

06
T78

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

НАУЧНЫЙ ФОНД

ПРОВЕРЕНО
1930 г.

Т Р У Д Ы ГЛАВНОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

СО СС 21
D
H
H

ВЫПУСК 4 (66)

РАЦИОНАЛЬНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ СЕТИ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ
СТАНЦИЙ

~~1930~~
1930



ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

ЛЕНИНГРАД • 1947

K

АННОТАЦИЯ

В настоящем выпуске собраны работы, производившиеся в ГГО в период 1940—1946 гг., по нахождению рациональных расстояний между станциями основной метеорологической сети.

Большая часть этих работ выполнена по методу О. А. Дроздова и А. А. Щепелевского. В результате произведенных обработок установлены: 1) степень точности, получаемая на сети при различной густоте расположения станций и 2) рациональные расстояния между станциями проектируемой сети при заданной степени точности.

В различных статьях, помещенных в данном выпуске, разбираются вопросы, связанные с наблюдением температуры воздуха, осадков, снежного покрова, температуры почвы, туманов, гроз, температуры и ветра в свободной атмосфере, актинометрических элементов и гололеда.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Со времени опубликования работы О. А. Дроздова „Метод размещения сети станций в равнинной местности“, методы расчета рационального размещения сети были в ГГО значительно усовершенствованы. О. А. Дроздовым и А. А. Шепелевским была дана теория расчета ошибок интерполяции метеорологических величин, а рядом авторов эти методы были применены для расчета густоты расстановки станций II и III разрядов для учета различных метеорологических величин: температуры у земной поверхности (Р. Д. Маргулис), температуры и ветра в свободной атмосфере (М. В. Заварина), осадков (В. П. Курская), снежного покрова (Е. И. Абрамова) и температуры почвы (Р. Ф. Сохрина). В результате этого появился ряд работ, оставшихся, однако, долгое время неизвестными даже для лиц, непосредственно занимавшихся вопросами рационализации сети, из-за задержки в их публикации.

Работы теоретического характера опубликованы несколько ранее в „Трудах НИУ“, в настоящем же сборнике помещены статьи, посвященные вопросам размещения станций. Все они основаны на применении методов, разработанных О. А. Дроздовым и А. А. Шепелевским, поэтому основные их положения следует здесь напомнить. Сеть, создаваемая для определения климатологических норм, должна быть значительно реже сети, предназначенной для расчетов отклонений погоды от нормы в отдельные дни, так как вдали от климатических границ изменения норм происходят достаточно медленно. Для выявления микроклиматических различий требуются не постоянные, а лишь временные станции или специальные съемки.

Радиус действия, в пределах которого по данным одной опорной станции и группы временных установок можно зондировать климат, однако, не безграничен и определяется размерами погодных аномалий одного знака за отдельные годы. Таким образом, густота постоянной сети, нужной для целей климатологии, определяется густотой сети, достаточной для учета погоды с требуемой степенью точности. Но, очевидно, что для прогнозов погоды тоже нужна сеть, дающая информацию о распределении метеорологических величин с некоторой точностью. Таким образом, в принципе, основные сети — климатологическая и синоптическая — должны быть однотипны, хотя предъявляемые требования к точности данных, по ним получаемых, могут быть и различными.

Степень точности определения значения метеорологического элемента в некотором пункте по данным основной станции, находящейся на расстоянии ρ , может быть определена по уравнению регрессии, которое в первом приближении линейно и, таким образом, эта точность будет функцией коэффициента корреляции r между значениями элемента для двух пунктов. Практически, вместо использования уравнения регрессии, просто распространяют данные о погоде опорной станции на окружающую территорию. Изменчивость разностей значений элементов на соседних пунктах (в предположении, что рассеяние σ одинаково для обоих пунктов) будет выражаться

$$F^2(\rho) = \sigma^2 [1 - r(\rho)]. \quad (1)$$

Лучше однако использовать данные нескольких окружающих станций (линейная или плоскостная интерполяция), что позволяет существенно уточнять результаты.

Эти результаты также зависят от значений коэффициентов корреляции между значениями элементов для искомого и окружающих пунктов. Пренебрегая в первом приближении имеющей место в действительности неодинаковой скоростью падения связей в пространстве в различных направлениях, можно ошибки, получаемые при интерполяции, выразить через $F(\rho)$. В частном случае при интерполяции по прямой линии дисперсия ошибок интерполяции имеет вид:

$$f^2(\rho) = nF^2[(1-n)\rho] + (1-n)F^2(n\rho) - n(1-n)F^2(\rho), \quad (2)$$

где n — отношение расстояний между искомой точкой и станциями сети.

Точнее было бы пользоваться уравнениями множественной регрессии, но из-за большой сложности применения таковых ими реально пользоваться не будут тем более, что на расстояниях, соответствующих рациональной сети, выигрыш от подобной замены был бы весьма невелик.

Вследствие особенностей среды и неточности приборов их показания даже на расстояниях практически равны нулю, но значения метеорологических элементов несколько различаются:

$$F_{(0)} = \sigma(\alpha)\sqrt{2}, \quad (3)$$

где $\sigma(\alpha)$ — ошибки определения значения элемента в пункте.

Учитывая это обстоятельство, сравнение интерполированной величины с наблюдаемой дает большее значение невязок, чем если бы интерполированная величина сравнивалась с ~~переменным~~ значением, а именно:

$$\Phi^2(\rho) = f^2(\rho) - \frac{1}{2}F^2(0). \quad (4)$$

Формулы в общем случае плоскостной интерполяции более сложны, но сравнительно ~~ясно~~ уточняют результат, в виду чего все расчеты проводятся обычно по формуле (4) при $n = \frac{1}{2}$ — когда для средних расстояний можно ожидать наибольшего значения ошибок.

При производстве работ по выявлению точности экстраполяции показаний одной станции на окружающий район обычно эта величина оказывалась функцией расстояния от станции, но при исследовании туманов (статья В. Н. Короткевич) подобной зависимости обнаружено не было. Повидимому, влияние местных условий на туманообразование сильно перекрывает влияние расстояний, отсюда должен быть сделан вывод, что необходимо провести специальные работы по изучению распределения туманов на местности без чего данные существующей сети не позволяют давать потребителю конкретные сведения о распределении туманов в пределах той или иной территории в какой-либо физический момент.

Кроме упомянутых работ в данном выпуске помещены работы Е. А. Поляковой и Н. И. Борк о принципах размещения актинометрической сети и Ю. Н. Андреева о размещении станций по учету гололеда. Состояние той и другой сети пока не достигло того уровня, чтобы можно было ставить вопрос о возможности непрерывного освещения территории для каждого момента времени, да это пока и не требуется практикой. Поэтому при размещении этого рода станций учитывались лишь предпосылки чисто климатологического характера.

УТОЧНЕНИЯ В РАЗМЕЩЕНИИ СТАНЦИИ II РАЗРЯДА РАЦИОНАЛЬНО ПОСТРОЕННОЙ СЕТИ НА БАЗЕ ТЕОРИИ ИНТЕРПОЛЯЦИИ

В основу настоящей статьи положена работа Р. Д. Маргулис, проведенная в 1940 г. с целью проверки ранее опубликованных выводов Дроздова на материалах более обширного района. Поскольку элементом, лимитирующим расстояния между станциями II разряда, признана температура — изучалась интерполяция и экстраполяция температур, но помимо средних суточных большое внимание было уделено также срочным (7- и 13-часовым) температурам.

Выяснилось, что истинные ошибки интерполяции сколько-нибудь существенно отличаются от невязок между интерполированными и наблюдаемыми величинами только на малых расстояниях и поэтому отдельно вычислять их нет смысла.

Средние невязки экстраполяции вычислялись, как и в предыдущих работах, по формуле Петерса:

$$F(\rho) = 0,85 \frac{\sum_1^n |x_i - x_0|}{n},$$

где x_0 — среднее арифметическое значение x , n — число наблюдений.

Сравнение результатов плоскостной и линейной интерполяции, проведенное для районов Западной Сибири, показало также, что различия в средних значениях ошибок той и другой очень малы и нет смысла усложнять вычисления ради этой величины.

Материалами для работы, кроме данных первой работы Дроздова, явились проверенные таблицы наблюдений за период 1937—1939 гг., однако, не во всех областях этот период был выдержан целиком.

Сравнение ошибок экстраполяции в различные сезоны показало, что максимум $F(0)$ приходится на западе Европейской территории СССР на лето, что было уже раньше указано Дроздовым, на востоке же — на зиму (например, в Западной Сибири).

$F(0) = 0,52$ для зимы и $0,47$ для лета, что является следствием антициклоничности зимы, особенно в массах арктического происхождения. Скорость возрастания ошибок экстраполяции с расстоянием повсеместно оставалась больше зимой, чем летом (табл. 1).

Очевидно, что расстояние, на котором интерполированная величина выравнивается по точности с наблюдаемой, есть функция $F(0)$ — невязок или ошибок наблюдений в точке измерения и $F(\rho)$ — скорости возрастания невязок с увеличением расстояния (табл. 2).

Из приведенных данных видно, что на расстояниях в несколько десятков километров интерполированные данные о температуре точнее непосредственно наблюдаемых по приборам. Однако, принимать такие критические расстояния за основу размещения станций по территории было бы нецелесообразным, потому что как раз в тех районах, где точность наблюдаемых величин очень велика (например, зимой в Белоруссии) нам пришлось бы расставить станции весьма густо, хотя точ-

Таблица 1

Рост ошибок экстраполяции с расстоянием зимой и летом

Район		ρ , в км					
		0	25	50	100	200	400
Белорусская ССР	Январь	0,18	0,32	0,48	0,80	1,40	—
	Июль	0,28	0,38	0,48	0,68	1,06	—
	Отношение	0,6	0,8	1,0	1,2	1,3	—
Московская и Калининская области	Январь	0,16	0,36	0,54	0,92	1,70	—
	Июль	0,34	0,44	0,52	0,68	1,00	—
	Отношение	0,5	0,8	1,0	1,4	1,7	—
Курская, Воронежская и Орловская области	Январь	0,20	0,30	0,44	0,69	1,22	—
	Июль	0,34	0,44	0,62	0,72	1,10	—
	Отношение	0,6	0,7	0,9	1,0	2,0	—
Омская и Новосибирская области	Январь	0,53	0,72	0,91	1,27	2,00	3,43
	Июль	0,47	0,53	0,59	0,71	0,95	1,41
	Отношение	1,1	1,4	1,5	1,8	2,1	2,4

Таблица 2

Расстояния ρ_k , на которых средние ошибки интерполяции равны ошибкам определения температуры в данном пункте

Район	$F(0)$		ρ_k	
	январь	июль	январь	июль
Ленинградская, Новгородская и западная часть Калининской области	0,26	0,32	30	50
Белорусская ССР	0,18 ¹	0,28	25 ¹	50
Смоленская область	0,27	0,30	26	38
Московская и восточная часть Калининской области	0,32	0,34	26	40
Орловская область	0,16	0,34	32	30
Курская и Воронежская области	0,20	0,31	22	42
Татарская АССР и Горьковский край	0,36	0,47	30	20
Куйбышевская и Ульяновская области	0,36	0,52	22	76
Башкирская АССР	0,54	0,56	18	80
Украинская ССР:				
а) Полесье	0,28	0,34	30	44
б) Подольская возвышенность	0,30	0,40	30	60
в) Правобережная лесостепь	0,16	0,50	10	30
г) Левобережная степь	0,27	0,36	40	38
д) Побережье и Южная степь	0,16	0,40	18	43
Ростовская область и Краснодарский край	0,25	0,48	30	60
Грузинская ССР (равнина)	0,40	0,48	24	40
Тобольская, Омская и Новосибирская области	0,52	0,47	36	82
Иркутская область	0,94	0,43	60	66
Читинская область, Хабаровский и Приморский края	0,56	0,34	56	30
Средняя Азия	1,00	0,50	155	100

ность определения температуры по такой сети для практических целей была бы излишней. В то же время на востоке, где вследствие антициклональности зимы, точность наблюдения температуры резко понижена микроклиматическими условиями (рельеф, лесистость), для правильной характеристики погоды и климата района необходимо иметь несколько типов метеорологических станций. Вообще же нужно отме-

туть, что ошибки интерполяции с увеличением расстояний между станциями растут медленно, поэтому как принцип выравнивания ошибок экстраполяции и интерполяции, так и принцип достижения некоторой определенной тонкости, не дает, по существу, особенно четких границ целесообразности создания сети той или иной густоты. Очевидно, что густота сети все же в значительной степени определяется экономическими соображениями — сравнением эффективности сгущения станций с расходами, вызываемыми подобным сгущением.

Для районов Азиатской территории СССР ранее было принято рациональным строить сеть станций с расстояниями порядка 50—70 км. Это обеспечивает точность интерполяции летом для среднесуточных температур порядка 0,35—0,50, что дает крайние значения ошибок определения температур в 2—3° (несколько больше чем для Европейской территории СССР) и при этом почти не зависит от расположения интерполируемой станции между основными (рис. 1, табл. 2).

Перейдем теперь к фактической точности определения в этих условиях реальных 7- и 13-часовых температур.

Р. Э. Маргулис собрала довольно значительный материал по этому вопросу, однако, из-за ограниченности интервала расстояний, для которого проводилась большая часть вычислений, мы можем привести лишь ошибки (невязки) экстраполяции для расстояния в 50 км в 7 и 13 часов (табл. 3).

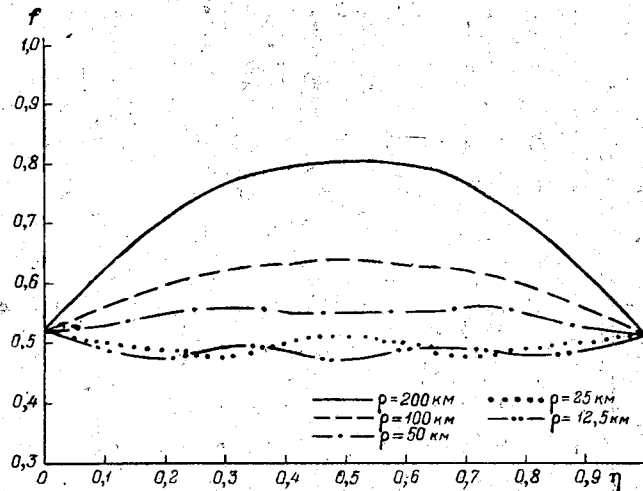


Рис. 1. Вероятные невязки интерполяции для января в Западной Сибири в зависимости от расположения интерполируемой станции между опорными.

Таблица 3

Средние невязки экстраполяции зимой и летом в 7 и 13 час. для расстояний в 50 км

Район	Январь		Июль	
	7	13	7	13
Белорусская ССР	0,72	0,62	0,64	0,78
Московская область	0,90	0,65	0,60	0,78
Курская и Воронежская области	0,94	0,73	0,90	0,94
Башкирская АССР	1,09	1,30	0,83	0,86
Ростовская область и Краснодарский край	0,86	1,00	0,83	0,20
Тобольская, Омская и Новосибирская области	1,22	0,94	0,78	1,00

Естественно, что данные наблюдений в 7 и 13 часов дают гораздо большие ошибки экстраполяции и интерполяции, чем ошибки срочных температур; первые, как и следовало ожидать, для малых расстояний увеличиваются приблизительно в 1,6 раза.

Наиболее изменчивым зимой оказывается утренний срок, чему содействует, с одной стороны, слабость ветра в это время суток, с другой стороны, суточный

Таблица 5

Невязки экстраполяции и интерполяции средних суточных температур

Район	Невязки экстраполяции на расстоянии, в км					Невязки интерполяции на расстоянии, в км					Ошибки интерполяции на расстоянии, в км								
	0	25	50	100	200	400	500	0	25	50	100	200	400	0	25	50	100	200	400
	Январь																		
Грузинская ССР	0,39	0,66	0,92	1,46	2,50	3,55		0,33	0,40	0,46	0,54	0,71		0,20	0,26	0,35	0,45	0,65	
Тобольская, Омская и Новосибирская области	0,53	0,71	0,90	1,28	2,00	3,42	4,13	0,42	0,50	0,53	0,64	0,76	0,97	0,23	0,32	0,40	0,53	0,66	0,88
Иркутская область	0,93	1,15	1,37	1,80	2,68			0,81	0,86	0,92	1,00	1,25		0,46	0,54	0,61	0,74	1,07	
Читинская область, Хабаровский и Приморский края	0,56	0,73	0,91	1,27	1,97			0,48	0,50	0,55	0,63	0,79		0,25	0,32	0,38	0,50	0,67	
Средняя Азия	1,10	1,19	1,27	1,45	1,80			0,93	0,97	0,93	1,04	1,13		0,50	0,56	0,58	0,66	0,80	
Июль																			
Грузинская ССР	0,49	0,62	0,75	1,00	1,52	2,02		0,40	0,46	0,48	0,56	0,66		0,22	0,28	0,35	0,42	0,55	
Тобольская, Омская и Новосибирская области	0,47	0,53	0,59	0,71	0,95	1,41	1,64	0,40	0,42	0,44	0,48	0,52	0,64	0,22	0,26	0,29	0,35	0,40	0,55
Иркутская область	0,41	0,50	0,58	0,74	1,06			0,34	0,37	0,40	0,45	0,53		0,90	0,24	0,28	0,34	0,44	
Читинская область, Хабаровский и Приморский края	0,34	0,48	0,62	0,92	1,56			0,28	0,33	0,36	0,40	0,50		0,14	0,20	0,27	0,32	0,43	
Средняя Азия	0,51	0,56	0,62	0,72	0,93			0,43	0,44	0,46	0,50	0,55		0,23	0,25	0,28	0,35	0,41	

Таблица 4

Невязки экстраполяции и интерполяции наблюдений температуры в 7 и 13 часов в январе и июле для территории Западной Сибири

Месяц	Время	Ошибки экстраполяции							Ошибки интерполяции					
		Расстояние, в км							Расстояние, в км					
		0	25	50	100	200	400	500	0	25	50	100	200	400
I	7	0,82	1,01	1,22	1,63	2,45	4,09	4,92	0,66	0,77	0,83	0,91	1,09	1,36
	13	0,59	0,79	0,94	1,29	2,01	3,44	4,14	0,50	0,52	0,56	0,64	0,80	1,09
VII	7	0,65	0,71	0,78	0,92	1,19	1,72	1,99	0,51	0,58	0,64	0,70	0,76	0,80
	13	0,79	0,89	1,00	1,20	1,63	2,46	2,88	0,64	0,70	0,74	0,80	0,88	1,06

ход, создающий расхождения в температуре при самом незначительном несоблюдении сроков по времени.

Летом, однако, более изменчив дневной срок, что связано, главным образом, с особенностями режима облачности и возникновением гроз, создающими кратковременные изменения погоды на самых незначительных расстояниях.

Изменение ошибок экстраполяции при увеличении расстояния между пунктами измерения в общем столь же закономерно как и по средним суточным (табл. 4), но требует для своего выявления большой длительности рядов и большего внимания микроклиматическим особенностям станций.

Расстояния, на которых сравниваются погрешности интерполяции и экстраполяции, для этих величин примерно вдвое больше, чем для средних суточных и в большинстве районов близко к 50 км.

На этом расстоянии вероятные ошибки (или вернее невязки) интерполяции составляют летом $0,6-0,8^\circ$, а зимой преимущественно $0,6-1,0^\circ$. Значительные ошибки зимой приходятся на низкие температуры, при которых большая точность не имеет практического значения, к тому же и местные условия не позволяют ее существенно повысить. Точность же, получаемая для территории летом, позволяет определять на указанном расстоянии температуры с ошибками, не превышающими $3-4^\circ$ (табл. 5), что достаточно для большей части практических целей.

Таким образом, выводы, полученные ранее примитивным путем для Европейской территории СССР и только для средних суточных температур, могут быть распространены и на всю территорию СССР. Изучение же точности интерполяции температур в отдельные сроки позволяет правильнее оценить фактическую точность данных на принятых расстояниях рационально спланированной сети.

К ВОПРОСУ О РАЦИОНАЛЬНОМ РАЗМЕЩЕНИИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ СТАНЦИИ II РАЗРЯДА

Вопрос рационального размещения сети метеорологических станций является в настоящее время одной из актуальных задач Гидрометеорологической службы СССР.

Плановое народное хозяйство требует знания погоды и климата в любом пункте нашей территории. Существовавшая ранее, стихийно возникшая сеть метеорологических станций, ни в коей мере не обеспечивала этих требований. В связи с этим, как указывает Е. С. Рубинштейн [1], необходимо сеть метеорологических станций превратить из простой совокупности случайно выбранных точек в стройную систему, где каждая станция имеет свое определенное место.

Работа по исследованию метода размещения станции рационально построенной метеорологической сети была начата в 1932 г.

Теоретическое обоснование этого метода изложено в работе О. А. Дроздова [2]. Основан этот метод на возможности интерполяции значений метеорологических элементов с необходимой точностью в любой точке территории по данным двух ближайших станций. Совершенно точно мы могли бы интерполировать метеорологические величины в том случае, если бы они изменялись в пространстве в каждый данный момент равномерно и плавно. В действительности и в пространстве, и во времени изменение метеорологических элементов происходит неравномерно, скачками. Одной из причин этого являются различия в физико-географических условиях местоположения станций. Такого рода изменения в значениях метеорологического элемента на двух станциях могут быть легко учтены, так как они являются более или менее постоянными для каждой пары станций. Следовательно, исключив некоторую постоянную величину, характеризующую систематическое различие между значениями метеорологического элемента на этих станциях, мы избавимся от влияния микроклиматических особенностей станций. Для этой цели автор указанной работы переходит к рассмотрению отклонений метеорологического элемента от среднего значения в каждой данной точке. Второй причиной неравномерного распределения метеорологических элементов является различие в процессах погоды, в различных точках территории, так как всякий процесс, происходящий в атмосфере, ограничен в пространстве. Следовательно, эта неравномерность будет тем больше, чем больше будет расстояние между сравниваемыми пунктами. Поэтому, чтобы решить вопрос о том, как следует разместить пункты наблюдений по тому или другому элементу, необходимо установить на каких расстояниях между станциями с помощью интерполяции можно получить значение метеорологического элемента для любой точки территории между этими станциями с определенной, наперед заданной точностью. Задача состоит, таким образом, в установлении зависимости точности интерполяции метеорологических элементов от расстояния между станциями.

В соответствии с выводами П. М. Томашевича [3], О. А. Дроздовым рассмотрен вопрос об интерполяции температуры, как наиболее изменчивого в пространстве элемента из наблюдаемых станциями II разряда. Следовательно все другие

элементы могут быть достаточно точно интерполированы на больших расстояниях, чем температура. Исключение составляют осадки, обладающие весьма большой изменчивостью, и, кроме того, прерывностью. Но наблюдения над осадками, помимо станций II разряда, производятся станциями III разряда. Следовательно, для точного учета осадков, а также других метеорологических элементов (снежный покров, туманы; грозы), система метеорологической сети должна быть дополнена так же рационально размещенными станциями III разряда.

Вопрос о рациональном размещении станций III разряда и исследуется в данной работе.

Нами рассмотрен вопрос интерполяции месячных сумм осадков, которые отражают характер распределения и ежедневных значений осадков. Использование же ежедневных данных потребовало бы более длинных рядов наблюдений, так как изменчивость осадков тем больше, чем меньше их значения. Крайняя изменчивость осадков во времени и пространстве осложняет возможность применения к ним закона линейной интерполяции. [2].

Необходимым условием возможности применения линейной интерполяции является непрерывное изменение элемента во времени и пространстве. Чтобы избавиться от крайней неравномерности изменений осадков, О. А. Дроздов и А. А. Шепелевский [4] предлагают привести их к одной дисперсии и тем самым добиваются возможности применения к осадкам закона линейной интерполяции. В приведенной работе показано, что зависимость разностей значений любого метеорологического элемента на двух соседних станциях от расстояния между этими станциями характеризуется зависимостью от расстояния среднего квадратичного отклонения разностей; т. е. величиной

$$F_{1,2} = \sqrt{[(x_1 - x_2) - (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)]^2}$$

(разности взяты между однодисперсными величинами). Но, как известно, среднее квадратическое отклонение имеет следующее выражение $F_{1,2} = 2\sigma_x^2(1 - r_{1,2})$, где r — коэффициент корреляции между двумя станциями, σ_x — среднее квадратическое отклонение каждой станции. Следовательно, среднее квадратическое отклонение $F_{1,2}$ пропорционально величине $1 - r_{1,2}$. Вычислив коэффициенты корреляции для пар станций на различных расстояниях, можно получить значения средних квадратических отклонений разностей для пар станций на тех же расстояниях. Вычислив таким образом значения $F_{1,2}$ для различных расстояний по трем районам Европейской территории СССР (Ленинградской области, Украинской ССР и Татарской АССР), авторы построили кривые зависимости от расстояния. Значение $F_{1,2}$ увеличивается с увеличением расстояния.

На одной и той же территории изменчивость разностей между двумя станциями и изменение ошибок интерполяции с изменением расстояния между станциями обусловлены одним и тем же фактором — неравномерным или неодновременным изменением погодных условий на данной территории. Следовательно, средние квадратические отклонения разностей и средняя квадратическая ошибка интерполяции функционально связаны между собой. На этом основании Дроздов и Шепелевский устанавливают функциональную зависимость между средними квадратическими отклонениями разностей и средней квадратической ошибкой интерполяции между двумя станциями, выражая ее следующей формулой:

$$f(n\rho)^2 = nF[(1-n)\rho]^2 + (1-n)F(n\rho)^2 - n(1-n)F(\rho)^2, \quad (1)$$

где

$$n = \frac{\rho_{13}}{\rho}, \quad (1-n) = \frac{\rho_{23}}{\rho},$$

ρ — расстояние между станциями; по которым делается интерполяция, ρ_{13} — расстояние между первой станцией и интерполируемым пунктом, ρ_{23} — расстояние между второй станцией и интерполируемым пунктом, f — функция ошибки интерполяции по расстоянию и F — функция отклонения разности по расстоянию.

Для решения задачи о расстояниях между рационально размещенными станциями необходимо рассмотреть наибольшие значения ошибок интерполяции. Как показали авторы, при условии равномерного изменения значений интерполируемого элемента на расстоянии между станциями, наибольшая ошибка получается на половине расстояния между исходными станциями. Вычисляя ошибки интерполяции отклонений от нормы, а не ошибки самих значений метеорологического элемента, мы имеем дело с более или менее равномерно изменяющимися с расстоянием величинами. Отклонения от нормы не зависят от микроклиматических условий каждой метеорологической станции. Этого рода различия между отдельными станциями отражены в нормах. Отклонения же от нормы зависят только лишь от различия в атмосферных процессах в различных точках. Следовательно, можно принять, что в наших исследованиях ошибка достигает наибольшего значения на середине расстояния между станциями. Поэтому для выявления максимальных ошибок интерполяции по двум станциям может быть использован частный случай приведенной выше формулы, который так же дан в работе О. А. Дроздова и А. А. Шепелевского и имеет следующий вид:

$$f\left(\frac{1}{2}\rho\right)^2 = F\left(\frac{1}{2}\rho\right)^2 - \frac{1}{4}F(\rho)^2. \quad (2)$$

Эта формула использована нами для вычисления ошибок интерполяции осадков. В нашем исследовании мы оперировали с отклонениями от нормы месячных, а также сезонных и годовых сумм осадков за отдельные годы выраженными отношениями ежегодных сумм к норме. Были вычислены вероятные средние квадратические отклонения от средней разности между этими отклонениями от нормы для пар станций на разных расстояниях. Вероятные отклонения вычислялись по формуле Петерса:¹

$$F_{1,2} = 0,85 \frac{\sum_{n=1}^n |x_1 - x_2|}{n},$$

где x_1 и x_2 — значения отклонений от нормы (для отношений осадков на 1-й и 2-й станциях), n — число лет наблюдений. Вместо средних отклонений и средних ошибок интерполяции нами взяты вероятные отклонения и вероятные ошибки интерполяции, которые выражают значения ошибок, имеющих место в действительности в 50% всех рассматриваемых случаев. Как показали подсчеты для осадков, полученные таким образом вероятные ошибки действительно дают 50% обеспеченности. По данным вероятных отклонений от средней разности на различных расстояниях между станциями были построены кривые зависимости этих отклонений от расстояния для отдельных климатически однородных районов. Таких районов на освещенной в метеорологическом отношении территории Союза ССР мы выделили 20: Северный район (Архангельская область и Коми АССР), Ленинградский район (Ленинградская, Новгородская и Калининская области), Ивановская и Ярославская области, Белоруссия, Северная Украина, Южная Украина, Московская и Горьковская области, Татария Средний Урал (Свердловская, Молотовская, частично Челябинская область и Башкирская АССР), Куйбышевский район (Куйбышевская, Ульяновская и Пензенская области), Нижнее Поволжье (Сталинградская и Астраханская области), Северный Кавказ (Ростовская область и Краснодарский край), Грузия (только равнинная часть), Степной Крым (равнинная территория Крымской области), Северный Казахстан, Средняя Азия (предгорные районы Таджикской, Узбекской и Киргизской ССР), Западная Сибирь (Омская и Новосибирская области, Восточная Сибирь (Красноярский край — равнинная часть и Иркутская область), Забайкалье (Читинская область и Бурят-Монгольская АССР) и Дальний Восток (Хабаровский и Приморский края). На основании полученных кривых

¹ Эта формула заимствована из аналогичного исследования О. А. Дроздова [2] для температуры воздуха.

вероятных отклонений от средней разности по формуле (2) были вычислены вероятные невязки интерполяции. Интерполируя осадки в какой-то точке по данным двух станций, мы тем самым переносим на третью станцию ошибки измерения на обеих станциях (это мы и называем вероятными невязками интерполяции). Следовательно невязка между интерполированной и фактически наблюдаемой величиной для третьей точки состоит из двух частей — ошибки интерполяции и суммы ошибок измерения на исходных станциях, коротко будем называть эту величину невязкой интерполяции. Чтобы определить ошибку интерполяции или разницу между результатом интерполяции и величиной, измеренной на этой станции, необходимо, как показал Дроздов, исключить из полученной невязки интерполяции половину суммы ошибок измерения двух станций, полагая, что собственная ошибка измерения третьей станции равна половине векторной суммы ошибок исходных станций. Но так как среднее значение суммы этих ошибок есть ничто иное как начальная ордината кривой вероятных отклонений от средней разности, то ошибку интерполяции мы можем выразить следующей формулой:

$$\Phi_{\frac{1}{2}}(\rho)^2 = f_{\frac{1}{2}}(\rho)^2 - \frac{1}{2}F(0)^2, \quad (3)$$

где $F(0)$ — начальная ордината кривой вероятных отклонений разностей.

Пользуясь этой формулой, мы построили кривые зависимости от расстояния ошибок интерполяции для всех районов. Наиболее детальному исследованию нами были подвергнуты месячные суммы осадков января — февраля и июля — августа. Только для Средней Азии вместо июля и августа были взяты март и апрель, так как осадки в июле и августе здесь весьма незначительны и отклонения от нормы могут быть очень велики, изменчивость разностей между станциями будет большая, и поэтому, чтобы получить надежные вероятные ошибки интерполяции понадобились бы гораздо более длинные ряды, чем имеются в настоящее время. Кроме того, для этих районов наиболее существенными являются именно весенние осадки.

При вычислении средних разностей между отклонениями от нормы использовались совместно данные двух соседних месяцев, учитывая, что режим погоды в эти месяцы различается мало, а, следовательно, вероятные отклонения разностей, невязки и ошибки интерполяции будут в эти месяцы, примерно, одинаковыми. Используя же их совместно, мы как бы удлиняем использованные нами ряды наблюдений и тем самым получаем более точные значения вероятных ошибок.

Переходим к рассмотрению полученных результатов исследования.

Кривые вероятных отклонений разностей имеют вид парабол. Различаются они по отдельным областям по характеру изогнутости кривой и по значению начальной ординаты.

Кривые невязок интерполяции несколько меньше выгнуты по сравнению с первыми кривыми. Значения начальных ординат меньше, чем у первых кривых, причем с увеличением расстояния кривая невязок интерполяции непрерывно отклоняется от кривой отклонений разностей, так как невязки и ошибки интерполяции с расстоянием растут медленнее, чем отклонение разностей между двумя станциями. Следовательно, с увеличением расстояния ошибки экстраполяции, которые прямо пропорциональны отклонениям разностей между двумя станциями, растут интенсивнее, чем ошибки интерполяции.

Наконец, третьи кривые вероятных ошибок интерполяции на малых расстояниях по своим величинам отличаются от кривых невязок интерполяции значительно, чем на больших расстояниях потому, что с увеличением расстояния уменьшается значение той части невязки, которая зависит от неточности измерения данных исходных станций.

Пользуясь методом плоскостной интерполяции А. Х. Хргиана, видоизмененным О. А. Дроздовым для интерполяции на центр равностороннего треугольника, нами были вычислены кривые ошибок плоскостной интерполяции для Московской

и Горьковской областей. Приводим значения ошибок линейной (по 2-м точкам) и плоскостной (по 3-м точкам) интерполяции для этой области:

Расстояние в км	0	12	25	50	100	200
Вероятная ошибка линейной интерполяции, в процентах	9	12	14	19	27	29
Вероятная ошибка плоскостной интерполяции, в процентах	8	12	14	18	26	27

Как видно, уточнение интерполяции плоскостным методом получается крайне незначительное, порядка 1—2%. А так как применение общих формул для плоскостной интерполяции практически представляет некоторые затруднения, то для теоретических расчетов пользоваться линейной интерполяцией рациональнее.

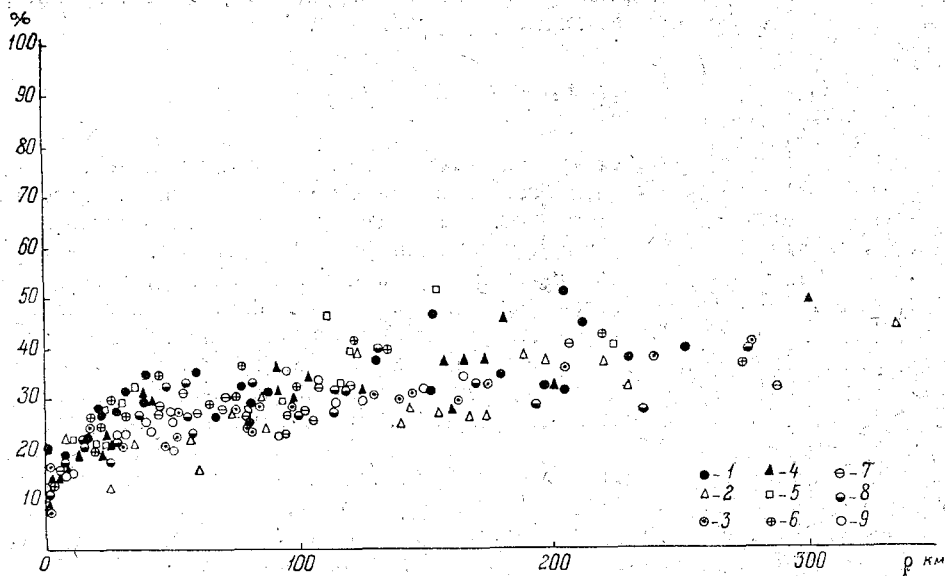


Рис. 1. Вероятные отклонения разностей по первой группе районов за июль — август. 1 — Куйбышевский район, 2 — Северный район, 3 — Ивановская и Ярославская области, 4 — Московская и Горьковская области, 5 — Татария, 6 — Северная Украина, 7 — Средний Урал, 8 — Белоруссия, 9 — Ленинградский район.

Кривые вероятных отклонений разностей теплых месяцев (июля — августа) имеют в большинстве районов большую выпуклость, чем зимние и точки по кривой ложатся более скученно. Наблюдающееся различие в форме кривых двух сезонов указывает на различную степень зависимости величин ошибок интерполяции от расстояния, что связано с различием в процессах, обуславливающих выпадение осадков, и, кроме того, с различной точностью измерений осадков в холодный и теплый период года.

Из всех построенных графиков за июль — август можно выделить группы кривых, сходных по своему общему виду. К первой группе можно отнести следующие районы (рис. 1): Северный, Ленинградский, Ивановскую и Ярославскую области, Белоруссию, Московскую и Горьковскую области, Татарию, Средний Урал, Северную Украину и Куйбышевский район, т. е. север и центр Европейской территории СССР. Для этой группы характерно однообразие распределения значений вероятных отклонений разностей на различных расстояниях. Точки всех областей ложатся скученно по одному и тому же направлению вдоль абсциссы. Кривые ошибок интерполяции этих областей характеризуются малыми значениями ошибок вообще и заметным ростом этих ошибок с расстоянием только в пределах от 0 до 50 км.

Другую группу кривых составляют следующие районы (рис. 2): Южная Украина, Степной Крым, Сталинградская область, Нижнее Поволжье и сюда же, повидимому, следует отнести Северный Казахстан, по которому из-за недостатка материала не удалось построить кривые. Эта группа занимает зону южных степей, обладающих совершенно своеобразным характером распределения осадков, в особенности летних. Для этой территории летом характерно размывание фронтов, мощное развитие конвективных процессов, сопровождающихся грозowymi явлениями и ливнями. Распределение ливневых осадков и обуславливает большие ошибки интерполяции, начительный рост их с увеличением расстояния, большее рассеяние отклонений разностей. На рис. 2 показано рассеяние вероятных отклонений разностей этой группы. Амплитуда рассеяния значительно больше, чем в первой группе (ср. с рис. 1).

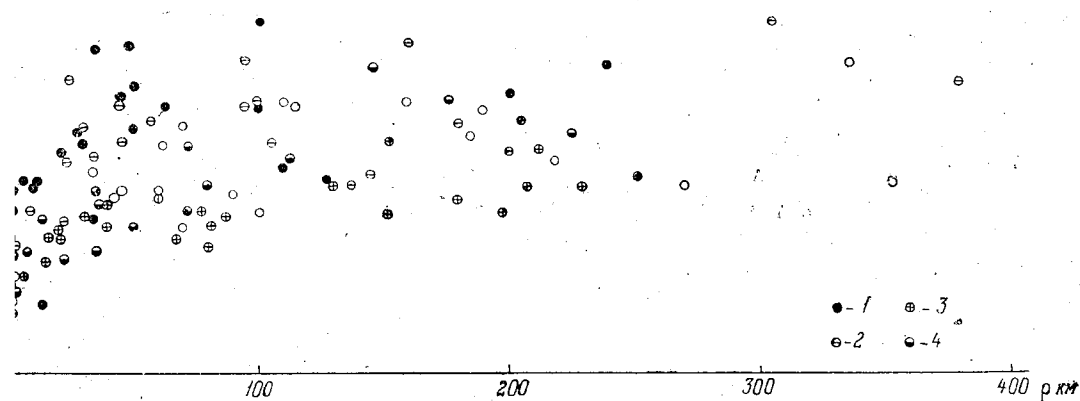


Рис. 2. Вероятные отклонения разностей по второй группе районов за июль — август.
1 — Степной Крым, 2 — Сталинградская область, 3 — Нижнее Поволжье, 4 — Южная Украина.

Несколько сходны с первой группой кривые Западной и Восточной Сибири и Забайкалья (см. рис. 5). Но ошибки интерполяции и рассеяние точек вероятных отклонений разностей на графике здесь несколько больше, чем в первой группе. Особенно это заметно в Западной Сибири, где в летние месяцы так же имеют место мощные конвекции и связанные с ними ливневые осадки.

Сравнительно небольшие ошибки на малых расстояниях и медленный их рост на больших расстояниях дают районы предгорий — Северный Кавказ и Средняя Азия (см. рис. 5), что вызвано более равномерным распределением осадков, зависящим здесь, главным образом, от влияния рельефа. Плавный и медленный рост ошибок с расстоянием и небольшие их значения на малых расстояниях дает Дальний Восток, благодаря муссонным процессам, господствующим в этом районе.

Интенсивный рост ошибок с расстоянием дает Грузия (см. рис. 5), где, повидимому, имеет значение влияние окружающего рельефа на осадки равнинной части, их интенсивность, а также большое преобладание осадков, связанных с мощными конвекциями.

При анализе кривых вероятных отклонений разностей обнаружилось, что пары станций, расположенные в долинах рек или на побережьях крупных водоемов, дают меньшие значения вероятных отклонений разностей. Примером этого может служить Восточная Сибирь, где был взят ряд пар станций, расположенных в доли-

нах рек Енисея и Ангары, а также на побережье Байкала, и все эти пары дали меньшие значения вероятных отклонений. Следовательно, в более однородных климатически районах можно интерполировать отклонения от нормы месячных сумм осадков с большей точностью. Это необходимо учесть при размещении дождемерной сети. Подтверждением различия в значениях ошибок в климатически неоднородных зонах может служить также тот факт, что на графике вероятных отклонений разностей для Средней Азии выделились значения отклонений между парами станций Туркменской ССР, расположенными в ее равнинной части. Эти вероятные отклонения обнаруживают иную зависимость от расстояния, чем отклонения по станциям, расположенным в предгорьях.

Кривые вероятных ошибок интерполяции холодных месяцев (января — февраля) имеют меньшую выпуклость, что указывает на меньшую

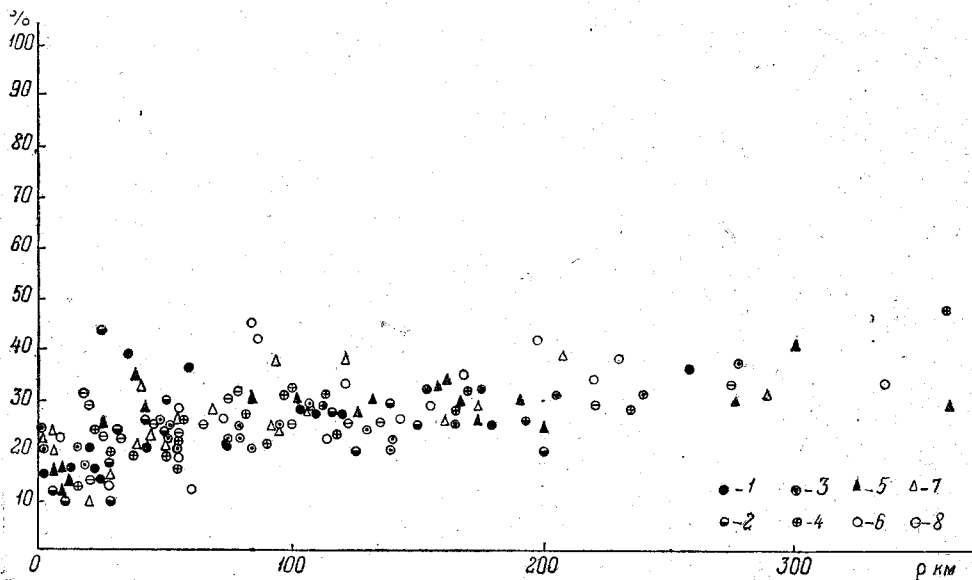


Рис. 3. Вероятные отклонения разностей по первой группе районов за январь — февраль. 1 — Татария, 2 — Ленинградский район, 3 — Ивановская и Ярославская области, 4 — Белоруссия, 5 — Московская и Горьковская области, 6 — Северный район, 7 — Средний Урал, 8 — Северная Украина.

зависимость ошибок интерполяции от расстояния, обусловленную, повидимому, большими масштабами зимних атмосферных процессов. Рассеяние точек вероятных отклонений разностей получается большее, чем летом, что вероятно можно объяснить влиянием отдельных (случайных) выдуваний или надуваний в дождемеры. В случаях систематического надувания или выдувания осадков, значения вероятных отклонений по этим парам резко выскакивают на графиках. Такие пары при рассмотрении кривых нами были отброшены. Характер кривых выделенных групп по графикам теплых месяцев сохраняется и в зимние месяцы. Первая группа — север и центр Европейской территории СССР (рис. 3) — сохраняется в том же составе и значения ошибок здесь существенно не изменяются, особенно на малых расстояниях, что обусловлено однообразием в процессах погоды, — летом и зимой здесь преобладает циклоническая деятельность. В табл. 1 приводим значения ошибок интерполяции (в процентах) по некоторым районам за летние и зимние месяцы.

Вторая группа — полоса южных степей — также сохраняет в зимние месяцы однообразие (рис. 4), но здесь, особенно в Крыму и Нижнем Поволжье, зимой ошибки значительно уменьшаются (табл. 1).

