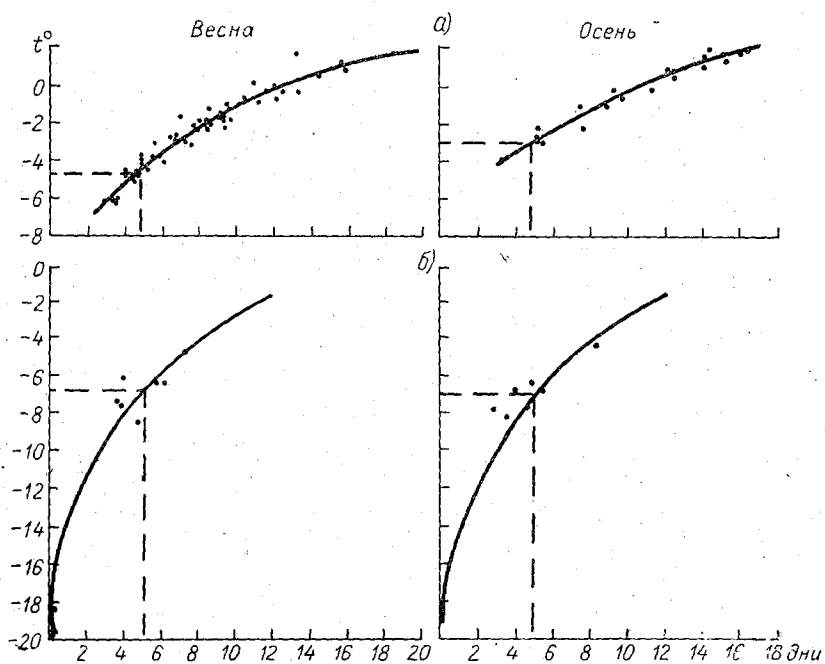


Рис. 1. Зависимость средней месячной температуры воздуха от числа дней со средней суточной температурой выше 0° .

a — $55-60^{\circ}$ с. ш., $20-30^{\circ}$ в. д. *б* — $60-65^{\circ}$ с. ш., $120-140^{\circ}$ в. д.

температурах, так как оттепели здесь редки, а в Восточной Сибири их вообще не бывает.

Для определения периода с твердыми осадками нами [3] был принят критерий связи числа дней с температурой воздуха выше 0° со средней месячной температурой. Для этого на территории СССР было выделено 39 районов и рассмотрена указанная связь по данным 388 станций. На рис. 1 представлена связь числа дней с температурой воздуха выше 0° со средней месячной температурой для северо-западного района Европейской территории СССР (*a*) и для континентального района Восточной Сибири с центром в Якутске (*б*). Во всех районах эта зависимость носит криволинейный характер. Месяцем с твердыми осадками принят такой месяц, когда наблюдается не более пяти дней со средней суточной температурой воздуха выше 0° . Средняя месячная температура в эти месяцы весной и осенью колеблется по территории СССР от -5° в районах с более морским климатом до -7° в континентальных районах. При таких температурах твердых осадков выпадает 75% и более.

Все эти теоретико-эмпирические выводы следовало проверить на материале фактических наблюдений, т. е. произвести разработку подобно той, которую провел Касснер [5]. Для проверки нами использованы наблюдения метеорологических станций Архангельск и Ленинград. Если принять за период с твердыми осадками промежутки времени между датами перехода температуры через соответствующие пределы по выбранному критерию для каждого района, то для Ленинграда это будет вторая декада декабря и вторая декада марта.

Таблица 2

Количество осадков (%) различного вида

Станция	Период с твердыми осадками	Виды осадков			Весенние и осенние месяцы	Виды осадков		
		снег	смешанные осадки	дожди		твердые	смешанные	жидкие
Архангельск	1-я декада ноября — 1-я декада апреля	99	1	—	IV, V, VI, IX, X	6	4	90
Ленинград	2-я декада декабря — 2-я декада марта	85	11	4	IV, V, X, XI	5	6	89

Из табл. 2 видно, что в пределах принятого нами периода в Ленинграде выпадает 85% осадков в виде снега, а в Архангельске — 99%. За пределами периода с твердыми осадками весной и осенью выпадает 10% снега и смешанных осадков. В отдельных случаях наблюдалось выпадение снега при температуре воздуха 8° и выпадение дождя при —3°.

На анализ ежедневных наблюдений по двум станциям за 20 лет (1891—1911 гг.) было затрачено около 600 человеко-часов. Отсюда ясно, что обработка даже минимального числа станций очень трудоемка и нерентабельна. При использовании расчетных формул могут получиться значительные погрешности.

Нами была сделана попытка использовать постоянный массив перфокарт по срочному макету основных метеорологических наблюдений для вычисления количества осадков различного вида по месяцам и за год. Для этого в Главной геофизической обсерватории была проведена опытная разработка по пяти станциям за период с 1936 по 1955 г.

Все виды жидких и твердых осадков (колонки 67 и 68) с помощью сортировальной машины были рассортированы по шифрам:

Шифр	Осадки	
	жидкие (кол. 67)	твердые (кол. 68)
3	морось	ледяные иглы
4	дождь	снег с дождем
5	ливневый дождь	ливневый снег с дождем
7	—	снег
8	—	ливневый снег

Затем на табуляторе было просуммировано количество осадков для шифра данного вида осадков (колонки 70—73) и подсчитано число случаев каждого шифра. Количество осадков, выпавших между сроками наблюдений (между 7 и 19 час.), подсчитано без деления по шифру только с разделением их на твердые и жидкие.

В табл. 3 и 4 приведены результаты обработки материалов наблюдений для пяти станций, на что было затрачено всего 70 час. работы машины и около 30 час. ручного труда.

Таблица 3

Количество осадков различного вида (по шифрам) в процентах от общего количества

Вид осадков	Шифр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Архангельск													
Твердые	3	1	0,3	1								0,1	0,1
	4	1	4	7	15	18	0,4			1	7	11	6
	5	0,8		0,5	2	2				0,1	0,1		
	7	95	92	85	43	22	1			1	25	60	83
Жидкие	8	1	0,5	3	5	0,5				1	7	4	2
	3	1	2	0,5	5	10	4	1	13	4	10	4	4
	4	0,5	1	3	30	43	66	60	45	51	42	21	5
	5				0,1	4	26	38	41	42	7		
Енисейск													
Твердые	3	0,4	0,5										
	4	0,4	1	3	20	12				1	17	3	2
	5			0,5	2	5					1	0,5	
	7	98	96	88	30	5				1	52	96	98
Жидкие	8	0,4	2	6	15	8				2	1	0,5	0,3
	3				0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	3	1		
	4		0,1	2	25	52	58	70	76	82	24	1	
	5	1		1	8	18	42	25	24	10	4		
Якутск													
Твердые	3	0,1									0,2		
	4				4	10						0,1	
	5				1					7	3		
	7	100	100	99	87	17				5	97	88	99
Жидкие	8												
	3							0,4		4	1		0,3
	4				3	61	51	78	79	82		11	
	5				1	12	49	22	17	2			

Таблица 4

Количество твердых осадков в процентах от общего количества

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Архангельск	99	96	95	67	43	1	—	—	3	41	76	92
Салехард	100	100	99	91	79	66	—	—	66	86	99	99
Иркутск	98	100	100	95	70	93	—	—	70	82	100	100
Енисейск	100	100	98	85	78	—	—	—	71	82	99	100
Якутск	100	100	100	97	71	—	—	—	68	92	100	100
Анадырь	100	100	100	100	95	66	—	—	60	70	99	100

В табл. 3 в каждом месяце дополнение до 100% показывает число дней, когда выпадало в сутки 0,0 мм осадков. В табл. 5 проведено сопоставление количества осадков за многолетний и использованный нами более короткий период наблюдений. Из сравнения данных табл. 3, 4 и 5 с данными табл. 1 следует, что при использовании коротких рядов наблюдений достаточно надежным получается процентное соотношение между видами осадков. Абсолютные же величины их имеют значительное отклонение от многолетней средней. Так, в Архангельске в различные двадцатилетия (1891—1911 и 1936—1955) соотношение для твердых осадков изменилось за ноябрь — март всего на 1%, при этом абсолютное количество осадков изменилось на 23 мм, что составляет 17% многолетней суммы осадков за холодный период.

Таблица 5

Сравнение среднего месячного количества осадков за различные периоды наблюдений (мм)

Станция	XI	XII	I	II	III	Холодный период (XI—III)	Период наблюдений
Архангельск	35	30	25	23	24	137	1891—1950
	27	21	19	18	20	105	1936—1955
Иркутск	14	12	8	7	6	47	1891—1950
	9	8	6	5	5	33	1936—1955
Енисейск	34	27	21	13	12	107	1891—1950
	20	26	22	14	15	97	1936—1955
Якутск	9	8	6	5	4	32	1891—1950
	10	8	6	5	5	34	1936—1955

Обработка наблюдений с помощью счетно-аналитических машин более чем в 8 раз сокращает рабочее время и позволяет получать надежные результаты процентного соотношения количества осадков различных видов даже по короткому ряду наблюдений. Подсчет количества твердых осадков по формуле (1) для рассмотренных станций показал, что различие между вычисленными и наблюдаемыми величинами по месяцам и за год составляет 15—20%, т. е. параметры формулы Цехок-Трок нуждаются в уточнении. Возможно, что с помощью механизированной обработки можно будет уточнить параметры в формуле (1) для других типов климата, введя параметр степени континентальности.

Аналогично механизированным путем можно по перфокартам суточного метеорологического макета рассчитать число дней со снегом, дождем и смешанными осадками. Полученные таким образом таблицы как справочный материал будут иметь большое прикладное значение для ряда отраслей народного хозяйства.