Это, повидимому, связано с отсутствием в зимние месяцы ливней, которые приводят к значительному разнообразию в распределении осадков, а, следовательно, и к увеличению ошибок интерполяции в летние месяцы.

Таблица 1

Район	Расстояние, в км					
	0		25		50	
	лето	зима	лето	зима	лето	зима
I группа						
Ленинградский район	6	5	9	11	13	15
Белоруссия	6	7	12	13	15	17
Московская и Горьковская области	5	6	12	10	18	14
Северная Украина	6	9	13	13	18	17
II группа						
Степной Крым	16	6	21	9	28	12
Нижнее Поволжье	12	7	21	12	27	20

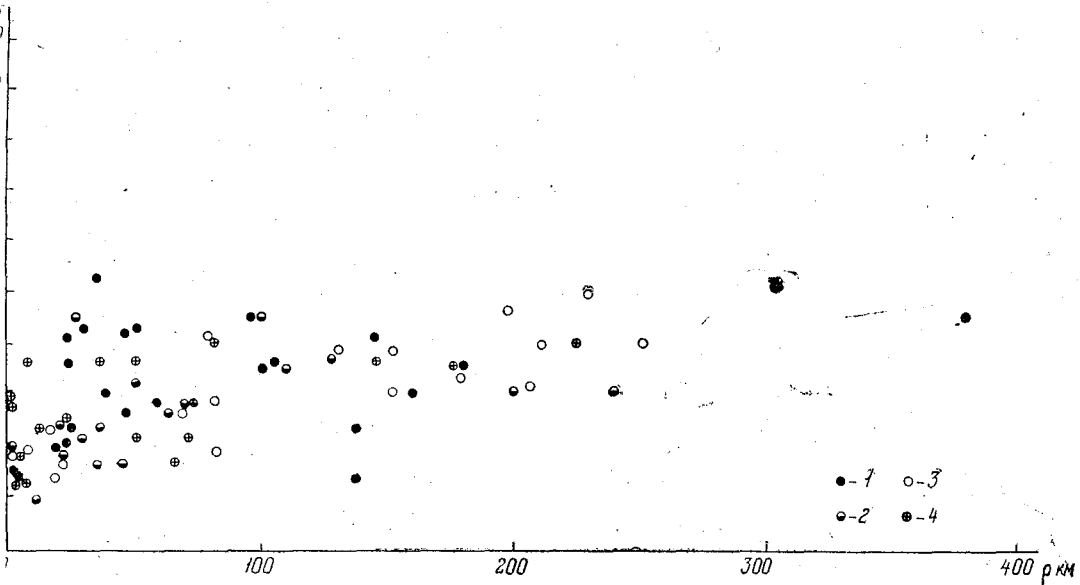


Рис. 4. Вероятные отклонения разностей по второй группе районов за январь — февраль.
1 — Сталинградская область, 2 — Степной Крым, 3 — Кузбывшевская область, 4 — Южная Украина.

Таблица 2

Сезон	Расстояние, в км		
	0	25	50
Зима	10	14	18
Лето	5	9	11

Кривые по Сибири опять-таки близки к первой группе (рис. 5—7), только Забайкалье зимой не сходно с Западной и Восточной Сибирью. Оно дает большое

~~10700~~

рассеяние вероятных отклонений разностей (кривые построить не удалось из-за недостаточного числа станций) и по общему характеру распределения ближе подходит к Дальнему Востоку. Зимой на Дальнем Востоке имеют место большие

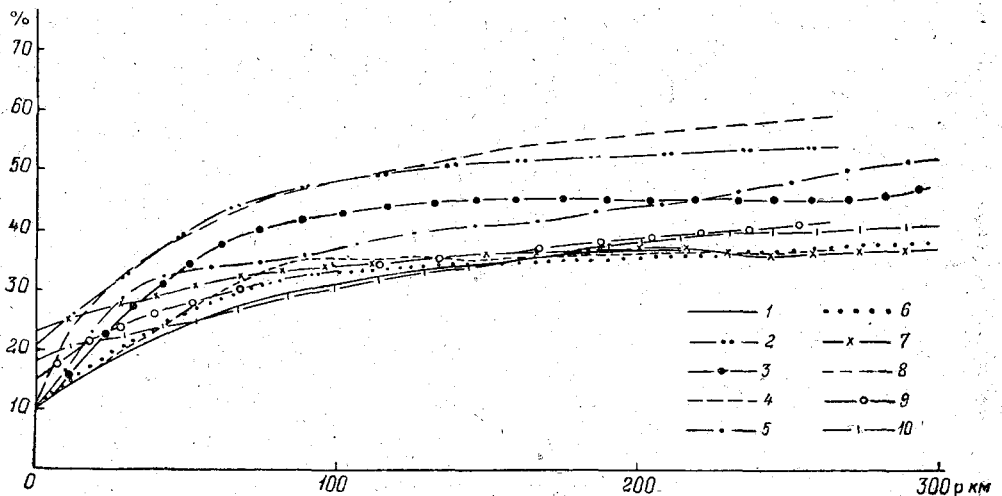


Рис. 5. Зависимость вероятных ошибок экстраполяции отклонений от нормы месячных количеств осадков.

1 — Дальний Восток, VII — VIII, 2 — Дальний Восток, I — II, 3 — Северный Кавказ, VII — VIII, 4 — Грузия, VII — VIII, 5 — Средняя Азия, III — IV, 6 — Западная Сибирь, I — II, 7 — Западная Сибирь, VII — VIII, 8 — Восточная Сибирь, I — II, 9 — Восточная Сибирь, VII — VIII, 10 — Забайкалье, VII — VIII.

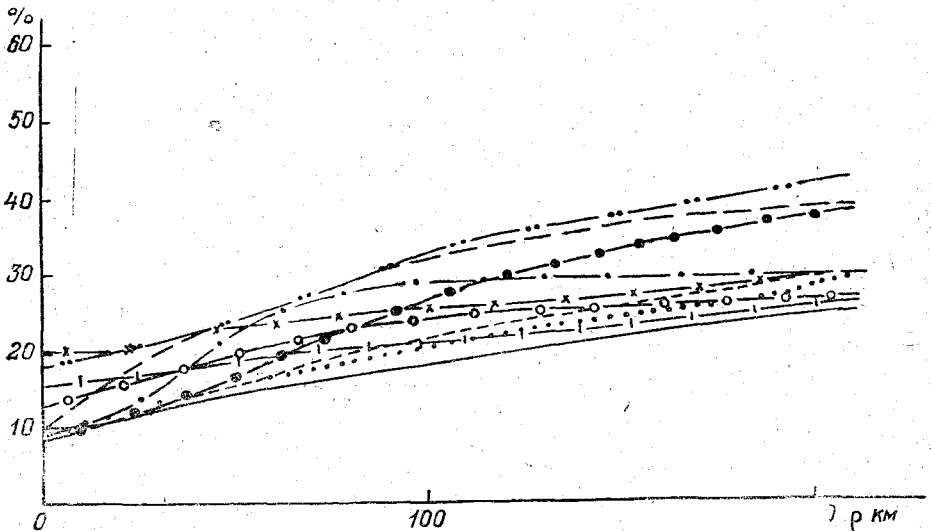


Рис. 6. Зависимость вероятных невязок интерполяции отклонений от нормы месячных количеств осадков.

(Усл. обозначения см. рис. 5).

ошибки, а также значителен их рост с расстоянием. В табл. 2 приводим сравнение значений летних и зимних ошибок интерполяции (в процентах) на Дальнем Востоке.

Такое резкое увеличение зимних ошибок связано, опять-таки, с изменением атмосферных процессов, обуславливающих выпадение осадков зимой.

Различный характер кривых вероятных ошибок интерполяции отклонений от нормы месячных сумм осадков указывает на то, что в разных частях территории

Союза ССР, в силу большого климатического разнообразия, нельзя достигнуть одинаковой точности интерполяции.

В табл. 3 даны значения ошибок интерполяции на различных расстояниях между станциями, они указывают на неодинаковое изменение этих ошибок в зависимости от расстояния в различных районах. Для разрешения вопроса о рациональ-

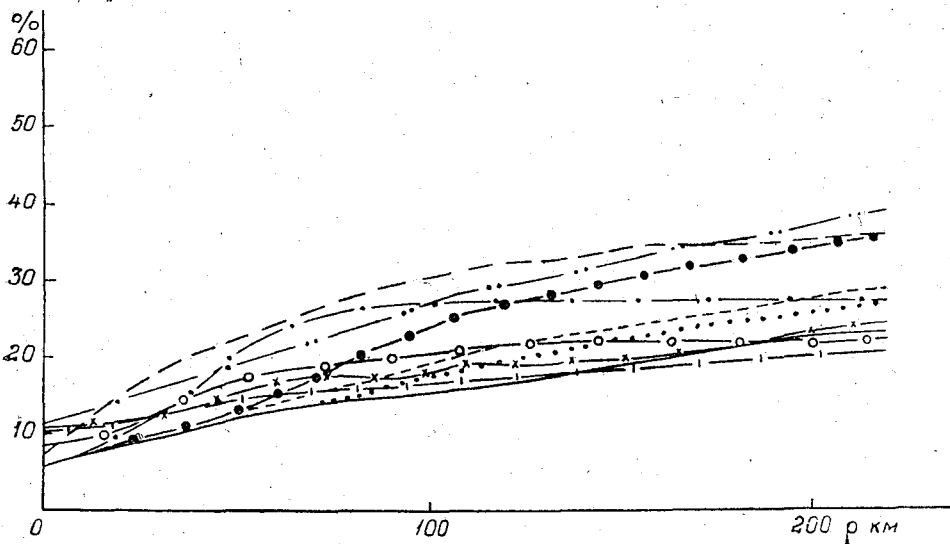


Рис. 7. Зависимость ошибок интерполяции отклонений от нормы месячных количеств осадков.

(Усл. обозначения см. рис. 5).

Таблица 3

Величина вероятной ошибки интерполяции отклонения от нормы месячных сумм осадков (в процентах) за июль и август при интерполяции между станциями на различных расстояниях

Район	Расстояния, в км								
	0	10	12	15	20	25	50	100	200
Северный район	9	10	10	10	10	10	11	12	16
Ленинградский район	6	8	8	8	9	9	13	20	22
Ивановская и Ярославская области	5	7	7	8	9	10	14	19	20
Белоруссия	6	8	8	9	11	12	15	19	23
Московская и Горьковская области	5	8	9	9	11	12	18	25	28
Татария	5	8	9	10	12	13	17	23	27
Средний Урал	7	9	10	11	12	13	17	22	23
Северная Украина	6	7	8	9	11	13	18	24	26
Южная Украина	8	11	11	11	13	13	18	25	36
Куйбышевский район	8	11	11	12	14	15	19	23	24
Северный Кавказ	7	8	8	9	10	10	13	25	35
Нижнее Поволжье	12	14	15	16	20	21	27	34	42
Степной Крым	16	18	18	18	20	21	26	42	46
Грузия	5	10	10	13	14	16	22	30	36
Средняя Азия	5	7	8	9	10	11	20	27	28
Западная Сибирь	12	12	12	12	12	13	16	18	23
Восточная Сибирь	8	9	9	10	11	12	16	20	23
Забайкалье	9	10	10	10	11	11	14	15	20
Дальний Восток	5	6	7	7	8	9	11	15	23

ном размещении сети дождемерных станций наибольшее значение имеют ошибки интерполяции летних осадков, так как для гидрологических расчетов и для обслуживания сельского хозяйства необходимо точно учитывать осадки (летние)

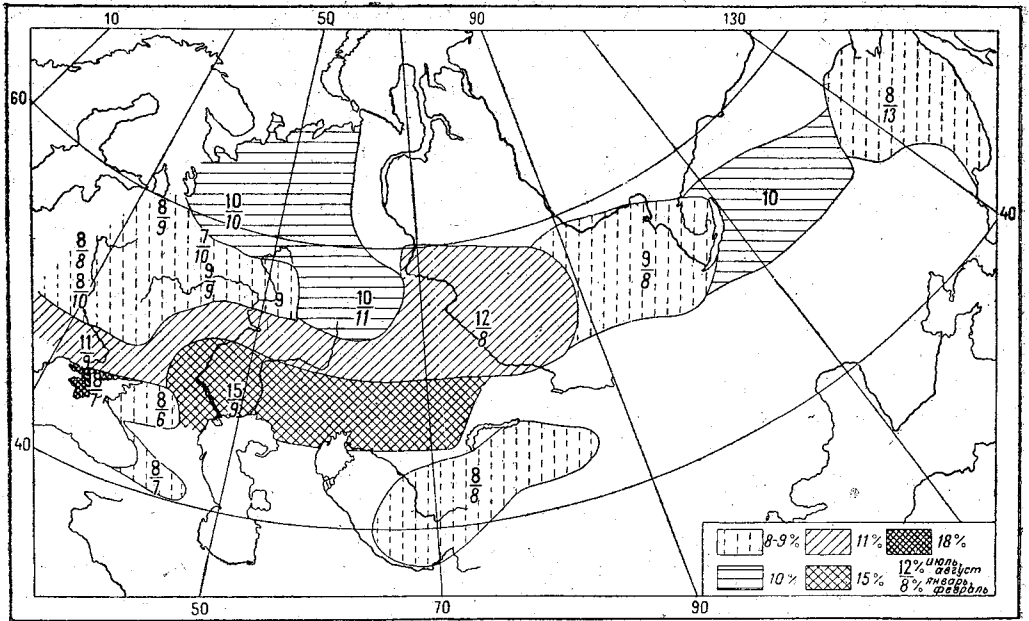


Рис. 8. Схема распределения вероятных ошибок интерполяции отклонений от нормы месячных сумм осадков при расстоянии в 12 км (для Грузии — 6 км, для Дальнего Востока — 20 км).

Таблица 4

Значения невязок интерполяции отклонений от норм сезонных и годовых осадков и отношения невязок за сезоны к невязкам за центральные месяцы сезона

Район	Расстояние, в км																								
	0		25		50		100		200		200		200		200		200		200						
	Невязка за холодный период	Отношение	Невязка за теплый период	Отношение	Невязка за год	Невязка за холодный период	Отношение	Невязка за теплый период	Отношение	Невязка за год	Невязка за холодный период	Отношение	Невязка за теплый период	Отношение	Невязка за год	Невязка за холодный период	Отношение	Невязка за теплый период	Отношение	Невязка за год					
Белоруссия	6	0,5	3	0,3	3	7	0,5	5	0,3	4	9	0,5	7	0,4	7	10	0,5	10	0,5	9	10	0,5	10	0,4	9
Нижнее Поволжье	7	0,6	8	0,4	8	9	0,6	12	0,4	9	11	0,5	16	0,5	12	17	0,5	18	0,5	15	20	0,7	18	0,4	15
Татария	7	0,6	4	0,4	4	8	0,6	5	0,3	6	9	0,6	6	0,3	6	12	0,7	8	0,3	7	13	0,6	9	0,3	7
Грузия	2	0,2	3	0,3	4	6	0,4	6	0,4	6	8	0,5	8	0,3	7	12	0,6	11	0,4	10	15	0,5	13	0,4	12
Дальний Восток	11	0,6	4	0,4	5	14	0,7	7	0,6	7	17	0,7	8	0,6	8	19	0,6	10	0,6	9	20	0,5	12	0,5	10

за более или менее короткие промежутки времени. Зимой важно точно учесть осадки суммарно за весь сезон.

В табл. 4 показано, что вероятные ошибки интерполяции сезонных сумм осадков меньше ошибок интерполяции месячных сумм, следовательно, они могут быть интерполированы с той же точностью на больших расстояниях, чем месячные. Поэтому считаем необходимым при разрешении вопроса о рациональном размещении дождемерной сети ориентироваться на точность интерполяции летних осадков. Для рационального размещения сети необходимо знать, с какой точностью нужно определять значения осадков в любой точке территории.

Данные табл. 3 и 4 приводят к заключению, что на территории СССР не может быть достигнута одинаковая точность интерполяции отклонений от нормы

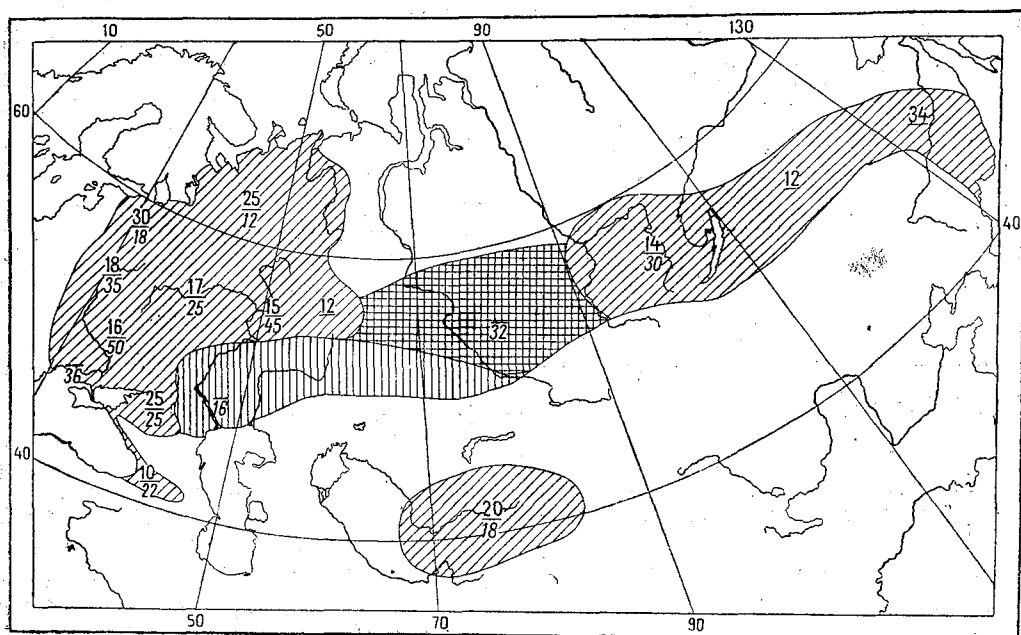


Рис. 9. Расстояние между дождемерными пунктами при ошибке интерполяции равной 10%.

месячных сумм осадков. Рассмотрение кривых вероятных ошибок интерполяции показывает, что в большинстве районов сгущение сети дождемерных станций имеет смысл только до некоторого расстояния между ними. Дальнейшее сокращение расстояний не дает существенного эффекта в повышении точности при значительном увеличении числа точек сети, так как число станций возрастает обратно пропорционально квадрату расстояния между ними. Для всех районов может быть установлен своего рода нижний предел точности. В большинстве рассмотренных нами районов такая предельная точность достигается на расстоянии, примерно, 10—12 км между станциями.

В первой группе районов (север и центр Европейской территории СССР, Западная и Восточная Сибирь, Забайкалье, Средняя Азия и Северный Кавказ) вероятная ошибка интерполяции отклонений от нормы месячных сумм осадков равна 8—9% (рис. 8). Нижний предел точности на Дальнем Востоке — те же 8% — достигается уже на 20 км. В Грузии нижним пределом нужно считать точность при нулевом расстоянии, так как там интенсивный рост ошибок имеет место на всех расстояниях от 0 до 200 км и более. Вероятная ошибка интерполяции в 8% в Грузии достигается при расстоянии между станциями в 6 км. В зоне южных степей предел точности достигается на тех же расстояниях — 12 км, но вероятные

ошибки интерполяции отклонений от нормы месячных сумм осадков получаются более значительные, порядка 13—18%.

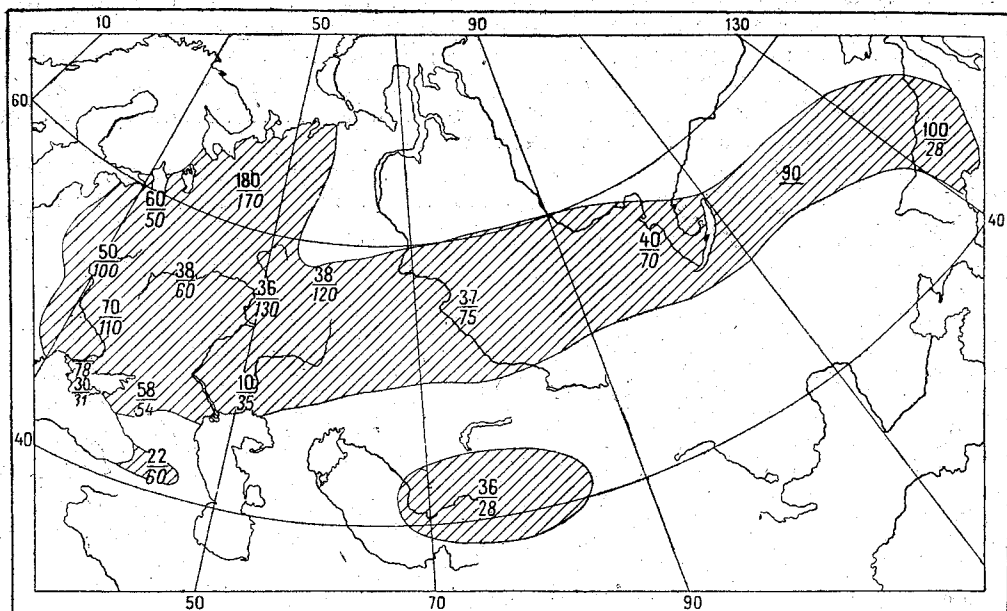


Рис. 10. Расстояние между дождемерными пунктами при ошибке интерполяции равной 15%.

Таким образом, если сеть дождемерных станций разместить на расстоянии 12 км, наиболее часто повторяющаяся ошибка интерполяции, равная двойной вероятной ошибке, для большей части равнинной территории Союза ССР будет равна 16—18% от месячной суммы осадков. Для южных степей наиболее часто встречающаяся ошибка будет равна 25—36% месячной суммы.

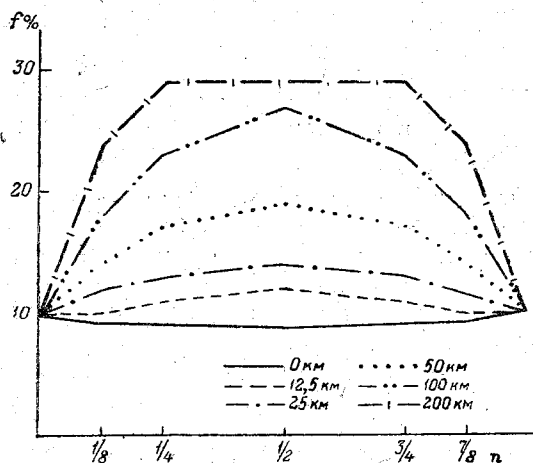


Рис. 11. Распределение ошибок интерполяции отклонений от нормы местных сумм осадков в зависимости от положения точки между двумя станциями. Московская и Горьковская области.

Если установить дождемерные станции на расстоянии указанных 12 км, достигая при этом максимальной возможной точности интерполяции, то потребуется иметь сеть из 70.000 станций III разряда, что даст отношение рациональной сети II разряда к III разряду как 1:17. Рациональные расстояния между станциями сети, при точности интерполяции в 10 и 15%, приведены на рис. 9 и 10.

До сих пор шла речь об ошибках интерполяции на средние расстояния между станциями. Рассмотрим как изменяются ошибки в зависимости от положения точки в интервале между станциями при различных расстояниях между ними. На рис. 11 даны кривые изменения ошибки в интервале между станциями для разных расстояний.

Вычисление этих кривых сделано по формуле (1). Как видно, с увеличением интервала между станциями, растет интенсивность изменения ошибки. Характерно, что сохранение одного и того же значения вероятной ошибки для всего интервала дает то же расстояние — 12 км.

Вопрос о выборе рациональных расстояний для сети III разряда может быть решен в зависимости от той точности, с какой необходимо для практических целей знать осадки в любой точке территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рубинштейн Е. С. Принципы построения метеорологической сети. Труды ГГО, вып. 12, 1936.
2. Дроздов О. А. Метод построения сети метеорологических станций в равнинной местности. Там же.
3. Томашевич П. М. О проблеме рационально построенной метеорологической сети. Метеорологич. Вестник № 5—6, 1933.
4. Дроздов О. А. и Шепелевский А. А. Теория интерполяции в стохастическом поле метеорологических элементов и ее применение к вопросам метеорологических карт и рационализации сети. Труды НИУ ГУГМС, сер. 1, вып. 13, 1946.

РАЦИОНАЛЬНЫЕ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ СТАНЦИЯМИ СЕТИ, ВЕДУЩИМИ УЧЕТ ВЫСОТЫ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

В настоящей статье выясняется степень точности нахождения высот снежного покрова на территории при тех или иных расстояниях между станциями сети и на этом основании рекомендуется определенная степень густоты снегомерной сети в различных частях СССР.

Как известно, залегание снежного покрова очень неравномерно. Охватить все особенности залегания покрова с помощью постоянно работающих станций основной сети не представляется возможным и не обуславливается необходимостью, поскольку, как правило, для практических целей требуются либо данные, осредненные для некоторой площади (например, при учете запасов воды), либо данные о типичных видах залегания снежного покрова (в лесу, на открытых местах и на различного рода полях).

Высоты снежного покрова в различных условиях рельефа и ландшафта, хотя и связаны между собой, но связь эта недостаточно тесна и определяется всей суммой погодных условий предыдущей части зимы (главным образом — ветром, осадками и температурой), поэтому для решения данного вопроса на станциях сети пользуются в настоящее время показаниями групп реек, установленных в характерных условиях (в лесных, защищенных или открытых местах), систематически корректируемых путем снегосъемок. В пределах одного типа установки рейки различия в залегании снежного покрова происходят от погодных условий, а потому размер их является функцией расстояния между станциями. Кроме того, в характере залегания возникают систематические различия, зависящие от климатических особенностей территории и неполной тождественности ландшафтных условий, и случайные различия, происходящие от неподдающихся учету мелких погодных особенностей, осуществившихся в данную зиму в месте установки рейки и сказавшихся на микрораспределении выпавшего снега. Поскольку выявление климатических особенностей не требует постоянно работающих метеорологических станций, а ландшафтные неоднородности при правильно поставленных наблюдениях, особенно при современных групповых измерениях, в значительной степени погашаются, влияние тех и других целесообразно исключать. Случайные особенности создают неизбежные неточности показаний станций в условиях сети, особенно сказывались они в прежнее время при однореечной системе измерений. Сейчас, в связи с переходом к групповым измерениям, влияние их должно быть значительно сглаженным. К сожалению, материалы последних лет слишком еще немногочисленны и не могли быть использованы авторами, поэтому неточности отдельных измерений, полученных в настоящей работе по данным однореечных измерений, должны быть несколько уменьшены.

Расчеты точности, получаемые при использовании данных отдельной станции на различных от нее расстояниях и при интерполяции по нескольким станциям, проводились на основе методов интерполяции в стохастическом поле¹.

¹ Дроздов О. А. и Шепелевский А. А. Теория интерполяции в стохастическом поле метеорологических элементов и ее применение к вопросам метеорологических карт и рационализации сети. Труды НИУ, ГУГМС, сер. 1, вып. 13, 1946.

Учитывая установленный О. А. Дроздовым факт, что высоты снежного покрова на близлежащих станциях составляют равновариационные ряды, выключение систематической погрешности и приведение к одной дисперсии достигается одновременно. Практически брались отношения высот снежного покрова за отдельные годы к многолетней средней (норме), а экстраполяции и интерполяции подвергались процентные отклонения от нормы. Аналогичный прием уже с успехом применялся в работе В. П. Курской по рациональному размещению сети дождемерных станций, напечатанной в настоящем выпуске. Невязки показаний 2-х станций, находящихся на расстоянии $\rho_{1,2}$ в функции ρ определялись как средние квадратические следующего вида:

$$F(\rho_{1,2}) = \sqrt{\left[\frac{x_1 - x_2}{x_1 + x_2} \right]^2}, \quad (1)$$

где x_1 — значение наблюдаемого элемента на первой станции, x_2 — одновременное значение того же элемента на второй станции, черта над переменными — символ осреднения (арифметического).

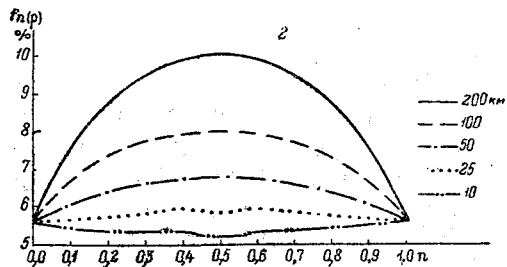
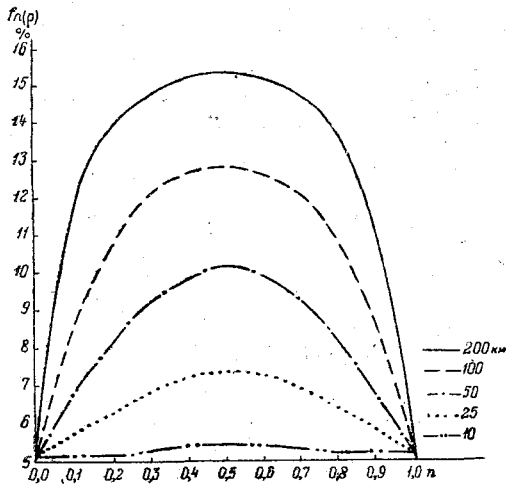


Рис. 1 и 2. Зависимость ошибок интерполяции от положения точки между станциями для расстояния в 10, 25, 50, 100 и 200 км (среднее из наблюдений по 3-м рейкам).

1 — Куйбышевская и Чкаловская области, 2 — Ивановская и Ярославская области.

Среднее квадратическое невязок между значением элемента на промежуточной станции и интерполированным его значением по станциям 1 и 2 в функции расстояния выражалось формулой:

$$f_n^2(\rho_{1,2}) = nF^2[(1-n)\rho_{1,2}] + (1-n)F^2(n\rho_{1,2}) - n(1-n)F^2(\rho_{1,2}), \quad (2)$$

где n — отношение расстояния между станциями 1 и 3 к расстоянию между опорными станциями 1 и 2.

В общем случае интерполяции по нескольким станциям формулы получаются более сложными, но уточнение результатов по сравнению со случаем интерполяции по двум станциям, при условии, что опорные и интерполируемая станция расположены по одной прямой, в общем незначительно, в виду чего для расчетов рациональных расстояний между станциями сети ограничимся изучением степени точности последней. Величина $f(\rho)$, за исключением случаев очень малых и очень больших ρ (рис. 1 и 2), достигает наибольших значений на середине расстояния между станциями, в виду чего достаточно ограничиться изучением этих последних ошибок, а формула (2) заменяется более простой:

$$f^2(\rho) = F^2\left(\frac{1}{2}\rho\right) - \frac{1}{4}F^2(\rho). \quad (3)$$

Если бы интерполяция производилась по 3-м станциям на центр равностороннего треугольника, то вместо (3) мы получили бы

$$f^2(\rho) = F^2\left(\frac{1}{3}\rho\sqrt{3}\right) - \frac{1}{3}F^2(\rho). \quad (3a)$$

Приведенные выше формулы характеризуют средние квадратические значения невязок, вычисленных и наблюдаемых величин. Действительное значение ошибок экстраполяции и интерполяции будет несколько меньшим, так как из-за неполной репрезентативности станций, о которой уже говорилось выше, сами наблюдаемые величины не вполне точно характеризуют истинные значения изучаемого элемента в данном пункте и эти ошибки накладываются на ошибки вычисления.

Обозначая соответствующее значение средних квадратических ошибок экстраполяции и интерполяции через $\Phi(\rho)$ и $\varphi(\rho)$ находим, что

$$\left. \begin{aligned} \Phi^2(\rho) &= F^2(\rho) - \frac{1}{2} F^2(0), \\ \varphi^2(\rho) &= f^2(\rho) - \frac{1}{2} F^2(0). \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Ввиду сравнительной сложности вычисления средних квадратических, вместо них нами вычислялись по формуле Петерса вероятные ошибки и, таким образом, фактически, $F(\rho)$ у нас имело вид:

$$F(\rho_{1,2}) = 0,85 \sqrt{\frac{x_1 - x_2}{x_1 x_2}}. \quad (5)$$

Допуская приближенную пропорциональность вычислявшихся нами вероятных ошибок и средних квадратических, мы вносили соответствующие изменения и в формулу для вычисления $f(\rho)$. Обработке и вычислениям по формулам (3), (4) и (5) подвергались средние декадные данные по высоте снежного покрова в период достижения им наибольшей высоты (в декаду максимума), когда можно было ожидать наибольших различий в залегании покрова в различных частях территории. Весьма важный период таяния снежного покрова исследованию не подвергался ввиду крайней нерепрезентативности одноречных наблюдений в этот период, исключающий возможность получить достаточные и надежные значения закономерности роста ошибок интерполяции и экстраполяции с расстоянием. Величина $F(\rho_{1,2})$, получаемая на основании эмпирических данных, и вычисляемые по ней $f(\rho)$ и $\varphi(\rho)$, представлялись графически, равно как и зависимость f от ρ .

Учитывая далее, что в настоящее время наблюдения по одной рейке не ведутся, мы сочли возможным принять допущение, что точность определения высоты снежного покрова по нескольким рейкам повышается пропорционально корню квадратному из числа рек, установленных на участке. Согласно действующих в настоящее время правил, эта величина составляет $\sqrt{3}$, в соответствии с чем кривая $F(\rho)$ была преобразована так, чтобы $F(0)$ составило $\frac{1}{\sqrt{3}}$ от ее значения, получаемого по эмпирическим данным одноречных величин. Поскольку прежние инструкции требовали установки рек в защищенных местах, большая часть находившихся в нашем распоряжении материалов, собранных в издании Водного кадастра, относилась к этим последним. Материал наблюдений по открытым участкам был по большинству областей неполным, периоды наблюдений отрывочны, а качество их недостаточно высокое, так как участки, где устанавливались рейки, были недостаточно типичными.

В связи с изложенным, в основном, пришлось ограничиться данными по защищенным участкам.

Обработке подвергались наблюдения районов равнинной части СССР, в которых залегание снежного покрова носило устойчивый характер и по которым в нашем распоряжении нашлось достаточно материалов для построения кривой $F(\rho)$. Вычисление $F(\rho)$ требовало наличия длительных однородных рядов наблюдений по парам станций, расположенным на разных расстояниях. Наиболее трудно было обеспечить такие данные для малых расстояний, между тем, наличие их было крайне существенно для определения точности наблюдений над высотой снежного покрова при совре-

менной методике этих измерений. Исходя из этих условий, материалы по районам, сходным в климатическом отношении или дававшим в первом приближении одинаковую форму кривой $F(\rho)$, рассматривались совместно.

В итоге, обработке подверглись наблюдения по следующим районам:

- 1) Ленинградская и Калининская области,
- 2) Архангельская, Вологодская, Кировская, Молотовская и Свердловская области, Коми и Татарская АССР,
- 3) Московская, Тульская, Рязанская и Горьковская области,
- 4) Ивановская и Ярославская области,
- 5) Омская и Новосибирская области и Красноярский край (равнинная часть),
- 6) Иркутская и Читинская области и Бурят-Монгольская АССР,
- 7) Белорусская ССР,
- 8) Куйбышевская, Пензенская, Саратовская и Чкаловская области,
- 9) Сталинградская и Ростовская области,
- 10) Воронежская, Курская, Тамбовская и Орловская области,
- 11) Украинская ССР.

Материалами для обработки послужили данные Водного кадастра (метеорологические данные, том IV — Снеговой покров) за период 1890—1936 гг. Для вычисления $F(\rho)$, как правило, брались данные пар станций, имеющих не менее 10 общих лет наблюдений.

В процессе обработки предстояло решить ряд вопросов. Одним из первых являлся вопрос о том, в какой мере ошибки, определяемые по формуле Петерса, заслуживают названия вероятных. Кривые распределения высот снежного покрова в период его максимума довольно симметричны. При обработке кадастровых дан-

Таблица I

Обеспеченность ошибок, в процентах

Район	Число исследованных пар	Суммарное число использованных лет	Повторяемость невязок в пределах вероятных отклонений			
			1	2	3	4
Ленинградская область	4	75	52	84	97	100
Архангельская и Вологодская области	6	97	46	83	100	100
Свердловская область	4	109	57	83	97	100
Татарская АССР	3	46	53	79	100	100
Ивановская и Ярославская области	5	87	47	84	98	100
Московская и Горьковская области	4	81	54	83	98	100
Омская и Новосибирская области и Красноярский край	3	49	61	87	95	100
Иркутская и Читинская области и Бурят-Монгольская АССР	3	59	57	80	91	99 ¹
Белорусская ССР	4	55	50	83	98	100
Куйбышевская область	5	71	48	86	100	100
Сталинградская область	3	56	55	78	97	100
Воронежская и Курская области	5	96	52	79	97	100
Украинская ССР	3	59	55	79	96	100
В среднем по всем районам	4	72	53	82	97	100
Гауссовское распределение ошибок	—	—	50	84	95	100

¹ В пределах 5-ти вероятных отклонений—100%

ных, в процессе подготовки их к печати, отбраковывались величины, искаженные надуванием и сдуванием снежного покрова у рек, выделявшиеся по абсолютной величине или искажению годового хода высоты покрова. Такая обработка всегда остается до некоторой степени субъективной. Можно предположить, что концы кривой распределения высот покрова такой обработкой будут несколько обрезаны.

Исследуя повторяемость значений невязок по интервалам вероятных отклонений в пределах районов, вошедших в обработку, получаем данные, приведенные в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что, хотя распределение невязок интерполяции несколько и отличается от распределения нормальной крутости, но эти отклонения в среднем незначительны, существенного значения не имеют и позволяют по значениям вероятных отклонений составлять представление о частотах ошибок различной величины, пользуясь обычной теорией ошибок.

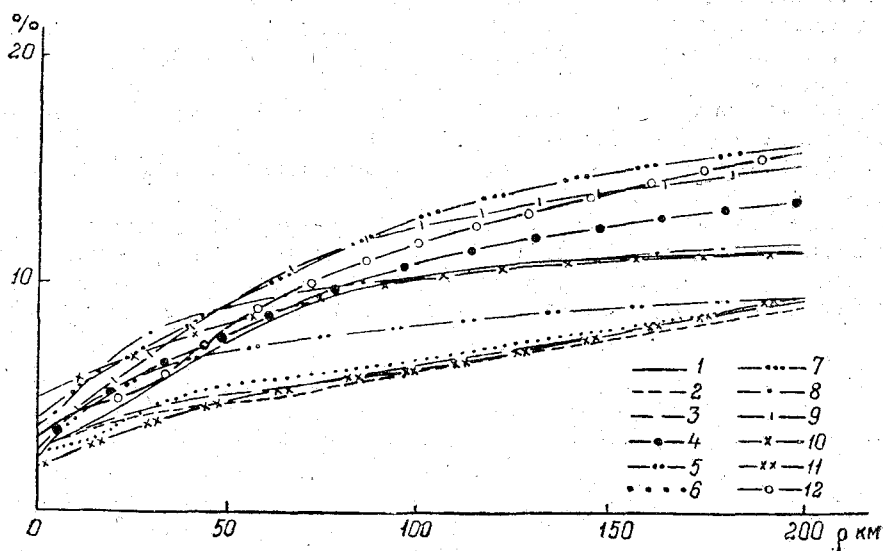


Рис. 3. Вид кривых зависимости от расстояния (ρ) функции $\varphi(\rho)$ для различных районов.

1 — Ленинградская область, 2 — Архангельская, Вологодская и Кировская области, Татарская и Коми АССР, 3 — Свердловская и Молотовская области, 4 — Белорусская ССР, 5 — Московская и Горьковская области, 6 — Ивановская и Ярославская области, 7 — Украинская ССР, 8 — Воронежская и Курская области, 9 — Чкаловская и Куйбышевская области, 10 — Сталинградская и Ростовская области, 11 — Омская и Новосибирская области и Красноярский край, 12 — Иркутская и Читинская области и Бурят-Монгольская АССР.

Переходим к виду кривых $F(\rho)$. Эти кривые для различных районов отличаются, как своей формой, характеризующей рост ошибок или невязок экстраполяции с расстоянием, так и значением ординаты для $\rho=0$, дающей представление о невязках между показаниями участков, находящихся в непосредственной близости один от другого, т. е., в конечном счете, — о степени точности современной методики измерения снежного покрова.

Действительно, исходя из определения невязок и обозначая ошибку определения высоты снежного покрова на одной станции через α_1 , а на второй через α_2 , находим:

$$\lim [F^2(\rho_{1,2})] = \sigma_{\alpha_1}^2 + \sigma_{\alpha_2}^2 = 2\sigma_{\alpha}^2 \text{ или}$$

$$\sigma_{\alpha} = \frac{F(0)}{\sqrt{2}}.$$

На рис. 3, приведены не средние квадратические, а вероятные значения (α), на основании которых можно составить карту вероятных ошибок определения высоты снежного покрова на защищенных участках перед началом таяния при трехречной

системе измерений (рис. 4). Как и для других метеорологических элементов, фактическая точность определения высоты снежного покрова зависит от географического района.

Относительное значение вероятной погрешности определения высоты снежного покрова возрастает с севера на юг, составляя в пределах лесной зоны 3,5—4,0%, а на юге степной зоны Европейской территории СССР до 7% и более от высоты снежного покрова. Абсолютная погрешность, наоборот, убывает в том же направлении от 2—3 до 1,5 см и менее.

Аналогичных расчетов по данным открытых участков, к сожалению, провести не удалось из-за недостаточного количества и недостаточно хорошего качества наблюдений, которыми мы располагали по таким участкам.

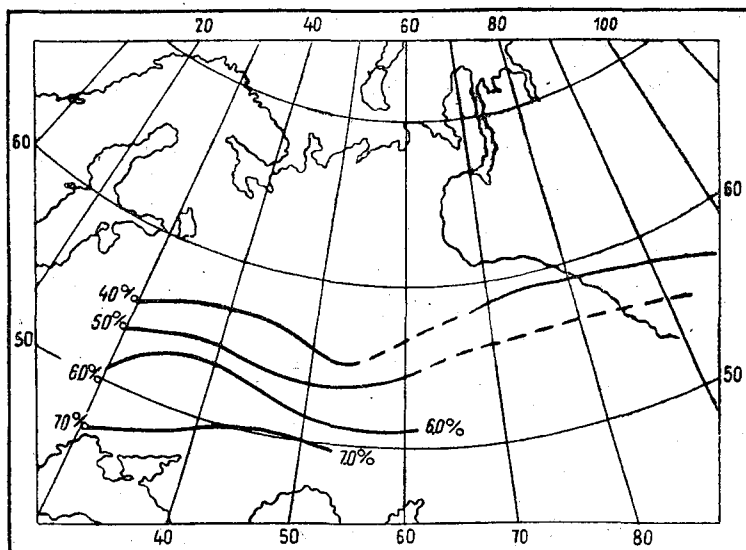


Рис. 4. Вероятные ошибки определения высоты снежного покрова на защищенном участке по данным 3-х рек (в процентах).

Форма кривых $F(\rho)$ в первом приближении напоминает параболы или логарифмики с вершинами, помещенными левее начала координат.

В одних случаях, на исследуемом участке (от 0 до 200 км) указанные кривые мало отличаются от прямых (например, в северной и центральной частях Европейской территории СССР и Западной Сибири). В других случаях, при малых расстояниях кривая отличается значительной кривизной, что указывает на более быстрое падение тесноты связи с увеличением расстояния для малых ρ по сравнению с большими (что особенно заметно на западе Европейской территории СССР и вновь появляется в Забайкалье). Довольно неодинаков и средний угол наклона кривой к оси расстояний. Наиболее медленный рост $F(\rho)$ с расстоянием имеет место для Курской и Воронежской областей, а наиболее быстрый — для Белоруссии, Украины, Куйбышевской и Чкаловской областей и для Забайкалья. Значения, принимаемые кривыми $F(\rho)$ для различных расстояний, даны на рис. 5, а цифровые данные, на основании которых построены указанные графики, — в приложении к этой работе.

Учитывая большой интерес, который имеют данные о высоте снежного покрова на открытых участках, мы рискнули, несмотря на недостаточное количество и низкое качество имеющихся материалов, рассмотреть по Украинской ССР параллельно с данными защищенных и данные открытых установок рек (рис. 6).