При пересчете осадков, измеренных дождемером с защитой Нифера, на осадкомер системы Третьякова за каждый год необходимо оценить количество осадков, выпадающих при различной скорости ветра, а также повторяемость направления ветра в дни с осадками по сравнению с мно-

голетней розой ветров. Для решения поставленной задачи также была проведена обработка постоянного метеорологического массива перфокарт на счетно-аналитических машинах. По срочному метеорологическому макету были отобраны все перфокарты с любыми пробивками по

Таблица 6

Количество осадков, выпадающих при различных скоростях ветра, в процентах от общего количества

Месяц	Штиль	Скорость ветра, м/сек.																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	

Архангельск

I	6	4	10	13	18	9	10	10	7	7		8	2		1	2
II	6	6	18	11	23	6	7	3	6	2		2	1		1	2
III	7	5	12	12	10	8	7	6	11	6		7	0,4			1
IV	7	5	9	14	31	6	8	6	3	4		2	2			2
V	3	4	13	8	18	10	15	7	5	5		6	4			1
VI	6	8	22	10	16	9	5	3	6	4		8				
VII	4	6	27	7	18	7	7	2	5	14		1	0,2		2	0,1
VIII	4	1	18	8	22	7	19	3	8	0,2		1	1			0,02
IX	5	7	11	6	15	14	9	8	6	9		5	1			
X	5	3	11	6	19	12	13	6	8	8		6	1			1
XI	8	5	12	12	21	6	15	6	3	6		2	3			
XII	3	7	8	8	19	13	12	4	9	5		8	1		1	

Енисейск

I	3	30	24	18	8	8	8	7	4	3	1	1				0,1
II	7	26	16	22	8	8	8	5	1	1	0,2	0,1	1		0,3	1
III	5	33	16	16	8	8	3	8	2	2	2					0,05
IV	3	25	13	25	12	15	5	11	9	3	0,05		1			6
V	9	49	16	27	17	28	9	18	11	10	7		3	1		2
VI		68	25	28	19	24	12	12	5	3	0,5		6		6	0,4
VII		66	28	41	8	21	16	45	1	1			0,2			0,1
VIII		65	37	31	15	12	10	16	3	5	0,5		2	2		
IX		47	20	21	8	14	4	5	6	1	1		2	2		1
X		36	19	26	9	14	7	7	2	5	2		4			2
XI		32	16	28	9	14	5	5	4	4	2	0,2	2	2	2	0,5
XII		48	28	29	16	13	6	8	4	3	1		0,2	0,1		0,5

Якутск

I	12	4	7	1	3	1		1								
II	11	2	7	1	3	0,3		2								
III	12	2	6	0	2	1		2	0,05	1	0,1		3			
IV	9	3	14	0,3	6	0,5		6	0,05	1	0,5	0	2	1		
V	27	4	20	2	11	0,5		5		3			1			1
VI	39	7	50	1	10	2		3	0,5	7			0,1			
VII	47	13	35	8	13	1		7	1	2						
VIII	27	1	32	2	8	1		4	2	0,5				2		4
IX	22	4	27	0,4	8	0,05		10		3			0,1			
X	10	6	11	3	6	0,2		5	1	1			0,2			2
XI	10	3	8	2	4	1		2	0,1	1			0,5			
XII	13	5	8	1	6	6		1		0,3						

колонкам 70—73 за 7 и 19 час. Затем перфокарты были отсортированы по скорости ветра через 1 м/сек. Итоги были получены на табуляторе путем суммирования количества осадков при каждой градации скорости ветра. При этой обработке данных допущена некоторая погрешность, так как использовалась не скорость ветра в момент выпадения осадков,

а скорость ветра по срочным наблюдениям. Это особенно сказалось бы в дни с большим суточным ходом скоростей ветра, который наблюдается в основном при антициклональных условиях погоды в летний период. Однако в дни с осадками суточный ход незначителен, так как в холодный период осадки на большей части территории СССР выпадают при циклонической погоде, а в Восточной Сибири при зимнем антициклоне наблюдаются чаще всего штили и малые скорости ветра (табл. 6). Следовательно, допущенные нами погрешности незначительны.

На рис. 2 представлено количество осадков по общепринятым градациям. Видно, что в холодный период в Енисейске (средняя многолет-

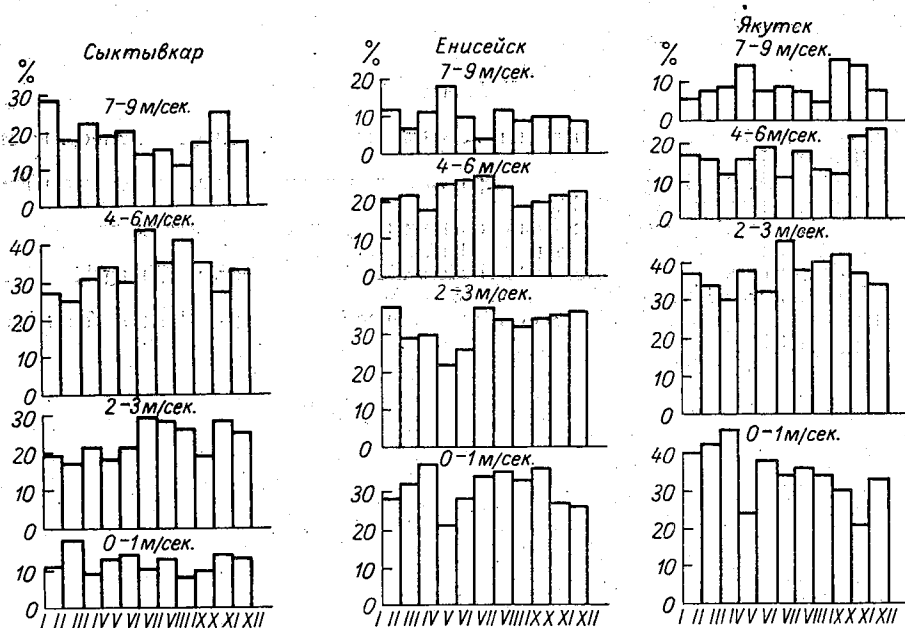


Рис. 2. Годовой ход количества осадков при различных градациях скоростей ветра в дни с осадками.

няя скорость ветра 2,3 м/сек.) до 20% осадков выпадает при скоростях ветра 4—6 м/сек. В Сыктывкаре (средняя скорость ветра за холодный период 5,5 м/сек.) 25—30% осадков выпадает при скоростях ветра 7—9 м/сек. Сумма осадков, выпадающих при скоростях ветра больше 10 м/сек., составляет всего 5—10%.

Значит, для уточнения коэффициента пересчета количества осадков, измеренных дождемером и осадкомером, достаточно учитывать скорости ветра до 10 м/сек. [3].

По аналогичной схеме было сопоставлено направление ветра в дни с осадками и количество осадков, выпадающих при различных направлениях ветра. Роза ветров в дни с осадками совпадает с общей многолетней розой ветров. Количество осадков распределяется пропорционально повторяемости направлений ветра. Поэтому для вычисления количества осадков по направлению ветра можно использовать многолетнюю розу ветров.

Полученные результаты в дальнейшем будут использованы для уточнения коэффициента пересчета количества осадков, измеренных разными способами.

Выводы

1. Имеющаяся перфокартотека срочных метеорологических наблюдений может быть использована для получения достаточно надежных соотношений между различными видами осадков (в процентах от общего количества осадков).

2. В преобладающем большинстве случаев твердые осадки выпадают при скоростях ветра не более 10 м/сек., что следует иметь в виду при пересчете осадков, измеренных дождемером, на количество осадков, измеренных осадкомером.

3. Распределение ветра по направлениям в дни с твердыми осадками аналогично многолетней розе ветров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ауеску Л. О. выпадении снега при высокой температуре воздуха. Метеор. вестн., № 5—6, 1934.
2. Воейков А. И. К вопросу о температуре, при которой падают снег и крупа. Метеор. вестн., т. XVIII, 1908.
3. Швер Ц. А. К вопросу пересчета количества осадков, измеренных дождемером, на осадкомер. Труды ГГО, вып. 113, 1960.
4. Sehnok-Trock Herta. Der feste Niederschlag im atlantischen Klimagebiet. Arch. Meteorol. Geophys. und Bioklimatol., 13—8, № 3—4, 1958.
5. Kassinert. Lufttemperatur bei Schnee- und Graupelfall in Berlin. Meteor. Zeitschrift, VIII, 1908.

О СУТОЧНОМ ХОДЕ ВЕРОЯТНОСТИ ЗОН ПОВЫШЕННОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ НА ВЫСОТАХ

В статье рассматривается суточный ход вероятности зон повышенной турбулентности, с которой связано возникновение ощутимых колебаний самолета. Наличие этих зон определялось по уточненному критерию Ричардсона. Для выявления суточного изменения вероятностей использованы материалы температурно-ветрового зондирования атмосферы трех аэрологических станций за четыре месяца 1952—1957 г. Суточный ход оказался значительным в теплое время года в нижнем километровом слое атмосферы.

В ряде работ вычислялись вероятности зон повышенной турбулентности над отдельными пунктами или по авиатрассам СССР. Расчет производился как по непосредственным наблюдениям над болтанкой самолетов при зондированиях атмосферы и при рейсовых полетах, так и путем выявления зон повышенной турбулентности по комплексу метеорологических элементов. Чаще за такой комплекс принималось сочетание метеорологических показателей, которому соответствуют малые значения числа Ричардсона [1, 2]. При выполнении таких работ иногда рассматривался годовой ход характеристик турбулентности [1], но из-за недостатка наблюдений не удавалось выявить их суточный ход.

В данной работе сделана попытка установить закономерности суточного хода вероятностей зон повышенной турбулентности.

Зоны повышенной турбулентности, благоприятной для возникновения болтанки самолетов, выявлялись в каждом километровом слое тропосферы по уточненному критерию Ричардсона [3]. За условия, благоприятные для болтанки, приняты такие сочетания вертикальных градиентов температуры и вектора скорости ветра, когда рассчитанное по ним число Ричардсона при отсутствии облаков в данном слое было меньше единицы.