При внимательном рассмотрении рис. 6 напрашивается вывод, что величины невязок, а следовательно и погрешностей на защищенных и открытых участках —

одного и того же порядка, и только для некоторых пар, где установка реек была, повидимому, неудачна (Гудимово — Высокий Горб, Соловьевка — Кобыжчи,

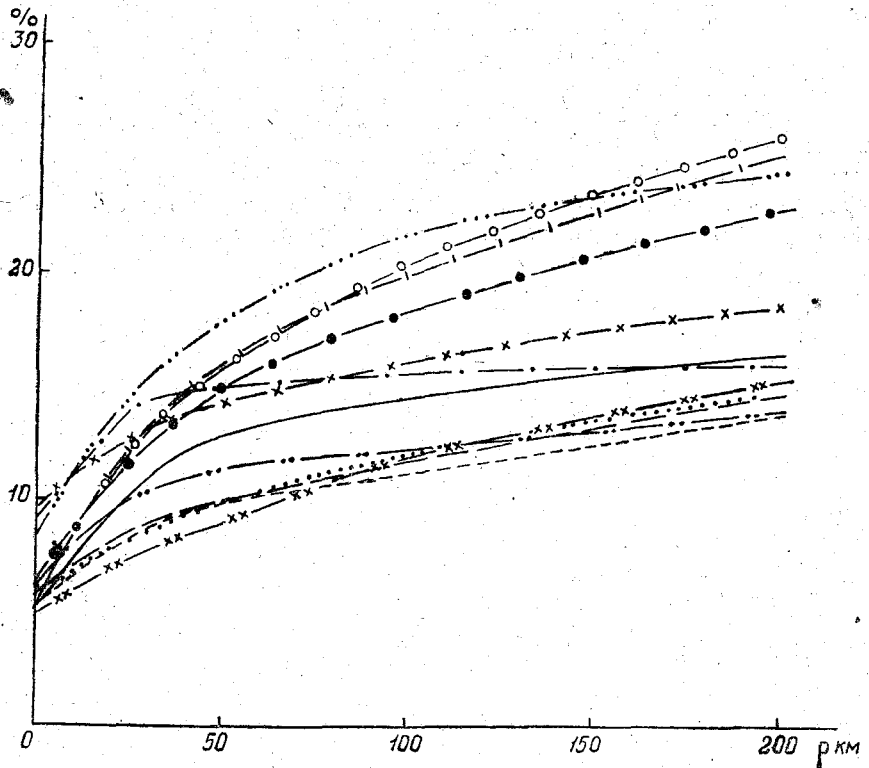


Рис. 5. Вид кривых зависимости от расстояния (ρ) функции $F(\rho)$ для различных районов.
(Усл. обозначения см. на рис. 3.)

Изюм — Липцы), показания реек на открытых участках дают повышенные значения невязок.

Переходим к невязкам и ошибкам интерполяции.

В соответствии с данными формулы (2), невязки и ошибки интерполяции для очень малых расстояний на середину между опорными станциями будут меньшими,

чем соответствующие ошибки или невязки в пункте измерений; для некоторых же средних расстояний будет иметь место обратное соотношение. Изменение относительной невязки при различных положениях интерполируемой станции между опорными нами проверялось для двух районов: 1) Ивановской и Ярославской областей и 2) Куйбышевской и Чкаловской областей. Результаты представлены на рис. 1 и 2.

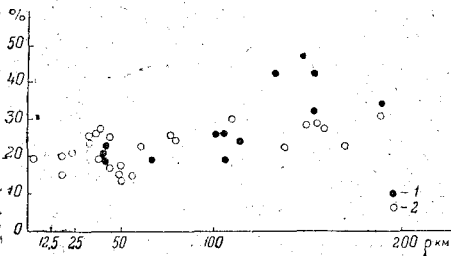


Рис. 6. Значение невязок интерполяции высот снежного покрова для Украинской ССР.

1 — открытые участки, 2 — закрытые участки.

На расстояниях до 10 км, интерполируемые величины преимущественно точнее непосредственно измеренных.

Для расстояния между опорными станциями около 10 км точность интерполяции почти не зависит от положения интерполируемой станции между опорными и, примерно, соответствует точности непосредственных измерений. В разобранных

ами примерах по Ивановской и Ярославской областям на этих расстояниях интерполированные величины все еще несколько точнее непосредственно наблюдаемых, а по Куйбышевской и Чкаловской областям ошибки интерполяции уже несколько превышают ошибки непосредственных измерений.

При увеличении расстояний между опорными станциями до 200—300 км в пределах всего интервала исследования ошибки интерполяции на середину расстояния оказываются наибольшими (за исключением первых 10—20 км) и растут с увеличением ρ . Впрочем, для расстояний в 200—300 км на востоке Европейской территории СССР вершины кривых зависимости $f(n)$ получаются очень упрощенными и для больших расстояний, при $n = \frac{1}{2}$, можно ожидать вторичного их минимума, но практического значения такие расстояния уже не имеют.

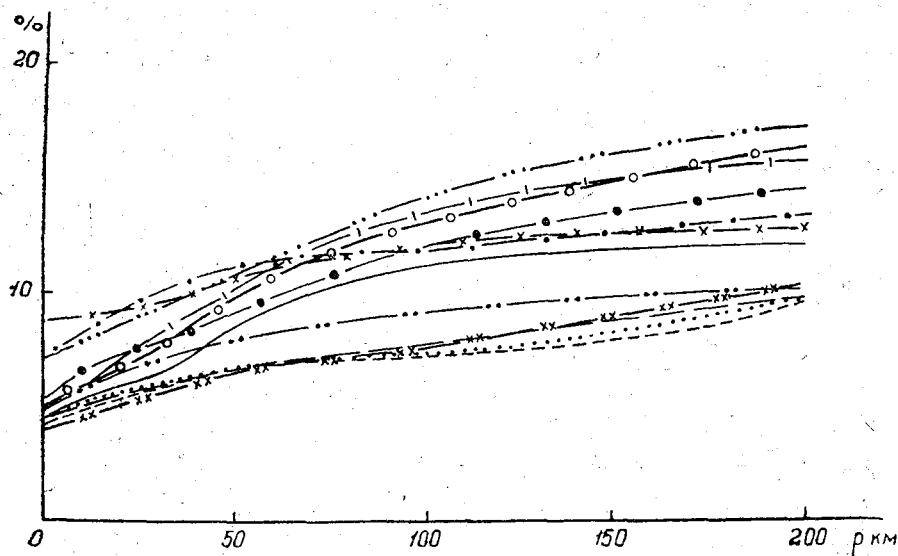


Рис. 7. Вид кривых зависимости от расстояния (ρ) функции $f(\rho)$ для различных районов.

(Усл. обозначения см. на рис. 3.)

Кривые $f(\rho)$ и $\varphi(\rho)$ с увеличением расстояния растут медленнее кривых $F(\rho)$, что является вполне естественным. Внешне эти кривые имеют или приближенно параболическую форму, как и кривые $F(\rho)$, или характеризуются одной или двумя точками перегиба для сравнительно малых расстояний, теоретически предсказанными в работе О. А. Дроздова и А. А. Шепелевского для случаев значительной кривизны $F(\rho)$ и малых расстояний.

Оценим степень точности интерполяции, которая должна быть принята за основу при размещении станций рационально построенной сети.

С одной стороны, очевидно, бессмысленно добиваться точности интерполяции, превышающей точность непосредственных измерений, так как, если бы это оказалось необходимым, целесообразнее было бы изменить самую методику измерений, чем сгущать сеть метеорологических станций. С другой стороны, при средней высоте снежного покрова порядка 50—60 см, погрешность в высоте покрова порядка 10 см, допущенная для сколько-нибудь значительной территории, будет уже ощутительна при учете запасов воды и допускать ее возможность, даже как редкое явление, нежелательно. Учитывая, примерно, гауссовский характер распределения невязок в показаниях рек (после отбраковки явно сомнительных данных), не следует допускать, чтобы возможная погрешность расчетных величин по высоте снежного покрова превышала для территории с многоснежной зимой 15%.

высоты снежного покрова, что диктует для таких областей принятие вероятной погрешности интерполяции в 4⁰/₀. Там, где высота снежного покрова не велика, относительные погрешности можно допускать несколько большие, но для них точность самих измерений не достигает 4⁰/₀, как об этом уже было сказано выше, а следовательно рациональным расстоянием между станциями в этом случае является такое, при котором точность интерполяции будет соответствовать точности непосредственных наблюдений.

Данные о точности интерполяции высоты снежного покрова при различных расстояниях между опорными станциями приведены на рис. 3 и 7 и в табл. 2.

Таблица 2

Вероятные ошибки интерполяции отклонений от нормы средних декадных величин высот снежного покрова декады максимума, при интерполяции на средину расстояния между станциями

Район	Расстояние, в км					
	0	12,5	25	50	100	200
Ленинградская и Калининская области	2,8	4,2	5,1	7,8	10,4	11,0
Архангельская, Вологодская, Кировская, Молотовская и Свердловская области, Коми и Татарская АССР	2,8	3,5	4,1	5,7	6,5	8,9
Ивановская и Ярославская области	2,6	3,5	4,1	5,7	6,6	9,2
Московская и Горьковская области	2,6	4,2	5,7	7,2	8,4	9,6
Омская и Новосибирская области и Красноярский край	2,6	3,5	4,1	5,7	6,6	9,2
Иркутская и Читинская области	2,6	4,2	4,4	8,7	11,6	15,3
Белорусская ССР	2,8	4,6	6,3	7,4	11,0	13,7
Куйбышевская, Пензенская, Ульяновская и Чкаловская области	2,8	5,4	5,9	9,8	12,6	14,8
Сталинградская, Саратовская, Астраханская и Ростовская области	5,2	5,7	6,4	8,2	9,8	10,8
Воронежская, Орловская, Тамбовская и Курская области	4,0	5,7	7,4	9,0	10,4	12,2
Украинская ССР	4,0	5,7	6,8	9,3	13,2	16,6

Картируя результаты расчетов расстояний между станциями рационально построенной сети, находим, что в пределах большей части лесной зоны СССР (без учета горных ее частей) за такое расстояние следует принять 25 км. На западе Европейской территории СССР, в лесостепной зоне, а также на северо-востоке степной зоны Европейской территории СССР (и, видимо, и в северном Казахстане), вследствие влияния оттепелей и неравномерности макрораспределения осадков из года в год по территории, различия в режиме снежного покрова с увеличением расстояний между станциями возрастают быстрее, и сеть станций должна планироваться значительно гуще: 10—15 км между станциями, в зависимости от района (в Заволжье даже 8 км). Южнее, в связи с уменьшением роли снежного покрова, сеть станций, при требуемой точности, должна быть опять значительно реже (в низовьях Волги — около 35 км между станциями) (рис. 8).

При указанных выше расчетах мы совершенно упускали из виду то обстоятельство, что интерполируются отношения высоты снежного покрова к многолетней норме и не касались вопроса о числе станций, потребном для вычисления самих норм. Это обстоятельство, однако, не является особенно существенным. Во-первых, изучение климата требует не постоянной, а временной (хотя и долговременной) сети станций, а во-вторых, при том порядке расстояний между станциями рационально построенной сети, который получен выше, влияние макрокли-

матических факторов в основном учитывается, а учет микроклиматических особенностей не может входить в задачу станций основной постоянно действующей сети. В качестве временных, могут быть использованы станции специальной сети и посты различных типов. Эти же пункты могут явиться запасными на случай, если станции основной сети дадут материал низкого качества или не смогут почему-либо дать свои материалы. Ввиду отсутствия достаточного количества материала, отдельные районы остались неосвещенными. Но кое-какие соображения о рациональных расстояниях между станциями в таких районах высказать все же возможно. Так, в пределах Дальнего Востока пока следует принять рациональными те же расстояния, как и во всей лесной зоне — около 25 км. На самом юге равнинной части СССР, в Крыму, в Закавказье и в Средней Азии особенно большая детальность учета высоты снежного покрова, представляющего там редкое явление, не

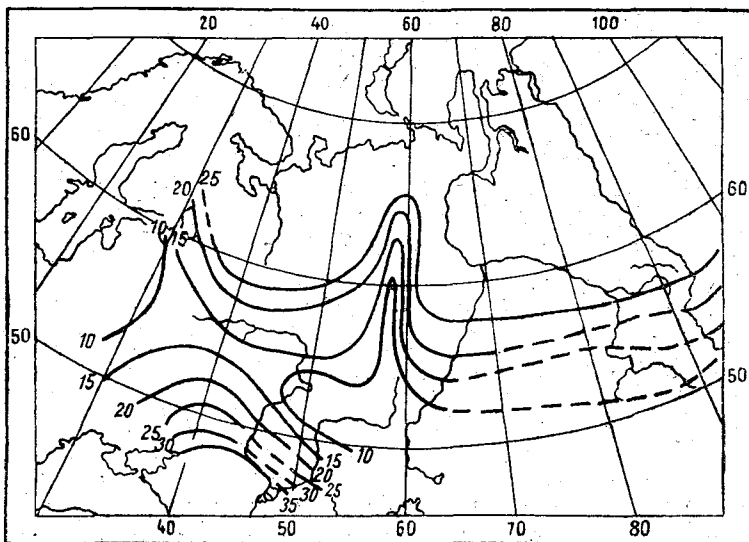


Рис. 8. Рациональные расстояния между станциями снегомерной сети (в километрах) при современной методике измерений высоты снежного покрова.

требуется. Поэтому постановка наблюдений на существующих станциях II разряда в едином комплексе со всеми остальными элементами, с привлечением станций III разряда в местах, где расстояния между станциями II разряда более 35 км, будет пока практическим решением вопроса для этой части территории СССР. В арктической зоне СССР вообще еще не ставится вопрос о сплошном учете данных по снежному покрову на любой момент времени, так как это не вызывается практическими потребностями. Пока наблюдения над высотой снежного покрова следует здесь ставить на всех, и так пока еще не очень многочисленных станциях.

Наиболее сложный вопрос — размещение станций по учету снежного покрова в горных местностях. Очевидно, что в связи с возникающими там на близких расстояниях существенными различиями в режиме температуры и осадков, вызванными различиями высот, форм рельефа и экспозиции, сеть станций для учета высот снежного покрова то же должна быть соответственно гуще, причем ее густота в каждом случае будет обуславливаться особенностями строения горной системы. Вопрос этот должен быть разрешен на местах квалифицированными работниками обсерваторий или местных УГМС.

При практическом размещении станций рациональной сети придется решать целый комплекс вопросов, из которых учет высоты снежного покрова будет частным, хотя и довольно важным. Поскольку весьма возможно, что придется руко-

водствоваться сетью станций, расположенных одна от другой на 20—25 км, нами рассчитаны вероятные ошибки интерполяции для этого случая (рис. 9).

Абсолютные погрешности в определении высоты снежного покрова при таком распределении станций не очень велики и не превышают, как вероятные, 3 см, но относительная погрешность растет несколько быстрее, чем при распределении станций, специально приспособленном к учету высоты снежного покрова.

Наиболее существенно понижается точность измерений высоты покрова в лесостепной зоне, в пределах Курской и Воронежской областей, где вероятная ошибка интерполяции достигает 7⁰/₀. Чтобы выяснить в какой мере такое понижение точности удовлетворяет практические требования, понадобится специальное обсуждение.

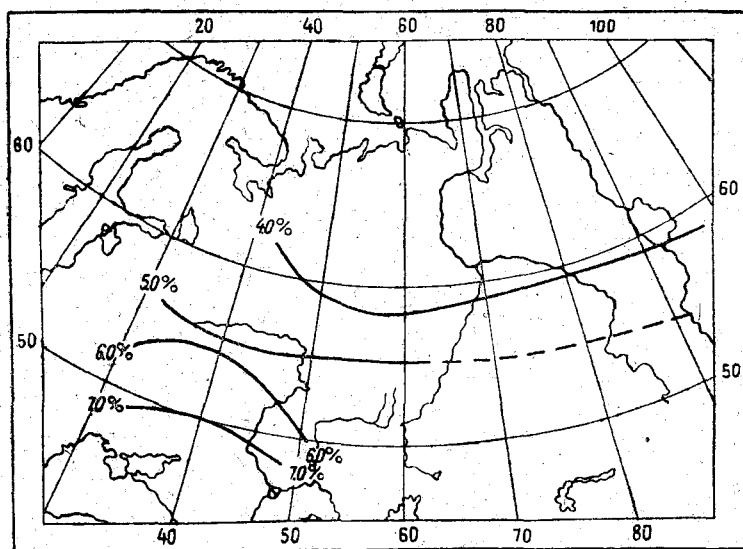


Рис. 9. Точность интерполяции высоты снежного покрова (в декаду максимальной его высоты) на расстоянии 20—25 км (в процентах).

ВЫВОДЫ

1. Размещение станций рационально построенной сети для учета высоты снежного покрова должно осуществляться, исходя из точности, потребной для практических целей и согласованной с точностью методики измерений покрова.
2. В большей части СССР, на равнине, наблюдения для указанных целей должны производиться на расстояниях 20—25 км.
3. В средней полосе Европейской территории СССР и, повидимому, в Северном Казахстане, точность данных, получаемых от такой сети, недостаточна и желательно ее сгущение до расстояний порядка 10 км.
4. В южной части степной зоны СССР для учета высоты снежного покрова достаточно, чтобы расстояния между станциями составляли 25 км.
5. Вопрос о густоте станций снегомерной сети в горных местностях требует специального исследования.
6. Вопрос о выявлении отдельных пятен в многолетнем режиме снежного покрова может быть решен с помощью постановки временных наблюдений в отдельных пунктах, в качестве которых могут быть использованы специальные станции и посты различных типов.
7. До тех пор, пока работы по учету высоты снежного покрова на станциях основной сети не будут полностью налажены и потеря по тем или иным причинам части наблюдений не будет исключена, придется ставить наблюдения над высотой снежного покрова на несколько большем числе пунктов, чем это предусмотрено в теории. Для этой цели также могут быть использованы специальные станции и посты различных типов.

Таблица 3

Пары станций, материал которых использован для построения функций $F(p)$

Пары станций	Расстояние, км	Число лет	$\frac{x_1 - x_2}{x_1 \cdot x_2}$	$F(p)$
Ленинградская и Калининская области				
Ленинград ГГО—Ленинград, лесной институт	6	20	0,17	0,14
Ленинград, ГГО—Белоостров	23	14	0,19	0,16
Калинин—Оршинская дача	26	20	0,18	0,15
Путилово—Паньково	27	11	0,33	0,28
Левашово—Белоостров	27	10	0,12	0,10
Ленинград, ГГО—Слуцк	32	41	0,20	0,17
Зесьегонск—Романовское	34	29	0,16	0,14
Залдай—Велье	37	12	0,14	0,12
Красногвардейск—Ленинград, ГГО	40	28	0,24	0,20
Менделеево—Вышний Волочек	43	14	0,17	0,14
Муромля—Вытегра	52	15	0,29	0,25
Любань—Путилово	52	10	0,23	0,20
Ленинград, ГГО—Маслово	52	10	0,11	0,09
Звирица—Ладога	57	11	0,23	0,20
Залдай—Пустыня	60	18	0,17	0,14
Любань—Слуцк	75	16	0,15	0,13
Любань—Малая Вишера	76	16	0,13	0,11
Зесьегонск—Лесоклинский погост	78	21	0,16	0,14
Любань—Ленинград	83	15	0,20	0,17
Зелье—Пустыня	90	10	0,16	0,14
Таньково—Красногвардейск	90	10	0,15	0,13
Зеретье—Вышний Волочек	98	10	0,25	0,21
Вышний Волочек—Емельяново	100	12	0,17	0,14
Любань—Белоостров	100	10	0,12	0,10
Левашево—Любань	110	10	0,11	0,09
Ленинград, ГГО—Ладога	110	10	0,24	0,20
Вышний Волочек—Калинин	115	24	0,18	0,15
Жестрорецк—Любань	117	10	0,16	0,14
Вышний Волочек—Бежецк	125	26	0,27	0,23
Белоостров—Ладога	130	10	0,23	0,20
Велье—Малая Вишера	135	13	0,22	0,19
Валунь—Муромля	225	14	0,20	0,17
Зесьегонск—Емельяново	258	17	0,23	0,20

Архангельская, Кировская и Вологодская области, Коми и Татарская АССР

Архангельск, оп. поле—Архангельск, гидрометеорологическая станция	6	6	0,10	0,08
Казань, университет—Шеланга	10	11	0,11	0,09
Жацько—Зыкино	12	9	0,13	0,11
Ивановка—Казань, университет	15	11	0,08	0,07
Казань, университет—Энгельгардовская обсерватория	18	12	0,16	0,14
Сазорт—Венденга	21	11	0,18	0,15
Казань, университет—Займище	22	12	0,12	0,10
Тегневская—Каргополь	25	12	0,14	0,12
Селье—Вологда, опорная	30	11	0,17	0,14
Сельма—Митино	30	15	0,10	0,08
Сольвычегодск—Федотовская	32	10	0,18	0,15
Федотовская—Красноборск	45	9	0,15	0,13
Любяны—Афанасово	53	11	0,17	0,14
Купино—Кичменгский городок	57	10	0,10	0,08

Пары станций	Расстоя- ния, км	Число лет	$\frac{x_1 - x_2}{x_1 + x_2}$	F(p)
Казань, университет—Камское устье	65	19	0,14	0,12
Венденга—Глово	75	12	0,18	0,15
Изгары—Мамадыш	77	10	0,12	0,10
Пинега—Холмогоры	100	14	0,18	0,15
Яренск—Сыктывкар	100	21	0,18	0,15
Объячево—Кажимское	110	15	0,12	0,10
Ступино—Федотовская	135	24	0,15	0,13
Глазов—Кирсинский завод	138	15	0,13	0,11
Вознесенье—Вохма-Ступино	140	14	0,20	0,17
Ковжа—Никола-Корневское	145	16	0,18	0,15
Красноборск—Ступино	153	19	0,19	0,16
Яренск—Венденга	155	12	0,19	0,16
Ковжа—Каргополь	170	11	0,18	0,15
Казань, университет—Елабуга	180	16	0,20	0,17
Казань—Ферма—Зайнск	183	10	0,19	0,16
Киров, опорная—Кирсинский завод	173	13	0,15	0,13
Казань, университет—Мензелинск	240	16	0,17	0,14
Сольвыгодск—Красное	245	13	0,14	0,12
Чердынь—Кирсинский завод	253	18	0,21	0,18

Свердловская и Молотовская области

Октябрь—Зыкино	12	9	0,13	0,11
Вильгорт—Чердынь, ст. II разряда	16	16	0,10	0,08
Кусинский завод—Златоуст	22	9	0,08	0,07
Верхне-Туринский завод—Нижне-Туринский завод	28	10	0,17	0,14
Верхотурье—Салдинское	28	28	0,14	0,12
Махнево—Меркушинское	40	11	0,13	0,11
Голубовская—Ирбит, город	45	15	0,11	0,09
Свердловск—Ревда	45	18	0,15	0,13
Красноуфимск, с-х. техникум—Артинский за- вод	55	18	0,18	0,15
Верхне-Туринский завод—Нижне-Салдинский завод	60	12	0,11	0,09
Свердловск—Леневское	90	13	0,15	0,13
Меркушинское—Нижне-Салдинский завод	95	10	0,13	0,11
Богословск—Никито-Ивдель	106	13	0,17	0,14
Богословск—Верхотурье	108	27	0,19	0,16
Голубовская—Усть-Ница	120	18	0,23	0,20
Верхотурье—Бисер	123	16	0,21	0,18
Богословск—Салдинское	134	21	0,20	0,17
Богословск—Бисер	155	12	0,19	0,16
Свердловск—Голубовская	160	21	0,24	0,20
Свердловск—Ирбит, город	165	23	0,14	0,12
Свердловск—Верхне-Туринский завод	170	15	0,19	0,16
Свердловск—Махнево	185	12	0,19	0,16
Верхотурье—Ивдель	200	18	0,19	0,16
Богословск—Нейво-Алапаевский завод	230	20	0,28	0,24
Свердловск—Усть-Ница	238	17	0,18	0,15

Ивановская и Ярославская области

Глебово—Никола-Корма	12	12	0,09	0,08
Рыбинск—Глебово	22	18	0,13	0,11
Мышкин—Глебово	25	14	0,13	0,11
Кинешма—Юрвец	50	16	0,14	0,12

Пары станций	Расстояние, км	Число лет	$\frac{x_1 - x_2}{x_1 x_2}$	F(p)
Пошехонье-Володарское—Рыбинск	55	13	0,13	0,11
Никола-Корма—Христорождественское	80	11	0,17	0,14
Христорождественское—Глебово	80	17	0,19	0,16
Юрьеvec—Иваново, опорная	130	16	0,14	0,12
Буй, город—Борзово	133	18	0,17	0,14
Родники—Христорождественское	150	17	0,22	0,19
Юрьеvec—Буй, город	150	23	0,20	0,17
Юрьеvec—Анфимово (Чухлома)	160	22	0,25	0,21
Буй, город—Никола-Корма	180	18	0,22	0,19
Родники—Мышкин	200	13	0,15	0,13
Родники—Глебово	210	15	0,15	0,12
Юрьеvec—Сима	210	18	0,19	0,16
Юрьеvec—Борзово	240	19	0,19	0,16
Юрьеvec—Никола-Корма	270	18	0,19	0,16

Московская и Горьковская области

Москва, Межевой институт—Москва, гидрометеорологический институт	0	24	0,08	0,07
Москва, Межевой институт—Москва, с-х. Академия	10	12	0,15	0,13
Москва, Межевой институт—Бирюлево	16	18	0,14	0,12
Пурех—Чкаловск	19	12	0,15	0,13
Серпухов—Вихрово	20	12	0,14	0,12
Фокино—Курмыш	40	13	0,16	0,14
Собакино—Вихрово	60	10	0,18	0,15
Горький—Семенов	60	19	0,17	0,14
Вихрово—Красновидово	97	17	0,19	0,16
Вихрово—Починки	120	20	0,20	0,17
Курмыш—Семенов	140	31	0,15	0,13
Курмыш—Арзамас	150	18	0,20	0,17
Семенов—Арзамас	159	22	0,21	0,18
Красновидово—Починки (Московской области)	160	17	0,18	0,15
Борки—Мураевня	160	21	0,20	0,17
Семенов—Итманово	180	14	0,17	0,14
Фокино—Мамонтово	185	10	0,21	0,18
Чкаловск—Итманово	200	18	0,16	0,14
Починки (Горьковской области)—Борки	210	14	0,19	0,16
Мураевня—Бирюлево	259	17	0,28	0,24
Москва, с-х. Академия—Алтухово	270	11	0,26	0,22
Москва, Межевой институт—Мураевня	270	30	0,21	0,18
Мураевня—Починки (Горьковской области)	360	24	0,25	0,21

Омская и Новосибирская области и Красноярский край

Гомск, город—Гомск ст. ж. д	0	6	0,12	0,10
Самарово, ст. II разряда—Самарово, ст. III разряда	0	16	0,08	0,07
Дубровна—Созоновское	20	20	0,18	0,15
Гара, ст. II разряда—Евгачино	53	8	0,14	0,12
Липовское—Блинникова	55	23	0,22	0,19
Зырянское—Сергеево	60	10	0,13	0,11
Дубровна—Липовское	80	19	0,16	0,14
Ачинск—Бирилюссы	93	15	0,13	0,11
Казачинское оп. поле—Троицкое	100	9	0,22	0,19
Хувшиново—Сургут	105	9	0,16	0,14
Гомск, город—Пышкино-Троицкое	105	10	0,12	0,10
Гомск, город—Сергеево	120	19	0,13	0,11
Ачинск—Леонидовский завод	125	19	0,20	0,17

Пары станций	Расстоя- ния, км	Число лет	$\frac{x_1}{x_1} - \frac{x_2}{x_2}$	F(p)
Томск, город—Усть-Сосновское	132	11	0,19	0,16
Дубровна—Тобольск, ст. II разряда	150	15	0,25	0,21
Созоновское—Тобольск, ст. III разряда	165	11	0,27	0,23
Молчаново—Кругликов	195	12	0,14	0,12
Усть-Сосновское—Зырянское	205	9	0,26	0,22
Сургут—Самарово, ст. II разряда	233	15	0,25	0,21
Колпашево—Пыщикино-Троицкое	246	10	0,17	0,14
Леонидовский завод—Казачинское оп. поле	270	14	0,19	0,16
Камень, ст. II разряда—Кругликов	279	12	0,27	0,23
Тобольск, ст. II разряда—Самарово	310	16	0,28	0,23

Иркутская и Читинская области и Бурят-Монгольская АССР

Верхние Ульканы—Нижние Ульканы	6	6	0,06	0,05
Ново-Александровский завод—Оленки	12	6	0,16	0,14
Иркутск, обсерватория—Иркутск, ст. ж-д	15	9	0,13	0,11
Андреевск—Апрельск	20	10	0,15	0,13
Иркутск, обсерватория—Зуй	25	10	0,15	0,13
Иркутск, обсерватория—Байкал	35	8	0,18	0,15
Иркутск, обсерватория—Ново-Александров- ский завод	40	13	0,27	0,23
Песчаная Бухта—Мысовая	65	18	0,26	0,22
Улан-Удэ—Кабанск	75	25	0,29	0,24
Танхой—Песчаная Бухта	85	9	0,34	0,29
Байкал—Танхой	100	7	0,34	0,29
Туркинский маяк—Большой Ушкинский ост- ров	100	15	0,28	0,24
Шаманское—Братск	100	24	0,25	0,21
Иркутск—Половина	105	10	0,15	0,13
Шаманское—Илимск	120	20	0,23	0,20
Байкал—Песчаная Бухта	125	9	0,38	0,32
Улан-Удэ—Туркинский маяк	135	21	0,35	0,30
Омолгой—Киренск	180	19	0,20	0,17
Улан-Удэ—Хилок	200	13	0,32	0,27
Горбица—Зюльзя	210	10	0,41	0,35
Знаменка—Илимск	235	17	0,24	0,20
Песчаная Бухта—Знаменка	275	20	0,30	0,26

Белорусская ССР

Бобруйск, музей—Березино	3	7	0,06	0,05
Житин—Крынка	7	7	0,07	0,06
Притыка—Осиповичи	11	8	0,14	0,12
Озераны—Житковичи	19	10	0,24	0,20
Василевичи—Мозырь-Калинковичи	35	13	0,22	0,19
Горваль—Бабичи	38	7	0,22	0,19
Смоленск—Княжое	45	15	0,24	0,20
Борисов—Лотыголичи	47	9	0,23	0,20
Тремля—Бабичи	60	12	0,21	0,18
Могилев—Горки	60	14	0,17	0,14
Любеч—Бабичи	67	14	0,22	0,19
Борисов—Минск, реальное училище	69	10	0,21	0,18
Марына Горка—Борисов	82	8	0,17	0,14
Горки, с. х. академия—Климовичи	98	9	0,26	0,22
Тремля—Болин	110	12	0,20	0,17
Могилев—Тремля	150	11	0,26	0,22
Могилев—Бабичи	180	14	0,32	0,27
Могилев—Василевичи	195	16	0,38	0,32
Горки—Марына Горка	200	14	0,23	0,20

Пары станций	Расстояние, км	Число лет	$\frac{x_1 - x_2}{x_1 + x_2}$	F(p)
Новое Королево—Болин	200	18	0,37	0,31
Смоленск—Жиздра, ст. III разряда	204	11	0,23	0,20
Смоленск—Брянск, ст. ж. д.	225	13	0,31	0,26
Новое Королево—Осиповичи	250	18	0,40	0,34

Куйбышевская, Пензенская, Саратовская и Чкаловская области

Пенза, школа им. Белинского—Пенза, училище садоводства	10	20	0,11	0,09
Астрадамовка—Сурское	30	15	0,12	0,10
Аришка—Юлово	35	10	0,23	0,20
Троицк—Инсар	42	12	0,24	0,20
Аришка—Пенза, школа им. Белинского	63	20	0,23	0,20
Аришка—Пенза, училище садоводства	67	13	0,26	0,22
Казачья Пелетьма—Пенза, школа им. Белинского	70	18	0,17	0,14
Инсар—Пачелма	88	10	0,21	0,18
Новый Кувак—Ключевский хутор	93	16	0,29	0,25
Кузнецк, ст. ж. д.—Пенза, школа им. Белинского	105	13	0,23	0,20
Троицк—Пенза, школа им. Белинского	135	16	0,23	0,20
Аришка—Астрадамовка	144	13	0,32	0,27
Сурское—Кузнецк	150	11	0,26	0,22
Лебяжье—Астрадамовка	153	11	0,32	0,27
Кинель—Малая Кандаля	160	10	0,34	0,29
Новый Кувак—Боровое лесничество	160	21	0,26	0,22
Кузнецк, ст. ж. д.—Саратов, гимназия	180	18	0,36	0,31
Новый Кувак—Рождествено	180	19	0,34	0,31
Пенза, школа им. Белинского—Саратов, гимназия	195	23	0,23	0,20
Лебяжье—Аришка	263	19	0,30	0,26

Сталинградская и Ростовская области

Новочеркасск—Персияновка	10	10	0,23	0,20
Оранжевый промысел—Бирючья Коса	15	17	0,23	0,20
Ростов—Персияновка	40	16	0,21	0,18
Сталинград—Дубовка	44	15	0,22	0,19
Потемкинская—Нижне-Чирская	45	6	0,25	0,21
Донская—Нижне-Чирская	45	10	0,21	0,18
Маньчская—Шахты	50	13	0,32	0,27
Донская—Трехостровянское	50	17	0,24	0,20
Сталинград—Донская	72	15	0,31	0,26
Потемкинская—Донская	85	13	0,22	0,19
Сталинград—Карагачев	108	17	0,32	0,27
Донская—Дубовка	110	14	0,21	0,18
Донская—Серафимовичи	112	11	0,30	0,26
Дубовка—Нижне-Чирская	155	10	0,19	0,16
Карагачев—Донская	160	18	0,19	0,16
Потемкинская—Дубовка	165	15	0,31	0,26
Нижне-Чирская—Карагачев	205	10	0,27	0,23
Потемкинская—Карагачев	240	18	0,29	0,25

Воронежская, Курская, Тамбовская и Орловская области

Знаменская Роща—Курск, Семеновская обсерватория	2	9	0,24	0,20
Орел, древесный питомник—Орел, ст. Ви-тебской ж. д.	3	10	0,13	0,11
Красный Кордон—Бутуриновка	15	11	0,23	0,20

Пары станций	Расстояние, км	Число лет	$\frac{x_1}{x_1} - \frac{x_2}{x_2}$	F(p)
Курск, Семеновская обсерватория—Разиньково	18	11	0,16	0,14
Курск—Свобода	20	11	0,31	0,26
Знаменская Роща—Быканово	28	7	0,30	0,25
Тамбов, учительский институт—Знаменское (Кариан)	35	13	0,19	0,16
Мураевня—Скопин	39	17	0,20	0,17
Острогожск—Сагуны	45	9	0,27	0,23
Липецк—Конь-Колодезь	45	17	0,22	0,19
Брянск—Карачев	47	16	0,22	0,20
Моршанск—Заметчино	48	21	0,28	0,24
Воронеж, университет—Конь-Колодезь	51	10	0,16	0,14
Липецк—Задонск	54	15	0,27	0,23
Нельстиловка—Богородицкое—Фенино	60	11	0,22	0,19
Карачев—Жиздра	72	9	0,28	0,24
Курск, Семеновская обсерватория—Уютное	80	19	0,34	0,29
Свобода—Уютное	82	10	0,22	0,19
Курск, Семеновская обсерватория—Коренево	92	31	0,34	0,29
Кирсанов—Тамбов, учительский институт	95	11	0,21	0,18
Острогожск—Бутурлиновка	100	33	0,21	0,18
Липецк—Воронеж, университет	105	9	0,21	0,18
Коренево—Свобода	105	11	0,24	0,20
Брянск, ст. ж. д.—Орел, древесный питомник	120	18	0,23	0,20
Воронеж, университет—Бутурлиновка	126	9	0,26	0,22
Мценск—Курск, Семеновская обсерватория	128	15	0,26	0,22
Брянск—Рославль	130	16	0,25	0,21
Воронеж, университет—Богородицкое-Фенино	140	10	0,23	0,20
Мценск—Курск	195	13	0,25	0,21
Курск, Семеновская обсерватория—Воронеж, университет	200	9	0,22	0,19
Брянск—Коренево	210	13	0,34	0,29

Украинская ССР (защищенные участки)

Киев, обсерватория—Киев, Политехнический институт	3	10	0,23	0,20
Корсунь—Мартыновка	18	11	0,25	0,21
Варваровка—Чаловка	19	8	0,19	0,16
Чернигов—Седнев	24	7	0,26	0,22
Бердичев—Житомир	35	18	0,30	0,26
Старый Салтов—Харьков, обсерватория	35	24	0,29	0,25
Рашёвка—Миргород	37	11	0,32	0,27
Новгород-Северский—Покошичи	40	10	0,33	0,28
Леоновка—Киев, обсерватория	40	12	0,24	0,20
Хутор Михайловский—Новгород-Северский	45	11	0,21	0,18
Миргород—Лубны	45	26	0,31	0,26
Величковка—Сновск	50	11	0,21	0,18
Ваганичи—Любеч	50	19	0,18	0,15
Радомысль—Житомир	50	20	0,19	0,16
Киев, обсерватория—Фастов	57	13	0,19	0,16
Киев, обсерватория—Козелец	62	16	0,27	0,23
Миргород—Костеньков, хутор	80	9	0,30	0,26
Новоград-Вольнский—Житомир	80	22	0,29	0,25
Шаповаловка—Ваганичи	110	16	0,35	0,30
Миргород—Згуровка	140	30	0,27	0,23
Конотоп, ст. жд.—Ваганичи	150	11	0,34	0,29
Черкасы—Умань	155	17	0,34	0,29
Киев, обсерватория—Черкасы	160	19	0,33	0,28
Ваганичи—Глухов	170	13	0,27	0,23
Чернигов—хутор Михайловский	190	10	0,36	0,31

Пары станций	Расстоя- ние, км	Число лет	$\frac{x_1}{x_1} - \frac{x_2}{x_2}$	F(p)
--------------	------------------------	--------------	-------------------------------------	------

Украинская ССР (открытые участки)

Изюм—Большая Писаревка	189	10	0,40	0,34
Изюм—Липцы	132	14	0,49	0,42
Соловьевка—Кобыжчи	147	24	0,55	0,47
Иолтава, оп. поле—Кременчуг	96	12	0,40	0,34
Иолтава, оп. поле—Андреевка, оп. поле	42	14	0,27	0,23
Гудимово—Высокий Горб	153	9	0,49	0,42
Иолтава, оп. поле—Новый Таганлык	40	14	0,25	0,21
Иолтава, оп. поле—Гудимово	105	17	0,31	0,26
Соловьевка—Малая Ростовка	105	15	0,22	0,19
Соловьевка—Требуховка	102	17	0,30	0,26
Иолтава, оп. поле—Рублевка	40	11	0,22	0,19
Партиновка—Балаклея	114	14	0,28	0,24
Иолтава, оп. поле—Высокий Горб	153	13	0,38	0,32
Иолтава, оп. поле—Цебыха	66	10	0,22	0,19

К ВОПРОСУ О РАЦИОНАЛЬНОМ РАЗМЕЩЕНИИ СЕТИ СТАНЦИЙ ДЛЯ УЧЕТА ГРОЗ

Разработка вопроса о рациональном размещении сети станций начата в ГГО несколько лет тому назад. В работах О. А. Дроздова [1] и А. А. Шепелевского [2] изложены принципы размещения станций для учета основных метеорологических элементов. В. П. Курской [3] даны расчеты размещения станций дождемерной сети, а после этого на очереди встал вопрос о расчетах размещения станций для учета высоты снежного покрова, температуры почвы, туманов и гроз.

Напомним, что рациональным является такое размещение станций, которое обеспечивает возможность по данным существующих станций определить значение метеорологических элементов в любой промежуточной точке с определенной наперед заданной точностью. Рационализированная сеть станций должна состоять из минимального, необходимого для указанной выше цели, количества станций.

В настоящей работе приведены расчеты размещения станций для учета гроз, выведенные на основе методики, изложенной О. А. Дроздовым и А. А. Шепелевским в указанной выше работе [2].

Нашей задачей являлось обеспечение возможности определить наличие или отсутствие грозы в любой момент времени, в любой промежуточной точке между существующими станциями по данным этих станций. Но с этим связана очень трудоемкая работа, базирующаяся на ежедневных данных. С целью облегчения работы мы начали не с отдельных случаев гроз, а с частоты гроз, характеризуемой числом дней с грозами за определенный промежуток времени. Такой переход мы считали допустимым ввиду того, что при близких числах дней с грозами на рассматриваемых станциях грозы наблюдаются в большинстве случаев почти в одни и те же дни. На этом основании мы и считали возможным ограничиться годовым числом дней с грозами, полагая, что если годовые числа дней с грозами будут коррелироваться хорошо, то будут хорошо коррелироваться и отдельные случаи.

Так как грозы в значительной степени связаны с местными особенностями и характером рельефа, то число дней с грозами от станции к станции может иногда значительно меняться.

В первом приближении мы задались целью исследовать возможность корреляции в условиях, зависящих только от различия атмосферных процессов, а потому, с целью исключения влияния микроклиматических условий, мы перешли от чисел дней с грозами к отношениям этих чисел к соответствующим многолетним средним; эти отношения в пространстве меняются мало.

Известно, что средние квадратические отклонения разностей значений метеорологического элемента на двух станциях и средние квадратические ошибки интерполяции обусловлены одной и той же причиной — неравномерностью и неодновременностью изменений погодных условий над данной территорией. Следовательно, между средними квадратическими отклонениями разностей значений метеорологических элементов на двух станциях и средними квадратическими ошибками интер-

полюции должна существовать функциональная зависимость. Она выражается уравнением:

$$f_n^2(\rho) = nF^2[(1-n)\rho] + (1-n)F^2(n\rho) - n(1-n)F^2(\rho), \quad (1)$$

где f — функция ошибки интерполяции по расстоянию, F — функция отклонений разностей по расстоянию, ρ — расстояние между станциями, $n = \frac{\rho_{13}}{\rho}$; $(1-n) = \frac{\rho_{23}}{\rho}$, ρ_{13} — расстояние между первой станцией и интерполируемым пунктом, ρ_{23} — расстояние между второй станцией и интерполируемым пунктом.

Ввиду приближенной пропорциональности вероятных и средних квадратических отклонений, а также вследствие сравнительной сложности вычисления последних, нами вычислялись, вместо средних квадратических отклонений, вероятные отклонения по формуле Петерса:

$$F_{12} = 0,85 \frac{\sum |x_1 - x_2|}{N},$$

где x_1 и x_2 — отношения к многолетнему среднему значений метеорологического элемента по первой и второй станции, N — использованное число лет наблюдений.

По данным вероятных отклонений, вычисленным для пар станций на различных расстояниях, строились кривые зависимости этих отклонений от расстояния (по горизонтальной оси откладывались расстояния, по вертикальной — значения F_{12}).

При нахождении рациональных расстояний между станциями необходимо рассматривать наибольшие ошибки интерполяции. В случае равномерного изменения значений интерполируемого элемента с расстоянием, наибольшие ошибки при интерполяции получаются на середине расстояния между исходными станциями, если расстояния не очень большие и не очень малые.

В частном случае интерполяции на середину расстояния уравнение (1) принимает вид:

$$f_{\frac{1}{2}}^2(\rho) = F^2\left(\frac{1}{2}\rho\right) - \frac{1}{4}F^2(\rho). \quad (2)$$

На интерполированном значении любого метеорологического элемента сказываются ошибки измерений на исходных станциях и собственная ошибка интерполяции. Сумма этих ошибок для третьей станции или разность между интерполированной и фактически наблюдаемой величиной называется невязкой интерполяции. Приведенное выше уравнение (2) является выражением невязки (т. е. общей ошибки) интерполяции.

На графике зависимости F_{12} от расстояния ошибка измерения на исходных станциях представляется начальной ординатой кривой, а для интерполированной станции она выражается начальной ординатой кривой, деленной на $\sqrt{2}$.

Исключая начальную ординату, мы освобождаемся от ошибки измерения. Собственная ошибка интерполяции, в силу вышеизложенного, выразится формулой:

$$\Phi_{\frac{1}{2}}^2(\rho) = f_{\frac{1}{2}}^2(\rho) - \frac{1}{2}F^2(0), \quad (3)$$

где Φ — функция действительной ошибки интерполяции, $F(0)$ — начальная ордината кривой зависимости F_{12} от расстояния.

Из сказанного ясна необходимость по возможности наиболее точного проведения кривой вблизи начала координат, для чего необходимо иметь на графике достаточное количество точек, соответствующих близким станциям. Подбор таких станций с доброкачественными наблюдениями часто бывает затруднен.

В отношении такого элемента, как грозы, мы можем требовать от наблюдателей вполне доброкачественных наблюдений, т. е. чтобы не была пропущена ни

одна гроза. В таком случае невязка интерполяции сведется к собственной ошибке интерполяции, так как ошибки измерения будут сведены к нулю. Начальная ордината кривой зависимости $F_{1,2}$ от расстояния в таком случае равна 0, т. е. кривая $F_{1,2}$, а также кривые зависимости от расстояния f и Φ , которые сливаются в одну кривую, проходят через начало координат.

По кривой ошибок интерполяции определяются расстояния, на которых нужно устанавливать станции, чтобы обеспечить возможность найти путем интерполяции данных исходных станций значения рассматриваемого метеорологического элемента в любой промежуточной точке с определенной, заранее заданной, или с наибольшей возможной точностью.

Переходим к описанию применения изложенной методики к вопросу рационализации сети станций для учета гроз.

Как указано выше, наше исследование базировалось в основном на анализе отношений годовых чисел дней с грозами к соответствующему многолетнему среднему. Дифференциацию по месяцам мы считали излишней ввиду того, что грозы на территории СССР в основном наблюдаются всего в течение 4—5 последовательных месяцев, которые можно объединить. В значения годовых чисел дней с грозами вошли дни с грозами близкими и отдаленными; таким путем мы избежали ошибок, связанных с неточностью деления гроз на близкие и отдаленные.

В наше исследование включена почти вся Европейская территория СССР и часть Азиатской территории, причем все рассмотренные районы объединены по сходству материала в 12 групп.

Кавказ нами не рассматривался, так как для исследования грозовой деятельности в условиях чрезвычайно разнообразного и сложного рельефа необходимы длительные ряды надежных наблюдений достаточно густой сети, а в нашем распоряжении такого материала не оказалось.

В настоящей работе использованы выборки числа дней с грозами, собранные Е. Ф. Ивановой и О. Н. Лебедевой и дополненные нами данными последних лет.

Пары станций подбирались на расстояниях от 2—3 до 400 км. После отбраковки, всего использовано 600 пар станций.

В приложении перечислены взятые нами пары станций, указаны расстояния между ними, использованный период наблюдений и значения $F_{1,2}$ для годовых данных.

Как видно из приложения, наряду с длительными периодами, иногда, за недостатком данных, пришлось принимать во внимание, хотя бы для ориентировки, и короткие ряды.

Пары станций подбирались в сравнительно одинаковых условиях; их данные анализировались с целью выявления однородности каждого ряда. Неоднородные ряды или неоднородные части ряда исключались. Однородность рядов пар станций проверялась путем построения корреляционных графиков, в которых на осях откладывались соответственно годовые числа дней с грозами по первой и второй станциям за одни и те же годы; в конечных точках отрезков, к осям восстанавливались перпендикуляры. При наличии связи между станциями в отношении количества гроз точки пересечения соответствующих перпендикуляров группируются более или менее тесно около некоторой линии. Опыт показывает, что если станции, расположенные на равнине, не коррелируются, то это обычно обуславливается неоднородностью рядов и в громадном большинстве случаев — плохим качеством наблюдений. Для части пар станций разброс точек оказался настолько большим, что никакой линии наметить не удалось. Такие пары станций нами исключались. Число забракованных пар станций составило около 30% к общему количеству использованных пар.

Качество наблюдений над грозами вообще не высоко, что очень затрудняет всякое исследование явления гроз, в том числе и настоящее. Наблюдатели не всегда отмечают все случаи гроз, плохо разграничивают явления близкой и отдаленной грозы и т. д. Особенно это относится к Азиатской территории СССР. При рассмотрении районов Азиатской территории СССР, мы встретились с недостатком материала и плохим его качеством.

В табл. 1 приводим в качестве примера недоброкачественных наблюдений данные одной из забракованных, вследствие неоднородности ряда наблюдений, пар — станции Каменная Степь № 2 и Каменная Степь № 4, находящихся одна от другой на близком расстоянии (около 2 км).

Таблица 1

Год наблюдений	Каменная Степь		Каменная Степь		Δ
	№ 2		№ 4		
	x_1	$\frac{x_1}{x_1}$	x_2	$\frac{x_2}{x_2}$	
1921	25	0,78	29	0,81	-0,03
1923	32	1,00	45	1,25	-0,25
1924	17	0,53	29	0,81	-0,28
1925	40	1,25	56	1,56	-0,31
1926	26	0,81	31	0,86	-0,05
1927	21	0,66	37	1,03	-0,37
1928	28	0,88	42	1,17	-0,29
1929	30	0,94	33	0,92	0,02
1930	28	0,88	39	1,08	-0,20
1931	39	1,22	36	1,00	0,22
1932	60	1,88	47	1,31	0,57
1933	40	1,25	31	0,86	0,39
1934	26	0,81	20	0,56	0,25
1935	33	1,03	26	0,72	0,31
Сумма числа дней с грозами	445	—	501	—	3,54
Число лет	14	—	14	—	14
Среднее число дней с грозами	32	—	36	—	0,25

$$F_{1,2} = 0,25 \times 0,85 = 0,21.$$

Анализируя непосредственный ряд наблюдений и полученные разности отношений на этих двух станциях, видим, что с 1921 по 1930 г. на станции Каменная Степь № 2 наблюдалось меньше гроз, чем на станции Каменная Степь № 4. Обратное явление получается с 1931 по 1935 г. Обращаясь к таблицам ежедневных наблюдений, устанавливаем, что причиной такого изменения является смена

Таблица 2

Пары станций		Среднее годовое число дней с грозами		Расстояние между 1-й и 2-й станциями, в км	Число общих лет наблюдений на 1-й и 2-й станциях
1-я станция	2-я станция	на 1-й станции	на 2-й станции		
Смоленск, обсерватория	Смоленск, Аэропорт .	18	23	2—3	5
Смоленск, обсерватория	Фленово	16	28	18	9
Смоленск, обсерватория	Тяполово	17	23	58	15
Смоленск, обсерватория	Батищево	16	24	75	12

наблюдателя. На станции Каменная Степь № 4 до 1930 г. производил наблюдения т. Гриднев; с 1931 г. он наблюдал на станции Каменная Степь № 2, и с этого же времени там значительно увеличилось число записей дней с грозами, а на станции Каменная Степь № 4 часть гроз с его уходом, повидимому, не фиксировалась. По этой причине и получалось преувеличенное значение $F_{1,2}$ для этих станций, несоответствующее малому расстоянию между ними. На корреляционном графике видим большой разброс точек, через которые можно провести не одну, а несколько линий (рис. 1).

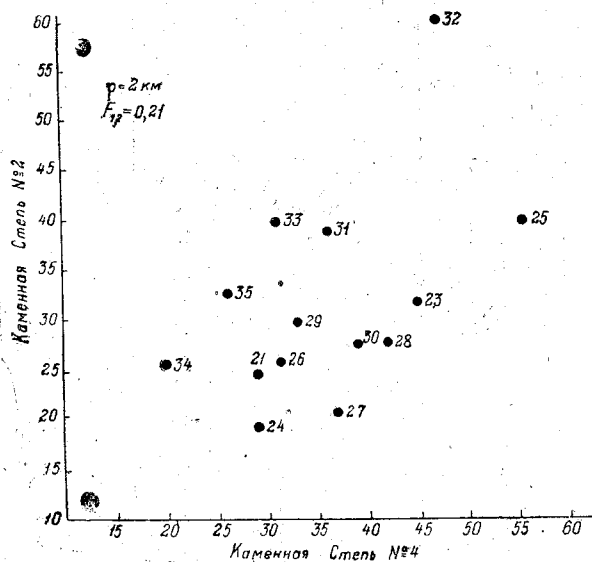


Рис. 1.

Первые кривые строились по материалу, помещенному в приложение. Расстояния откладывались по оси абсцисс, а данные $F_{1,2}$ — по оси ординат. Дальнейшая последовательность вычислений представлена в табл. 3 (для примера взяты вычисления к графику центральной части Европейской территории СССР).

Задаваясь определенными расстояниями между станциями в 0, 6,25, 12,5, 25, 50, 100 и 200 км, мы снимали с графика зависимости F от расстояния соответствующие значения F (строки 1 и 2 табл. 3), исключали начальную ординату и вместо кривой F получали кривую F_1 (строки 3—7). Затем находили кривую невязок интерполяции, она же кривая собственной ошибки интерполяции, по формуле (2) (строки 8—11).

По характеру кривых рассмотренные районы объединены в следующие группы:

1. Северная и северо-западная часть Европейской территории СССР — Ленинградская область и Карело-Финская ССР.

2. Северная и северо-восточная часть Европейской территории СССР — Архангельская и Вологодская области и Коми АССР.

3. Центральная часть Европейской территории СССР — Московская, Тульская, Рязанская, Орловская, Тамбовская, Ярославская Горьковская, Смоленская, Ивановская, Курская, Воронежская области и Марийская АССР.

4. Восточная часть Европейской территории СССР и западная часть Азиатской территории СССР (по среднему Уралу) — Свердловская, Челябинская, Молотовская, Кировская области и Башкирская АССР.

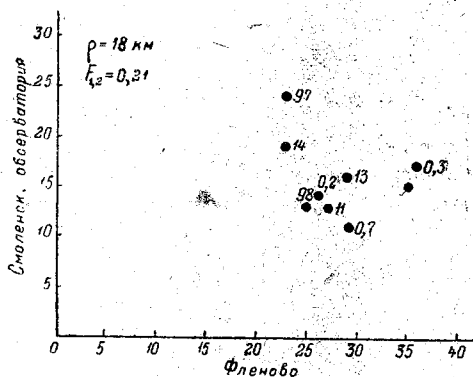


Рис. 2.

Неоднородный ряд наблюдений и заниженное число дней с грозами выявлены на станции Смоленск, обсерватория, вследствие чего пришлось забраковать все пары, в которые вошла эта станция (рис. 2 и табл. 2).

После подбора пар станций и анализа их данных нами строились кривые зависимости от расстояния вероятных отклонений от средней разности (F), кривые той же зависимости при условии вполне доброкачественных наблюдений, т. е. при начальной ординате равной нулю (F_1), и кривые ошибок интерполяции (f).

Таблица 3

1. ρ , км	0	6.25	12.5,	25	50	100	200
2. $F^2(\rho)$, %	10	12	14	14	16	18	20
3. $F^2(\rho)$	100	144	196	256	324	400	400
4. $F(0)$	—	—	—	10	—	—	—
5. $F^2(0)$	—	—	—	100	—	—	—
6. $F^2(\rho) - F^2(0) = F^2_1(\rho)$	0	44	96	156	224	300	300
7. $\sqrt{F^2_1(\rho) - F^2(0)} = F_{1/2}(\rho)$, %	0	7	10	12	15	17	17
8. $F^2_{1/2}(\rho)$	0	21	44	96	156	224	224
9. $\frac{1}{2}F^2_{1/2}(\rho)$	0	11	24	39	56	75	75
0. $F^2_{1/2}(\rho) - \frac{1}{2}F^2_{1/2}(\rho) = f^2_{1/2}(\rho)$	0	10	20	57	100	149	149
1. $\sqrt{f^2_{1/2}(\rho)}$, %	0	3	4	8	10	12	12

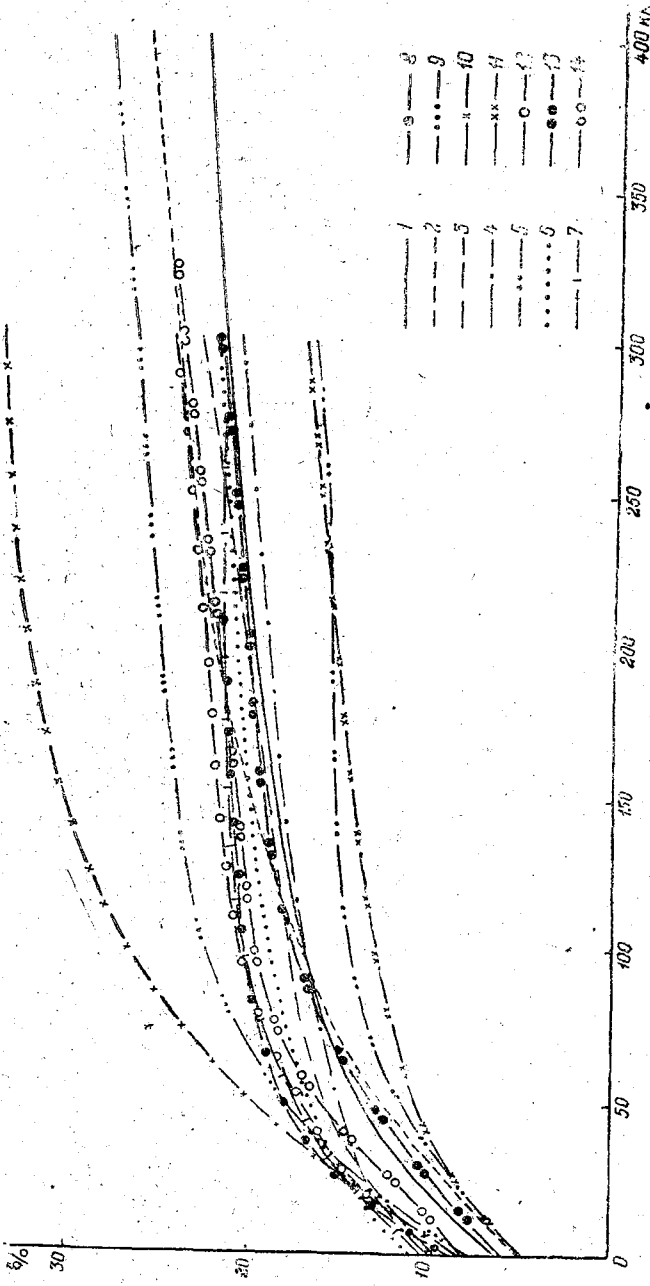


Рис. 3. Кривые зависимости от расстояния вероятных отклонений от средней разности при наличии ошибок наблюдателей (F).

1 — Северная и северо-западная часть Европейской территории СССР, 2 — северная и северо-восточная часть Европейской территории СССР, 3 — центральная часть Европейской территории СССР (от $\varphi = 57^{\circ}47'$ до $\varphi = 50^{\circ}12'$), 4 — восточная часть Европейской территории СССР и западная часть Азиатской территории СССР (по среднему Уралу), 5 — УССР и северная часть Сталинградской и Ростовской областей, 6 — юго-восточная часть Европейской территории СССР, 7 — юго-восточная и южная часть Европейской территории СССР, 8 — Крымская область, 9 — юго-западная часть Азиатской территории СССР (Казакская ССР), 10 — южная часть Азиатской территории СССР (Узбекская, Таджикская, Туркменская и Киргизская ССР), 11 — западная часть Азиатской территории СССР (Омская область), 12 — Читинская область и Бурят-Монгольская АССР, 13 — Хабаровский край, 14 — Приморский край.

5. УССР и северная часть Сталинградской и Ростовской областей.
6. Юго-восточная часть Европейской территории СССР — Пензенская, Куйбышевская, Чкаловская и Саратовская области, Татарская и Мордовская АССР.
7. Юго-восточная и южная часть Европейской территории СССР — Сталинградская и Ростовская области, Краснодарский и Ставропольский края.
8. Крымская область.
- 9—10. Юго-западная и южная часть Азиатской территории СССР — Казахская, Узбекская, Туркменская, Таджикская и Киргизская ССР.
11. Западная часть Азиатской территории СССР — Омская область.

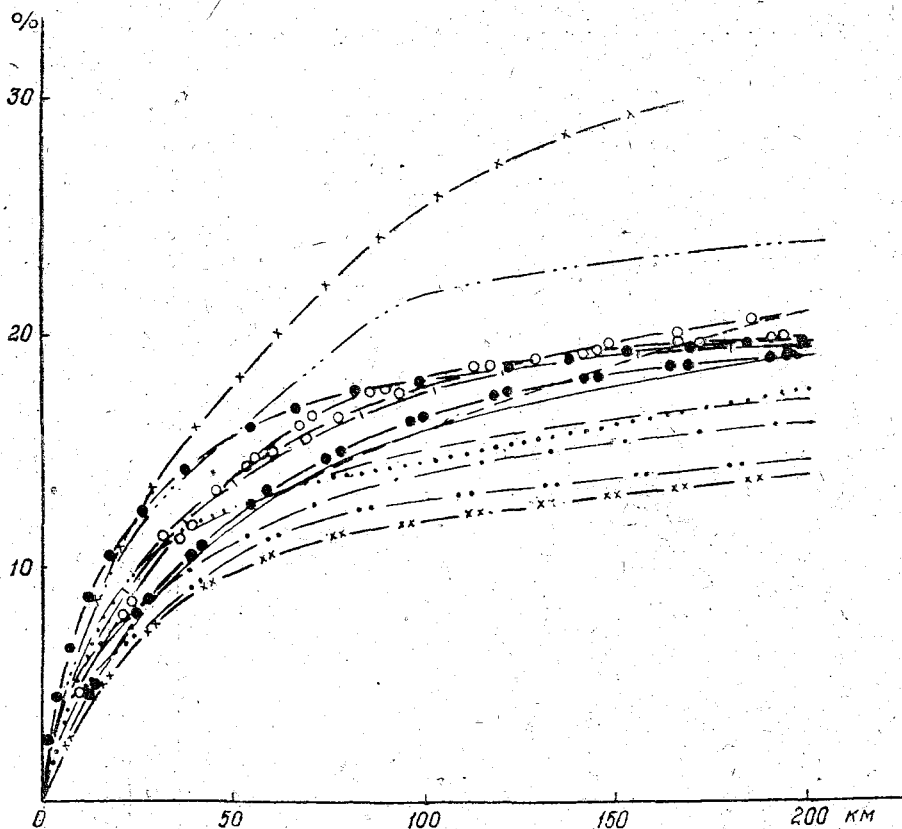


Рис. 4. Кривые зависимости от расстояния вероятных отклонений от средней разности с исключением ошибок наблюдений (F_1).
(Усл. обозначения см. рис. 3.)

12. Центральная и южная часть Азиатской территории СССР — Читинская область и Бурят-Монгольская АССР.

13—14. Восточная и юго-восточная часть Азиатской территории СССР — Хабаровский и Приморский края.

Как видно из рис. 3—5, кривые зависимости от расстояния вероятных отклонений от средних разностей в общем имеют вид парабол. Степень изогнутости кривых для отдельных районов различна. Кривые ошибок интерполяции (f) изогнуты несколько меньше, чем кривые вероятных отклонений средних разностей после исключения ошибок наблюдателей (F_1), причем кривые f , проходя, как и кривые F_1 через начало координат и с расстоянием становясь более пологими, непрерывно отклоняются от кривых F_1 . Это указывает на то, что с увеличением расстояния между станциями ошибки интерполяции растут медленнее, чем вероятные отклонения от средних разностей.

Несмотря на недостаток материала, для всех рассмотренных случаев нам удалось выявить: 1) применимость принятой методики и 2) ориентировочные предельные расстояния размещения станций для учета гроз при задаваемой точности.

Так как трудно добиться того, чтобы учитывались абсолютно все грозы, мы словно допустили при интерполяции пропуск не более одного дня с грозой в год, эм и определили требуемую точность. Исходя из этого, мы и строим нашу сеть.

Как показывают рис. 3 и табл. 4, для всех рассмотренных областей при расстоянии 12,5 км недоучитывается 2—4%, при расстоянии 25 км—3—7%, при 50 км—5—9%, при 100 км—7—13% и при 200 км—10—21% годового числа дней с грозами. Выражая точность числом дней с грозами, получаем соответственно недоучет порядка 0,3—0,8, 0,4—1,5, 0,5—2,0, 0,9—2,7, 1,4—3,3 дня с грозой в год.

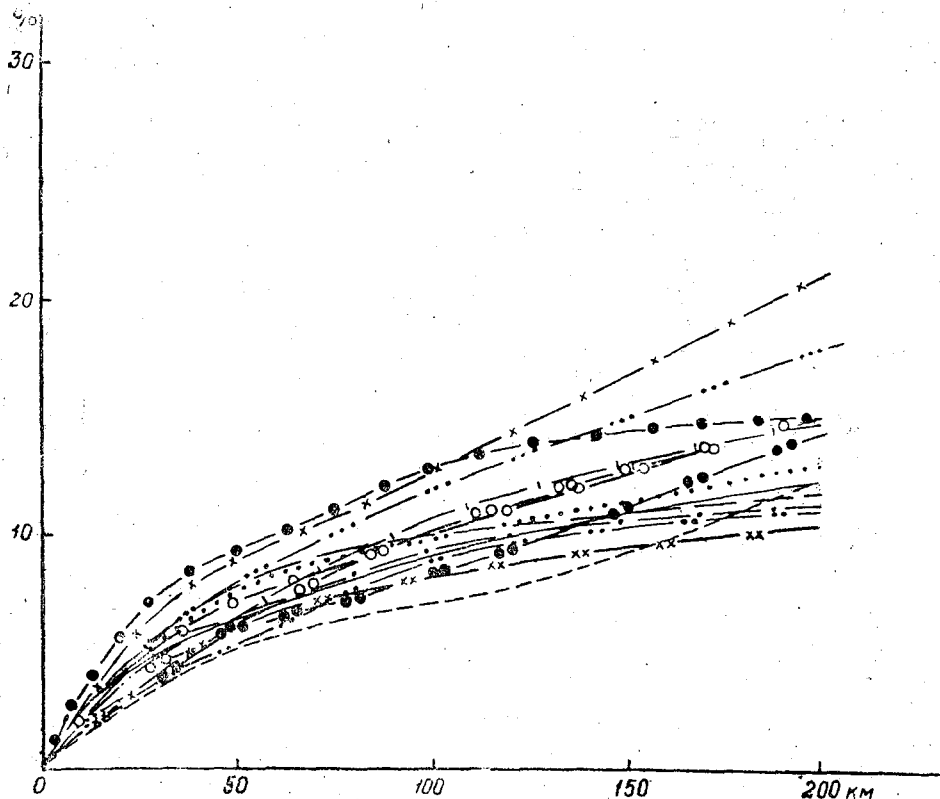


Рис. 5. Кривые ошибок интерполяции (f).
(Усл. обозначения см. рис. 3.)

Анализируя графики, видим, что, начиная с определенных расстояний, кривые становятся более полого, т. е., начиная с определенного расстояния ошибки возрастают медленнее. Так, для Крымской области это имеет место на расстоянии между станциями от 6 до 13 км; для юго-восточной части Европейской территории СССР — 12 до 20 км; для северной, северо-западной, центральной, восточной, юго-восточной и южной части Европейской территории СССР и южной части Азиатской территории СССР (Узбекская, Таджикская, Туркменская и Киргизская ССР) — от 20 до 25 км; для УССР и северной части Ростовской и Сталинградской областей, западной (Казахская ССР), западной (Омская область), центральной и южной части Азиатской территории СССР (Читинская область и Бурят-Монгольская АССР) — от 20 до 25 км; для Хабаровского края — от 25 до 50 км; для северной северо-восточной части Европейской территории СССР и Приморского края — 50 до 100 км.

Таблица 4

Значения действительной ошибки интерполяции в процентах (с исключением ошибок наблюдателей) и вероятных ошибок интерполяции годового числа дней с грозами в абсолютных единицах

Районы	Значения действительной ошибки интерполяции, в процентах (с исключением ошибок наблюдателей)						Значения вероятных ошибок интерполяции годового числа дней с грозами, в абсолютных единицах					
	Расстояния, в км											
	0	12,5	25	50	100	200	0	12,5	25	50	100	200
Северная и северо-западная части Европейской территории СССР	0	3	4	6	9	12	0,0	0,6	0,8	1,1	1,7	2,5
Северная и северо-восточная части Европейской территории СССР	0	2	3	5	7	12	0,0	0,3	0,4	0,6	0,9	1,0
Центральная часть Европейской территории СССР (от φ 57°47' до φ 50°12')	0	3	4	8	10	12	0,0	0,8	1,0	2,0	2,5	3,0
Восточная часть Европейской территории СССР и западная часть Азиатской территории СССР по среднему Уралу	0	3	5	6	9	11	0,0	0,6	1,0	1,3	1,9	2,5
УССР и северная часть Сталинградской и Ростовской областей	0	2	3	5	9	11	0,0	0,6	0,9	1,4	2,6	3,0
Юго-восточная часть Европейской территории СССР	0	3	5	8	10	13	0,0	0,6	1,0	1,5	1,9	2,5
Юго-восточная и южная части Европейской территории СССР	0	3	5	7	11	15	0,0	0,7	1,1	1,5	2,4	3,0
Крымская область	0	4	7	9	13	15	0,0	0,8	1,5	1,9	2,7	3,0
Юго-западная и южная части Азиатской территории СССР:												
Казахская СССР	0	2	5	8	12	18	0,0	0,3	0,8	1,3	1,9	2,5
Узбекская, Туркменская, Таджикская и Киргизская СССР	0	4	6	9	13	21	0,0	0,6	0,9	1,4	2,0	3,0
Западная часть Азиатской территории СССР — Омская область	0	2	3	6	8	10	0,0	0,4	0,6	1,1	1,5	1,9
Центральная и южная части Азиатской территории СССР — Читинская область и Бурят-Монгольская АССР	0	3	4	7	10	15	0,0	0,5	0,7	1,3	1,8	2,5
Восточная и юго-восточная части Азиатской территории СССР:												
Хабаровский край	0	2	3	6	8	14	0,0	0,3	0,5	1,0	1,4	2,0
Приморский край	0	3	4	6	10	15	0,0	0,3	0,4	0,5	0,9	1,5

Соответственно этому, рациональные расстояния между станциями для перечисленных районов, при принятой нами точности, теоретически получаются равными 13, 20, 25, 50 и 100 км.

Для северной и северо-восточной части Европейской территории СССР получены большие расстояния вследствие относительно ровного рельефа и малого количества гроз, наблюдаемых в этом районе.

Малые расстояния, полученные для Крымской области, можно объяснить сложностью рельефа и ландшафта (влияние гор и моря) и наличием большого количества гроз в горной части Крымского полуострова.

В отношении районов с разнообразным рельефом и ландшафтом, как Крым и Киргизия, необходимо иметь в виду, что по мере накопления доброкачественно

материала нужно будет провести исследование в отношении отдельных групп станций, расположенных в одинаковых условиях рельефа и ландшафта. Пока, вследствие ограниченности материала, сделать это не удалось, поэтому выводы получены несколько обобщенные. Для всего Крыма нами теоретически получены предельные расстояния — 13 км и для Киргизии — 25 км; для их горных районов следует принять соответственно меньшие расстояния — только 6 км (Крым) и 12 км (Киргизия).

Большие расстояния для Хабаровского края и особенно для Приморского края имеют физические основания в том, что грозы здесь идут широким фронтом, захватывая одновременно большую территорию.

Но наряду с этим нужно принять во внимание, что имевшийся в нашем распоряжении материал по восточной части Азиатской территории СССР был весьма ограничен, а потому полученные результаты до известной степени ориентировочны.

Кроме того, при выборе рациональных расстояний не следует забывать, что при малом числе дней с грозами в северной и северо-восточной части Европейской территории СССР (10—13 дней) и в Приморье (5—10 дней) только один пропущенный день составит уже 8—11% годовой суммы.

Расстояние между станциями порядка 20—25 км считаем возможным принять для всей нерассмотренной нами равнинной части Азиатской территории СССР.

Некоторое увеличение расстояний можно предположить для северной части Азиатской территории СССР, но до каких пределов — можно выяснить только привлекая к рассмотрению дополнительный материал специальных наблюдений.

Вышеизложенное относилось к случаям, когда были исключены местные особенности, но мы знаем, что грозы находятся в зависимости от характера рельефа (включая и небольшие возвышенности) и от местных условий.

До настоящего времени систематические отклонения в числах дней с грозами, обусловленные влиянием рельефа и местными особенностями, нами исключались. Перейдем к рассмотрению реальных условий.

Вне всякого сомнения, на грозовую деятельность должны оказывать влияние возвышенности — в предгорьях и на горах можно ожидать большего числа гроз, чем за горами.

В процессе работы нами была сделана попытка выявить влияние на грозовую деятельность рельефа и местных условий. Но, к сожалению, полностью осуществить эту задачу не удалось, так как качество наблюдений над грозами в большинстве случаев неудовлетворительно и влияние физических факторов часто совершенно не выявлено.

Нам удалось в общих чертах выявить влияние рельефа Урала. Приводим пример распределения гроз на среднем Урале и в прилегающих к нему районах.

Как показывает табл. 5, в западных предгорьях Урала, а тем более в горах, число дней с грозами больше, чем за хребтом.

Число дней с грозами, по имевшимся у нас данным, составляет в среднем перед хребтом 22, в горах Урала — 24 и к востоку от Урала — 20.

Из пунктов, расположенных перед Уралом, уменьшенное число дней с грозами, по сравнению с соседними пунктами, отмечено на станциях: 1) Кунгур — вследствие расположения его перед седловиной главного хребта, за грядой второстепенных возвышенностей и, кроме того, в глубокой долине, что, как известно, ведет к уменьшению числа гроз; 2) Молотов — перед седловиной; 3) Раевка и Аксеново — в первом ряду возвышенностей (здесь выпадает также мало осадков); 4) Кудымар — вследствие сравнительно большей удаленности от главного хребта и более северного положения.

На Урале, с увеличением высоты, заметно увеличение грозовой деятельности. Однако, наряду с этим на станции Таганай (гора) число гроз, по видимому, несколько уменьшено в результате недостаточно доброкачественных наблюдений (в отдельные годы недоучитывались отдаленные грозы). В Верхнеуральске несколько уменьшено число дней с грозами вследствие расположения его к востоку от главного хребта — в глубокой долине.

Таблица 5

Название станции	Высота станции над уровнем моря (м)	Период наблюдений	Среднее количество дней с прозами	Название станции	Высота станции над уровнем моря (м)	Период наблюдений	Среднее количество дней с прозами	Название станции	Высота станции над уровнем моря (м)	Период наблюдений	Среднее количество дней с прозами
Станции, расположенные к западу от Уральского хребта											
Красновшерск	153	1935—1940	23	Полюдов Камень	527	1935—1940	26	Богословск	182	1891—1917, 1919—1922, 1925—1932, 1935	19
Кудымкар	150	1922—1940	20	Кушва (Благodatка)	285	1891—1918	26	Верхотурье	125	1891—1904, 1906—1935	20
Мологов	159	1891—1935	21	Таганай, гора	1 105	1933—1940	22	Турник, ст. ж. д.	72	1902, 1926—1930, 1932	18
Кунгур, ст. ж. д.	135	1891—1935	17	Верхотурье, ст. ж. д.	285	1891—1918	26	Нижий Тагил	258	1934—1940 1891—1895, 1897—1921, 1923	17
Бирск	155	1893—1902, 1922—1923, 1926—1940	22	Таганай, низ	550	1933—1940	22	Ирбит	75	1925—1927, 1932—1935	17
Уфа	192	1891—1919, 1922—1935	27	Верхнеуральск	421	1903—1904, 1906—1918, 1924—1940	19	Егоршино	178	1914—1916, 1918	22
Чишмы	118	1913, 1915—1940,	24	Среднее	24			Реж	165	1891—1935	18
Ревка	120	1924—1940	21	Среднее	22			Свердловск	281	1891—1935	26
Аксеново	279	1901—1910, 1916—1919, 1922—1930, 1936—1940	20	Среднее	22			Каменск	168	1927—1940	20
Стерлитамак	130	1924—1940	25	Среднее	22			Челябинск	227	1897—1919, 1922—1935	18
Среднее			22	Среднее				Троицк, город	179	1891—1906, 1914—1919, 1933—1935	22
Среднее			22	Среднее				Среднее			20

Станции, расположенные к востоку от Уральского хребта

Станции, расположенные на Уральском хребте

Станции, расположенные к западу от Уральского хребта

Среднее многолетнее число дней с грозами

Название станции	Высота станции над уровнем моря (м)	Период наблюдений	Среднее многолетнее число дней с грозами	Название станции	Высота станции над уровнем моря (м)	Период наблюдений	Среднее многолетнее число дней с грозами
Станции, расположенные на побережье Японского моря							
Пластун	46	1936, 1939	10	Улунга	763	1934—1936, 1938—1939	32
Тегюхе	7	1936, 1939	6	Картун	150	1934—1936, 1938—1939	19
Богопль	40	1929, 1932—1936, 1938—1939	8	Усть-Колумбе	327	1936, 1938—1939	26
Ольга	67	1929—1930, 1934—1936, 1939	10	Жугавлевка	216	1938—1939	19
Ниаменный маяк	51	1911—1922	5	Ново-Михайловка	225	1938—1939	18
Валентин, бухта	27	1936, 1938—1939	10	Среднее 23			
Преображение, бухта	18	1936, 1938—1939	9	Среднее 23			
Поворотный маяк	60	1911—1919, 1921—1922	5	Среднее 23			
Владивосток	128	1929—1930, 1934—1936, 1939	10	Среднее 23			
Скрылевский маяк	46	1918—1921	7	Среднее 23			
Гамовский маяк	54	1908—1915	7	Среднее 23			
Краскино	15	1929, 1931—1935, 1938, 1887, 1893—1898, 1919	9	Среднее 23			
Посыет	16		7	Среднее 23			
Станции, расположенные к W от хребта Сихотэ-Алинь							
Лазо	66	1931, 1934—1936, 1938—1939	13	Среднее 12			
Евгеньевка	93	1909—1915	14	Среднее 12			
Хорольск	105	1936, 1938—1939	9	Среднее 12			
Ворошилов	21	1931, 1933—1935, 1938—1939	10	Среднее 12			
Полтавка	109	1938—1939	13	Среднее 12			

За Уралом, при общем уменьшении числа дней с грозами, в районе Свердловска — Ирбита замечается некоторое повышение количества и интенсивности осадков. Такое обстоятельство объясняется тем, что этот район расположен против седловины с востока, т. е. не подвержен непосредственному влиянию горного хребта.

Влияние возвышенностей на грозовую деятельность выявлено так же на материале Дальнего Востока.

Как показывает табл. 6, станции, расположенные на побережье Японского моря, отмечают в среднем от 5 до 10 дней с грозами в год; станции на хребте Сихотэ-Алинь — до 32 дней с грозами и за хребтом — только 9—14 дней.

Табл. 6, иллюстрирующая повышение грозовой деятельности к горам и в горах наряду с этим подтверждает также влияние рельефа и экспозиции при одинаковых условиях высоты. Например, число дней с грозами перед горами колеблется в довольно широких пределах — от 5 до 10 и в горах — от 18 до 32, что отчасти может быть обусловлено не вполне хорошим качеством наблюдений, но, без сомнения также влиянием формы рельефа и экспозиции.

При детальном рассмотрении вопроса, базируясь на более обширном материале необходимо, конечно, разграничивать влияние возвышенностей и влияние моря.

С целью выявления влияния небольших возвышенностей на грозовую деятельность, мы анализировали многолетние средние числа дней с грозами на станциях расположенных на Средне-Русской и Валдайской возвышенностях.

Однако определенных результатов по имеющимся материалам получить мы не могли. Некоторое усиление грозовой деятельности на возвышенностях выявилось, но не вполне четко, без разграничения влияний высоты, форм рельефа и экспозиции.

Выводы

Анализ имевшегося в нашем распоряжении материала, после отсева явно недоброкачественных наблюдений, показал, что разброс точек на графиках зависимости I от расстояния вообще не велик и дает возможность провести кривые достаточно точно.

Считая, что недоучет не должен превышать в среднем одного дня с грозой в год, получаем рациональные расстояния между станциями для различных частей Европейской территории СССР такого порядка: 13 км — для равнинной части Крыма, 6 км — для его горной части, 20 км — для южной и юго-восточной части Европейской территории СССР, 100 км — для северной и северо-восточной части и 25 км для всей остальной, рассмотренной нами Европейской территории СССР.

Для большей части Азиатской территории СССР получаем расстояние 25 км для горных районов Средней Азии — 12 км, для Хабаровского края — 50 км и для Приморского края — 100 км.

Отсюда практический вывод: учитывая, что пока еще в наблюдениях имеется значительное количество брака, наблюдения над грозами нужно производить во всех станциях и постах.

В горах интенсивность грозовой деятельности обусловлена, главным образом влиянием высоты, формы рельефа и экспозиции, а не расстоянием. Для изучения влияния этих факторов сеть станций, ведущих наблюдения над грозами, в горных районах должна быть достаточно густой.

Хотя использованный материал и дал возможность выявить закономерности изменения с расстоянием числа дней с грозами, но качество его все же далеко недостаточно высоко. В связи с этим нами обнаружена значительная невязка между полями, обусловленная ошибками наблюдений (значительная величина начальных ординат кривой F , впоследствии нами исключенной). При более детальном анализе обнаружены частые ошибки наблюдателей, затушевывающие влияние ряда физических факторов (возвышенностей, долин рек). Из-за невысокого качества наблюдений выявить с достаточной достоверностью влияние этих факторов весьма затруднительно.

Чтобы изучить влияние местных условий, а также выявить стойкие очаги гроз, имеющих чисто местный характер, необходима достаточно густая сеть, обеспечивающая вполне надежные наблюдения.

Необходимо принять срочные меры к организации наблюдений над грозами в мало освещенных районах, к повышению качества наблюдений и к скорейшему переходу на приборные наблюдения над грозами, поручив производство специальных наблюдений местным обсерваториям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дроздов О. А. Метод построения сети метеорологических станций равнинной местности. Труды Главной Геофизической Обсерватории. Ленинград, 1936.
2. Дроздов О. А. и Шепелевский А. А. Теория интерполяции в стохастическом поле метеорологических элементов и ее применение к вопросам метеорологических карт и рационализации сети. Труды НИУ ГУГМС, сер. 1, вып. 13, 1946.
3. Курская В. П. К вопросу о рациональном размещении метеорологической сети станций III разряда (в этом выпуске).