Для слоя облаков должно было выполняться неравенство $(Ri)_{ва} \leq 1$ (в формулу, определяющую Ri , вместо сухоадиабатического градиента подставляется соответствующее значение влажноадиабатического градиента). Влажноадиабатический градиент определялся по средним многолетним значениям температуры и давления середины каждого слоя. Следовательно, вместе с $\Upsilon_{ва}$ и критерий Ричардсона в его уточненном виде несколько видоизменялся в зависимости от географического положения пункта, времени года и высоты слоя, для которого производились расчеты.

Метод расчета вероятности зон повышенной турбулентности по уточненному критерию Ричардсона изложен в работе [3]. Для изучения гео-

графического распределения вероятности расчеты по этому методу производились по всем имеющимся наблюдениям без разделения их по срокам [4]. При расчете вероятности зон повышенной турбулентности по данным температурного зондирования произвести обработку с разделением по срокам было затруднительно вследствие того, что в отдельные сроки число наблюдений различно и, кроме того, в течение последних лет менялись сроки наблюдений.

Трехсрочные и четырехсрочные аэрологические наблюдения, введенные в ряде пунктов Советского Союза начиная с 1957 г., позволят сделать более надежные выводы о суточном ходе рассматриваемых вероятностей. Однако сравнение суточного хода вероятностей в различных районах является затруднительным из-за разнородности (несовпадения) сроков наблюдений по местному времени.

В данной работе использованы результаты обработки наблюдений трех аэрологических станций: Киева, Алма-Аты, Иркутска. По наблюдениям первых двух станций в основном можно было сопоставить распределение вероятности зон повышенной турбулентности на высотах за два срока, по наблюдениям в Иркутске — за четыре срока. Для учета сезонных различий в суточном ходе вероятностей обработка произведена для четырех месяцев года (января, апреля, июля, октября) отдельно. По ст. Киев для января и апреля обработаны наблюдения за трехлетний период (1953—1955 гг.), для июля — за четырехлетний период (1952—1955 гг.) и для октября — за 1952, 1954 и 1955 гг. За 1952—1954 гг. в Киеве производились аэрологические наблюдения два раза в сутки (в 4 и 16 час.), и только в 1955 г. введен третий срок наблюдений (22 часа). Поэтому в районе Киева можно было сравнивать между собой результаты обработки наблюдений за два срока.

В Алма-Ате ветровое зондирование атмосферы в 1952 г. было недостаточно регулярным, поэтому обработаны наблюдения начиная с 1953 по 1955 г. и за 1957 г. Таким образом, для рассмотрения суточного хода вероятностей использован четырехлетний период наблюдений. В январе 1953 и 1954 гг. наблюдения тоже не были достаточно регулярными и высота подъемов весьма ограничена. Несколько регулярнее производились наблюдения в декабре, поэтому для характеристики зимнего сезона вместо январских за эти годы были взяты декабрьские данные. За трехлетний период 1953—1955 гг. наблюдения производились в 7 и 19 час. по местному времени, а в 1957 г. — в 5, 17 и 23 часа. Поэтому представилась возможность провести сравнение вероятностей по двум срокам наблюдений — утреннему и вечернему, причем к наблюдениям в утренний срок (7 час.) присоединены наблюдения 1957 г. в 5 час., а к наблюдениям в вечерний срок (19 час.) — наблюдения 1957 г. в 17 час. Вероятности зон повышенной турбулентности для ночного срока были подсчитаны только по одному году наблюдений и в данной статье не приводятся.

Для выявления суточного хода рассматриваемых вероятностей в районе Иркутска использованы наблюдения за 1956 и 1957 гг. В течение этих лет (кроме января 1956 г.) аэрологические наблюдения в Иркутске проводились 4 раза в сутки (в январе 1956 г. 3 раза): в 1956 г. в 2, 8, 14 и 20 час., в 1957 г. в 1, 7, 13 и 19 час.

Общее число зондирований отдельных слоев, по которым произведены расчеты вероятностей по месяцам и срокам, представлено в табл. 1.

В табл. 2 приводятся результаты расчетов вероятности уточненных значений $(R_i)_y \leq 1$. Они получены с помощью демаркационных графиков и приводятся для каждого километрового слоя атмосферы. Графики (рис. 1—3) построены в результате осреднения полученных вероятно-

Таблица 1

Распределение числа наблюдений на высотах по срокам

Сроки наблю-дений	Слой атмосферы, км					Сроки наблю-дений	Слой атмосферы, км					Сроки наблю-дений	Слой атмосферы, км										
	0-1	2-3	4-5	6-7	8-10		10-11	11-12	0-1	2-3	4-5		6-8	10-11	11-12	0-1	2-3	4-5	6-8	10-11	11-12		
КИЕВ																							
Январь																							
4	78	80	78	79	72	50	31	7	115	95	88	100	109	72	56	1-2	54	47	42	43	40	33	30
16	83	83	80	80	76	53	45	19	105	75	50	66	96	63	50	7-8	53	52	49	47	47	27	33
Апрель																							
4	83	79	73	76	75	62	46	7	67	77	78	73	75	73	68	1-2	56	48	43	36	36	35	33
16	85	74	76	78	75	67	60	19	65	56	56	61	60	46	39	7-8	50	49	43	43	40	38	32
Июль																							
4	124	117	116	119	119	106	92	7	112	113	100	102	106	104	102	1-2	59	48	45	46	50	52	51
16	121	116	111	113	112	98	89	19	116	111	106	96	99	90	87	7-8	61	61	56	57	58	54	53
Октябрь																							
4	81	81	78	65	61	49	38	7	81	77	79	72	68	58	55	1-2	59	53	49	57	56	39	33
16	85	80	81	79	66	51	44	19	87	75	70	71	67	62	54	7-8	60	50	51	57	56	46	39
Июль																							
Апрель																							
Июль																							
Октябрь																							
АЛМА-АТА																							
Январь																							
Апрель																							
Июль																							
Октябрь																							
ИРКУТСК																							
Январь																							
Апрель																							
Июль																							
Октябрь																							