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ПАРЫ СТАНЦИЙ, РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ НИМИ,
ВЗЯТЫЙ ПЕРИОД НАБЛЮДЕНИЙ И ЗНАЧЕНИЕ F_{12}

Пары станций	Расстояние в км	Число лет	F_{12} в %	Пары станций	Расстояние в км	Число лет	F_{12} в %
1. Северная и северо-западная часть Европейской территории СССР				2. Северная и северо-восточная часть Европейской территории СССР			
Ленинград, ГГО (город) — Ленинград, порт	4	4	0,12	Архангельск — Архангельск, оп. поле	10	7	0,11
Ленинград, ГГО (город) — Ленинград, Лесной	8	14	0,10	Усть-Цильма, опорная — Усть- Цильма, аэропорт	20	2	0,05
Званка — Новая Ладога	20	8	0,08	Вологда — Вологда-Прилуки	38	2	0,03
Ленинград, ГГО — Кронштадт	30	39	0,14	Зимнегорский маяк — Мудьюг	62	12	0,20
Гакково — Старое Гарколово	37	3	0,11	Каргополь — Няндама	63	6	0,20
Петрозаводск — Пряжа	41	3	0,09	Архангельск — Холмогоры	63	12	0,23
Званка (Волховстрой) — При- ладога	42	8	0,13	Усть-Кулом — Усть-Немь	66	8	0,11
Окуловка — Валдай	43	7	0,12	Усть-Вымь — Яренск	68	3	0,05
Свирица — Лодейное Поле	44	11	0,14	Няндама — Коневе	69	5	0,25
Сегежа — Воренжа	51	4	0,15	Адзьва-Вом — Петрунь	69	5	0,20
Веревье — Окуловка	51	7	0,12	Коневе — Каргополь	72	5	0,19
Псков, с.-х. оп. станция — Остров	51	13	0,13	Инцы — Зимнегорский маяк	75	12	0,24
Кемь — Соловки	53	4	0,14	Усть-Уса — Мутный Материк	83	5	0,08
Свирица — Олонец	55	12	0,18	Усть-Цильма, опорная — Ижма	95	6	0,22
Винницы — Лодейное Поле	65	13	0,20	Пинега — Холмогоры	98	12	0,28
Хвойная — Ефимовская	67	6	0,12	Ходовариха — Табседа	106	3	0,17
Ефимовская — Тихвин	67	6	0,14	Белозерск — Череповец	109	16	0,13
Шуньга — Спасская губа	71	2	0,17	Индига — Нижняя Пеша, Взгавье	112	8	0,25
Петрозаводск — Токари	72	2	0,14	Лешуконское — Пинега	113	7	0,14
Старое Гарколово — Сестро- рецк, курорт	79	10	0,17	Череповец — Вологда	114	16	0,23
Борисово-Судское — Ефимов- ская	83	6	0,16	Сыктывкар — Яренск	116	13	0,09
Дно — Старая Русса	84	9	0,17	Ижма — Мутный Материк	117	5	0,17
Сегежа — Медвежегорск	88	11	0,25	Абрамовский маяк — Инцы	130	11	0,24
Выборг — Кронштадт	97	19	0,21	Объячево — Подосиновец	140	2	0,24
Остров — Дно	107	12	0,13	Вожега — Тотьма	153	6	0,20
Веревье — Хвойная	108	6	0,15	Шенкурск — Няндама	155	5	0,23
Выборг — Ленинград, ГГО	120	22	0,22	Сыктывкар — Объячево	160	5	0,24
Старая Русса — Валдай	123	10	0,15	Усть-Кулом — Якша	169	7	0,12
Будогощь — Хвойная	133	6	0,14	Усть-Уса — Петрунь	174	10	0,30
Ухта — Реболы	163	2	0,20	Табседа — Индига	175	3	0,25
Псков, ст. ж. д. — Старая Русса	178	10	0,18	Усть-Вымь — Усть-Кулом	181	3	0,10
Петрозаводск — Сегежа	213	12	0,31	Белозерск — Каргополь	187	16	0,16
Гдов — Старая Русса	217	9	0,26	Моржовец — Канин Нос	195	7	0,12
Ленинград, город — Старая Русса	224	10	0,12	Усть-Щугер — Усть-Ухта	197	8	0,28
Ленинград, город — Окуловка	246	7	0,15	Нижняя Пеша, Взгавье — Абрамовский маяк	200	5	0,22
Ленинград, город — Валдай	264	11	0,14	Усть-Немь — Сыктывкар	212	8	0,13
Остров — Валдай	297	11	0,19	Нижняя Пеша, село — Лешу- конское	225	6	0,22
Псков, ст. ж. д. — Окуловка	300	7	0,20	Усть-Цильма, опорная — Ниж- няя Пеша, село	245	7	0,24
Лодейное Поле — Сегежа	330	11	0,36	Вологда — Каргополь	257	16	0,19
				Яренск — Опарино	262	6	0,23
				Шенкурск — Архангельск	270	14	0,26
				Шенкурск — Яренск	321	16	0,17
				Няндама — Архангельск	325	6	0,23
				Усть-Цильма, опорная — Яренск	370	16	0,26
				Пинега — Яренск	400	9	0,32

Пары станций	Пары станций			Пары станций	Пары станций		
	Расстояние в км	Число лет	F_{12} в ‰		Расстояние в км	Число лет	F_{12} в ‰
3. Центральная часть Европейской территории СССР (от 57°47' до 50°12')							
Москва, с.-х. академия — Москва, Межевой институт	10	10	0,14	Крупец — Льгов, ст. ж. д.	65	8	0,16
Михнево — Коломна	15	9	0,12	Тамбов — Мичуринск	65	26	0,15
Тула — Мещерское	21	12	0,09	Конь-Колодезь — Липецк	66	8	0,15
Павловский посад — Куровская	29	8	0,14	Курск — Поньры	66	21	0,20
Москва, с.-х. академия — Бирюлево	30	13	0,13	Брянское лесничество — Брасово	68	16	0,19
Острогожск — Лиски	30	10	0,15	Каменная Степь № 2 — Павловск	70	17	0,23
Исады — Сомовка	33	28	0,10	Калач — Каменная Степь № 2	72	10	0,14
Старый Оскол — Богородицкое Фенино	33	9	0,14	Курск — Погожее	74	19	0,21
Коломна — Кашира	34	9	0,08	Кострома — Иваново	75	33	0,20
Воронеж, с.-х. институт — Графская	35	10	0,10	Волоколамск — Яхрома	75	8	0,17
Иваново — Шуя	36	30	0,20	Горький — Исады	75	25	0,22
Старый Оскол — Новый Оскол	36	8	0,16	Воронеж, с.-х. институт — Лиски	75	8	0,11
Сомовка — Курмыш	39	22	0,17	Крупец — Дмитриев	75	8	0,20
Михнево — Серпухов	40	9	0,12	Курск — Уютное	78	18	0,14
Курмыш — Фокино	40	19	0,15	Белев — Калуга	78	20	0,17
Богородицкое Фенино — Казачье	40	28	0,18	Тула — Скуратово	80	15	0,14
Гремячка — Скопин	40	18	0,14	Ростов — Иваново	84	22	0,19
Коренево — Крупец	42	8	0,17	Готня — Коренево	85	7	0,25
Венев — Узловая	43	8	0,12	Тула — Серпухов	85	9	0,13
Владимир — Малиново	45	12	0,19	Мичуринск — Мураевня	88	17	0,13
Чакино — Обловка	45	11	0,14	Успенский с.-х. техникум — Владимир	90	21	0,16
Тула — Венев	45	8	0,14	Мышкино — Ростов	90	22	0,23
Кашира — Серпухов	48	9	0,13	Каменная Степь № 2 — Борисоглебск	90	13	0,20
Павловск — Калач	50	10	0,16	Курск, Семеновская обсерватория — Коренево	90	13	0,21
Дмитриев — Льгов, ст. ж. д.	50	9	0,12	Белгород — Новый Оскол	90	9	0,10
Погожее — Богородицкое Фенино	50	22	0,20	Белев — Жиздра	90	22	0,20
Воронеж, с.-х. институт — Конь Колодезь	55	10	0,08	Венев — Рязань	96	8	0,12
Москва, с.-х. академия — Починки	56	46	0,20	Горький — Сомовка	102	24	0,15
Серпухов — Коломна	58	9	0,13	Москва — Серпухов	105	9	0,18
Малоярославец — Можайск	58	9	0,22	Владимир — Иваново	105	19	0,24
Белгород — Готня	58	7	0,13	Горький — Фокино	110	19	0,20
Новый Иерусалим — Волоколамск	59	8	0,11	Валуйки — Белгород	110	8	0,18
Малоярославец — Серпухов	60	9	0,11	Горький — Петушиха-Никольское	114	17	0,26
Куровская — Черусти	60	8	0,11	Воронеж, с.-х. институт — Каменная Степь № 2	118	10	0,16
Курмыш — Козьмодемьянск	60	19	0,20	Курск — Крупец	120	8	0,16
Завловск — Богучар	60	22	0,20	Иваново — Успенское с.-х. училище	124	37	0,16
Новый Оскол — Валуйки	60	8	0,10	Москва — Успенский с.-х. техникум	128	42	0,22
Цатиловская, оп. станция — Скуратово	60	11	0,13	Елатьма — Рязань	130	13	0,21
Уютное — Брасово	60	13	0,16	Земетчино — Тамбов	135	24	0,19
Земетчино — Моршанск	60	31	0,16	Горький — Курмыш	138	28	0,24
Реново — Тяполово	63	17	0,08	Тула — Рязань	140	12	0,14
Можайск — Новый Иерусалим	63	9	0,12	Конь-Колодезь — Погожее	145	12	0,14
Льгов, ст. ж. д. — Курск	63	9	0,09	Мышкино — Кострома	146	28	0,24
Скуратово — Волово	63	9	0,09	Земетчино — Чакино	150	25	0,17
Зрянское лесничество — Жиздра	63	25	0,16	Конь-Колодезь — Тамбов	150	13	0,16
				Конь-Колодезь — Шатиловское оп. поле	150	14	0,14
				Шатиловская оп. станция — Мураевня	150	30	0,18

Пары станций				Пары станций			
	Расстояние в км	Число лет	F_{12} в %		Расстояние в км	Число лет	F_{12} в %
Тамбов — Моршанск	150	24	0,24	Надеждино — Бирск	76	14	0,18
Батищево — Можайск	160	6	0,08	Уфа — Бирск	80	23	0,14
Мичуринск — Моршанск	160	15	0,14	Нижний Тагил — Бисер	84	18	0,17
Жиздра — Батищево	170	17	0,21	Туринск — Пальменский посе- лок	87	15	0,17
Москва, с.-х. академия — Вла- димир	172	21	0,14	Верхотурье — Кушва (Благо- датка)	90	23	0,12
Тамбов — Каменная Степь № 2	183	14	0,26	Каменск — Свердловск	92	13	0,14
Фленово — Жиздра	187	13	0,15	Оса — Кунгур	94	11	0,14
Батищево — Волоколамский техникум	189	6	0,14	Чишмы — Бирск	96	15	0,11
Брянское лесничество — Ново- зыбков	190	15	0,18	Менделеево — Кулымкар	96	15	0,12
Москва, с.-х. академия — Ря- зань	195	14	0,24	Свердловск, город — Егор- шино	100	14	0,19
Горький — Иваново	197	17	0,14	Киров — Молотовск	105	17	0,22
Смоленск, обсерватория — Жиздра	200	16	0,24	Верхотурье — Богословск	108	34	0,18
Починки — Фоминки	200	14	0,17	Шадринск — Курган	118	18	0,20
Горький — Елатьма	200	31	0,20	Челябинск — Троицк	120	21	0,17
Курск — Воронеж	200	14	0,16	Свердловск — Камышлов	120	16	0,18
Курск, Семеновская observa- тория — Воронеж, с.-х. ин- ститут	200	9	0,14	Стерлитамак — Уфа	122	15	0,13
Елатьма — Шуя	203	27	0,16	Ножовка — Чернушка	124	13	0,19
Балахна — Починки	210	19	0,20	Верхнеуральск — Полтавка	138	12	0,19
Богородицкое-Фенино — Ка- менная Степь № 4	230	32	0,26	Курган — Макушино	140	11	0,20
Иваново — Москва	240	40	0,26	Кудымкар — Молотово-Бала- тово	142	17	0,17
Погожее — Каменная Степь № 4	240	17	0,20	Усть-Уйское — Троицк	150	7	0,14
Москва — Шуя	250	35	0,26	Богословск — Кушва (Благо- датка)	160	25	0,17
Елатьма — Москва	275	43	0,24	Молотовск — Вятские Поляны	163	15	0,21
Погожее — Калач	280	8	0,18	Надеждино — Стерлитамак	186	15	0,19
Москва, с.-х. академия — Жиздра	292	40	0,24	Челябинск — Верхнеуральск	220	20	0,22
				Каменск — Пальменский посе- лок	290	13	0,19

5. УССР и северная часть Ростовской и Сталинградской областей

УССР

4. Восточная часть Европейской терри-
тории СССР и западная часть Азиатской
территории СССР (по среднему Уралу)

Таганай, гора — Таганай, низ	5	8	0,08
Кунгур, ст. ж. д. — Кунгур, с.-х. опытное поле	6	4	0,12
Полюдов Камень — Краснови- шерск	15	5	0,08
Егоршино — Реж	30	14	0,15
Аксеново — Раевка	34	12	0,18
Свердловск — Капралово	42	10	0,17
Нижний Тагил — Кушва (Бла- годатка)	42	21	0,17
Оса — Ножовка	44	14	0,19
Уфа — Чишмы	45	19	0,08
Свердловск — Ревда	45	27	0,14
Ирбит — Туринск	56	11	0,15
Камышлов — Каменск	63	14	0,16
Егоршино-Ирбит	70	12	0,17
Свердловск — Реж	70	13	0,13
Молотово — Кунгур	70	14	0,13
Уфа — Надеждино	72	14	0,15

Киев, обсерватория — Киев, аэропорт	18	3	0,05
Жмеринка — Шереметка	25	9	0,11
Киев, обсерватория — Бори- споль	34	7	0,08
Харьков, обсерватория — Ка- зачья Лопань	34	7	0,06
Лубны — Лохвицы	40	12	0,14
Коростень — Овруч	41	8	0,11
Днепропетровск — Синельни- ково	42	11	0,07
Лубны — Гребенка	45	11	0,08
Щорс — Величковка	49	11	0,12
Красиллов — Шепетовка	50	13	0,14
Веселый Подол — Лубны	50	11	0,14
Чернигов — Щорс	55	12	0,13
Киев — Фастов	57	10	0,09
Синельниково — Чаплино	57	10	0,12
Золотоноша — Гребенка	60	9	0,17
Шепетовка — Новоград-Во- лынский	60	15	0,17

Пары станций	Расстояние			Пары станций	Расстояние		
	в км	Число лет	$F_{1,2}$ в км		в км	Число лет	$F_{1,2}$ в км
Казатин — Житомир	62	13	0,12	6. Юго-восточная часть Европейской территории СССР			
Чернигов — Нежин	63	13	0,13				
Ясиноватая — Волноваха	63	9	0,09	Казань, университет — Казань, земельный участок	5	20	0,13
Артемовск — Ясиноватая	65	9	0,13	Куйбышев, обсерватория — Куйбышев, аэропорт	8	4	0,12
Шереметка — Казатин	66	10	0,14	Пенза, обсерватория — Пенза, учебный сад	10	29	0,14
Запорожье — Днепропетровск	70	10	0,09	Пенза, гимназия — Пенза, учебный сад	10	8	0,09
Златополь — им. Шевченко	70	13	0,18	Рузаевка — Саранск	18	13	0,18
Чернигов — Чернобыль	78	7	0,11	Боровое, оп. лесничество — Бузулук, ж. д.	18	12	0,17
Киев, обсерватория — Белая Церковь	80	11	0,13	Бугуруслан — Полибино	22	10	0,18
Мигея — Гайворон	80	7	0,15	Саранск — Красный Узел	29	13	0,17
Новоград Волынский — Коро- степь	83	13	0,14	Куйбышев — Кинель	38	7	0,13
Днепропетровск — Комисса- ровка	83	16	0,18	Мокшан — Пенза	38	16	0,12
Кирилловка — Чаплино	84	8	0,14	Ивановка — Вольск	45	22	0,19
Веселый Подол — Золотоноша	86	9	0,15	Саратов, гимназия — Маркс- штатд	56	18	0,14
Ромны — Сумы, оп. станция	91	17	0,17	Куйбышев, обсерватория — Томашев Колок	63	9	0,22
Киев — Чернобыль	95	9	0,09	Красный Узел — Ардатов	70	9	0,15
Щорс — Новгород-Северский	95	10	0,09	Анненково — Сенгилей	80	19	0,20
Волочиск — Шепетовка	95	12	0,18	Костычевская оп. станция — Малый Узень	81	14	0,14
Полтава — Веселый Подол	95	11	0,14	Октябрьск — Шарлык	90	10	0,20
Запорожье — Кирилловка	96	9	0,17	Темниково — Инсар	110	16	0,20
Волочиск — Каменец-Подольск	100	12	0,10	Казань, университет — Змиево	125	14	0,19
Кировоград — Песчаное	105	9	0,13	Энгельгардтовская обсервато- рия — Казань, университет	125	29	0,23
Днепропетровск — Лозовая	105	13	0,16	Елабуга — Казань, универси- тет	180	43	0,25
Казачья Лопань — Купянск	110	9	0,12	Саратов, гимназия — Пады	188	18	0,17
Житомир — Шепетовка	115	15	0,16	Саратов, гимназия — Пенза, гимназия	195	18	0,22
Жмеринка — Каменец-Подольск	118	11	0,20	7. Юго-восточная и южная часть Евро- пейской территории СССР			
Лубны — Полтава	120	13	0,10				
Днепропетровск — Полтава	128	14	0,14	Ставрополь, гимназия — Ста- врополь, уч. семинария	1	4	0,11
Киев, обсерватория — Жито- мир	130	29	0,19	Ставрополь, оп. поле — Ста- врополь, уч. семинария	2	3	0,07
Котовск — Вознесенск	138	8	0,16	Ставрополь, оп. поле — Ста- врополь, гимназия	3—4	6	0,14
Красноград — Песчаное	147	10	0,11	Краснодар, селекционная стан- ция — Краснодар (табако- водство)	8—9	6	0,11
Изюм — Красноград	167	13	0,15	Миллерово — Тарасовка	24	6	0,16
Ворожба — Полтава	180	11	0,17	Карагачев — Липовка	30	12	0,15
Долинская — Умань	195	9	0,14	Сталинград — Дубовка	44	10	0,21
Полтава — Конотоп	210	19	0,14	Урюпинск — Алексеевская	58	13	0,21
Киев, обсерватория — Жме- ринка	233	12	0,14	Дубовка — Карагачев	66	16	0,17
Харьков, обсерватория — Во- рошиловград	243	10	0,17	Сталинград — Донская	72	11	0,24
Кировоград — Чаплино	285	9	0,14	Нишне-Чирская — Котельни- ково	80	7	0,17
Северная часть Ростовской и Сталин- градской областей							
Тарасовка — Каменск	43	5	0,07				
Котельниково — Целина	203	8	0,16				
Котельниково — Сталинград	230	10	0,15				
Серафимович — Липовка	233	12	0,18				
Серафимович — Карагачев	270	5	0,19				

Пары станций	Расстояние в км	Число лет	F _{1,2} в %	Пары станций	Расстояние в км	Число лет	F _{1,2} в %
Ворошиловск, гимназия — Хуторок	81	20	0,24	9—10. Юго-западная и южная часть Азиатской территории СССР Юго-западная часть Азиатской территории СССР (Казах- ская ССР)			
Дивное — Благодарное	90	9	0,20				
Тихорецкая — Целина	100	9	0,24				
Ильмень — Камышин, оп. поле	104	11	0,20				
Карагачев — Сталинград	108	16	0,25				
Сталинград — Н. Чирская	111	12	0,16				
Морозовская — Котельниково	122	10	0,21				
Ильмень — Липовка	123	7	0,25				
Сталинград — Серафимович	156	21	0,20				
Карагачев — Донская	160	17	0,25				
Карамыш, оп. поле — Эльтон	160	18	0,22	Алма-Ата, обсерватория —			
Элиста — Буденовск	165	9	0,26	Алма-Ата, новый аэропорт	15	3	0,14
Урюпинск — Ильмень	167	18	0,18	Боровое, курорт — Щучье	17	4	0,13
Серафимович — Морозовская	220	8	0,21	Алма-Ата, обсерватория —			
Ворошиловск, с.-х. техникум —				Каскелен	27	6	0,11
Тихорецкая	263	7	0,21	Чулак-Курган — Ачи-Сай	33	2	0,08
				Мерке — Луговая	33	3	0,17
				Актюбинск — Темирское оп.			
				поле	35	7	0,21
				Петропавловск — Интернацио-			
				нальная	40	4	0,20
				Талды-Курган — Уш-Тюбе	40	2	0,20
				Караганда — Самаркандское	49	4	0,18
				Саксаульская — Аральское			
				море	50	4	0,23
				Джамбул — Бурное, оп. поле	57	6	0,16
				Актюбинск — Новороссийское	58	6	0,16
				Чимкент — Тюлькубас	62	4	0,18
				Орловский поселок — Катон-			
				Карагай	62	2	0,24
				Кокшетау — Боровое, курорт	64	7	0,23
				Актюбинск — Мартук	69	8	0,31
				Алма-Ата — Ишимск	72	5	0,20
				Ново-Сухотино — Кокшетау	75	7	0,19
				Риддер — Усть-Каменогорск	77	3	0,16
				Мерке — Чу	93	3	0,31
				Акмолинск — Алексеевское	95	5	0,22
				Лбищенск (Чапаевск) — Джам-			
				бейты	105	4	0,34
				Зырянск — Катон-Карагай	110	2	0,13
				Кокпекты — Жарма	115	3	0,18
				Уральск, ст. ж. д. — Лбищенск	115	5	0,15
				Аральское море — Казалинск	117	5	0,31
				Петропавловск — Ново-Сухо-			
				тино	118	8	0,29
				Рузаевка — Щучье	119	3	0,15
				Уральск, ст. ж. д. — Джам-			
				бейты	137	10	0,25
				Кустанай — Урицк	125	2	0,18
				Лбищенск — Калмыково	138	5	0,22
				Челкар — Саксаульская	145	5	0,33
				Мерке — Джамбул	145	3	0,30
				Алма-Ата, обсерватория —			
				Отар	148	3	0,17
				Туркестан — Чимкент	155	5	0,25
				Джамбул — Чимкент	160	6	0,29
				Кокшетау — Атбасар	175	8	0,26
				Семипалатинск — Каменогорск	176	9	0,20
				Бахты — Зайсан	180	5	0,29
				Уил — Темир, лесной	181	4	0,22
				Караганда — Акмолинск	185	6	0,13
				Фурмановка — Джамбул	200	2	0,17

8. Крымская область

Ялта — Аутка Верхняя	2	6	0,15
Ай-Петри — Ялта	9	32	0,17
Судак — Меганомский маяк	10	9	0,08
Ак-Мечеть — Тарханкутский маяк	24	3	0,11
Салгирка — Караби-Яйла	28	13	0,15
Ялта — Алушта	30	12	0,20
Кыз-Аульский маяк — Керчь	34	9	0,22
Меганомский маяк — Феодосия, порт	36	15	0,25
Бакал — Ак-Мечеть	46	5	0,17
Казантип — Чаудинский маяк	49	7	0,19
Карасу-Базар — Спат	50	8	0,13
Ялта — Севастополь	50	8	0,14
Ялта — Симферополь	50	14	0,21
Меганомский маяк — Алушта	55	5	0,18
Евпатория — Бакал	59	5	0,15
Кадыш — Спат	63	4	0,24
Севастополь — Евпаторийский маяк	64	9	0,25
Ташлы-Кипчек — Салгирка	64	13	0,15
Армянск — Дюрмень	68	6	0,22
Евпаторийский маяк — Тарханкутский маяк	69	12	0,27
Евпатория — Ташлы-Кипчак	74	12	0,26
Кадыш — Дюрмень	75	4	0,24
Феодосия — Кыз-Аульский маяк	76	14	0,23
Карасу-Базар — Коккозы	77	5	0,29
Ташлы-Кипчак — Караби-Яйла	79	13	0,15
Владиславовка — Дюрмень	101	4	0,19
Ялта — Феодосия	114	11	0,19
Севастополь — Тарханкутский маяк	114	28	0,36
Кадыш — Коккозы	120	4	0,12
Кыз-Аульский маяк — Меганомский маяк	124	17	0,14
Керчь, гимназия — Тарханкутский маяк	132	27	0,30
Карасу-Базар — Армянск	138	6	0,19

Пары станций	Расстояние в км	Число лет	F_{12} в %	Пары станций	Расстояние в км	Число лет	F_{12} в %
Иртышск — Шербақты	203	3	0,17	Кара-Куджур — Кочкорка	56	2	0,27
Кугалы — Каркаралинск	205	3	0,37	Каммаши — Карши	57	2	0,20
Кокпекты — Зайсан	215	6	0,30	Термез — Ширабад	57	3	0,19
Львовское оп. поле — Тургай	313	2	0,26	Байсук — Дехканабад	58	2	0,11
Тургай — Джеты Гора	325	2	0,38	Токмак — Фрунзе, город	58	6	0,18
Кустанай — Тургай	395	3	0,31	Кызыл-Арват — Кара-Кала	59	10	0,24
Курсакпай — Иргиз	412	3	0,37	Наманган — Андижан	60	5	0,20
				Айдин — Молла-Кара	62	3	0,19
				Бухара — Каракуль	63	3	0,20
				Новороссийка — Токмак	63	2	0,10
				Байтык — Токмак	64	3	0,22
				Ош — Кызыл-Кия	64	6	0,31
				Самарканд — Катта-Курган	65	7	0,35
				Чолпан — Ата-Рыбачье	66	9	0,24
				Оби-Гарм — Тавиль-Дара	67	2	0,37
				Пржевальск — Тянь-Шань	67	6	0,18
				Оби-Гарм — Гарм	68	3	0,35
				Ош-Джержитал	70	9	0,31
				Ура-Тюбе — Ленинабад	71	8	0,13
				Кунград — Чимбай	71	3	0,24
				Фергана — Коканд	73	10	0,29
				Теджен — Каахка	76	3	0,12
				Исфара — Ленинабад	77	7	0,37
				Пенджикент — Шахристиан-ский перевал	78	4	0,31
				Хайдаркан — Кызыл-Кия	78	4	0,15
				Керки — Чаршангу	80	2	0,36
				Оби-Гарм — Сталинабад	82	4	0,19
				Тамынген-Хайдаркан	86	4	0,36
				Ташауз — Куния-Ургенч	88	2	0,26
				Чаткал — Ленинполь	92	5	0,23
				Захматабад — Мадрушкент	95	2	0,20
				Тамга — Красный Октябрь	95	2	0,34
				Дальверзин — Кировская	107	2	0,15
				Чалпан-Ата — Красный Ок-тябрь	110	6	0,28
				Теджен — Мары	118	7	0,37
				Каахка — Ашхабад	124	2	0,19
				Пуль-и-Хатум — Кушка	131	2	0,22
				Таласс — Сталинская	155	8	0,28
				Тамынген — Алтын-Мазар	167	3	0,42
				Самарканд — Денау	173	3	0,20
				Коканд — Урсатьевская	180	9	0,43
				Катта-Курган — Каракуль	207	2	0,43
				Иолотань — Кушка	225	12	0,43
				Фергана — Ташкент	233	10	0,25
				Катта-Курган — Дальверзин	261	4	0,26
				Дарган-Ата — Ташауз	233	7	0,40
11. Западная часть Азиатской террито-рии СССР — омская Область							
				Омск, оп. поле (степная) —			
				Омск, оп. поле (лесная)	3	7	0,05
				Омск, аэропорт — Омск, оп. поле (степная)	8	7	0,08
				Омск, аэропорт — Омск, оп. поле (лесная)	10	8	0,10

Пары станций				Пары станций			
	Расстояние в км	Число лет	F _{1,2} в %		Расстояние в км	Число лет	F _{1,2} в %
Емуртинское — Дубровинское	47	2	0,00	13—14 Восточная и юго-восточная часть Азиатской территории СССР			
Устьламенское — Падун	78	2	0,06				
Чернореченское — Падун	85	4	0,12	Хабаровский край			
Омск — Калачинск	85	2	0,08				
Плехановское — Тобольск	92	6	0,14	Спаское — Евгеньевка	3	2	0,04
Чурталинский поселок — Ека- терининский поселок	102	4	0,16	Ворошилов, ст. искрового те- леграфа — Ворошилов, оп. поле	10	2	0,11
Завьялово — Чурталинский по- селок	108	2	0,00	Евгеньевка — Зеньковка	40	4	0,09
Ербаш — Черемховские Юрты	136	3	0,09	Зеньковка — Шмаковка	61	3	0,20
Плехановское — Черноречен- ское	146	4	0,07	Лазо — Малиновка	70	5	0,15
Демьянское — Тобольск	170	7	0,23	Ново-Михайловка — Жура- влевка	78	2	0,24
Красновское — Плехановское	177	2	0,15	Ворошилов — Анучино	86	5	0,24
Нахрачинское — Черемхов- ские Юрты	205	2	0,03	Лазо — Картун	90	5	0,20
12. Центральная и южная часть Азиат- ской территории СССР — Читинская область и Бурят-Монгольская АССР				Шмаковка — Евгеньевка	100	4	0,17
Троицкий — Богдарин	28	2	0,08	Гродеково — Евгеньевка	115	6	0,19
Баунт — Уакит	35	2	0,20	Ворошилов — Гурий Рог	157	3	0,14
Сквородино — Джалнда	47	8	0,26	Усть-Колумбе — Фурманово	157	3	0,09
Дамбуки — Пикан	65	22	0,19	Малиновка — Анучино	187	6	0,21
Ерофей Павлович — Покровка	65	4	0,21	Фурманово — Хорольск	210	3	0,32
Улан-Удэ — Кабанск	75	29	0,21	Ворошилов — Шмаковка	212	4	0,21
Нерчинск — Сретенск	80	7	0,12	Лазо — Богополь	227	6	0,20
Дамбуки — Бомнак	95	15	0,20	Анучино — Лазо	228	5	0,14
Улан-Удэ — Петровский завод	105	21	0,24	Малиновка — Улунга	229	4	0,30
Хилок — Петровский завод	110	15	0,21	Приморский край			
Горбица — Зилово	110	10	0,19				
Хилок — Могзон	115	11	0,17	Владивосток, обсерватория — Владивосток, порт	4	2	0,06
Горбица — Сретенск	137	7	0,26	Краскино — Посьет	30	4	0,12
Бомнак — Пикан	145	16	0,23	Низменный маяк — Маргари- тово	33	3	0,11
Джалнда — Черняево	153	8	0,11	Преображение, бухта — Ва- лентин, бухта	40	3	0,03
Зилово — Могоча	170	8	0,20	Краскино — Гамовский маяк	42	3	0,14
Кяхта — Кабанск	181	22	0,26	Аскольдский маяк — Влади- восток	42	10	0,20
Петровский завод — Кяхта	190	16	0,20	Маргаритово — Ольга	57	7	0,14
Баргузин — Улан-Удэ	225	19	0,20	Богополь — Ветка	60	3	0,23
Борзя — Сретенск	225	16	0,27	Тетюхе — Пластун	61	2	0,20
Борзя — Акша	225	4	0,14	Маргаритово — Фурманово	74	8	0,21
Сретенск — Карымская	235	6	0,08	Владивосток, обсерватория — Посьет	78	4	0,24
Пикан — Сквородино	245	13	0,28	Владивосток, обсерватория — Гамовский маяк	82	3	0,22
Кабанск — Баргузин	260	21	0,21	Поворотный маяк — Скрып- левский маяк	90	3	0,15
Покровка — Нерчинский завод	262	7	0,25	Маргаритово — Богополь	103	8	0,17
Баргузин — Могзон	263	8	0,14	Преображение, бухта — Ольга	142	3	0,15
Баргузин — Петровский завод	265	16	0,24	Поворотный маяк — Низмен- ный маяк	190	12	0,28
Нерчинский завод — Могоча	270	7	0,20	Поворотный маяк — Низмен- ный маяк	190	2	0,17
Кяхта — Аршан	316	8	0,26	Владивосток — Ольга	279	6	0,31
Ерофей Павлович — Пикан	345	14	0,33	Богополь — Владивосток	304	4	0,26
Чита — Петровский завод	350	19	0,26				
Ерофей Павлович — Нерчинск	410	5	0,26				
Чита — Нерчинский завод	420	21	0,28				

К ВОПРОСУ О РАЦИОНАЛЬНОМ РАЗМЕЩЕНИИ СТАНЦИЙ ДЛЯ УЧЕТА ТУМАНОВ

При разработке вопроса об определении рационального расстояния между станциями для учета ряда элементов и явлений нами была сделана попытка определения рационального расстояния и для учета туманов. В первом приближении был поставлен вопрос о частоте туманов; мы исходили из среднего числа дней с туманом за месяц, а для исключения влияния местных условий брали его отношение к соответствующему многолетнему среднему. В случае получения четкого ответа на поставленную задачу, предполагалось перейти к дальнейшему углублению ее — к вопросу о размещении станций, которое обеспечило бы возможность определения путем интерполяции наличия или отсутствия тумана в любой точке территории, в любой момент по факту наличия или отсутствия его на соседних существующих станциях.

Мы применили общую теорию, разработанную О. А. Дроздовым и А. А. Шепелевским, основанную на изучении связи между данными наблюдений станций при различных расстояниях между ними.¹

Поставленное исследование привело к отрицательным результатам: нельзя определить расстояния между станциями, которое обеспечивало бы возможность нахождения путей интерполяции общего числа дней с туманом в любой точке территории, базируясь на месячных данных. Зависимость туманов от расстояния не выявилась. Это объясняется слишком большой изменчивостью туманов, как по территории, так и во времени и слишком большой их зависимостью от местных условий.

Очевидно, процент разлитых туманов, которые, вероятно, могут хорошо коррелироваться и интерполироваться, по сравнению с общим количеством туманов — мал. Поставить же вопрос о разделении туманов на виды мы не имели возможности из-за отсутствия достаточно обширного доброкачественного материала ежедневных наблюдений.

Однако, на местах постановку такой задачи можно рекомендовать. При наличии в некоторых Управлениях ГМС достаточно густой сети станций с доброкачественными наблюдениями, расположенных на различных расстояниях, включая и очень небольшие, могут быть проведены исследования по определению рационального размещения сети станций для учета различных видов тумана. Вопрос сведется к определению зависимости вероятных отклонений разностей числа случаев тумана от расстояния. При этом необходимо будет учитывать время наблюдения тумана (часы) и при наличии тумана на двух станциях — выяснять по ходу всех метеорологических элементов и по синоптической карте, была ли охвачена данная пара станций одним и тем же видом тумана. Для выяснения пригодности выбранных пар станций полезно строить корреляционные графики, откладывая на осях числа дней с туманом по обеим станциям за одни и те же периоды времени и отмечая точки пересечения

¹ Дроздов О. А. и Шепелевский А. А. Теория интерполяции в стохастическом поле метеорологических элементов и ее применение к вопросам метеорологических карт и рационализации сети. Труды НИУ, ГУГМС сер. 1, вып. 13, 1946.

перпендикуляров в соответствующих конечных точках отрезков на осях. При наличии связи между станциями в отношении туманов точки должны группироваться более или менее тесно около некоторой линии.

Целесообразность проведения работы самими Управлениями ГМС диктуется их знанием качества материала и характера местности.

Что касается местностей с изрезанным рельефом, то совершенно очевидно, что для них способ интерполяции туманов не применим, так как превалирующее значение в данном случае имеет не расстояние, а форма рельефа.

Для изучения зависимости тумана от местных условий, кроме постоянных наблюдений, следует проводить временные наблюдения и экспедиции; в местностях с изрезанным рельефом нужно организовать наблюдения в пунктах с типичными формами рельефа в сочетании с различными местными условиями; полученные выводы распространять на аналогичные формы рельефа и аналогичные местные условия, избегая дублирования в организации станций в сходных условиях.

В первую же очередь следует принять реальные меры к улучшению качества наблюдений над туманами; эти наблюдения в настоящее время еще далеко не на высоте.

К ВОПРОСУ О РАЗМЕЩЕНИИ СЕТИ СТАНЦИЙ ДЛЯ УЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВЫ

Планомерно развивающееся народное хозяйство страны предъявляет к Гидрометеорологической службе большие требования, которые должны быть учтены при рациональном размещении сети станций II и III разряда.

Сеть станций необходимо планировать так, чтобы можно было определить значения метеорологических элементов в любой промежуточной точке с определенной, наперед заданной точностью или с наибольшей возможной точностью, если необходимая точность не может быть обеспечена.

О. А. Дроздов в работе [1] дает теоретическое обоснование построения сети станций II разряда. Автор указывает, что знание метеорологических элементов для промежуточных пунктов может осуществляться либо экстраполяцией либо интерполяцией значений метеорологических элементов. Интерполяция точнее, ввиду чего этот метод определения значения метеорологических элементов для промежуточных пунктов и был принят за основу. При линейной интерполяции значений метеорологического элемента по данным двух станций мы рассматривали не ошибки интерполяции абсолютных значений этого элемента, а ошибки интерполяции отклонений их от нормы. Таким способом исключалась систематическая часть невязки, зависящая от микроклиматических условий. При исключении систематической части ошибок интерполяции выключается влияние микроклимата и особенности пространственного распределения средних — нелинейность их изменения, вдоль линии, по которой производится интерполяция.

В работе О. А. Дроздова и А. А. Шепелевского [2] указано, что зависимость от расстояния среднего квадратического отклонения разностей значения метеорологического элемента на двух станциях имеет вид:

$$F_{(\rho_{12})} = \sqrt{[(x_1 - x_2) - (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)]^2},$$

где ρ_{12} — расстояние между станциями, x_1 и x_2 — значения метеорологического элемента, известные нам с некоторой ошибкой, зависящей от неточностей приборов и их установок.

Примеры подобной зависимости приведены на рис. 1.

Между средними квадратическими отклонениями разностей и средней квадратической ошибкой интерполяции, существует функциональная зависимость, выражающаяся уравнением:

$$f_n^2(\rho) = nF^2[(1-n)\rho] + (1-n)F^2(n\rho) - n(1-n)F^2(\rho), \quad (1)$$

$$n = \frac{\rho_{13}}{\rho}, \quad 1-n = \frac{\rho_{23}}{\rho}, \quad \rho = \rho_{13} + \rho_{23}.$$

где f — функция ошибки интерполяции, F — среднее квадратическое отклонение разности, ρ — расстояние между станциями, по которым делается интерполяция, ρ_{13} — расстояние между первой станцией и пунктом, для которого делается интер-

полюция, ρ_2 — расстояние между второй станцией и пунктом интерполяции. Наибольшей величины ошибка интерполяции $f(\rho)$ достигает при интерполяции на середину расстояния между двумя станциями.

Уравнение (1) принимает при этом вид:

$$f^2(\rho) = F^2 \left(\frac{1}{2} \rho \right) - \frac{1}{4} F^2(\rho). \quad (2)$$

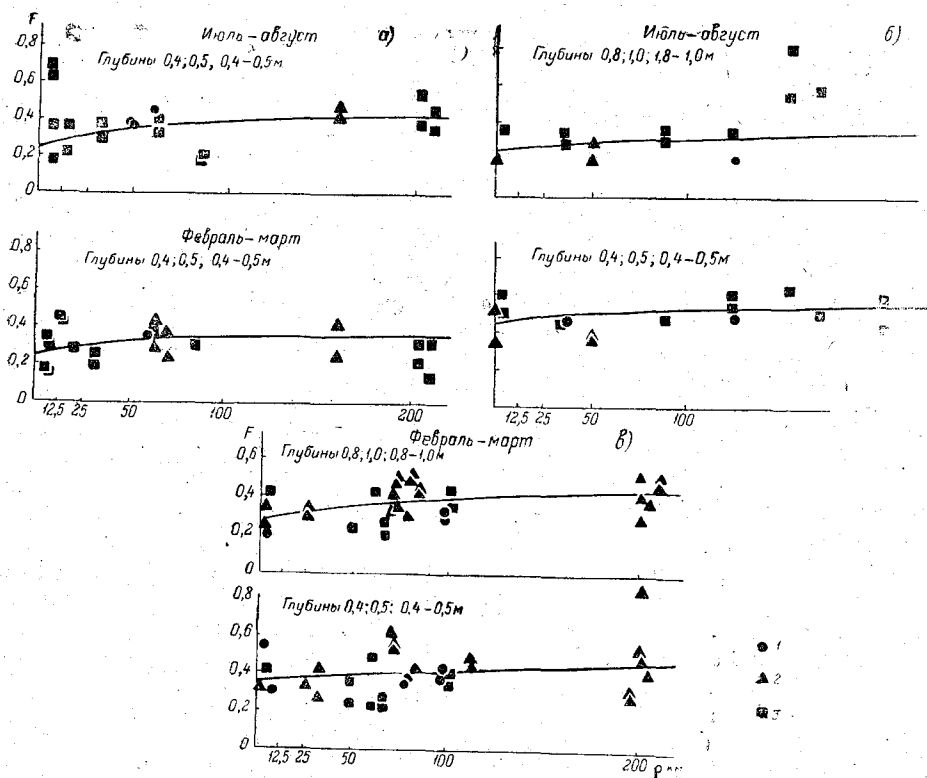


Рис. 1. Вероятные отклонения от средней разности.

α — Ленинградская область, β — центральная часть Европейской территории СССР, γ — Украинская ССР, 1 — однородные почвы, 2 — неоднородные почвы, 3 — не вполне однородные почвы.

Для простоты вычислений мы в своей работе пользовались не средними квадратическими отклонениями разностей, а вероятными отклонениями, вычисленными по формуле Петерса, вида

$$F_{1,2} = 0,85 \frac{\sum_{i=1}^n |x_1 - x_2|}{n},$$

где x_1 и x_2 — значения отклонений от нормы на обеих станциях, n — число лет наблюдений.

Интерполируя какой-либо метеорологический элемент и сравнивая интерполированные значения с наблюдавшимися в действительности, мы не учитываем того факта, что наблюдаемая величина сама определяется с некоторой ошибкой, вследствие чего получающиеся невязки между наблюдаемой и интерполированной величиной больше ошибки интерполяции. Таким образом, невязка интерполяции состоит из ошибки интерполяции и ошибки измерения на интерполируемой станции.

Для определения ошибки интерполяции необходимо исключить из полученной невязки интерполяции ошибку непосредственного определения элемента на третьей станции.

Начальная ордината кривой $\Phi(\rho)$ образована суммой ошибок измерения на опорных и интерполируемой станции; исключая влияние последней, находим:

$$\Phi^2_{\frac{1}{2}}(\rho) = f^2 \frac{1}{2}(\rho) - \frac{1}{2} F^2(0) \quad (3)$$

где $F(0)$ — есть значение начальной ординаты кривой вероятных отклонений разностей.

В табл. 1 и 2 приводим пример вычислений для всех трех кривых.

Таблица 1

Невязка интерполяции

Ленинградская область: февраль — март; глубины 0,4, 0,5, 0,4—0,5 м

км	200	100	50	25	12,5	6,25	0
$F^2(\rho)$	0,36°	0,34°	0,32°	0,29°	0,26°		0,24°
$F^2(\rho)$	0,1296	0,1156	0,1024	0,0841	0,0676		0,0576
$F^2\left(\frac{1}{2}\rho\right)$	0,1156	0,1024	0,0841	0,0676	0,0625		0,0576
$\frac{1}{4} F^2(\rho)$	0,0324	0,0289	0,0256	0,0210	0,0169		0,0144
$F^2\left(\frac{1}{2}\rho\right) - \frac{1}{4} F^2(\rho)$	0,0832	0,0735	0,0585	0,0466	0,0456		0,0432
.	0,29°	0,27°	0,24°	0,22°	0,21°		0,21°

Таблица 2

Действительная ошибка интерполяции

Ленинградская область, февраль—март; глубины 0,4, 0,5, 0,4—0,5 м

км	200	100	50	25	12,5	0
$F^2\left(\frac{1}{2}\rho\right)$	0,0832	0,0735	0,0585	0,0466	0,0456	0,0432
$F^2(0)$	—	—	0,0576	—	—	—
$\frac{1}{2} F^2(0)$	—	—	0,0288	—	—	—
$F^2\left(\frac{1}{2}\rho\right) - \frac{1}{2} F^2(0)$	0,0544	0,0447	0,0297	0,0178	0,0168	0,0144
.	0,23°	0,21°	0,17°	0,13°	0,13°	0,12°

Как указано выше, f — функция ошибки интерполяции, F — вероятное отклонение от средней разности, ρ — расстояние между станциями, по которым делается интерполяция.

Кривые строятся следующим образом: по горизонтальной оси для всех трех кривых откладываем расстояния; по вертикальной оси — для построения первой кривой, кривой вероятных отклонений разностей, откладываем значения вероятных отклонений от средней разности, вычисленные по формуле Петерса.

Для построения второй кривой, кривой невязки интерполяции, вычисленных по формуле (2) берем значения последней графы табл. 1, т. е.

$$\sqrt{F^2\left(\frac{1}{2}\rho\right) - \frac{1}{4} F^2(\rho)}$$

для расстояний соответственно 200, 100, 50, 25, 12,5 и 0 км; для построения третьей кривой, кривой действительной ошибки интерполяции, вычисленной по

формуле (3), откладываем по вертикальной оси для тех же расстояний значения последней графы табл. 2, т. е.

$$\sqrt{f^2 \left(\frac{1}{2} \rho \right) - \frac{1}{2} F^2(0)}$$

Графики строятся для разных глубин: 0,4, 0,5, 0,4—0,5 м и 0,8, 1,0, 0,8—1,0 м (рис. 2).

В этой работе мы поставили себе задачу установить, какой густоты сеть почвенных термометров необходима для того, чтобы можно было путем интерполяции определить температуру почвы в любой промежуточной точке, на любой глубине.

Вопрос о размещении по территории сети станций для учета температуры почвы на разных глубинах до настоящего времени не рассматривался.

При рационализации сети станций для учета температуры почвы, следует иметь в виду освещение двух вопросов: 1) какое минимальное количество установок почвенных термометров необходимо в верхних слоях (до глубины 0,20 м) и 2) какое количество установок необходимо на больших глубинах, где суточные температурные колебания затухают.

Изучение поставленных вопросов было затруднено неполнотой материала.

В распоряжении ГГО не оказалось достаточного количества данных наблюдений за последние годы, ввиду чего пришлось ограничиться материалом прежних лет, который, как известно, также далеко не полон. В работе был использован материал, собранный М. С. Перуновой в ее монографии — «Температура почвы в СССР» (рукопись 1943 г., ГГО).

Ограниченность материала не дала возможности подобрать достаточное число пар станций для всей Европейской территории СССР. Рассмотрению подверглись лишь 3 района: Украинская ССР (за теплый и холодный период), Ленинградская

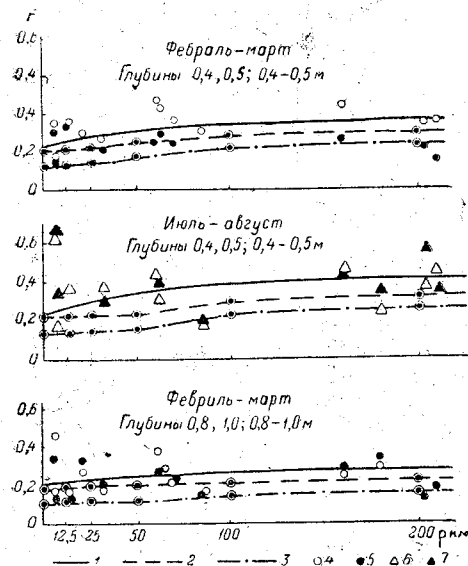


Рис. 2. Зависимости от расстояния вероятных отклонений разностей невязок и ошибок интерполяции отклонений от норм средних месячных температур почвы. Ленинградская область.

1 — кривые вероятных отклонений разностей, 2 — кривые невязок интерполяции 3 — кривые действительных ошибок интерполяции, 4 — февраль, 5 — март, 6 — июль 7 — август.

область (за теплый и холодный период) и группа станций Московской, Ивановской, Ярославской, Горьковской, Курской, Воронежской и Тамбовской областей (за теплый период).

Кривые для последней группы за холодный период не проводились из-за большого разброса точек, обусловленного, повидимому, или неудовлетворительным состоянием снежного покрова у почвенных термометров, или малым числом лет наблюдений.

Возможно, что здесь сказалось также влияние различия в увлажнении почвы на станции и повышенного уровня грунтовых вод, менее заметного в месяцы теплой части года (рис. 3 и табл. 3).

Азиатская территория СССР не рассматривалась из-за недостаточности материала.

В связи с отсутствием материалов за последние годы, пришлось отказаться от попытки определить размещения почвенных установок в верхних слоях почвы (до 0,2 м), так как на этих глубинах наблюдения раньше производились по вытяжным термометрам, которые для малых глубин дают мало надежные показания.

Таблица 3

Вероятные отклонения от средней разности F

Центральная часть Европейской территории СССР

Пары станций, характеристика почвы и грунта	Расстояние, в км	Глубины, в м	F		Число лет	
			Зима	Лето	Зима	Лето
Орел, древесный питомник — Шатиловская, оп. — станция (новый и старый участок)	88	0,4—0,5	1,22	0,63	10	8
Почва — глинистая — Почва — чернозем						
Каменная степь № 4 — Каменная степь № 2	0	0,5	0,68	0,49	6	5
Почва — черноземная, грунт — желто-бурая глина, грунтовые воды стоят на глубине 6—9 м — Почва — черноземная, подпочва — глинистая						
Рыбинск — Мышкин	35	0,4	0,15	0,13	4	4
Почва — на глубине 0,2 м — перегной, на 0,4—0,8 м — легкий суглинок, на 1,6 м — песок — Почва — до 10 см — дерновина, ниже — прослойка подзола, еще ниже, до 58 см, — суглинок, далее — слой глины						
Успенская с.-х. школа — Никольское (горушки)	125	0,4—0,5	0,70	0,66	4	4
Почва — тяжелая глина, на глубине 0,8 м перемешана с галькой — Верхний слой почвы — глина						
Москва, обсерватория — Оршанская дача	154	0,5	0,31	0,21	9	10
Почва — до 50 см — подзолистый суглинок, переходящий на глубине 2,0 м в подпочву, состоящую из красной глины — Почва — зыбкая, моховое болото						
Шиповская дача — Конь-Колодезь	170	0,5	0,33	—	8	
Почва — глинистая, лесная земля; подпочва — тяжелая бурая глина — Почва — песчаный чернозем						
Чакино, серия 1а — Елецкое оп. поле	217	0,4	0,56	0,26	7	7
Почва до 70 см — черноземная, ниже — глинистая — Почва — выщелоченный чернозем						

Подбор пар станций был часто затруднен несовпадением глубин, на которых производились наблюдения на соседних станциях, и малыми периодами лет наблюдений.