Таблица 2

Распределение вероятности числа $(Ri)_y \leq 1$ по слоям

Сроки наблюдений	Слои атмосферы, км											
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
КИЕВ												
Январь												
4	27	12	10	5	8	6	6	21	10	5	2	0
16	18	6	3	12	9	6	9	14	15	3	8	0
Апрель												
4	21	23	12	17	4	8	8	10	13	8	3	0
16	40	22	11	7	10	5	13	5	5	5	4	0
Июль												
4	18	10	8	7	4	4	3	5	8	8	5	7
16	45	25	18	5	3	1	3	6	10	8	5	7
Октябрь												
4	17	12	5	6	9	9	3	8	8	7	6	3
16	34	21	6	6	10	4	6	8	14	14	17	4
АЛМА-АТА												
Январь												
7	8	8	8	22	26	15	15	23	16	13	5	2
19	10	7	13	23	20	16	23	20	21	24	8	1
Апрель												
7	29	14	14	25	24	12	18	25	17	15	7	8
19	43	28	30	17	14	14	23	25	33	16	16	4
Июль												
7	27	13	14	23	19	9	7	12	14	10	23	6
19	42	25	27	36	24	8	2	9	15	19	16	6
Октябрь												
7	12	8	9	20	14	13	7	16	12	13	7	0
19	25	27	15	24	14	16	16	17	18	14	8	2
ИРКУТСК												
Январь												
1-2	0,0	6,1	2,1	8,3	4,8	2,6	9,3	4,7	5,0	2,7	0,0	3,3
7-8	7,6	7,6	7,8	8,1	4,1	4,3	2,1	6,4	4,3	0,0	0,0	3,0
13-14	11,1	7,4	0,0	4,2	0,0	4,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19-20	8,9	12,0	8,9	6,8	2,3	5,6	2,7	2,6	2,6	3,4	0,0	0,0
Апрель												
1-2	14,4	14,3	10,4	12,5	4,7	2,6	2,8	8,6	5,5	2,8	2,9	0,0
7-8	26,8	27,4	12,5	12,7	7,0	6,1	9,3	4,8	7,5	10,0	0,0	0,0
13-14	50,0	50,0	18,9	11,7	6,4	4,4	0,0	6,8	7,7	0,0	2,6	0,0
19-20	15,2	34,8	15,8	18,3	4,3	6,5	2,3	12,5	10,8	0,0	6,1	0,0
Июль												
1-2	18,7	26,8	20,8	22,3	2,2	6,8	0,0	0,0	2,0	9,3	7,7	1,9
7-8	18,0	18,0	21,7	15,5	8,9	0,0	0,0	1,7	5,2	10,5	5,5	3,8
13-14	40,0	35,6	21,4	5,5	5,7	5,5	0,0	1,8	5,3	7,2	7,3	9,6
19-20	14,5	23,4	24,1	19,2	3,9	3,9	2,0	2,0	2,0	8,0	12,8	2,2
Октябрь												
1-2	13,5	16,4	18,9	20,5	8,2	3,9	1,8	7,2	8,9	4,0	7,7	0,0
7-8	23,4	15,1	16,0	10,2	7,9	5,7	1,8	7,0	10,7	0,0	4,4	2,6
13-14	45,0	35,0	23,2	12,4	5,2	5,3	3,6	7,3	7,4	3,8	4,2	0,0
19-20	19,8	25,0	18,0	18,0	4,0	5,9	7,5	6,1	2,1	2,3	5,0	0,0

стей по двухкилометровым слоям по методу скользящих средних (каждая из полученных вероятностей отнесена к соответствующему стандартному уровню).

Следует отметить, что абсолютные значения вероятностей, представленные в табл. 2, нуждаются в уточнении, так как они получены по малому числу наблюдений. Поэтому графики наиболее правильно отражают изменение вероятностей с высотой. Совместный анализ табл. 2 и

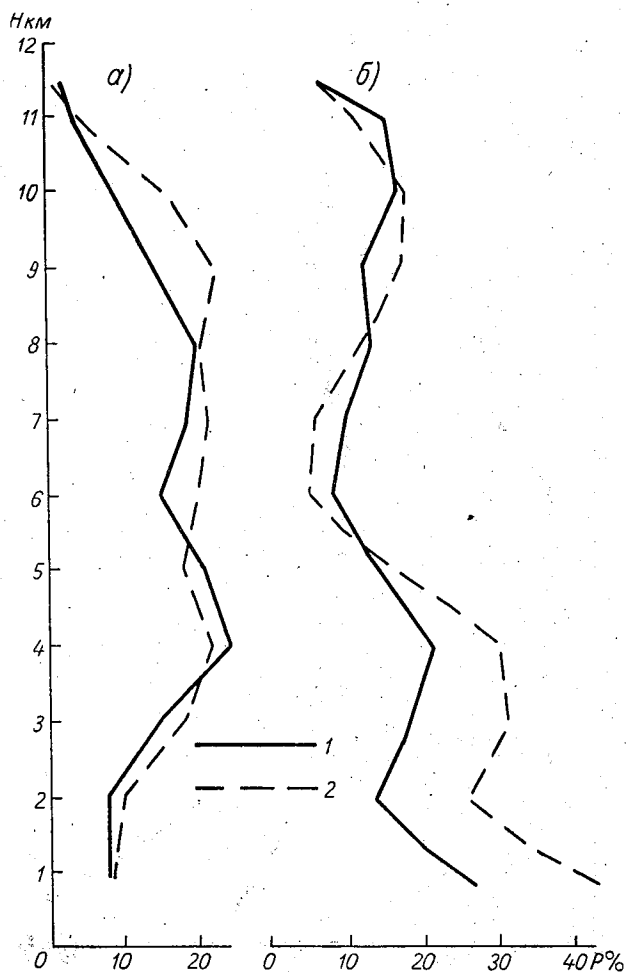


Рис. 1. Распределение вероятности зон повышенной турбулентности на высотах по срокам. Алма-Ата. а — январь, б — июль. 1 — утро (7 час.), 2 — вечер (19 час.).

графиков позволяет сделать заключение о суточном ходе вероятностей.

Основные выводы сводятся к следующему.

1. Во всех трех районах суточный ход вероятностей зон повышенной турбулентности наиболее существенным является в нижнем слое атмосферы (в слое максимальных значений вероятности) в переходные сезоны и летом.

2. Толщина слоя максимальной амплитуды суточных колебаний вероятности (как и их максимальных значений) несколько больше в районе Алма-Аты по сравнению с другими районами.

3. Зимой в нижнем слое атмосферы вероятности имеют существенное значение только в районе Киева, но и здесь, как и в других районах, вероятности мало изменяются в течение суток.

4. Максимальных значений вероятности достигают в дневные часы, причем в Иркутске они оказываются несколько больше в переходные сезоны, чем летом, а в Киеве — наибольшие летом.

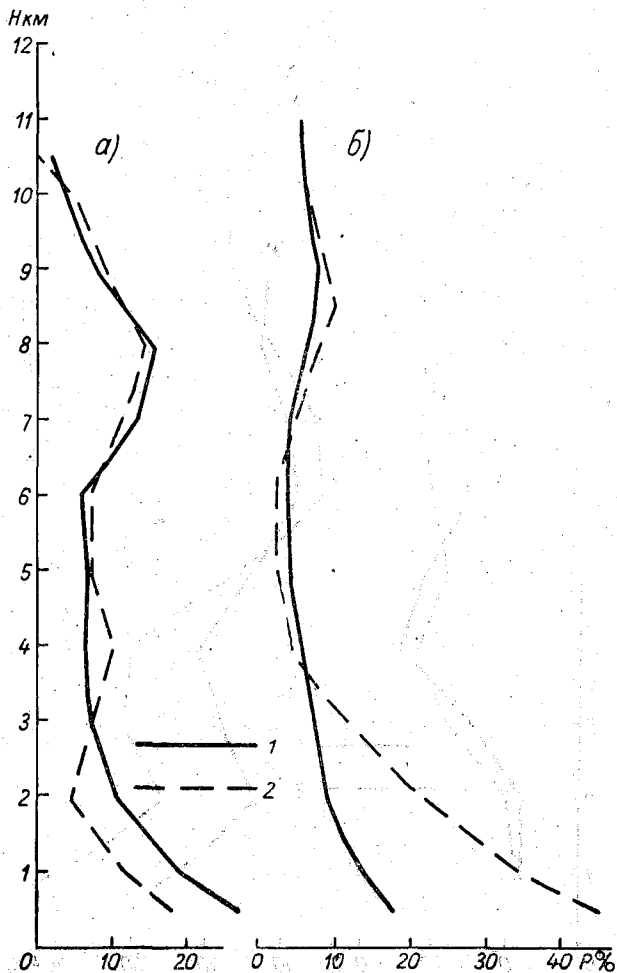


Рис. 2. Распределение вероятности зон повышенной турбулентности на высотах по срокам. Киев.
а — январь. б — июль. 1 — 4 часа, 2 — 16 час.

5. В средней части тропосферы значения вероятностей в районах Киева и Иркутска малы, поэтому и колебания их по сравнению с нижним слоем тропосферы значительно уменьшаются. Над Алма-Атой наиболее хорошо выражен слой спокойного состояния атмосферы на высоте 5—7 км летом. В остальные сезоны вероятности зон повышенной турбулентности здесь значительны, но амплитуда их суточных колебаний уменьшена по сравнению с нижним слоем тропосферы.