Предполагалось использовать ряды не менее десятилетней длительности, но фактически от этого пришлось отказаться, и в отдельных случаях использованы периоды и в 4—5 лет.

Особенно часто это имело место для Ленинградской области. Хотя по температуре почвы можно ограничиться меньшим числом лет наблюдений, чем в отношении температуры воздуха, ввиду меньшей изменчивости температуры в почве, но, как выяснилось в процессе работы, период 4—5 лет оказался слишком малым.

Разброс точек вокруг кривой F_p в теплый и холодный периоды велик, особенно на глубинах 0,4—0,5 м, где еще в значительной степени сказывается влияние подстилающей поверхности.

Для теплого и холодного периода для различных глубин взяты месяцы наиболее высоких и наиболее низких температур с тем, чтобы для каждой глубины изучить условия интерполяции и экстраполяции.

Так, для глубин от 0,4 до 1,0 м для холодного периода взяты февраль и март, для теплого периода — июль и август. Для больших глубин, где наступления наибольшей и наименьшей температуры с глубиной постепенно запаздывают, для теплого периода взяты август и сентябрь, для холодного — март и апрель. К сожалению, из-за малого количества точек, кривые для больших глубин построить не удалось.

Установки подбирались по возможности с естественной подстилающей поверхностью. С целью увеличения числа пар станций нами была сделана попытка комбинирования мало различающихся глубин, например, 0,4 м по одной станции и 0,5 м — по другой.

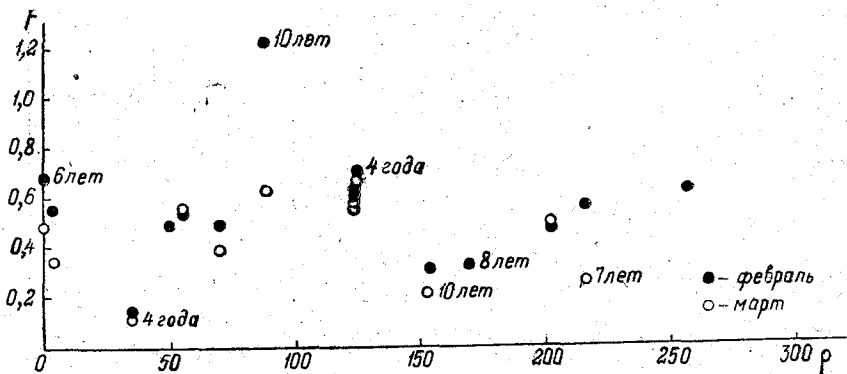


Рис. 3. Вероятные отклонения от средней разности. Центральная часть Европейской территории СССР.

При анализе выяснилось, что такими величинами можно вполне пользоваться, так как получающаяся от этого ошибка сравнительно невелика. Гораздо большее влияние оказывает различие в подстилающей поверхности, в степени увлажнения почвы и в ее составе. Так, летом высота растительного покрова влияет не только на температуру поверхности почвы, но и на температуру более глубоких слоев. Степень нагревания почвы и скорость передачи тепла вглубь зависит от физических свойств почвы и различна для различных ее видов (суглинок, глина, песок, чернозем).

Как выяснилось в процессе работы, наибольшая изменчивость разностей температуры при заданном расстоянии получается при большой разнице в увлажнении почвы и в уровне грунтовых вод на станциях, входящих в пары. Рассмотрим некоторые примеры (см. рис. 1).

1) Пара станций: Николаевское — Замощье, болотная; февраль—март; глубина — 0,4—0,5 м; расстояние между станциями — 14 км; $F=0,45$ для февраля и 0,44 — для марта (значительно выше среднего — 0,26). Почва на ст. Николаевское — легкий суглинок, переходящий дальше, до глубины 1,6 м в средний суглинок на первых 18 см — слабо оподзоленная; подпочва — известковая глина. На ст. Замощье, болотная — почва торфянистая, грунтовые воды стоят близко к поверхности.

2) Пара станций: Ленинград, ГГО (естественная поверхность) — Ленинград, Лесной институт (новый участок, естественная поверхность); июль — август; глубина — 0,4 м; расстояние — 7 км; $F=0,62$ для июля и 0,68 — для августа (значительно выше среднего — 0,25). Почва на ст. Ленинград, ГГО до 20 см — дернистая, на глубине 35 см — песок, затем суглинок и тяжелая глина. На ст. Ленинград, Лесной

институт почва состоит из кварцевого песка (здесь сказывается различие в глубине залегания грунтовых вод).

3) Пара станций: Москва, обсерватория — Оршанская дача; июль — август; глубина — 1,0 м; расстояние — 154 км; $F=0,79$ для июля и 0,53 — для августа. Среднее значение F для данного расстояния — 0,32.

Почва на ст. Москва, обсерватория до 50 см — подзолистый суглинок, переходящий с 2,0 м в подпочву, состоящую из красной глины. На ст. Оршанская дача, почва зыбкая — моховое болото.

4) Пара станций: Нежин — Щастновка; февраль — март; глубина — 0,4—0,5 м; расстояние — 48 км; $F=0,24$ для февраля и 0,96 — для марта. Среднее значение F для данного расстояния — 0,35. Почва на ст. Нежин — насыпная, поверхностный слой состоит из чернозема, затем, до 0,3 м — щебень, а под ним вновь чернозем. Весной грунтовые воды в отдельные годы поднимаются на глубину до 35 см от поверхности земли. На ст. Щастновка почва до 50 см — суглинистый чернозем, ниже — суглинок. Резкое увеличение ошибки экстраполяции в марте по сравнению с февралем связано, очевидно, с повышением уровня грунтовых вод в Нежине в период таяния снега.

На некоторых парах станций Ленинградской области с неоднородным характером почвы и с малым периодом лет наблюдений, значение $F(\rho)$ много меньше среднего для данного расстояния, например:

1) Кингисепп — Белогорка (расстояние 85 км, период наблюдений 5 лет; $F=0,17$ для июля и 0,19 — для августа; глубина 0,4 м).

2) Слуцк (естественная поверхность) — Парфинская лесная школа (расстояние 203 км; период наблюдений 5 лет; $F=0,14$ для февраля и 0,14 — для марта; глубина 0,8 м).

3) Пушкин — Парфинская лесная школа (расстояние 210 км; период наблюдений 5 лет; $F=0,19$ для февраля; глубина 0,8—(1,0 м.)

Это указывает на то, что изменчивость температуры почвы часто не зависит от характера почвы, а лишь от ее увлажнения и изменчивости погодных условий.

Рассмотрение приведенных выше материалов может привести к выводу, что различия в составе почвы сами по себе несущественно влияют на ее температуру. Однако не следует забывать, что мы исключали систематическую часть, обусловленную климатическими различиями в средних значениях температуры почвы на станциях, оставляя лишь влияние вариаций погодного режима. В действительности влияние физических свойств почвы (структура, влажность, плотность, цвет), сказываясь на альбедо, теплопроводности, теплоемкости и потере тепла на испарение, вызывает систематические различия, с одной стороны, в средней температуре почвы, а с другой, — в изменчивости температуры почвы на заданной глубине. Однако как первые, так и вторые, при отсутствии резких различий в режиме увлажнения, оказываются не очень существенными, что видно из того, что М. С. Перуновой удалось для всей Европейской территории СССР, не взирая на различие почв, провести изогеотермы, не обнаружившие значительных скачков в местах смены почв, а нам — построить зависимость изменчивости разностей температуры почвы от расстояния, причем различные по составу почвы дали в подавляющем числе случаев тот же порядок изменчивости, что и одинаковые. Решающими, однако, являлись различия в режиме увлажнения.

Переходим к рассмотрению результатов, полученных нами на основе построения и анализа указанных кривых.

Кривые $F(\rho)$ за теплый и холодный периоды для глубин 0,4, 0,5, 0,4—0,5 м и 0,8, 1,0 и 0,8—1,0 м по Ленинградской области, центральной части Европейской территории Союза и Украинской ССР близки к прямой линии, слабо разнятся по углу наклона к оси расстояний, но отличаются друг от друга по значению начальной ординаты. По центральной части Европейской территории СССР значение начальной ординаты для глубин 0,4, 0,5 и 0,4—0,5 м для июля и августа составляют $0,4^\circ$ для глубин 0,8, 1,0 и 0,8—1,0 м — $0,2^\circ$ (рис. 4 а). По Ленинградской области для глубин 0,4, 0,5 и 0,4—0,5 м — $0,2^\circ$ (см. рис. 4).

По Украинской ССР 0,4, 0,5 и 0,4—0,5 м—0,5°, для 0,8, 1,0, и 0,8—1,0 м—0,4° (см. рис. 4 б).

Кривые невязок интерполяции по сравнению с кривыми вероятных отклонений разностей более пологие и с увеличением расстояния между станциями непрерывно удаляются от кривой невязок интерполяции, так как невязки интерполяции с расстоянием растут медленнее, чем отклонения. Значения начальных ординат кривых невязок несколько меньше, чем кривых вероятных отклонений разностей.

Разности между значениями действительных ошибок интерполяции и значениями невязок интерполяции на малых расстояниях несколько больше, чем на больших, так как с увеличением расстояния невязка, зависящая от неточности измерения данных исходных станций, уменьшается.

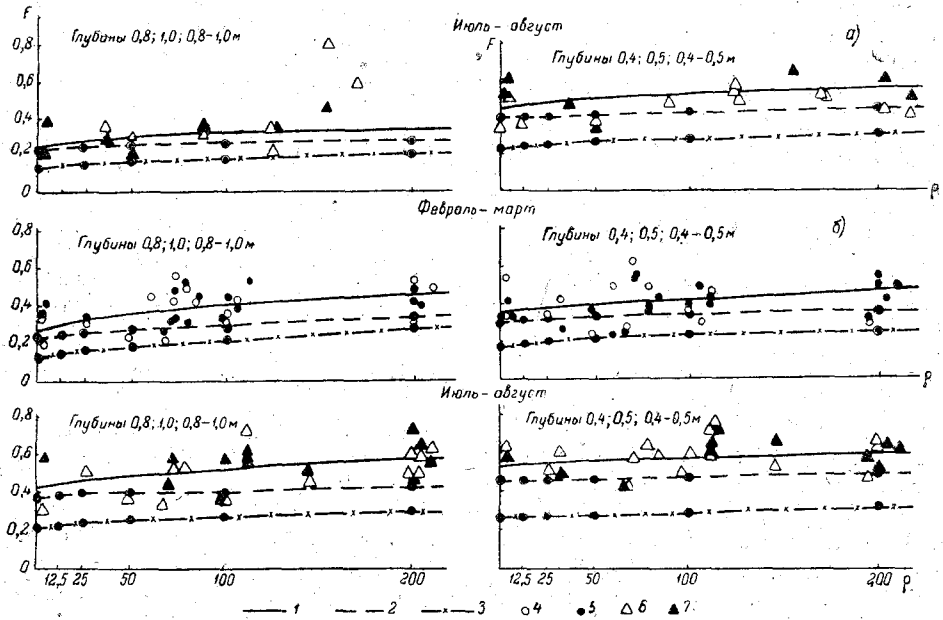


Рис. 4. Зависимость от расстояния вероятных отклонений разностей невязок и ошибок интерполяции от нормы средних месячных температур почвы.

а — центральная часть Европейской территории СССР, б — Украинская ССР.

Усл. обозначения см. рис. 2.

Значения невязок и ошибок интерполяции по центральной части Европейской территории СССР в теплый период отличаются от соответствующих значений, по Украинской ССР, особенно для глубин 0,8, 1,0 и 0,8—1,0 м, где они достигают для действительных ошибок интерполяции 0,1°, для невязок интерполяции — 0,2° (табл. 4,5,6,7).

Таблица 4

Значения невязки интерполяции (в градусах) за июль — август

Украинская ССР

Глубины, в м	Расстояние, в км					
	200	100	50	25	12,5	0
0,4; 0,5; 0,4—0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0,8; 1,0; 0,8—1,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Таблица 5

Значения действительной ошибки интерполяции (в градусах) за июль — август
Украинская ССР

Глубины, в м	Расстояние, в км					
	200	100	50	25	12,5	0
0,4; 0,5; 0,4—0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
0,8; 1,0; 0,8—1,0	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2

Таблица 6

Значения невязки интерполяции (в градусах) за июль — август
Центральная часть Европейской территории СССР

Глубины, в м	Расстояние, в км					
	200	100	50	25	12,5	0
0,4; 0,5; 0,4—0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
0,8; 1,0; 0,8—1,0	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Таблица 7

Значения действительной ошибки интерполяции (в градусах) за июль — август
Центральная часть Европейской территории СССР

Глубины, в м	Расстояние, в км					
	200	100	50	25	12,5	0
0,4; 0,5; 0,4—0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
0,8; 1,0; 0,8—1,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1

Для глубин 0,4, 0,5 и 0,4—0,5 м эти различия менее заметны и разность между невязками и ошибками интерполяции на нулевом расстоянии равна $0,1^\circ$.

Увеличение действительной ошибки интерполяции по Украинской ССР по сравнению с центральной частью Европейской территории СССР указывает на то, что станции, взятые для центральной части, находятся в более однородных климатических условиях. По Украине же, где нами не были разделены станции южной и северной части территории, на увеличении ошибки сказался более интенсивный солнечный нагрев, характер почвы, влияние степной растительности, а также характер летних ливневых осадков более южных станций.

Кривые $F(\rho)$ за холодные месяцы (февраль и март) по Украине и Ленинградской области также близки к прямой, как и за теплые месяцы, но ошибки и невязки интерполяции значительно меньше. Наибольшие вероятные отклонения от средней разности в теплый и холодный периоды получаются на Украине, где они достигают $0,5^\circ$ на нулевом расстоянии на глубине 0,4, 0,5 и 0,4—0,5 м в июле и августе и $0,4^\circ$ — в феврале и марте (табл. 8,9). Рост этой ошибки с увеличением расстояния незначителен. Наименьшие вероятные отклонения мы наблюдаем

по Ленинградской области. Следует отметить, что здесь в теплый и холодный периоды вероятные отклонения от средней разности отличаются мало. По Ленинградской области действительная ошибка интерполяции и вероятные отклонения от средней разности значительно меньше, чем по центральной части Европейской территории СССР и Украине. Это объясняется тем, что в Ленинградской области, расположенной на границе областей тайги и смешанных лесов, климат более умеренный, облачность больше и характер почв более однороден — подзолистые, глинистые, суглинистые, хотя часто встречаются и заболоченные почвы.

Таблица 8

Вероятные ошибки интерполяции (в градусах) за июль — август

Район	Глубины, в м	Расстояние, в км									
		0	10	12	15	20	25	50	100	200	
Украинская ССР	0,4; 0,5; 0,4—0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Центральная часть Европейской территории СССР	0,4; 0,5; 0,4—0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6
Украинская ССР	0,8; 1,0; 0,8—1,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6
Центральная часть Европейской территории СССР	0,8; 1,0; 0,8—1,0	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Ленинградская область	0,4; 0,5; 0,4—0,5	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4

Таблица 9

Вероятные ошибки интерполяции (в градусах) за февраль — март

Район	Глубины, в м	Расстояние, в км									
		0	10	12	15	20	25	50	100	200	
Украинская ССР	0,4; 0,5; 0,4—0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5
	0,8; 1,0; 0,8—1,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
Ленинградская область	0,4; 0,5; 0,4—0,5	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
	0,8; 1,0; 0,8—1,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3

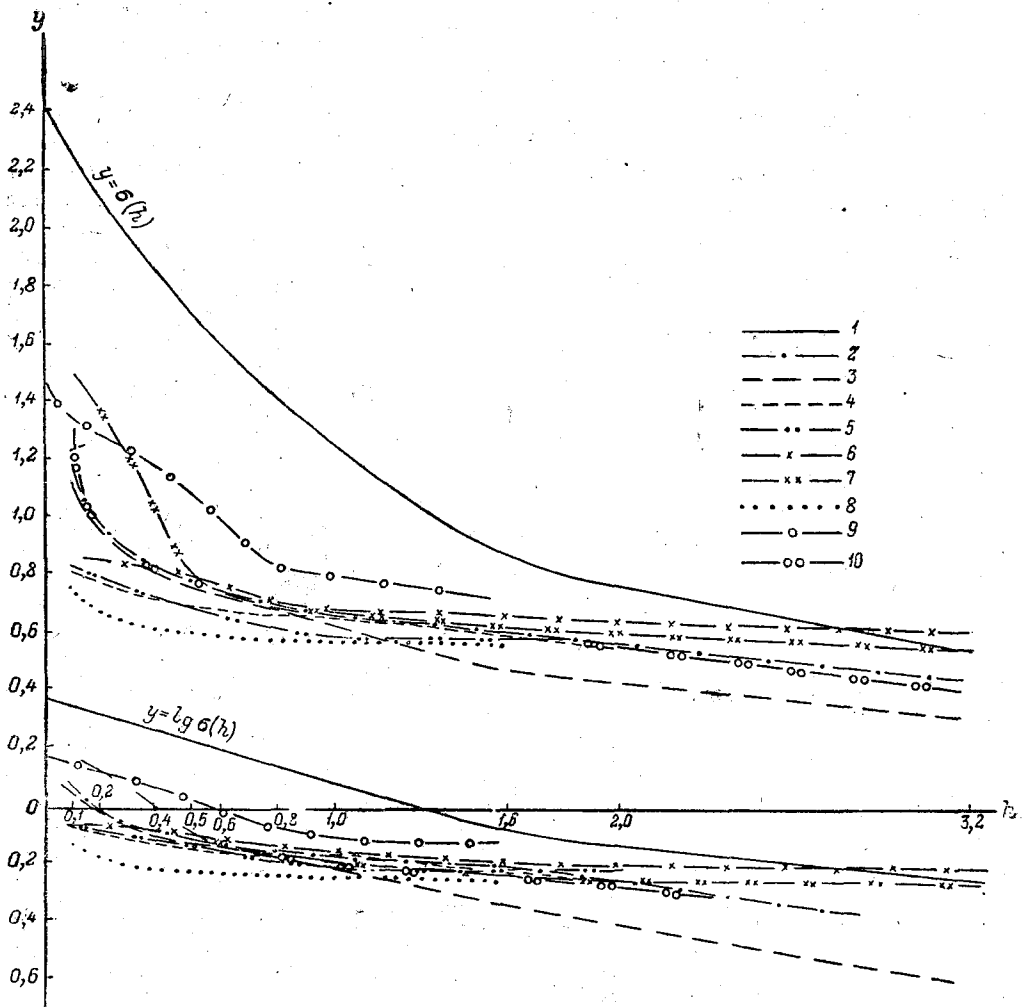
В центральной части Европейской территории СССР и Украинской ССР климат отличается большей континентальностью, характер почв менее однороден: почвы подзолистые, песчаные, супесчаные и черноземные — в центральной части Европейской территории СССР, серые лесные почвы лесостепья — на севере Украины, среднегумусные черноземы — в ее средней части и мало гумусные черноземы — на юге Украины.

На основании просмотренного нами материала можно считать, что рациональные расстояния между станциями, обеспечивающие интерполяцию с наиболее возможной точностью (0,2—0,3° по среднемесячным данным для температуры почвы), порядка 150—200 км.

Дальнейшее сближение станций нерационально, так как изменение действительной ошибки интерполяции с изменением расстояния до 100 км по Украине и центральной части Европейской территории СССР незначительно и колеблется для теплого и холодного периода, для глубин от 0,4 до 1,0 м, от 0,0° до 0,1°.

Рост ошибок и невязок интерполяции по всем областям при изменении расстояния от 100 до 200 км также мал и колеблется от $0,0^\circ$ до $0,1^\circ$.

Хотя нами исследованы только 3 района, находящиеся в пределах Европейской территории СССР, но ввиду довольно значительных различий в климатическом режиме крайних из них, пока нет основания считать, что для других частей СССР потребуется более густая сеть станций по учету температуры почвы.



ис. 5. Средние квадратические отклонения температуры почвы на различных глубинах — Свердловск (оголенная поверхность); июль; 2 — Москва, Межевой институт; август, сентябрь; глубина 2 м; 3 — Москва, Межевой институт; февраль; 4 — Брянское оп. лесничество; июль, август, сентябрь; глубина 0,1—0,5, 1,0, 2 м; 5 — Брянское оп. лесничество; июль; 6 — Вышний Волочек; июль; 7 — Безенчук; август; — Алексеевская; июль; 9 — Ленинград, Лесной институт (естественная поверхность, новый участок), август; 10 — Москва, Межевой институт; август.

Это, однако, отнюдь не исключает необходимости проверки этого положения в конкретных материалах наблюдений в местных геофизических обсерваториях.

В настоящем исследовании мы, к сожалению, за отсутствием данных, не всегда имели возможность учитывать в достаточной степени характер почвенных разрезов и степень увлажнения почвы.

Между тем, оба эти фактора, особенно степень увлажнения почвы, имеют очень существенное значение при изучении температуры почвы и должны учитываться при проектировании рационального размещения почвенных установок.

В ближайшее время необходимо поручить местным обсерваториям провести специальные исследования для установления влияния различного характера почв и степени их увлажнения на температуру почвы.

Точность определения температуры почвы на уровнях между термометрами

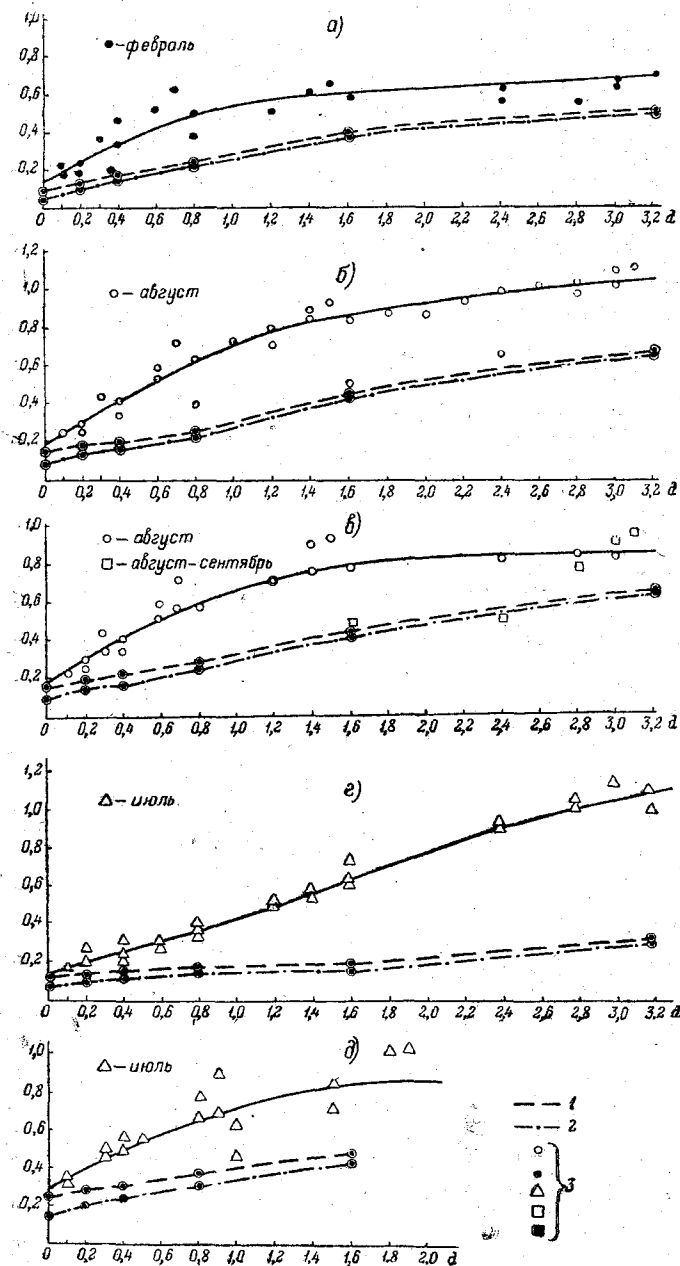


Рис. 6.

1 — невязки интерполяции, 2 — ошибки интерполяции, 3 — невязки экстраполяции (в единицах δ), а, б, в — Москва, Межевой институт, г — Свердловск (оголенная поверхность), д — Брянское оп. лесничество.

Вопрос о рациональной постановке наблюдений над температурой почвы был решен не полностью, если не выяснить вопроса о наиболее рациональном размещении термометров по глубинам. Принятая в настоящее время система установки термометров по глубинам, возрастающим в геометрической прогрессии, должна быть пересмотрена и интервалы глубин уточнены на основании материала наблюдений.

Почвоведы уже давно критиковали способы установки термометров, принятые на сети станций. Например, Н. А. Качинский считал, что термометры следует устанавливать по естественным почвенным горизонтам. Это имеет свои основания. Каков бы ни был закон распределения температуры с глубиной, Пуассоновский или более сложный, но на границе двух почвенных слоев различного состава и плотности этот закон должен претерпевать разрыв. Вряд ли, однако, установка термометров по почвенным горизонтам сама по себе может существенно улучшить дело. Мы уже указывали, что наиболее существенно на распределение температуры почвы влияет не механический или хими-

ческий ее состав, а влажность, которая может существенно меняться с глубиной в пределах даже одного почвенного горизонта. В настоящей статье не дается полного решения указанного вопроса для территории СССР, а только производится попытка разработки подхода к указанному вопросу. За основу исследования взяты

редние месячные величины по годам из наблюдений 7 станций, уже использованных в предыдущей части работы, расположенных в довольно различных почвенных климатических условиях Европейской территории СССР. Станции эти следующие:

- 1) Ленинград — Лесной институт (новый участок), 2) Вышний Волочек, 3) Москва, 4) Бездновское оп. лесничество и 5) Свердловск (оголенная поверхность).

Для оценки возможности интерполяции температуры по глубинам следует прежде всего изучить каким образом изменяется амплитуда температурных колебаний с глубиной. Для характеристики температуры мы воспользовались средними квадратическими отклонениями (изменчивостью) месячных средних температур, вычисленными за период наиболее высоких температур (июль или август), по Москве и за месяц наиболее низких температур — февраль.

Данные всех семи станций показали одно и то же: хотя амплитуда температурных колебаний с глубиной уменьшается, но затухание на глубине происходит медленнее, чем это имело бы место в случае однородной почвы. Таким образом, теплопроводность почвы на глубине оказывается лучше, чем у поверхности, что очевидно связано с увеличением влажности, а частично и с увеличением плотности нижележащих почвенных слоев. Теоретический расчет кривой затухания при этих условиях пока практически невозможен, но после серии измерений можно приближенно рассчитать изменение амплитуды температурных колебаний с глубиной, на базе чего можно научно правильно производить интерполяцию температуры по глубинам (рис. 5).

Для оценки точности интерполяции все данные приводились к одной амплитуде для всех глубин, характеризуемой значением дисперсии температур почвы относительно средней или равной 1.

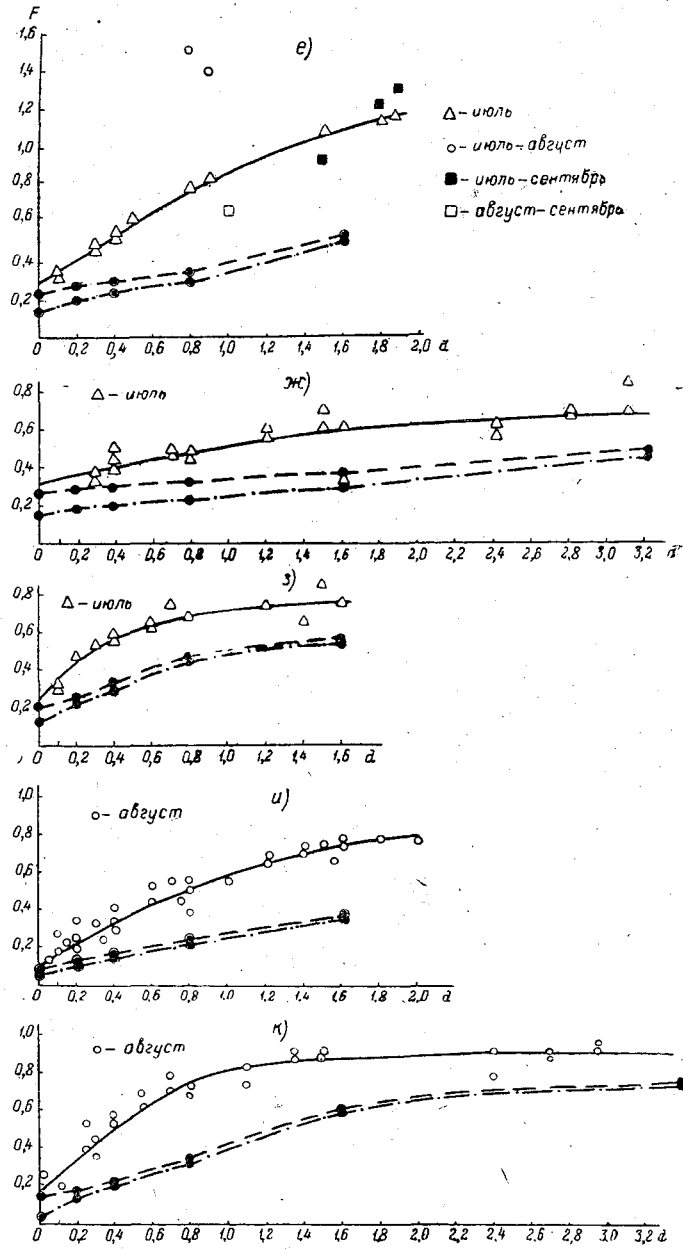


Рис. 6. e — Брянское оп. лесничество, ж — Вышний Волочек, з — Алексеевская, и — Ленинград, Лесной институт, к — Бездновское.

После этого составлялась функция $F(d)$, где d означает разность глубин. Значения средних разностей почвенных температур, после указанных преобразований в функции разностей глубин, легли довольно точно на кривую $F(d)$, что позволило для всех 7 станций вычислить $f(d)$ и $\varphi(d)$, характеризующие ошибки и невязки интерполяции (рис. 6).

Кривые отклонений $F(d)$ имеют вид парабол. Для отдельных станций они различаются по характеру изогнутости кривой. Ввиду различной степени зависимости ошибок интерполяции от глубины в разные сезоны, кривые $F(d)$ летних месяцев более выпуклы, чем зимних (см. рис. 6 а, б, в).

Относительная погрешность интерполяции в холодный период меньше, чем в теплый. Так например, на станции Москва, Межевой институт в феврале ошибка интерполяции в единицах σ на глубинах от 0,0 до 3,2 м равна:

d , в м	0,0	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2
$f(d)$	0,05	0,10	0,15	0,22	0,38	0,48

На той же станции в августе, на тех же глубинах:

d , в м	0,0	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2
$f(d)$	0,09	0,13	0,16	0,23	0,44	0,67

На всех станциях для малых разностей глубин наблюдается быстрый рост относительной погрешности, при больших же разностях этот рост замедляется, начиная с $d=1,5$ м, и в дальнейшем почти прекращается. На станции Свердловск, однако, интенсивный рост $F(d)$ продолжается до глубины 3 м, что связано с большей интенсивностью температурных колебаний под оголенной почвой и большой теплопроводностью самой почвы (искусственной), заполненной обломками камня.

Таким образом, оказалось, что относительная погрешность интерполяции и экстраполяции температуры почвы по глубинам, в основном, есть функция лишь разности глубин, что заставляет коренным образом пересмотреть вопрос об установке почвенных термометров. Для большей наглядности для 2-х станций по данным $F(d)$ вычислена зависимость коэффициента корреляции между средними месячными температурами почвы от разности глубин. Оказалось, что эта зависимость в обоих случаях почти линейна, причем, значения коэффициентов корреляции (r) для обеих станций при одинаковых разностях глубин мало различаются между собой. Приводим следующие значения $r(d)$ (рис. 7):

d , в см	0	20	40	80	160	320
Москва (август)	0,96	0,92	0,83	0,65	0,37	-0,25
Свердловск (июль)	0,98	0,96	0,93	0,85	0,49	-0,30

Более высокие значения r для Свердловска объясняются отмеченными выше особенностями искусственной почвы в месте установки термометров. При просмотре данных приведенной выше таблицы, естественно возникает вопрос: нельзя ли уточнить распределение температуры по глубинам, если учесть запаздывание в проникновении температурных колебаний с глубиной. Поскольку мы оперировали месячными данными, можно было лишь грубо учесть запаздывание в тех случаях, когда оно достигало 1—2 месяцев. Приводим сравнительные данные результатов интерполяции по глубинам по ст. Брянское опытное лесничество без учета и с учетом запаздывания фаз температурных колебаний с глубиной:

d , в м	0,0	0,2	0,4	0,8	1,6
$f(d)$ без учета запаздывания .	0,14	0,20	0,24	0,31	0,44
$f(d)$ с учетом запаздывания .	0,14	0,19	0,24	0,30	0,51

Как видно из этих данных, грубый учет запаздывания фаз температурных колебаний с глубиной не дает существенного уточнения, а в отдельных случаях

аже ухудшает результат, что подтверждается аналогичными расчетами по станции Юскава, Межевой институт.

До сих пор мы оперировали с относительными погрешностями, однако, в связи уменьшением амплитуд температурных колебаний с глубиной абсолютные погрешности там будут меньше.

На рис. 8 даны изоплеты шибок экстраполяции температуры почвы в зависимости от разности глубин и глубины верхнего из сравниваемых термометров. В рассматриваемом примере как этом, так и зимой при углублении на 1,5 м ошибка уменьшается приблизительно вдвое.

На основании настоящей работы можно сделать следующие выводы для практического размещения термометров по глубинам. Если структура и влажность почвы известны и теплопроводность ее вычислена, то изменение амплитуды с глубиной легко подсчитывается на

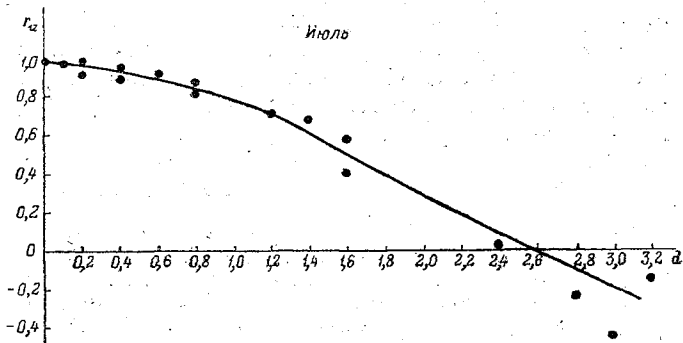


Рис. 7. Зависимость коэффициента корреляции от разности глубин. Свердловск (оголенная поверхность).

основании теоретических соображений. При этих условиях не имеет смысла ставить термометры по глубинам ближе, чем определяется точность самих измерений. Из рис. 6 видно, что точность интерполяции соответствует точности измерений температуры при разностях глубин в 20—30 см и лишь в отдельных случаях (главным образом на песчаных почвах) в 10 см. Более близкое расположение по глубинам постоянно работающих термометров себя не оправдывает. Для эмпирического расчета амплитуд достаточно установить термометры на промежуточных глубинах временно, например на 1 год. На глубинах более 0,8 м, где особенно детальный учет температурных колебаний большого интереса не представляет, термометры могут быть оставлены на старых глубинах, но при исследовательских работах следует учитывать

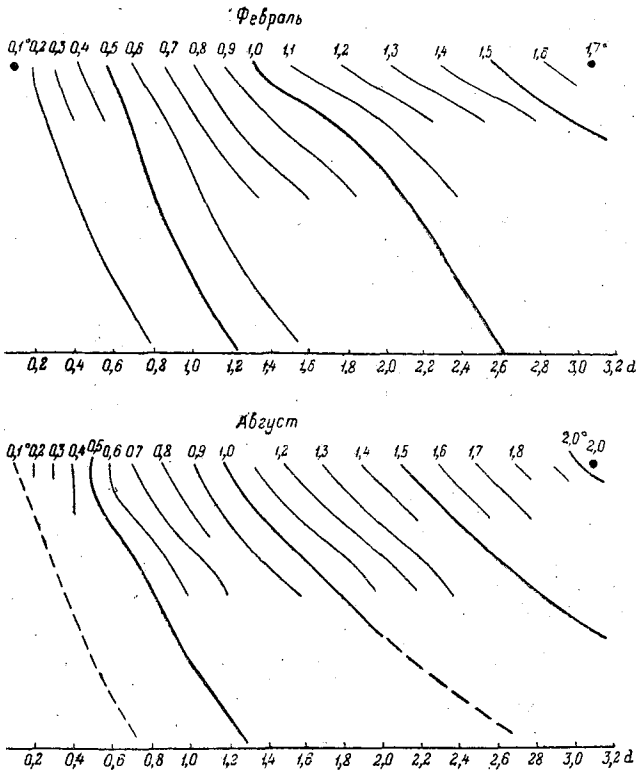


Рис. 8. Москва, Межевой Институт.

лучающиеся при этом понижения относительной точности измерений.

Представляет интерес то обстоятельство, что во многих исследованных нами случаях данные термометров, установленных на поверхности почвы, увязывались

с температурными колебаниями в почве и были полезны при интерполяции в Свердловске и Ленинграде, однако, амплитуды колебаний температуры на поверхности почвы оказались меньшими, чем на малых глубинах, что можно отнести исключительно за счет неудовлетворительной установки поверхностных термометров. Возможно, что лучшие результаты дала бы экстраполяция температуры почвы от малых глубин на поверхность.

Выявилось очень большое влияние влажности почвы на режим температуры в связи с чем следует в ближайшее время разработать методику стационарных измерений и начать систематические измерения послойной влажности почвы параллельно с температурой.

ЛИТЕРАТУРА

- ✓ 1. Дроздов О. А. Метод построения сети метеорологических станций в равнинной местности. Труды ГГО, вып. 12, 1936.
- ✓ 2. Дроздов О. А. и Шепелевский А. А. Теория интерполяции в стохастическом поле метеорологических элементов и ее применение к вопросам метеорологических карт и рационализации сети. Труды НИУ ГУГМС СССР, сер. 1, вып. 13 1946.
3. Ваннари П. И. О температуре почвы в некоторых местностях Российской империи. Записки Ак. Наук, сер. 8, т. 5, № 7, 1897.

О РАЦИОНАЛЬНОМ РАЗМЕЩЕНИИ СЕТИ АЭРОЛОГИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Все возрастающая потребность в аэрологических данных заставляет особенно серьезно отнестись к вопросу рационализации аэрологической сети. В настоящее время сеть аэрологических станций недостаточно густа, но дальнейшее сгущение должно быть рациональным и научно обоснованным. Для решения вопроса о том, на каком расстоянии друг от друга должны быть расположены станции аэрологической сети, необходимо знать какой точности данные о том или ином метеэлементе нужны потребителям. Это нелегко установить, во-первых, потому, что потребителей много и у каждого свои запросы, во-вторых, не всякий потребитель может четко сформулировать какая точность ему нужна. Существуют и такие потребители, требования которых не могут быть удовлетворены в силу недостаточной точности аэрологических измерений. Так, например, прогноз погоды по методу проф. И. А. Кибеля требует повышения точности аэрологических приборов.

В силу указанных причин вопрос о рациональном размещении станций аэрологической сети целесообразнее поставить иначе, а именно: установить предельную плотность сети, т. е. найти то предельное расстояние между станциями, сокращение которого не внесет существенных уточнений в аэрологические характеристики атмосферы.

При такой постановке вопроса нужно прежде всего знать достижимую точность аэрологических наблюдений. Предел этой точности будет определять предельную плотность сети станций.

Точность аэрологических измерений определяется не только степенью совершенства метода измерения, но и изменчивостью измеряемого метеэлемента как во времени, так и в пространстве, так как аэрологические приборы дают осредненные данные о метеэлементах не только за какой-то промежуток времени, но и на некотором участке пространства. Точность измерения метеэлемента в свободной атмосфере иногда зависит от состояния самого метеэлемента во время его измерения, например, направление слабого ветра может быть определено менее точно, чем направление сильного ветра. Все это осложняет определение точности аэрологических наблюдений.

Совершенно очевидно, что каждый измеряемый метеэлемент имеет свои особенности как в смысле его устойчивости, так и точности его измерения. Аэрологическая сеть получает данные об атмосферном давлении, температуре, относительной влажности и ветре в свободной атмосфере; каждый из этих метеэлементов для определения его с заданной точностью, над какой-то территорией, требует различной плотности сети, следовательно, нужно найти радиус действия наблюдений для каждого из этих метеэлементов в отдельности.

При разработке методики рационализации метеорологической сети вопрос о размещении барометрических станций стоял на последнем месте, так как установлено, что в сравнении с другими метеэлементами атмосферное давление отличается малой изменчивостью и большой закономерностью распределения в пространстве. Это положение можно считать правильным применительно к свободной

атмосфере, и определять густоту аэрологической сети, исходя из точности измерения давления, не следует. При самолетных и радиозондовых подъемах, одновременно с атмосферным давлением регистрируется температура и влажность. Относительная влажность не может служить критерием для определения радиуса действия самолетного или радиозондирования атмосферы, вследствие неточности ее измерения. Следовательно, в качестве такого критерия должна быть выбрана температура. Второй метэlement, требующий отдельного рассмотрения, — ветер.

Таким образом, для определения наиболее рационального расстояния между станциями аэрологической сети должны быть изучены с особенной тщательностью два метэlementа — температура и ветер.

Для определения точности ветрового и температурного зондирования атмосферы, а также для определения радиуса действия этих зондирований, естественно было обратиться к накопленным аэрологическим наблюдениям. Однако, этих материалов оказалось недостаточно. Потребовалось организовать ряд экспедиций, с одновременными выпусками шаров-пилотов и радиозондов с одного пункта и в нескольких пунктах, расположенных на более близких расстояниях, чем основная, существующая сеть. Выпуски одновременные и через короткие интервалы времени, в одном пункте, были нужны для того, чтобы установить точность аэрологических измерений и их репрезентативность. Одновременные наблюдения в нескольких точках пространства производились для того, чтобы установить радиус действия этих наблюдений, так как он мог оказаться меньше, чем расстояния между станциями существующей сети. Такие экспедиции были организованы Главной геофизической обсерваторией в 1935, 1938 и 1939 гг. В 1941 г. была выработана соответствующая методика обработки полученных экспедиционных и имеющихся стационарных наблюдений по СССР. К работе были привлечены несколько периферийных обсерваторий. Но широко развернувшаяся работа была прервана войной.

По вопросу рационализации сети работал целый коллектив сотрудников ГГО. Итоги работ И. Б. Срезневского, А. А. Шепелевского, С. И. Соколова, В. М. Михеля, А. М. Шепелевской, Е. С. Селезневой и М. В. Завариной частично опубликованы и публикуются в настоящее время. Работы же периферийных обсерваторий, к сожалению, не были доведены до конца.

Выполненные работы позволяют подойти к решению кардинального вопроса рационализации аэрологической сети — определению ее предельной густоты. Работы, ведущиеся Е. С. Селезневой, по изменчивости ветра и температуры во времени позволяют решить и вторую часть задачи — о необходимой частоте аэрологических наблюдений.

При изучении изменчивости температуры и ветра в свободной атмосфере, для определения радиуса действия аэрологических наблюдений была применена та же методика, что и в работах климатологов по рационализации метеорологической сети, которые публикуются в данном сборнике. Эта методика была разработана и теоретически обоснована О. А. Дроздовым и А. А. Шепелевским [3]. Она изложена достаточно подробно и в моих работах [4, 5], поэтому здесь излагаться не будет.

Итоги этих работ позволяют определить предельную густоту сети. Но предварительно сделаем несколько замечаний о корреляционных связях между скоростью и направлением ветра.