6. В верхней части тропосферы (под тропопаузой) отмечается второй максимум зон повышенной турбулентности (малых значений числа Ри-

чардсона). Однако этот максимум значительно меньше максимума в приземном слое атмосферы. На уровне положения этого максимума в суточном ходе вероятностей отмечается тенденция к их уменьшению в дневные и утренние часы по сравнению с ночными и вечерними.

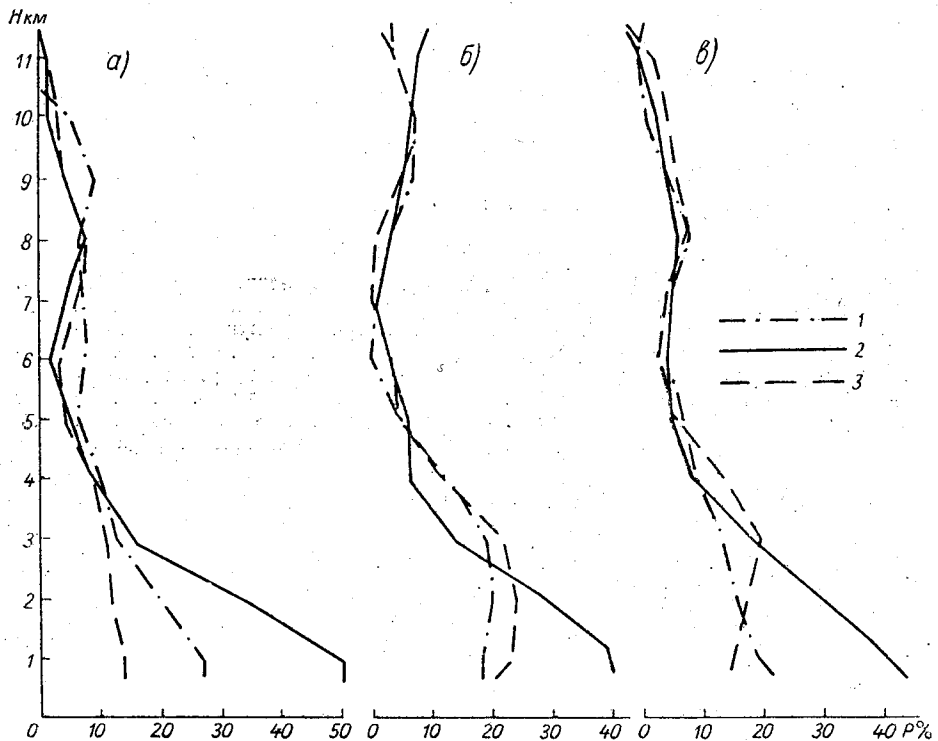


Рис 3. Распределение вероятности зон повышенной турбулентности на высотах по срокам. Иркутск.

а — апрель, б — июль, в — октябрь. 1 — утро (7—8 час.), 2 — день (13—14 час.), 3 — ночь (1—2 часа).

ЛИТЕРАТУРА

1. Верле Е. К. Особенности годового хода характеристик турбулентности над Владивостоком. Труды ДВНИГМИ, вып. 3, 1958.
2. Чуринова М. Н. Некоторые характеристики атмосферной турбулентности в дни со слоистыми облаками. Труды ГГО, вып. 54 (116), 1955.
3. Заварина М. В., Юдин М. И. Уточнение и использование числа Ричардсона для выявления зон болтанки самолетов. Метеорология и гидрология, № 2, 1960.
4. Заварина М. В. Изучение географического распределения вероятности зон повышенной турбулентности. Труды НИИАК, вып. 14, 1961.

БИБЛИОТЕКА
 Ленинградского
 Гидрометеорологического
 Института

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
А. В. Руднева. К вопросу изучения повторяемости выпадения мокрого снега	3
Л. С. Гандин. Об оптимальном выборе параметров ветродвигателей	10
Л. Е. Анапольская, Е. П. Будилова. Ветровой режим Новосибирского и Красноярского водохранилищ	15
Ц. А. Швер. Сравнение количества зимних осадков по осадкомерам и дождемерам с максимальными запасами воды по снегосъемкам	29
Ц. А. Швер. Повторяемость количества осадков различного вида	37
М. В. Заварина. О суточном ходе вероятности зон повышенной турбулентности на высотах	45

Редактор *А. И. Вайцман*

Техн. редактор *М. И. Брайнина*

Корректор *В. В. Мамедова*

Сдано в набор 18/II 1962 г.

Подписано к печати 7/IV 1962 г.

Бумага 70×108¹/₁₆

Бум. л. 1,66

Печ. л. 4,45

Уч.-изд. л. 4,10

Тираж 950 экз.

М-06172.

Индекс МЛ-176

Гидрометеорологическое издательство.

Ленинград, В-53, 2-я линия, д. № 23.

Заказ 20

Цена 29 коп.

Типография № 8 Управления полиграфической промышленности Ленсовнархоза
Ленинград, Прачечный пер., д. № 6.