В работе [4] уделено большое внимание изучению функции

$$\sigma_{\Delta x} = F(\rho), \quad (1)$$

где ρ — расстояние между станциями, измеряющими ветер, а $\sigma_{\Delta x}$ — характеризует изменчивость ветра в горизонтальном слое атмосферы (среднее квадратичное отклонение от средних разностей в скорости или направлении ветра, полученных при наблюдениях в двух пунктах) и вычислена по формуле

$$\sigma_{\Delta x} = \sqrt{\Delta x^2 - (\overline{\Delta x})^2};$$

если через Δx обозначить разность в скорости или направлении ветра, измеренного в двух пунктах на одном уровне, $\overline{\Delta x^2}$ будет означать средний квадрат разности, а $(\overline{\Delta x})^2$ — квадрат средней разности. Эта функция связана с коэффициентом корреляции между совокупностями наблюдений над ветром, или иным метээлементом, на двух станциях следующим образом:

$$\sigma_{\Delta x} = \sigma_x \sqrt{2(1-r)}, \quad (2)$$

где r — коэффициент корреляции, а σ_x — среднее квадратичное отклонение от среднего арифметического считается одинаковым для обеих станций.

Формула (2) показывает, что при $r = 0$ $\sigma_{\Delta x}$ обращается в постоянную величину, следовательно нулевое значение коэффициента корреляции определяет предел изменения.

В указанной работе не определялся коэффициент корреляции, в силу громоздкости его вычисления, а строились корреляционные графики. По этим графикам ориентировочно было установлено, что при расстояниях между станциями, превышающих 400 км, корреляционная связь между скоростями ветра очень слаба и признано нецелесообразным вычисление $\sigma_{\Delta v}$ для расстояний больше 500—600 км, так как за пределами этого расстояния кривая $\sigma_{\Delta v} = F(\rho)$ (где Δv — разность между скоростями ветра) должна близко подойти к прямой, параллельной оси расстояний по которой откладываются значения ρ , расположенной на расстоянии $\sigma_v \sqrt{2}$ от ее (v во всех случаях означает скорость ветра).

Корреляционные графики, построенные для направления ветра указали на наличие корреляционных связей на значительно больших расстояниях.

Ввиду того, что этот вопрос имеет немаловажное значение в вопросах распространения экстраполяции и интерполяции ветра, кажется необходимым привести непосредственно вычисленные значения коэффициентов корреляции. Они были вычислены А. А. Шепелевским, но не опубликованы и найдены в материалах Шепелевского после выполнения работы [4]. Хотя для этого Шепелевским были использованы данные наблюдений не тех станций, которые фигурировали в моей работе, тем не менее полученные коэффициенты корреляции представляют большой интерес; тем более, что мои выводы можно распространить на всю равнинную часть Европейской территории Союза ССР, не граничащую с большими водоемами и горными массивами. Коэффициенты приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты корреляции для скорости и направления ветра

Пары станций	Расстояние между станциями, в км	H = 0,5 км		H = 2 км		4 км	
		Скорость	Направление	Скорость	Направление	Скорость	Направление
зловск — Луга . . .	100	0,79	0,91	0,72	0,93	0,85	0,93
зловск — Москва . . .	550	0,04	0,83	0,12	0,82	0,16	0,75
зловск — Минск . . .	650	—	0,83	—	0,77	—	—
зловск — Казань . . .	1 150	—	0,58	—	0,81	—	—
инск — Казань	1 380	—	0,72	—	0,61	—	—

Число использованных наблюдений на высоте 0,5 км колеблется от 99 до 138, на высоте 2 км — 28—92.

Значения коэффициентов корреляции, приведенные в табл. 1, подтверждают правильность ранее сделанного мною заключения о предельном расстоянии суще-

ствования корреляционных связей между скоростями ветра. Кроме того, эта таблица уточняет представление о корреляционной зависимости направления ветра на больших расстояниях.

Если на расстоянии 100 км коэффициент корреляции для скорости ветра значителен (0,7 и 0,8), то на расстоянии 550 км он настолько падает, что вычисление

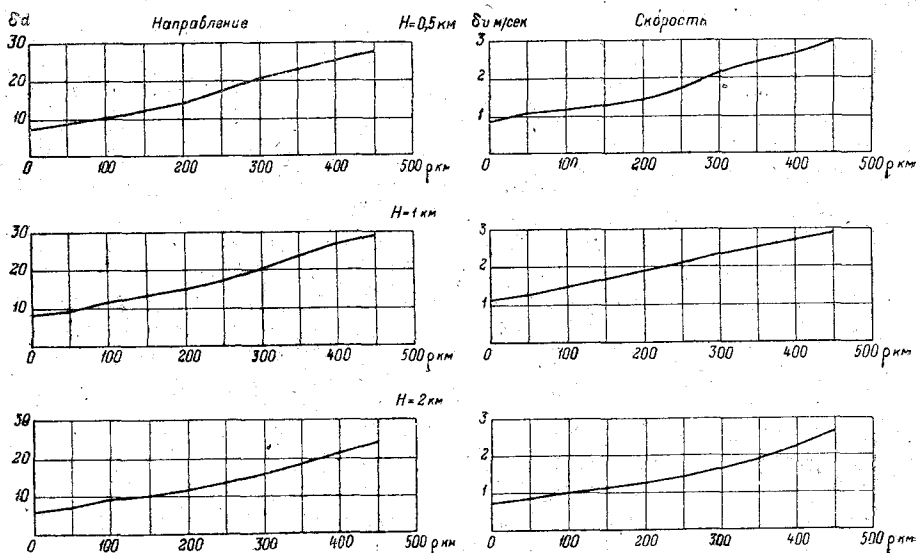


Рис. 1. Зависимость ошибок интерполяции направления и скорости ветра от расстояния между станциями.

его для больших расстояний не имеет смысла. Наоборот, коэффициент корреляции для направления ветра имеет существенное значение при расстояниях даже больших 1000 км. Есть основания думать, что для направления ветра корреляционная связь вдоль меридиана будет слабее, чем по параллели, что связано с направлением преобладающих ветров. На этот факт также указано в моей работе [4],

и при экстраполяции ветра он имеет практическое значение.

В силу того, что на расстояниях превышающих 500 км связь между скоростями ветра отсутствует, экстраполировать ветер на такие расстояния не следует. Учтявая это, и ошибки интерполяции мною определялись только для расстояний меньших 500 км.

Чтобы определить предельную густоту аэрологической сети, т. е. выбрать наиболее рациональное расстояние между станциями, нужно знать зависимость ошибок интерполяции от расстояния.

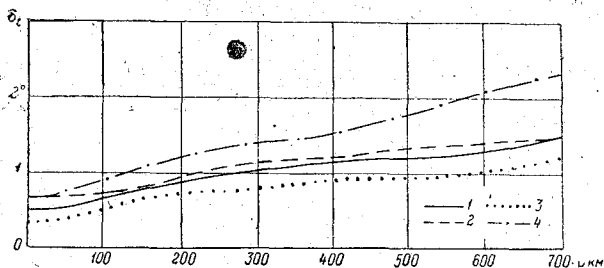


Рис. 2. Зависимость ошибок интерполяции температуры от расстояния между станциями.

1 — русские радиозонды (0,5—1,5 км), 2 — немецкие радиозонды (2—5 км), 3 — немецкие самолеты (2—5 км), 4 — русские радиозонды (2—5 км).

Эту зависимость средних квадратических ошибок интерполяции от расстояния между станциями можно видеть на графиках (рис. 1, 2). Графики на рисунках построены по данным работы [4], где ошибки интерполяции ветра даны для каждого сезона, а здесь осреднены. Это — „невязки“ интерполяции, по терминологии О. А. Дроздова. Графики невязок для уровней в 3 и 4 км нами не приводятся.

Дни были построены только для теплого периода и получающиеся по ним ошибки интерполяции меньше, чем для уровней, приведенных на рис. 1.

График, выражающий зависимость средних квадратических ошибок интерполяции температуры от расстояния между станциями (см. рис. 2) взят из работы [5]. Здесь случайные ошибки одного измерения исключены. Есть основания предполагать, что ошибки интерполяции, полученные по русским радиозондовым подъемам, в слое 2—5 км (верхняя кривая), завышены, вследствие того, что график функции $\sigma_{\Delta x} = F(\rho)$, а следовательно и графики на рис. 2, построены по точкам, вычисленным для расстояний между станциями больше 300 км. Стационарных наблюдений на более близких расстояниях не было. Кроме того, радиозондовые наблюдения в двух сравниваемых пунктах отличались большим расхождением во времени, чем подъемы, по которым получены остальные кривые.

С помощью графиков (рис. 1 и 2) можно ориентировочно определить искомое расстояние между станциями аэрологической сети, если задаться вполне определенной точностью интерполяции того и другого метэлемента.

Учитывая предел достижимой точности наблюдений, на основании работ, посвященных этому вопросу [6, 7], зададим ошибки интерполяции температуры — $1,2^\circ$, в направлении ветра — 15° (ошибку интерполяции скорости ветра определим по расстоянию между станциями, получившемуся по заданной ошибке в направлении ветра).

Эти величины ошибок близки к предельной возможной точности определения ветра и температуры при существующих методах зондирования атмосферы. Так, по данным, полученным при одновременном выпуске радиозондов, средняя квадратическая ошибка одного измерения на высоте 5 км равна 1° [6]. В результате обработки стационарных русских и немецких зондирований и экстраполяции кривой $\sigma_{\Delta x} = F(\rho)$ до оси ординат она оказалась равной $1,2^\circ$ [5]. В более высоких слоях атмосферы она становится еще больше. В отношении направления ветра установлено, что ошибка измерения меньше 15° . Но ошибки интерполяции представленные на рис. 1, получены не по синхронным наблюдениям, следовательно к ошибкам наблюдения добавилась ошибка за счет расхождения во времени наблюдения. Эти ошибки не исключены (на рисунке — невязки), поэтому можно допустить задание меньшей точности интерполяции и она будет близка к предельно достижимой.

В работе по исследованию изменчивости ветра в пространстве пришлось использовать и несинхронные наблюдения, так как до 1940 г. отдельными станциями сроки выпуска шаров-пилотов точно не соблюдались. Расхождение наблюдений во времени допускалось 30—35 мин., в отдельных случаях 40—50 мин.

Задавши ошибки интерполяции, по графику (рис. 1) получаем расстояние между пунктами, производящими измерения ветра равным 200 км. Это расстояние и определяет предельную густоту сети. При этом средняя квадратическая ошибка интерполяции скорости ветра будет меньше 2 м/сек. Дальнейшее сгущение сети шаропилотных пунктов на равнинной местности следует считать нецелесообразным. В местах со сложным рельефом местности и вблизи больших водных пространств вопрос о густоте аэрологической сети должен решаться особо. Здесь могут быть весьма значительные систематические отклонения в скорости и направлении ветра, которые должны быть тщательно изучены для того, чтобы их учитывать при экстраполяции и интерполяции ветровых данных.

Выбранная нами величина ошибки интерполяции температуры ($1,2^\circ$) определяет предельную необходимую густоту температурных зондирований атмосферы расстоянием между станциями, равным около 400 км (мы учли, что верхняя кривая на рис. 2 дает ошибки, завышенные по сравнению с истинными ошибками).

Освещение территории аэрологическими данными будет наиболее равномерным, если ячейки сети будут иметь форму треугольников. Идеально построенная сеть должна состоять из равносторонних треугольников, что практически не может быть точно осуществлено, хотя бы потому, что организация аэрологической станции вдали от каких-либо населенных пунктов будет слишком дорого стоить. По возможности все же

распределение аэрологических станций должно быть равномерным. В вершинах правильных треугольников на расстоянии не менее 400 км друг от друга должны находиться пункты, производящие температурное и ветровое зондирование атмосферы. На середине каждой стороны такого треугольника необходим дополнительный пункт, производящий только измерения ветра. При наличии такой сети, в любой другой точке нижнего и среднего слоя тропосферы можно будет определить температуру и ветер, с указанной выше точностью, с помощью простой линейной интерполяции. Интерполированная величина будет точнее, если применять плоскостную интерполяцию, используя результаты наблюдений больше чем двух пунктов.

Приведенные здесь соображения относительно предельной густоты аэрологической сети следует считать ориентировочными; особенно это следует учитывать в отношении станций, производящих температурное зондирование атмосферы, так как средние квадратические ошибки линейной интерполяции температуры получены по данным наблюдений только одного года.

Шаропилотные наблюдения имеют более длинный ряд (3—5 лет), но и этот период нельзя считать вполне достаточным. Однако совпадение выводов этой работы с выводами других авторов¹ дает большую уверенность в их правильности.

Разумеется, что все справедливо для среднего состояния атмосферы. При наличии фронтальных возмущений в отдельных случаях, когда фронтальная поверхность имеет очень большой угол наклона, следует рекомендовать дополнительные зондирования в промежуточных пунктах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Томашевич П. М. К проблеме рационального построения метеорологической сети. Метеорологич. Вестник № 5—7, 1933.
2. Дроздов О. А. Метод построения сети метеорологических станций равнинной местности. Труды ГГО, вып. 12, 1936.
3. Дроздов О. А. и Шепелевский А. А. Теория стохастического поля метеорологических элементов и ее применения к построению метеорологических карт и рационализации сети. Труды НИУ ГУГМС, сер. 1, вып. 13. Л., 1946.
4. Заварина М. В. Исследование изменчивости ветра в свободной атмосфере. Труды НИУ ГУГМС, сер. 1, вып. 21, 1946.
5. Заварина М. В. Исследование термического поля в свободной атмосфере по данным аэрологических наблюдений ЕЧС и Германии. Там же.
6. Шепелевская А. М. и Шепелевский А. А. Случайные ошибки определения температуры и давления в свободной атмосфере методом радиозондов. Труды НИУ ГУГМС, сер. 1, вып. 21, 1946.
7. Соколов С. И. Точность температурного зондирования атмосферы. Труды НИУ ГУГМС, сер. 1, вып. 19, 1946.
8. Рубинштейн Е. С. Принципы построения сети метеорологических станций. Труды ГГО, вып. 12, 1936.
9. Селезнева Е. С. Об изменчивости метеорологических элементов и сроках годности аэрологических наблюдений. Труды НИУ ГУГМС, сер. 1, вып. 21, 1946.

¹ Ссылка на некоторые работы имеется в [4].

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ РАЗМЕЩЕНИЯ СЕТИ АКТИНОМЕТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ ПО СССР

ВВЕДЕНИЕ

При разработке принципа размещения сети станций, измеряющих или регистрирующих какие-либо геофизические величины, следует исходить из того, каким образом эти величины могут быть использованы в практике.

Использование актинометрических данных до настоящего времени имело место в ряде областей науки и в ряде отраслей народного хозяйства, причем в настоящее время нельзя сказать с определенностью — которая из них должна считаться основной для актинометрии.

Мы подошли к решению поставленной перед нами задачи с точки зрения климатического описания территории СССР, т. е. в плане радиационного климата. Такой подход к проблеме размещения сети актинометрических станций определился всем предшествующим направлением развития актинометрии как науки.

Разрешение указанной задачи в ином плане, например, с точки зрения возможного включения радиационных элементов в схему расчетного метода прогнозов погоды, требовало бы еще предварительного решения проблемы использования данных текущих актинометрических наблюдений в практике расчетного метода, поскольку такая проблема не решена.

Мы считали нужным указать такой принцип размещения и густоту сети станций, при котором освещается в радиационном отношении с заданной степенью точности вся территория СССР. Таким образом, задача сводилась к установлению закономерностей в географическом распределении радиационных элементов на указанной территории. При этом в основу радиационного климата был положен приток солнечной радиации в форме прямых лучей солнца и радиации, рассеянной атмосферой и облаками.

Исходным материалом послужили результаты многолетних актинометрических наблюдений на сети актинометрических станций в системе Гидрометслужбы и Главсевморпути.

Прямая радиация солнца

Чтобы сравнивать друг с другом значения солнечной радиации необходимо брать эти значения для одних и тех же высот солнца. Обычно в актинометрии принято сравнение значений радиации при „массе 2“, т. е. высоте солнца, равной 30° над горизонтом, но, поскольку эта масса бывает не во все времена года, что особенно относится к северным станциям, нами взяты еще значения радиации при массах 4 и 8.

Значения прямой радиации солнца взяты по данным за ряд лет, опубликованным в Бюллетене Постоянной актинометрической комиссии (ПАК), где печатались наблюдения по „массам атмосфер“. Использовались данные, начиная с 1926 г. Из этих выбранных данных (для масс 2, 4 и 8) находились средние месячные величины для каждого года и затем производилось осреднение по всем годам

наблюдений для данной станции. Для северных станций использованы данные, опубликованные в Трудах Арктического института. Так как на этих станциях наблюдения велись не по „массам“, то нами были построены графики для каждого месяца и с этих графиков сняты значения радиации для высот солнца, соответствующих массам 2, 4 и 8.

Число лет наблюдений для разных станций различно: от 10 лет (для Павловска) и меньше. В табл. 1 приводим перечень станций с указанием числа лет наблюдений для каждой из них.

Для станций Главсевморпути опубликованы результаты наблюдений всего за 1 или 2 года.

Как видно из приведенного перечня, существовавшая сеть станций, на которой велись актинометрические наблюдения, невелика, и на многих станциях имеется всего 1—2 года наблюдений.

Таблица 1

Станция	Число лет наблюдений	Станция	Число лет наблюдений	Станция	Число лет наблюдений	Станции Главсевморпути
Павловск	10	Москва (Петровско-Разумовское)	4	Евпатория	1	Бухта Тихая
Курск	7	Саратов	3	Воронеж	1	Бухта Тикси
Ташкент	10	Сталинобад	3	Дзау—Джикау	1	Маточкин Шар
Владивосток	6	Одесса	2	Алма-Ата	1	Мыс Желания
Ростов—Дон	7	Свердловск	1	Минск	1	Мыс Шмидта
Иркутск	8	Казань	1	Карадаг	1	Бухта Лаврентия
Тбилиси	5			Самарканд	4	
Якутск	6					

Ввиду небольшого количества пунктов с актинометрическими наблюдениями, нам пришлось, для получения географического распределения значений напряжения радиации, использовать и данные станций с 1—2 годами наблюдений. Несмотря на это, имеющиеся данные позволяют провести изолинии лишь для Европейской территории СССР; вследствие недостатка актинометрических станций в Сибири, мы не могли провести изолинии для Азиатской территории СССР. Для того, чтобы сконцентрировать весь имевшийся в нашем распоряжении материал на возможно меньшем числе карт, было осуществлено приведение всех значений напряжения радиации к массе 2 по методу, предложенному С. И. Сивковым [1]. Согласно данным этой работы, можно рассматривать разности между напряжениями радиации при массе 2 и большими массами, как своего рода инварианты. Так, нами были использованы значения указанных разностей: $I_2 - I_8 = 0,63$ мал. кал. и $I_2 - I_4 = 0,30$ мал. кал. для приведения значений, измеренных при массах 4 и 8, к массе 2. Из полученных таким путем трех значений напряжения радиации — одного для массы 2 и двух, приведенных к массе 2, бралась средняя величина. В тех немногих случаях, когда величина, измеренная при массе 8 и приведенная к массе 2, давала выпадающее значение, это значение не принималось в расчет при вычислении средней величины. Имея в своем распоряжении указанный материал, мы решили произвести попутно вычисления фактора мутности, как величины наглядно характеризующей прозрачность атмосферы в пункте наблюдения, т. е. произвести работу аналогичную работе А. И. Батыгиной [2]. Повторение работы по вычислению фактора мутности для пунктов на территории СССР имеет смысл, поскольку А. И. Батыгиной вычислены факторы мутности лишь для 9 станций Союза ССР

и только на материале до 1931 г. (включительно), тогда как нами использован материал до 1936 г. (включительно).

Фактор мутности вычислен по формуле Линке:

$$T = \frac{2,3}{a_m m} \lg \frac{I_0}{I_m},$$

где m — число масс атмосфер, I_m — соответствующее данной массе среднее месячное значение напряжения радиации, a_m — значения коэффициента экстинкции для идеальной атмосферы для данной m и I_0 — солнечная постоянная.

Солнечная постоянная бралась для каждого месяца отдельно (соответственно изменению расстояния земли от солнца). Значения a_m взяты по Фейснеру и Дюбуа [3] для разных „масс“.

m	2	4	8
a_m	0,0890	0,0766	0,0598

Как показали вычисления, фактор мутности, найденный по отдельным наблюдениям и затем осредненный, мало отличается от значения его, вычисленного по среднему месячному значению.

Сравнивая полученные для различных пунктов СССР факторы мутности с теми же величинами, полученными А. И. Батыгиной, замечаем систематическое расхождение между ними: значения, даваемые А. И. Батыгиной, оказываются значительно ниже, чем вычисленные нами значения. Стремясь выяснить причину указанного расхождения, мы подсчитали дополнительно фактор мутности, используя материал лишь тех лет наблюдений, который использован А. И. Батыгиной, но указанное расхождение все-таки имеет место.

Таким образом, единственной причиной расхождения может быть отличие принятых нами значений a_m (по Фейснеру и Дюбуа) от значений a_m , использованных А. И. Батыгиной. К сожалению, в работе последней не содержится указаний на то, какие значения a_m были ею приняты. Просмотрев основные работы по фактору мутности, мы пришли к выводу, что, повидимому, Батыгиной использованы в ее вычислениях те значения a_m , которыми вначале пользовался Линке. В работе 1922 г. [4] для a_m при $m=2$ дается значение 0,112, т. е. более высокое, чем значения, полученные Фейснером и Дюбуа. Но в работе 1930 г. [5] Линке указывает, что данные Фейснера и Дюбуа, полученные на основе более поздних наблюдений астрофизической обсерватории в Вашингтоне, следует считать более правильными и рекомендует пользоваться их данными, а не завышенными значениями, полученными им самим в его ранних работах. Таким образом, мы имеем право считать вычисленные нами величины более правильными, чем значения фактора мутности, вычисленные А. И. Батыгиной.

Указанные данные по прямой радиации нами нанесены на карту. Оказалось, что значения напряжения радиации (при данной высоте солнца) больше на севере, чем на юге. Этот ход довольно четко выражен для всех месяцев года, кроме летних (июля и августа), что повидимому, связано с понижением прозрачности в эти месяцы в северных областях. Для остальных сезонов были проведены изолинии напряжения прямой радиации.

Карты составлены для отдельных месяцев: для зимы взяты январь и февраль, для весны — апрель и май, для осени — сентябрь и октябрь. Из летних месяцев лишь для июня можно было провести изолинии. Недостаток актинометрических станций в Сибири не позволяет провести изолинии для Азиатской территории СССР, поэтому пришлось ограничиться рассмотрением изолиний для Европейской территории СССР.

Ход изолиний имеет один и тот же характер для всех месяцев. На всех картах наблюдается следующее: в западной части Европейской территории СССР изолинии идут с северо-запада на юго-восток, а затем следуют по широтным кругам, т. е. запада на восток. Возможно, что место изгиба изолиний связано с областью перехода от морского климата к континентальному.

Рассеянная радиация

Получение географического распределения рассеянной радиации представляет собой задачу гораздо более трудную, чем для прямой радиации. В бюллетенях ПАК публиковались, и лишь для немногих пунктов, суммы тепла рассеянной радиации. Нужные же нам многолетние данные по напряжению мы имеем только для Павловска и станций Главсевморпути.

Вследствие указанных причин мы прибегли к несколько искусственному расчетному методу, чтобы получить данные по географическому распределению рассеянной радиации солнца. При этом мы исходили из того, что при ясном небе напряжение радиации определяется мутностью атмосферы, а при облачном небе — формой и количеством облаков.

Вычисления делались по формуле:

$$q_{\text{я}} V_{\text{я}} + q_{\text{пя}} V_{\text{пя}} + q_{\text{п}} V_{\text{п}} = X, \quad (1)$$

где $q_{\text{я}}$ значения рассеянной радиации для ясного неба (количество облаков 0—2 балла), $q_{\text{пя}}$ — значение рассеянной радиации для полуясного неба (количество облаков, 3—7 баллов), $q_{\text{п}}$ — значение рассеянной радиации для пасмурного неба (количество облаков 8—10 баллов), $V_{\text{я}}$, $V_{\text{пя}}$, $V_{\text{п}}$ — соответствующие вероятности ясного, полуясного и пасмурного неба для данного месяца и данной станции.

Значение рассеянной радиации для ясного неба. Значение $q_{\text{я}}$ было вычислено для масс 2, 4, 8. Учитывалось влияние фактора мутности (T), который меняет рассеянную радиацию во втором знаке и влияние снежного покрова, увеличивающего рассеянную радиацию на 11—12%.

Для учета влияния фактора мутности был использован график, полученный Н. И. Борк [6] по материалам Павловска. График дает рассеянную радиацию в зависимости от фактора мутности при безоблачном небе и высоте солнца $h_{\odot} = 30^{\circ}$. Но так как нас интересовала рассеянная радиация не только для $h_{\odot} = 30^{\circ}$ или $m = 2$, но и для $m = 4$ и $m = 8$, то мы использовали таблицу из книги Н. Н. Калитина¹ (стр. 166). В этой таблице (для Павловска) дается среднее значение рассеянной радиации при безоблачном небе для различных высот и для двух сезонов (со снежным покровом и без него). Данные рассеянной радиации в таблице получены за годы более ранние, чем 1936 г. по пиранометру Калитина; после 1936 г. наблюдения ведутся по пиранометру Янишевского, который дает значения выше, чем пиранометр Калитина. Поэтому все значения в таблице увеличены (помножены на 1,41). Используя вышеуказанные зависимости рассеянной радиации от фактора мутности и от массы, были построены два семейства кривых, одно для величин со снежным покровом, второе для величин без снежного покрова (рис. 1 и 2). Эти семейства кривых дают значения рассеянной радиации для разных факторов мутности и масс. Зная значения фактора мутности для данной станции и данного месяца (см. раздел „Прямая радиация“), находим $q_{\text{я}}$ при любой массе.

Значение рассеянной радиации для полуясного и пасмурного неба. М. В. Гушиной были получены графики, которые дают зависимость рассеянной радиации от формы и количества облаков (Ci, Cs, Ac, Cb, St). Мы смогли получить данные для актинометрических станций только о вероятности состояния неба (полуясно, 3—7 баллов; пасмурно, 8—10 баллов. Климатологический справочник по СССР, вып. I и II). Для станций Советского Союза нет опубликованных данных о форме облачности.

Для полуясных дней берем кривые с количеством облаков 5 баллов (см. книгу Н. Н. Калитина, стр. 177—180). Снимаем для них, например, при $m = 2$ и $h_{\odot} = 30^{\circ}$ следующие значения рассеянной радиации для соответствующей формы облачности: Ci — 0,10 кал., Cs — 0,13 кал., Ac — 0,13 кал.

¹ Калитин Н. Н. Актинометрия. Гидрометеиздат, Л. — М., 1937.

Дни с облачностью 10 баллов C_i , C_s , A_c относим к полуюсным дням, так как эта облачность пропускает значительное количество радиации и день надо считать скорее полуюсным, чем пасмурным. Для этих дней значение рассеянной радиации будет при $m=2$, при C_i — 0,16 кал., при C_s — 0,21 кал., при A_c — 0,18 кал. Средняя величина $q_{\text{ля}}$ из тех и других значений равна 0,15—0,16 кал.

Для пасмурных дней берем кривые для количества облаков 10 баллов. Например, то же при массе $m=2$ значения рассеянной радиации при 10 St — 0,11 кал. и при 10 Sb — 0,11 кал., т. е. $q_{\text{п}} = 0,11$ кал.

Также получаем значения при $n=4$ и $m=8$. Для проверки полученных таким образом величин $q_{\text{я}}$, $q_{\text{ля}}$, $q_{\text{п}}$ вычисляем по формуле (1) значения рассеянной радиации для ст. Павловск. Вычисленные значения сравниваем с наблюдаемыми, которые даются в книге Н. Н. Калитина „Актинометрия“ (стр. 175), в виде изоплет — для всех месяцев года.

Между вычисленными и наблюдаемыми данными наблюдается расхождение, которые несколько варьируют от месяца к месяцу (вычисленные меньше наблюдаемых).

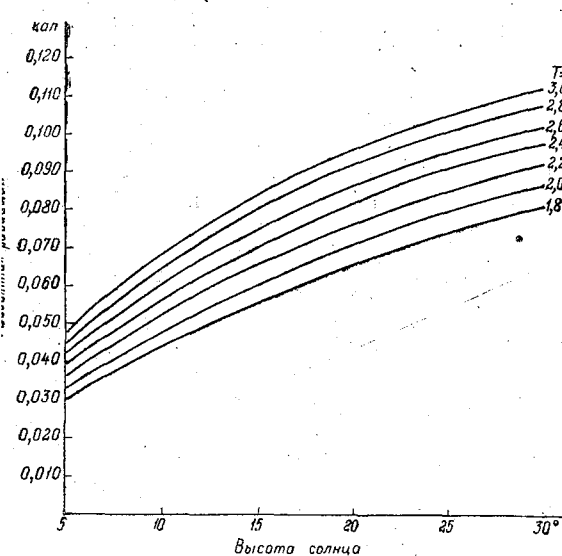


Рис. 2. Рассеянная радиация при безоблачном небе и отсутствии снежного покрова.

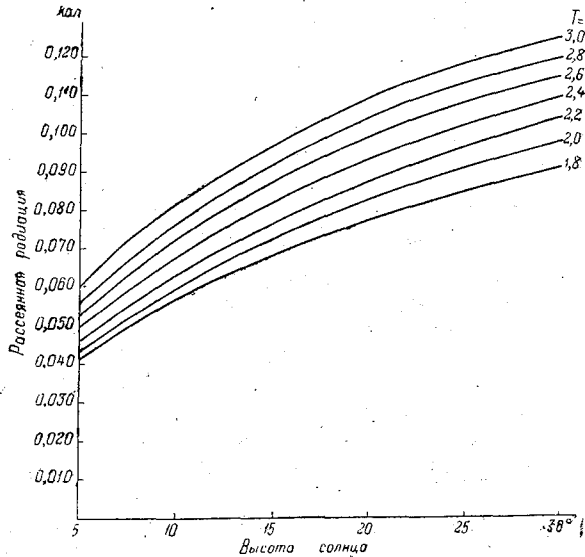


Рис. 1. Рассеянная радиация при безоблачном небе и наличии снежного покрова.

Это объясняется, повидимому, тем, что в полуюсные дни попадает много дней с большим количеством облаков C_i , C_s , A_c , которые дают значительные величины рассеянной радиации. Также для $q_{\text{п}}$ мы учли только облачность 10 баллов, на самом же деле в пасмурные дни входят дни с облачностью 8, 9 баллов, т. е. имеем просветы в облачности, что дает также значительное увеличение рассеянной радиации. Вариации указанного расхождения от месяца к месяцу объясняются различием характера облачности в разные времена года. Так как графики М. В. Гущиной построены по материалу до 1936 г., то полученные нами значения $q_{\text{ля}}$ и $q_{\text{п}}$ пришлось увеличить в 1,41 раз. Кроме того, для месяцев со снегом введена поправка. Поправки

были взяты разные — для ясного, полуюсного и пасмурного неба. Отношение между величинами со снежным покровом и без него для ясных дней получено из вышеуказанной таблицы (см. книгу Н. Н. Калитина, стр. 166), для пасмурных дней получено по графику с облачностью 10 st (там же, стр. 180):

для ясных дней

$$\frac{q_{\text{я}} \text{ со снежным покровом}}{q_{\text{я}} \text{ без снежного покрова}} = 1,18,$$

для пасмурных дней

$$\frac{q_{\text{п.}} \text{ со снежным покровом}}{q_{\text{п.}} \text{ без снежного покрова}} = 1,57.$$

Отношение $\frac{q_{\text{п.}} \text{ со снежным покровом}}{q_{\text{п.}} \text{ без снежного покрова}}$ лежит между величинами 1,18 и 1,57, т. е. равно, примерно, 1,34.

Имея значения $q_{\text{я}}$, $q_{\text{п.}}$ и $q_{\text{п}}$ (табл. 2), для разных месяцев и разных масс, подсчитываем по формуле

$$X = \frac{q_{\text{я}} V_{\text{я}} + q_{\text{п.}} V_{\text{п.}} + q_{\text{п}} V_{\text{п}}}{100}$$

величину рассеянной радиации для данного месяца и данной станции. Вероятности состояния неба в месяцы, имеющие снежный покров, взяты из климатологического справочника по СССР (вып. I и II). Для арктических станций были построены графики по материалам, опубликованным в „Трудах Арктического института“. На одной оси откладывалось значение рассеянной радиации, на второй — высота солнца, затем проводилась одна осредненная месячная кривая. С графиков снимаем величину рассеянной радиации для $m=2$, $m=4$ и $m=8$.

Таким образом мы получили приближенные среднемесячные величины рассеянной радиации для всех наших станций. На карты нанесены величины рассеянной радиации, приведенные к $m=2$. Приведение производилось аналогично приведению к $m=2$ прямой солнечной радиации, т. е. были получены разности $p_2 - p_4$ и $p_2 - p_8$. Для каждой станции брались свои разности. Так как разности почти не меняются от месяца к месяцу, то можно было взять среднюю величину разности $q_2 - q_4$ и $q_2 - q_8$ за год.

Как и для прямой радиации, напряжение рассеянной радиации (рассчитанное на 1 см^2 горизонтальной поверхности в малых калориях в 1 минуту (нанесено на карту. Для каждого пункта наблюдений наносилось приведенное к массе 2 среднее месячное значение напряжения радиации. Причем каждая из этих величин получена, как среднее из напряжения (средние месячные) при массе 2 и двух величин, полученных путем приведения к массе 2. В таблицах приложения приводятся для каждой станции средние месячные значения прямой и рассеянной радиации, измеренные при m равной 8, 4 и 2. Величины, стоящие в строке „приведены к массе 2“, получены, как средние их двух значений, приведенных к массе 2, и, значения, измеренного при данной массе. Дается также фактор мутности, вычисленный на основе данного среднего значения прямой радиации.

Как показывает рассмотрение полученных данных, различие между величинами напряжения рассеянной радиации для разных пунктов гораздо меньше, чем различие между значениями напряжения прямой радиации. Однако, несмотря на небольшое различие между величинами, полученные данные обнаруживают известную закономерность в географическом распределении. Можно с определенностью сказать, что, как и для прямой радиации, значения рассеянной радиации выше на севере, чем на юге (этот факт неоднократно указывался Н. Н. Калитиным). Мы проводили изолинии для отдельных месяцев. Для рассеянной радиации изолинии следует проводить через 0,1 или 0,2 мал. кал. Также как для прямой радиации, нам пришлось ограничиться Европейской территорией СССР. Изолинии имеют ход подобный ходу, изолиний для прямой радиации, т. е. идут в западной части Европейской территории СССР с северо-запада на юго-восток, а затем, после изгиба в центральной части Европейской территории СССР, — с запада на восток или

Таблица 2

Месяцы	Без снежного покрова		Со снежным покровом		Месяцы	Без снежного покрова		Со снежным покровом	
	$q_{\text{пя}}$	$q_{\text{п}}$	$q_{\text{пя}}$	$q_{\text{п}}$		$q_{\text{пя}}$	$q_{\text{п}}$	$q_{\text{пя}}$	$q_{\text{п}}$
$m = 8\frac{1}{2}$					V	0,127	0,099		
I	0,090	0,071	0,127	0,127	VI	0,113	0,099		
II	0,098	0,071	0,148	0,127	VII	0,113	0,099		
III	0,098	0,071	0,148	0,127	VIII	0,113	0,099		
IV	0,090	0,071	0,127	0,127	IX	0,113	0,070		
V	0,099	0,071			X	0,113	0,056	0,156	0,089
VI	0,071	0,049			XI	0,113	0,056	0,156	0,089
VII	0,071	0,042							
VIII	0,071	0,036							
IX	0,071	0,036							
X	0,060	0,021	0,082	0,032					
XI	0,060	0,021	0,082	0,032					
XII	0,085	0,050	0,116	0,077					
$m = 4$									
III	0,155	0,155	0,201	0,239	IV	0,254	0,211	0,340	0,326
IV	0,141	0,127	0,195	0,189	V	0,282	0,211		
					VI	0,253	0,211		
					VII	0,254	0,211		
					VIII	0,254	0,211		
					IX	0,254	0,211		

иногда слегка поднимаясь, т. е. с юго-запада на северо-восток. Интересно указать, что косвенным методом, похожим на тот, который был использован в настоящей работе для получения распределения рассеянной радиации по территории СССР, пользовался П. Г. Богданов [7]. В следующей работе [8] Богданов подтверждает допустимость косвенного метода для равнинной части Европейской территории СССР, который основывается на зависимости освещенности от средней облачности. Прямое сравнение с его данными не может быть произведено, так как он подсчитывал „суммы освещения“, для нас интересно лишь то, что его изолинии идут почти по широтным кругам.

О размещении сети актинометрических станций

Нами получено географическое распределение радиационных элементов, составляющих приток на земную поверхность солнечной радиации (в форме прямой и рассеянной радиации). Для получения баланса лучистой энергии следовало бы рассмотреть эффективное излучение. Для ночных условий можно рассчитать, опираясь на работу Ангстрема, среднее месячное значение эффективного излучения по данным средней температуры и влажности. Полученная величина будет относиться к безоблачному небу. Для получения той же величины для облачного неба можно использовать эмпирическую формулу Ангстрема, введя в нее значение наиболее вероятного балла облачности. Вычисления, произведенные нами по указанной схеме, привели к сколько-нибудь четкой закономерности в географическом распределении эффективного излучения. Но основное возражение против применения указанного пособия заключается в том, что нельзя сказать в какой мере является законным применение выводов работы Ангстрема к дневным условиям. Учет отраженной радиации не может быть произведен с достаточной точностью, вследствие отсутствия данных о характере подстилающей поверхности, определяющем величину альбедо для каждого пункта.

Ввиду сказанного, мы решили ограничиться рассмотрением одного притока радиации. Сравнение между собой данных прямой и рассеянной радиации показало, что географические распределения этих элементов подобны друг другу как по

широте, так и по долготе, лишь изменения прямой радиации на данном расстоянии больше, чем соответствующее изменение рассеянной радиации. Это показывает, что прямая радиация является таким элементом, который характеризуется меньшим „радиусом действия“. В силу подобия географического распределения рассеянной радиации географическому распределению прямой радиации, сеть станций, удовлетворяющая задаче освещения территории СССР данными по прямой радиации, будет удовлетворять и задаче получения достаточных данных по рассеянной радиации.

Таким образом, мы берем за основу географическое распределение прямой радиации солнца. Задаемся разностью значений радиации между двумя изолиниями равной 0,02 мал. кал., т. е. размещаем станции на расстояниях равных расстояниям между этими изолиниями, чтобы разность средних месячных величин напряжения прямой радиации (при $h_{\odot} = 30^{\circ}$) была равна 0,02 мал. кал. Такая точность нам кажется естественной, поскольку точность обычного единичного измерения прямой радиации 0,01 мал. кал. Вследствие параллельности хода изолиний, мы можем считать, что распределение станций по широтам, т. е. в направлении с севера на юг, должно быть равномерным.

При заданной точности расстояние между станциями в этом направлении должно быть порядка 200 км.

Наклонный по отношению к широтным кругам ход изолиний в западной части Европейской территории СССР заставляет считать целесообразным уплотнение сети станций в этой части СССР, т. е. не равномерное распределение по долготам (с запада на восток), а более густую сеть в западной части Европейской территории СССР, по сравнению с восточными областями. Можно предложить постепенное увеличение расстояния между актинометрическими станциями, примерно, от 200 км в западных областях Союза ССР до 500—600 км в восточных областях Европейской территории СССР.

Что касается рассеянной радиации, то при указанной густоте сети актинометрических станций можно ожидать, что в среднем будет обеспечена разность средних месячных значений рассеянной радиации, измеренных на различных станциях, в 0,01 мал. кал. Если задаться разностью между значениями прямой радиации, например, в 0,04 мал. кал., т. е. в два раза большей, то все вышеуказанные расстояния следует увеличить вдвое и т. д.

Разумеется, все приведенные соображения имеют отношение лишь к равнинной местности. При рассмотрении размещения станций в горных районах (например, на Кавказе) — приведенных соображений, конечно, недостаточно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сивков С. И. Метеорология и Гидрология № 1, 1938 г.
2. Батыгина А. И. Фактор мутности для некоторых пунктов СССР. Труды ГГО, том 1 (№ 1) 1934 г.
3. Feussner und Dubois. Gerl. Beitr. z. Geophys. 27, 132—175, 1930.
4. Linke. M. Z. Bd 39, Heft 6, 1922.
5. Linke. M. Z. Bd 47, Heft 5, 1930.
6. Борк Н. И. Метеорология и Гидрология № 1, 1940 г.
7. Богданов П. Г. Сборник Трудов Харьковского гидрометинститута, т. II, 1938 г.
8. Богданов П. Г. Сборник Трудов Харьковского гидрометинститута, т. III, 1939 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Месяцы	Величины			Месяцы	Величины			Месяцы	Величины		
	Прямая радиация	Рассеянная радиация			Прямая радиация	Рассеянная радиация			Прямая радиация	Рассеянная радиация	
Павловск				Павловск				Москва			
I	<i>m</i> 8	0,76	0,11	VII	<i>m</i> 8	0,47	0,04	I	<i>m</i> 8	0,60	0,12
	4	—	—		4	0,76	0,09		4	0,75	0,18
	2	—	—		2	1,05	0,19		2	—	—
	Приведенные к <i>m</i> = 2	1,39	0,27		Приведенные к <i>m</i> = 2	1,07	0,19		Приведенные к <i>m</i> = 2	1,14	0,27
	Фактор мутности	1,90			Фактор мутности	2,98			Фактор мутности	3,02	
II	<i>m</i> 8	0,68	0,12	VIII	<i>m</i> 8	0,49	0,05	II	<i>m</i> 8	0,57	0,12
	4	0,97	—		4	0,79	0,08		4	0,80	0,18
	2	—	—		2	1,08	0,20		2	—	—
	Приведенные к <i>m</i> = 2	1,30	0,28		Приведенные к <i>m</i> = 2	1,08	0,19		Приведенные к <i>m</i> = 2	1,15	0,27
	Фактор мутности	2,19			Фактор мутности	3,12			Фактор мутности	2,88	
III	<i>m</i> 8	0,67	0,15	IX	<i>m</i> 8	0,56	0,04	III	<i>m</i> 8	0,53	0,11
	4	0,97	0,20		4	0,86	0,08		4	0,83	0,19
	2	1,24	—		2	1,15	0,20		2	1,07	0,31
	Приведенные к <i>m</i> = 2	1,27	0,28		Приведенные к <i>m</i> = 2	1,16	0,19		Приведенные к <i>m</i> = 2	1,12	0,27
	Фактор мутности	2,26			Фактор мутности	2,65			Фактор мутности	2,96	
IV	<i>m</i> 8	0,59	0,11	X	<i>m</i> 8	0,71	0,03	IV	<i>m</i> 8	0,55	0,07
	4	0,86	0,17		4	0,96	0,06		4	0,81	0,11
	2	1,19	0,28		2	—	—		2	1,13	0,19
	Приведенные к <i>m</i> = 2	1,19	0,26		Приведенные к <i>m</i> = 2	1,22	0,16		Приведенные к <i>m</i> = 2	1,13	0,24
	Фактор мутности	2,56			Фактор мутности	2,43			Фактор мутности	2,86	
V	<i>m</i> 8	0,53	0,08	XI	<i>m</i> 8	0,74	0,02	V	<i>m</i> 8	0,49	0,07
	4	0,84	0,12		4	0,97	0,06		4	0,68	0,10
	2	1,13	0,22		2	—	—		2	1,07	0,20
	Приведенные к <i>m</i> = 2	1,14	0,22		Приведенные к <i>m</i> = 2	1,30	0,16		Приведенные к <i>m</i> = 2	1,06	0,20
	Фактор мутности	2,88			Фактор мутности	2,13			Фактор мутности	3,16	
VI	<i>m</i> 8	0,53	0,06	XII	<i>m</i> 8	0,78	0,04	VI	<i>m</i> 8	0,53	0,06
	4	0,80	0,10		4	—	—		4	0,80	0,10
	2	1,10	0,20		2	—	—		2	1,10	0,20
	Приведенные к <i>m</i> = 2	1,12	0,20		Приведенные к <i>m</i> = 2	1,41	0,18		Приведенные к <i>m</i> = 2	1,12	0,20
	Фактор мутности	2,76			Фактор мутности	1,76			Фактор мутности	2,78	

Месяды	Величины		Прямая радиация	Рассеянная радиация	Месяцы	Величины		Прямая радиация	Рассеянная радиация	Месяцы	Величины		Прямая радиация	Рассеянная радиация
	<i>m</i>					<i>m</i>					<i>m</i>			
Москва														
VII	<i>m</i>	8	0,49	0,06	I	<i>m</i>	8	—	0,10	VII	<i>m</i>	8	—	0,03
		4	0,74	0,10			4	0,90	0,17			4	0,69	0,10
		2	0,98	0,20			2	—	0,26			2	1,00	0,17
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,05	0,20		Приведенные к <i>m</i> = 2		1,20	0,26		Приведенные к <i>m</i> = 2		1,00	0,17
	Фактор мутности		2,58			Фактор мутности		2,73			Фактор мутности		3,36	
VIII	<i>m</i>	8	0,47	0,05	II	<i>m</i>	8	—	0,10	VIII	<i>m</i>	8	—	0,02
		4	0,83	0,10			4	1,09	0,17			4	0,75	0,09
		2	1,09	0,20			2	1,19	0,28			2	1,02	0,16
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,10	0,20		Приведенные к <i>m</i> = 2		1,24	0,27		Приведенные к <i>m</i> = 2		1,03	0,17
	Фактор мутности		2,88			Фактор мутности		2,45			Фактор мутности		3,26	
IX	<i>m</i>	8	0,54	0,05	III	<i>m</i>	8	—	—	IX	<i>m</i>	8	—	0,02
		4	0,84	0,08			4	0,83	—			4	0,78	0,08
		2	1,17	0,20			2	1,11	0,19			2	1,12	0,16
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,16	0,20		Приведенные к <i>m</i> = 2		1,12	0,20		Приведенные к <i>m</i> = 2		1,10	0,16
	Фактор мутности		2,68			Фактор мутности		2,96			Фактор мутности		3,96	
X	<i>m</i>	8	0,74	0,03	IV	<i>m</i>	8	—	0,05	X	<i>m</i>	8	—	0,02
		4	1,00	0,06			4	0,78	0,11			4	0,82	0,07
		2	1,14	0,20			2	1,09	0,19			2	1,14	—
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,25	0,18		Приведенные к <i>m</i> = 2		1,08	0,19		Приведенные к <i>m</i> = 2		1,13	0,16
	Фактор мутности		2,28			Фактор мутности		3,11			Фактор мутности		2,85	
XI	<i>m</i>	8	0,70	0,03	V	<i>m</i>	8	—	0,05	XI	<i>m</i>	8	—	0,02
		4	—	0,06			4	0,75	0,10			4	0,94	0,06
		2	—	0,20			2	1,07	0,19			2	—	—
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,30	0,20		Приведенные к <i>m</i> = 2		1,06	0,19		Приведенные к <i>m</i> = 2		1,24	0,15
	Фактор мутности		2,15			Фактор мутности		3,16			Фактор мутности		2,40	
XII	<i>m</i>	8	0,75	0,05	VI	<i>m</i>	8	—	0,04	XII	<i>m</i>	8	—	0,04
		4	—	—			4	0,74	0,09			4	0,96	—
		2	—	—			2	1,06	0,19			2	—	—
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,38	0,20		Приведенные к <i>m</i> = 2		1,05	0,18		Приведенные к <i>m</i> = 2		1,26	
	Фактор мутности		1,88			Фактор мутности		3,14			Фактор мутности		2,40	

Месяцы	Величины	Прямая радиация	Рассеянная радиация	Месяцы	Величины	Прямая радиация	Рассеянная радиация	Месяцы	Величины	Прямая радиация	Рассеянная радиация
Иркутск				Иркутск				Якутск			
I	m 8 4 2	0,65 0,99 —	— 0,07 —	VII	m 8 4 2	0,48 0,77 1,04	0,13 0,15 0,30	I	m 8 4 2	0,78 — —	— — —
	Приведенные к $m=2$	1,28	—		Приведенные к $m=2$	1,07	0,20		Приведенные к $m=2$	—	—
	Фактор мутности	2,36			Фактор мутности	2,98			Фактор мутности	—	
II	m 8 4 2	0,65 0,90 —	0,10 0,15 —	VIII	m 8 4 2	0,53 0,80 0,93	0,06 0,14 0,29	II	m 8 4 2	0,71 1,03 —	0,11 0,16 —
	Приведенные к $m=2$	1,24	0,27		Приведенные к $m=2$	1,07	0,20		Приведенные к $m=2$	1,34	
	Фактор мутности	2,46			Фактор мутности	2,98			Фактор мутности	2,02	
III	m 8 4 2	0,62 0,93 1,17	0,10 0,17 0,25	IX	m 8 4 2	0,62 0,89 1,05	0,06 0,11 0,27	III	m 8 4 2	0,67 1,02 1,21	0,11 0,19 0,27
	Приведенные к $m=2$	1,23	0,29		Приведенные к $m=2$	1,12	0,20		Приведенные к $m=2$	1,18	0,27
	Фактор мутности	2,44			Фактор мутности	3,04			Фактор мутности	2,22	
V	m 8 4 2	0,53 0,89 1,16	0,07 0,12 0,19	X	m 8 4 2	0,72 1,09 1,21	0,04 0,09 0,27	IV	m 8 4 2	0,64 0,91 1,26	0,11 0,17 0,28
	Приведенные к $m=2$	1,17	0,25		Приведенные к $m=2$	1,29	0,20		Приведенные к $m=2$	1,26	0,27
	Фактор мутности	2,66			Фактор мутности	2,11			Фактор мутности	2,25	
V	m 8 4 2	0,50 0,83 1,08	0,11 0,15 0,30	XI	m 8 4 2	0,66 0,99 —	0,04 0,11 —	V	m 8 4 2	0,56 1,16 1,21	0,08 0,10 0,20
	Приведенные к $m=2$	1,12	0,20		Приведенные к $m=2$	1,29	0,19		Приведенные к $m=2$	1,19	0,27
	Фактор мутности	2,85			Фактор мутности	2,17			Фактор мутности	2,50	
V	m 8 4 2	0,42 0,74 1,03	0,08 0,15 0,30	XII	m 8 4 2	0,73 1,02 —	0,08 0,10 —	VI	m 8 4 2	0,65 0,79 1,12	0,06 0,10 0,20
	Приведенные к $m=2$	1,04	0,20		Приведенные к $m=2$	1,34	0,19		Приведенные к $m=2$	1,12	0,20
	Фактор мутности	3,20			Фактор мутности	2,05			Фактор мутности	2,78	

Месяцы	Величины		Прямая радиация	Рассеянная радиация	Месяцы	Величины		Прямая радиация	Рассеянная радиация	Месяцы	Величины		Прямая радиация	Рассеянная радиация
Якутск					Курск					Курск				
VII	<i>m</i>	8	0,54	0,05	I	<i>m</i>	8	—	0,10	VII	<i>m</i>	8	—	0,03
		4	0,83	0,10			4	1,07	0,22			4	0,71	0,10
		2	1,03	0,20			2	—	—			2	0,99	0,19
		Приведенные к <i>m</i> = 2	1,09	0,20			Приведенные к <i>m</i> = 2	1,37	0,31			Приведенные к <i>m</i> = 2	1,00	0,18
		Фактор мутности	2,88				Фактор мутности	1,98				Фактор мутности	3,36	
VIII	<i>m</i>	8	0,57	0,04	II	<i>m</i>	8	—	0,09	VIII	<i>m</i>	8	—	0,03
		4	0,86	0,10			4	1,02	0,16			4	0,75	0,10
		2	1,14	0,20			2	—	—			2	1,04	0,19
		Приведенные к <i>m</i> = 2	1,16	0,20			Приведенные к <i>m</i> = 2	1,32	0,25			Приведенные к <i>m</i> = 2	1,04	0,18
		Фактор мутности	2,60				Фактор мутности	2,10				Фактор мутности	3,19	
IX	<i>m</i>	8	0,58	0,04	III	<i>m</i>	8	—	0,10	IX	<i>m</i>	8	—	0,03
		4	0,72	0,07			4	1,09	0,19			4	0,85	0,08
		2	1,03	0,21			2	1,30	0,26			2	1,13	0,18
		Приведенные к <i>m</i> = 2	1,09	0,20			Приведенные к <i>m</i> = 2	1,34	0,27			Приведенные к <i>m</i> = 2	1,14	0,18
		Фактор мутности	3,00				Фактор мутности	1,96				Фактор мутности	2,74	
X	<i>m</i>	8	0,76	0,04	IV	<i>m</i>	8	—	0,05	X	<i>m</i>	8	—	0,02
		4	1,07	0,10			4	0,92	0,11			4	0,91	0,06
		2	1,11	—			2	1,19	0,18			2	1,17	—
		Приведенные к <i>m</i> = 2	1,09	0,19			Приведенные к <i>m</i> = 2	1,20	0,19			Приведенные к <i>m</i> = 2	1,20	0,16
		Фактор мутности	3,40				Фактор мутности	2,52				Фактор мутности	2,52	
XI	<i>m</i>	8	0,76	0,04	V	<i>m</i>	8	—	0,05	XI	<i>m</i>	8	—	0,02
		4	—	—			4	0,79	0,10			4	1,04	0,06
		2	—	—			2	1,07	0,20			2	—	—
		Приведенные к <i>m</i> = 2	—	0,20			Приведенные к <i>m</i> = 2	1,08	0,19			Приведенные к <i>m</i> = 2	1,34	0,16
		Фактор мутности	—				Фактор мутности	3,05				Фактор мутности	1,96	
					VI	<i>m</i>	8	—	0,04	XII	<i>m</i>	8	—	0,04
							4	0,78	0,10			4	1,12	—
							2	1,08	0,20			2	—	—
							Приведенные к <i>m</i> = 2	1,08	0,19			Приведенные к <i>m</i> = 2	1,42	0,16
							Фактор мутности	3,00				Фактор мутности	1,72	

Месяцы	Величины				Месяцы	Величины				Месяцы	Величины										
	Прямая радиация	Рассеянная радиация	Прямая радиация	Рассеянная радиация		Прямая радиация	Рассеянная радиация	Прямая радиация	Рассеянная радиация		Прямая радиация	Рассеянная радиация	Прямая радиация	Рассеянная радиация							
Воронеж																					
V	<i>m</i>	8	—	0,05	IX	<i>m</i>	8	—	0,03	Казань											
		4	0,71	0,09				4	0,85						0,09						
		2	1,04	0,19				2	1,15						0,18						
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,03	0,19			Приведенные к <i>m</i> = 2		1,15						0,18						
	Фактор мутности		3,32				Фактор мутности		2,69												
VI	<i>m</i>	8	—	0,04		X	<i>m</i>	8	—						0,02	V	<i>m</i>	4	0,90	0,09	
		4	0,82	0,09					4						0,89	0,06			2	1,19	0,19
		2	1,10	0,19					2						1,19	0,19		Приведенные к <i>m</i> = 2		1,20	0,18
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,10	0,19				Приведенные к <i>m</i> = 2							1,19	0,17	VI	<i>m</i>	4	0,84	0,09
	Фактор мутности		2,89					Фактор мутности							2,56				2	1,13	0,19
VII	<i>m</i>	8	—	0,03	XI		<i>m</i>	8	—	0,02	VII	<i>m</i>	4	0,70	0,10						
		4	0,77	0,09					4	0,96	0,11			2	0,95	0,19					
		2	1,08	0,19					2	1,23	0,30		Приведенные к <i>m</i> = 2		0,98	0,19					
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,08	0,19				Приведенные к <i>m</i> = 2		1,24	0,15	VIII	<i>m</i>	4	0,68	0,10					
	Фактор мутности		2,93					Фактор мутности		2,40				2	1,05	0,19					
VIII	<i>m</i>	8	—	0,03		XII	<i>m</i>	8	—	0,04	IX	<i>m</i>	4	0,87	0,08						
		4	0,71	0,10					4	0,83	—			2	1,19	0,19					
		2	1,04	0,13					2	—	—		Приведенные к <i>m</i> = 2		1,18	0,18					
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,02	0,18				Приведенные к <i>m</i> = 2		1,13	0,10	X	<i>m</i>	4	0,92	0,06					
	Фактор мутности		3,30					Фактор мутности		3,00				2	—	—					
												Приведенные к <i>m</i> = 2		1,22	0,10						
											XI	<i>m</i>	4	1,07	0,10						
													2	—	—						
												Приведенные к <i>m</i> = 2		1,37	0,10						

Месяцы	Величины				Месяцы	Величины				Месяцы	Величины			
	Прямая радиация		Рассеянная радиация			Прямая радиация		Рассеянная радиация			Прямая радиация		Рассеянная радиация	
Свердловск					Свердловск					Саратов				
II	<i>m</i>	8 4 2	0,62 0,98 —	0,11 0,17 —	VIII	<i>m</i>	8 4 2	0,39 0,66 0,89	0,05 0,10 0,20	I	<i>m</i>	8 4 2	1,02 1,03 —	0,11 0,18 —
	Приведенные к $m=2$		1,26	0,26		Приведенные к $m=2$		0,96	0,20		Приведенные к $m=2$		1,33	0,18
	Фактор мутности		2,36			Фактор мутности		3,64			Фактор мутности		2,15	
III	<i>m</i>	8 4 2	0,57 0,89 1,17	0,10 0,18 0,25	IX	<i>m</i>	8 4 2	0,68 0,97 1,25	0,04 0,08 0,19	II	<i>m</i>	8 4 2	0,75 0,95 —	0,10 0,16 —
	Приведенные к $m=2$		1,19	0,26		Приведенные к $m=2$		1,27	0,19		Приведенные к $m=2$		1,27	0,17
	Фактор мутности		2,62			Фактор мутности		2,14			Фактор мутности		2,32	
V	<i>m</i>	8 4 2	0,57 0,86 1,23	0,07 0,09 0,20	X	<i>m</i>	8 4 2	0,61 0,96 1,13	0,04 0,08 0,19	III	<i>m</i>	8 4 2	0,54 0,91 1,16	0,11 0,19 0,23
	Приведенные к $m=2$		—	—		Приведенные к $m=2$		1,24	0,18		Приведенные к $m=2$		1,20	0,18
	Фактор мутности		2,52			Фактор мутности		2,32			Фактор мутности		2,58	
VI	<i>m</i>	8 4 2	0,55 0,79 1,09	0,05 0,10 0,20	XI	<i>m</i>	8 4 2	0,73 0,77 —	0,03 0,07 —	IV	<i>m</i>	8 4 2	0,57 0,88 1,19	0,07 0,11 0,18
	Приведенные к $m=2$		1,12	0,20		Приведенные к $m=2$		1,36	0,18		Приведенные к $m=2$		1,19	0,19
	Фактор мутности		2,84			Фактор мутности		1,87			Фактор мутности		2,56	
VII	<i>m</i>	8 4 2	0,52 0,79 1,09	0,05 0,10 0,20	XII	<i>m</i>	8 4 2	0,75 — —	0,05 — —	V	<i>m</i>	8 4 2	0,47 0,78 1,06	0,07 0,11 0,18
	Приведенные к $m=2$		1,11	0,20		Приведенные к $m=2$		1,38	0,20		Приведенные к $m=2$		1,08	0,19
	Фактор мутности		2,76			Фактор мутности		1,88			Фактор мутности		3,05	
										VI	<i>m</i>	8 4 2	0,56 0,83 1,06	0,05 0,09 0,19
											Приведенные к $m=2$		1,08	0,19
											Фактор мутности		3,01	

Месяцы	Саратов				Месяцы	Одесса				Месяцы	Одесса			
	Величины		Прямая радиация	Рассеянная радиация		Величины		Прямая радиация	Рассеянная радиация		Величины		Прямая радиация	Рассеянная радиация
VII	<i>m</i>	8	0,52	0,05	I	<i>m</i>	8	0,47	0,07	VII	<i>m</i>	8	0,35	0,06
		4	0,75	0,10			4	0,95	0,12			4	0,67	0,10
		2	1,01	0,19			2	—	—			2	0,97	0,19
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,06	0,19	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,25	0,20	Приведенные к <i>m</i> = 2		0,97	0,18		
Фактор мутности		3,04		Фактор мутности		2,50		Фактор мутности		3,53				
VIII	<i>m</i>	8	0,42	0,05	II	<i>m</i>	8	0,52	0,07	VIII	<i>m</i>	8	0,39	0,06
		4	0,74	0,10			4	0,89	0,12			4	0,68	0,10
		2	1,02	0,19			2	1,21	0,18			2	0,98	0,18
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,04	0,18	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,19	0,20	Приведенные к <i>m</i> = 2		0,98	0,18		
Фактор мутности		3,20		Фактор мутности		2,68		Фактор мутности		3,53				
IX	<i>m</i>	8	1,07	0,04	III	<i>m</i>	8	0,45	0,07	IX	<i>m</i>	8	0,50	0,05
		4	0,86	0,09			4	0,73	0,14			4	0,78	0,09
		2	1,10	0,19			2	1,12	0,20			2	1,08	0,18
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,13	0,18	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,10	0,20	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,10	0,17		
Фактор мутности		2,80		Фактор мутности		3,08		Фактор мутности		2,95				
X	<i>m</i>	8	0,64	0,03	IV	<i>m</i>	8	0,44	0,07	X	<i>m</i>	8	—	0,04
		4	0,96	0,03			4	0,75	0,12			4	—	0,07
		2	1,21	—			2	1,06	0,20			2	—	0,18
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,24	0,17	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,06	0,20	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,16	0,17		
Фактор мутности		3,63		Фактор мутности		3,21		Фактор мутности		2,70				
XI	<i>m</i>	8	0,76	0,02	V	<i>m</i>	8	0,39	0,08	XI	<i>m</i>	8	—	0,03
		4	1,03	0,10			4	0,69	0,11			4	—	0,07
		2	—	—			2	1,01	0,20			2	—	—
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,36	0,17	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,00	0,20	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,24	0,16		
Фактор мутности		1,88		Фактор мутности				Фактор мутности		2,40				
XII	<i>m</i>	8	1,11	0,08	VI	<i>m</i>	8	0,46	0,05	XII	<i>m</i>	8	—	0,05
		4	—	—			4	0,86	0,09			4	—	0,06
		2	—	—			2	1,05	0,20			2	—	—
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,41	0,17	Приведенные к <i>m</i> = 2		0,98	0,19	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,27	0,16		
Фактор мутности		1,76		Фактор мутности		3,53		Фактор мутности		2,34				

Месяцы	Величины	Прямая радиация	Месяцы	Величины	Прямая радиация	Месяцы	Величины	Прямая радиация
	Евпатория			Евпатория			Карадаг	
I	$t \begin{array}{ l} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,68 0,95 —	VII	$t \begin{array}{ l} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,35 0,65 0,98	I	$t \begin{array}{ l} 4 \\ 2 \end{array}$	1,01 —
	Приведенные к $t = 2$	1,28		Приведенные к $t = 2$	0,97		Приведенные к $t = 2$	1,31
	Фактор мутности	2,37		Фактор мутности	3,34		Фактор мутности	2,23
II	$t \begin{array}{ l} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,56 0,89 1,16	VIII	$t \begin{array}{ l} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,37 0,68 0,98	II	$t \begin{array}{ l} 4 \\ 2 \end{array}$	0,93 —
	Приведенные к $t = 2$	1,18		Приведенные к $t = 2$	0,99		Приведенные к $t = 2$	1,24
	Фактор мутности	2,73		Фактор мутности	3,48		Фактор мутности	2,45
III	$t \begin{array}{ l} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,59 0,89 1,18	IX	$t \begin{array}{ l} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,50 0,82 1,13	III	$t \begin{array}{ l} 4 \\ 2 \end{array}$	0,83 1,12
	Приведенные к $t = 2$	1,18		Приведенные к $t = 2$	1,12		Приведенные к $t = 2$	1,12
	Фактор мутности	2,73		Фактор мутности	2,85		Фактор мутности	2,98
IV	$t \begin{array}{ l} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,53 0,86 1,16	X	$t \begin{array}{ l} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,60 0,91 1,26	IV	$t \begin{array}{ l} 4 \\ 2 \end{array}$	0,84 1,12
	Приведенные к $t = 2$	1,16		Приведенные к $t = 2$	1,22		Приведенные к $t = 2$	1,13
	Фактор мутности	2,71		Фактор мутности	3,71		Фактор мутности	2,85
V	$t \begin{array}{ l} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,46 0,69 1,06	XI	$t \begin{array}{ l} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,61 0,93 1,26	V	$t \begin{array}{ l} 4 \\ 2 \end{array}$	0,83 1,10
	Приведенные к $t = 2$	1,04		Приведенные к $t = 2$	1,24		Приведенные к $t = 2$	1,12
	Фактор мутности	3,27		Фактор мутности	2,39		Фактор мутности	2,85
VI	$t \begin{array}{ l} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,45 0,72 1,04	XII	$t \begin{array}{ l} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,60 0,97 —	VI	$t \begin{array}{ l} 4 \\ 2 \end{array}$	0,77 1,08
	Приведенные к $t = 2$	1,02		Приведенные к $t = 2$	1,25		Приведенные к $t = 2$	1,08
	Фактор мутности	3,32		Фактор мутности	2,44		Фактор мутности	2,98

Месяцы	Величины	Прямая радиация	Месяцы	Величины	Прямая радиация	Месяцы	Величины	Прямая радиация
Карадаг			Тбилиси			Тбилиси		
VII	$m \begin{array}{ l} 4 \\ 2 \end{array}$	0,76 1,05	I	$m \begin{array}{ l} 4 \\ 2 \end{array}$ Приведенные к $m=2$ Фактор мутности	0,96 1,23 1,24 2,54	VII	$m \begin{array}{ l} 4 \\ 2 \end{array}$ Приведенные к $m=2$ Фактор мутности	0,75 1,08 1,06 3,03
	Приведенные к $m=2$ Фактор мутности	1,06 3,04	II	$m \begin{array}{ l} 4 \\ 2 \end{array}$ Приведенные к $m=2$ Фактор мутности	1,15 1,23 1,23 2,50	VIII	$m \begin{array}{ l} 4 \\ 2 \end{array}$ Приведенные к $m=2$ Фактор мутности	0,75 1,07 1,06 3,10
VIII	$m \begin{array}{ l} 4 \\ 2 \end{array}$	0,82 1,08	III	$m \begin{array}{ l} 4 \\ 2 \end{array}$ Приведенные к $m=2$ Фактор мутности	0,92 1,21 1,22 2,48	IX	$m \begin{array}{ l} 4 \\ 2 \end{array}$ Приведенные к $m=2$ Фактор мутности	0,77 1,10 1,08 3,06
	Приведенные к $m=2$ Фактор мутности	1,10 2,88	IV	$m \begin{array}{ l} 4 \\ 2 \end{array}$ Приведенные к $m=2$ Фактор мутности	0,86 1,15 1,16 2,60	X	$m \begin{array}{ l} 4 \\ 2 \end{array}$ Приведенные к $m=2$ Фактор мутности	0,86 1,19 1,17 2,66
IX	$m \begin{array}{ l} 4 \\ 2 \end{array}$	0,87 1,10	V	$m \begin{array}{ l} 4 \\ 2 \end{array}$ Приведенные к $m=2$ Фактор мутности	0,76 1,09 1,08 3,06	XI	$m \begin{array}{ l} 4 \\ 2 \end{array}$ Приведенные к $m=2$ Фактор мутности	0,88 1,08 — —
	Приведенные к $m=2$ Фактор мутности	1,13 2,80	VI	$m \begin{array}{ l} 4 \\ 2 \end{array}$ Приведенные к $m=2$ Фактор мутности	0,77 1,07 1,07 3,04	XII	$m \begin{array}{ l} 4 \\ 2 \end{array}$ Приведенные к $m=2$ Фактор мутности	1,04 1,34 1,34 2,05
X	$m \begin{array}{ l} 4 \\ 2 \end{array}$	0,87 1,17						
	Приведенные к $m=2$ Фактор мутности	1,17 2,66						
XI	$m \begin{array}{ l} 4 \\ 2 \end{array}$	0,89 —						
	Приведенные к $m=2$ Фактор мутности	1,19 2,62						
XII	$m \begin{array}{ l} 4 \\ 2 \end{array}$	1,05 —						
	Приведенные к $m=2$ Фактор мутности	1,35 2,01						
						Дзау-Джикау		
			I		4 2			0,89 —
			II		4 2			— 1,08
			III		4 2			0,76 1,04
			IV		4 2			0,73 —
			Месяцы			Массы m		
						Прямая радиация		

Месяцы	Величины	Прямая радиация	Рассеянная радиация	Месяцы	Величины	Прямая радиация	Рассеянная радиация	Месяцы	Величины	Прямая радиация	Рассеянная радиация			
	Ташкент					Ташкент					Алма-Ата			
I	$m \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	1,07 1,29	0,10 0,17	VII	$m \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	0,79 1,07	0,09 0,19	I	$m \begin{array}{ c} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,70 1,06 —	0,06 0,11 —			
	Приведенные к $m=2$	1,33	0,18		Приведенные к $m=2$	1,08	0,19		Приведенные к $m=2$	1,34	—			
	Фактор мутности	2,15			Фактор мутности	2,93			Фактор мутности	2,10				
II	$m \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	1,00 1,29	0,10 0,16	VIII	$m \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	0,79 1,07	0,09 0,18	II	$m \begin{array}{ c} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,75 1,03 1,29	0,06 0,10 —			
	Приведенные к $m=2$	1,30	0,17		Приведенные к $m=2$	1,08	0,18		Приведенные к $m=2$	1,33	0,19			
	Фактор мутности	2,19			Фактор мутности	2,99			Фактор мутности	2,06				
III	$m \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	0,92 1,21	0,11 0,17	IX	$m \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	0,85 1,13	0,08 0,17	III	$m \begin{array}{ c} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,73 1,03 1,29	0,06 0,11 0,17			
	Приведенные к $m=2$	1,25	0,18		Приведенные к $m=2$	1,14	0,17		Приведенные к $m=2$	1,30	0,19			
	Фактор мутности	2,35			Фактор мутности	2,75			Фактор мутности	2,14				
IV	$m \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	0,86 1,16	0,12 0,21	X	$m \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	0,89 1,16	0,06 0,18	IV	$m \begin{array}{ c} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,61 0,92 1,17	0,06 0,10 0,17			
	Приведенные к $m=2$	1,19	0,20		Приведенные к $m=2$	1,20	0,17		Приведенные к $m=2$	1,21	0,18			
	Фактор мутности	2,56			Фактор мутности	2,52			Фактор мутности	2,48				
V	$m \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	0,85 1,14	0,09 0,19	XI	$m \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	1,00 1,21	0,06 0,19	V	$m \begin{array}{ c} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,63 1,05 1,15	0,07 0,09 0,19			
	Приведенные к $m=2$	1,16	0,19		Приведенные к $m=2$	1,20	0,16		Приведенные к $m=2$	1,25	0,19			
	Фактор мутности	2,65			Фактор мутности	2,58			Фактор мутности	2,23				
VI	$m \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	0,85 1,09	0,09 0,19	XII	$m \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	1,05 —	0,06 —	VI	$m \begin{array}{ c} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,60 0,86 1,08	0,05 0,09 0,19			
	Приведенные к $m=2$	1,13	0,19		Приведенные к $m=2$	1,37	0,16		Приведенные к $m=2$	1,16	0,19			
	Фактор мутности	2,74			Фактор мутности	1,92			Фактор мутности	2,59				

Месяцы	Величины	Прямая радиация	Рассеянная радиация	Месяцы	Величины	Прямая радиация	Рассеянная радиация	Месяцы	Величины	Прямая радиация	Рассеянная радиация
Алма-Ата				Самарканд				Самарканд			
VII	$m \begin{array}{ c} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,54 0,77 1,08	0,05 0,10 0,19	I	$m \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	1,11 1,39	0,11 0,19	VII	$m \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	0,80 1,11	0,09 0,17
	Приведенные к $m=2$	1,11	0,19		Приведенные к $m=2$	1,40	0,19		Приведенные к $m=2$	1,10	0,17
	Фактор мутности	2,78			Фактор мутности	1,86			Фактор мутности	2,82	
VIII	$m \begin{array}{ c} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,54 0,75 1,05	0,06 0,10 0,18	II	$m \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	1,07 1,35	0,10 0,17	VIII	$m \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	0,81 1,12	0,09 0,16
	Приведенные к $m=2$	1,10	0,18		Приведенные к $m=2$	1,36	0,18		Приведенные к $m=2$	1,12	0,17
	Фактор мутности	2,88			Фактор мутности	1,94			Фактор мутности	2,78	
IX	$m \begin{array}{ c} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,54 0,79 1,13	0,05 0,08 0,18	III	$m \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	0,93 1,26	0,12 0,18	IX	$m \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	0,82 1,11	0,08 0,16
	Приведенные к $m=2$	1,13	0,18		Приведенные к $m=2$	1,24	0,18		Приведенные к $m=2$	1,12	0,16
	Фактор мутности	2,80			Фактор мутности	2,39			Фактор мутности	2,85	
X	$m \begin{array}{ c} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,55 0,80 1,06	0,04 0,07 0,19	IV	$m \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	0,79 1,11	0,09 0,17	X	$m \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	0,91 1,21	0,07 0,17
	Приведенные к $m=2$	1,11	0,18		Приведенные к $m=2$	1,20	0,18		Приведенные к $m=2$	1,21	0,17
	Фактор мутности	2,96			Фактор мутности	2,52			Фактор мутности	2,47	
XI	$m \begin{array}{ c} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,72 0,97 1,18	0,04 0,09 —	V	$m \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	0,88 1,15	0,09 0,19	XI	$m \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	1,03 1,32	0,06 0,18
	Приведенные к $m=2$	1,25	0,18		Приведенные к $m=2$	1,16	0,18		Приведенные к $m=2$	1,33	0,17
	Фактор мутности	2,35			Фактор мутности	2,65			Фактор мутности	2,00	
XII	$m \begin{array}{ c} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,60 0,96 —	0,08 0,09 —	VI	$m \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	0,83 1,14	0,09 0,18	XII	$m \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	1,10 —	0,06 —
	Приведенные к $m=2$	1,25	0,19		Приведенные к $m=2$	1,14	0,18		Приведенные к $m=2$	1,40	0,18
	Фактор мутности	2,44			Фактор мутности	2,68			Фактор мутности	1,80	

Месяцы	Величины				Месяцы	Величины				Месяцы	Величины			
	Прямая радиация	Рассеянная радиация	Прямая радиация	Рассеянная радиация		Прямая радиация	Рассеянная радиация	Прямая радиация	Рассеянная радиация		Прямая радиация	Рассеянная радиация	Прямая радиация	Рассеянная радиация
Сталинабад					Сталинабад					Владивосток				
I	$t \begin{array}{ c} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	— 1,03 1,34	0,12 0,19 —		VII	$t \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	0,67 0,98	0,10 0,18		I	$t \begin{array}{ c} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,63 0,98 —	0,11 0,17 —	
	Приведенные к $t=2$	1,34	0,19			Приведенные к $t=2$	0,98	0,18			Приведенные к $t=2$	1,27	0,26	
	Фактор мутности	2,06				Фактор мутности	3,40				Фактор мутности	2,26		
II	$t \begin{array}{ c} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	— 1,27 1,35	0,10 0,17 —		VIII	$t \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	0,74 0,95	0,09 0,17		II	$t \begin{array}{ c} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,59 0,94 1,25	0,10 0,15 0,25	
	Приведенные к $t=2$	1,35	0,18			Приведенные к $t=2$	1,00	0,17			Приведенные к $t=2$	1,24	0,25	
	Фактор мутности	1,94				Фактор мутности	3,36				Фактор мутности	2,22		
III	$t \begin{array}{ c} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	— 0,95 1,22	0,14 0,18 —		IX	$t \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	0,68 1,01	0,09 0,17		III	$t \begin{array}{ c} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,56 0,90 1,21	0,07 0,13 0,19	
	Приведенные к $t=2$	1,24	0,18			Приведенные к $t=2$	0,99	0,17			Приведенные к $t=2$	1,20	0,21	
	Фактор мутности	2,35				Фактор мутности	3,47				Фактор мутности	2,46		
IV	$t \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	0,81 1,12	0,11 0,18		X	$t \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	0,78 1,11	0,08 0,17		IV	$t \begin{array}{ c} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,47 0,75 1,13	0,07 0,12 0,19	
	Приведенные к $t=2$	1,12	0,18			Приведенные к $t=2$	1,10	0,17			Приведенные к $t=2$	1,09	0,20	
	Фактор мутности	2,85				Фактор мутности	2,95				Фактор мутности	2,80		
V	$t \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	0,88 1,16	0,09 0,18		XI	$t \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	0,91 1,24	0,07 0,18		V	$t \begin{array}{ c} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,43 0,65 1,00	0,07 0,10 0,20	
	Приведенные к $t=2$	1,17	0,18			Приведенные к $t=2$	1,23	0,17			Приведенные к $t=2$	1,00	0,20	
	Фактор мутности	2,55				Фактор мутности	2,48				Фактор мутности	3,30		
VI	$t \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	0,76 1,06	0,09 0,18		XII	$t \begin{array}{ c} 4 \\ 2 \end{array}$	1,07 —	0,07 —		VI	$t \begin{array}{ c} 8 \\ 4 \\ 2 \end{array}$	0,45 0,74 1,09	0,06 0,10 0,20	
	Приведенные к $t=2$	1,06	0,17			Приведенные к $t=2$	1,37	0,16			Приведенные к $t=2$	1,06	0,20	
	Фактор мутности	3,04				Фактор мутности	1,88				Фактор мутности	3,04		

Месяцы	Величины		Прямая радиация	Рассеянная радиация	Месяцы	Величины		Рассеянная радиация	Месяцы	Массы <i>m</i>	Рассеянная радиация			
Владивосток					Бухта Тихая					Остров Уединения				
VII	<i>m</i>	8 4 2	0,54 0,79 1,06	0,05 0,10 0,20	III	<i>m</i>	8 4 2	0,07 — —	III	8 4 2	0,07 0,12 —			
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,06	0,20		Приведенные к <i>m</i> = 2		0,25	IV	8 4 2	0,09 0,17 —			
	Фактор мутности		3,04		IV	<i>m</i>	8 4 2	0,06 0,15 —	V	8 4 2	0,08 0,18 0,48			
VIII	<i>m</i>	8 4 2	0,48 0,80 1,09	0,05 0,10 0,20		Приведенные к <i>m</i> = 2		0,26	VI	8 4 2	0,03 0,17 0,47			
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,20	0,20	V	<i>m</i>	8 4 2	0,05 0,16 0,25	VII	8 4 2	— 0,18 0,34			
	Фактор мутности		2,95			Приведенные к <i>m</i> = 2		0,25	IX	8 4 2	0,04 0,10 —			
IX	<i>m</i>	8 4 2	0,59 0,88 1,16	0,04 0,08 0,19	VI	<i>m</i>	8 4 2	— 0,12 0,29	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Месяцы</th> <th>Массы <i>m</i></th> <th>Прямая радиация</th> </tr> </thead> </table>			Месяцы	Массы <i>m</i>	Прямая радиация
Месяцы	Массы <i>m</i>	Прямая радиация												
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,20	0,18		Приведенные к <i>m</i> = 2		0,26						
	Фактор мутности		2,46		VII	<i>m</i>	8 4 2	— 0,12 0,25	Бухта Лаврентия, на Чукотке					
X	<i>m</i>	8 4 2	0,58 0,95 1,21	0,03 0,06 0,19		Приведенные к <i>m</i> = 2		0,24	III	8 4 2	— 0,98 —			
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,22	0,18		Приведенные к <i>m</i> = 2		0,24	IV	8 4 2	— 0,86 1,24			
	Фактор мутности		0,16		VIII	<i>m</i>	8 4 2	0,06 0,11 —	V	8 4 2	0,58 0,97 1,24			
XI	<i>m</i>	8 4 2	0,63 0,96 1,25	0,03 0,06 0,19		Приведенные к <i>m</i> = 2		0,24	VI	8 4 2	0,60 0,98 1,23			
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,26	0,18	IX	<i>m</i>	8 4 2	0,07 0,13 —	VII	8 4 2	0,73 0,90 1,16			
	Фактор мутности		2,18			Приведенные к <i>m</i> = 2		0,25	VIII	8 4 2	— — 1,24			
XII	<i>m</i>	8 4 2	0,65 1,01 —	0,05 0,06 —		Приведенные к <i>m</i> = 2		0,25						
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,30	0,20										
	Фактор мутности		2,14											

Месяцы	Мыс Шмидта				Месяцы	Мыс Шмидта				Месяцы	Мыс Желания			
Величины	Прямая радиация	Рассеянная радиация			Величины	Прямая радиация	Рассеянная радиация			Величины	Прямая радиация	Рассеянная радиация		
II	m 8 4 2	0,72 1,02 —	— — —		VIII	m 8 4 2	0,72 1,02 1,30	0,05 0,11 0,26		VI	m 8 4 2	— 1,00 1,16	— — —	0,1 — 0,2
	Приведенные к $m=2$	1,38	—			Приведенные к $m=2$	1,32	0,24			Приведенные к $m=2$	1,23	—	0,2
	Фактор мутности	1,85	—			Фактор мутности	1,86	—			Фактор мутности	1,69	—	—
III	m 8 4 2	0,64 0,93 —	0,08 0,16 —		IX	m 8 4 2	0,78 1,09 1,26	— — —		VII	m 8 4 2	— 0,82 1,13	— — —	0,0 — 0,2
	Приведенные к $m=2$	1,25	0,28			Приведенные к $m=2$	1,36	0,26			Приведенные к $m=2$	1,13	—	0,2
	Фактор мутности	2,34	—			Фактор мутности	1,76	—			Фактор мутности	2,00	—	—
IV	m 8 4 2	0,73 1,00 1,27	0,09 0,15 —		X	m 8 4 2	0,86 1,14 —	0,07 0,12 —		VIII	m 8 4 2	0,77 0,98 1,25	0,0 0,0 0,2	— — —
	Приведенные к $m=2$	1,31	0,28			Приведенные к $m=2$	1,46	0,26			Приведенные к $m=2$	1,30	—	0,2
	Фактор мутности	2,03	—			Фактор мутности	1,47	—			Фактор мутности	1,55	—	—
V	m 8 4 2	0,64 0,90 1,20	0,09 0,15 0,33		III	m 8 4 2	0,64 1,00 —	0,11 0,09 —		IX	m 8 4 2	0,76 0,99 —	0,0 0,16 —	— — —
	Приведенные к $m=2$	1,26	0,29			Приведенные к $m=2$	1,29	0,23			Приведенные к $m=2$	—	—	0,26
	Фактор мутности	2,18	—			Фактор мутности	1,63	—			Фактор мутности	—	—	—
VI	m 8 4 2	0,71 0,01 1,26	0,64 0,13 0,24		IV	m 8 4 2	0,68 0,98 —	0,07 0,17 —		X	m 8 4 2	— — —	— — —	0,06 — —
	Приведенные к $m=2$	1,31	0,25			Приведенные к $m=2$	1,26	0,29			Приведенные к $m=2$	—	—	—
	Фактор мутности	1,90	—			Фактор мутности	1,68	—			Фактор мутности	—	—	—
VII	m 8 4 2	0,70 0,96 1,25	0,05 0,09 0,27		V	m 8 4 2	0,60 0,97 1,20	0,09 0,18 0,31			Приведенные к $m=2$	—	—	0,26
	Приведенные к $m=2$	1,28	0,25			Приведенные к $m=2$	1,24	0,31			Фактор мутности	—	—	—
	Фактор мутности	1,96	—			Фактор мутности	1,70	—						

Листья	Величины			Месяцы	Величины			Месяцы	Величины				
	Прямая радиация	Рассеянная радиация	Рассеянная радиация		Прямая радиация	Рассеянная радиация	Рассеянная радиация		Прямая радиация	Рассеянная радиация	Рассеянная радиация		
Маточкин Шар				Маточкин Шар				Бухта Тикси					
I	<i>m</i>	8	—	VIII	<i>m</i>	8	—	V	<i>m</i>	8	0,66	—	
		4	—			4	0,87			4	1,00	0,18	
		2	—			2	1,21			2	1,28	0,31	
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,33		Приведенные к <i>m</i> = 2		1,21		Приведенные к <i>m</i> = 2		1,29	0,31	
	Фактор мутности		2,06		Фактор мутности		2,35		Фактор мутности		1,42		
I	<i>m</i>	8	0,66	IX	<i>m</i>	8	0,74	VI	<i>m</i>	8	0,72	—	
		4	0,95			4	1,02			4	0,98	0,06	
		2	—			2	—			2	1,30	0,21	
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,25		Приведенные к <i>m</i> = 2		1,34		Приведенные к <i>m</i> = 2		1,30	0,21	
	Фактор мутности		2,36		Фактор мутности		1,84		Фактор мутности		1,46		
	<i>m</i>	8	0,70	X	<i>m</i>	8	0,70	VII	<i>m</i>	8	0,54	—	
		4	0,96			4	1,02			4	0,81	0,13	
		2	1,22			2	—			2	1,11	0,27	
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,27		Приведенные к <i>m</i> = 2		1,29		Приведенные к <i>m</i> = 2		1,13	0,27	
	Фактор мутности		2,20		Фактор мутности		2,11		Фактор мутности		0,68		
	<i>m</i>	8	0,58	Бухта Тикси				VIII	<i>m</i>	8	0,67	—	
		4	0,88	II	<i>m</i>	8	—			4	0,95	0,10	
		2	1,18			4	—			2	1,24	0,24	
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,22			2	—		Приведенные к <i>m</i> = 2		1,25	0,24	
	Фактор мутности		2,36		Приведенные к <i>m</i> = 2		—		Фактор мутности		1,25		
	<i>m</i>	8	0,68		Фактор мутности		—		IX	<i>m</i>	8	—	
		4	0,96	III	<i>m</i>	8	0,72				4	—	
		2	1,24			4	1,02				2	0,05	
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,25			2	—				—	0,12	
	Фактор мутности		2,29		Приведенные к <i>m</i> = 2		1,34		Приведенные к <i>m</i> = 2		1,30	0,26	
	<i>m</i>	8	0,66		Фактор мутности		1,64		Фактор мутности		1,46		
		4	0,98	IV	<i>m</i>	8	0,69		X	<i>m</i>	8	0,81	0,07
		2	1,25			4	1,00				4	—	
	Приведенные к <i>m</i> = 2		1,26		Приведенные к <i>m</i> = 2		1,30				2	0,76	0,15
	Фактор мутности		2,06		Фактор мутности		1,46		Приведенные к <i>m</i> = 2		1,32	0,29	
									Фактор мутности		1,55		

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ СЕТИ СТАНЦИЙ С ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМИ НАБЛЮДЕНИЯМИ НАД ОБЛЕДЕНЕНИЯМИ

Введение

Организация всех новых инструментальных наблюдений на сети метеорологических станций, как правило, проходит три этапа.

1. Наблюдение начинают производить на более или менее случайных станциях, обычно на тех, где явления наиболее резко выражены, о чем судят по предварительным визуальным наблюдениям.

2. После изучения материала этих наблюдений, планируется неширокая сеть станций для более детального изучения нового явления. Такая сеть, чаще всего, планируется равной густоты для того, чтобы нащупать географическое распределение изменения интенсивности изучаемого явления.

3. В результате анализа деятельности такой сети становится возможным планировать рационально расположенную сеть станций для наиболее полного и правильного изучения исследуемого явления.

Инструментальные наблюдения над обледенениями прошли уже два первых этапа своего развития. Первый этап продолжался с 1925 г. (первые инструментальные наблюдения над гололедом проводились на станции Волноваха Екатеринбургской ж. д.) до 1939 г.

Второй этап начинается в 1939 г. в результате разработки новых приборов наблюдения (типовой станок ГМС) и организации первой планированной сети станций. Эта сеть была утверждена двумя специальными решениями правительства в 1939 и 1940 гг.

После 1940 г. и, главным образом, в 1945 и 1946 гг. начали изучать условия образования гололеда, что вместе с анализом работы станций привело к возможности рационального планирования сети станций с инструментальными наблюдениями над обледенениями. Такому планированию сопутствовало введение на сеть станций нового прибора для измерения интенсивности обледенений — облегченного станка 1945 г.

В настоящей работе кратко остановимся на тех основных принципах, на которых основывалось рациональное планирование этой специальной сети станций.

Наша работа по рационализации сети была в гораздо более невыгодных условиях, чем работа по рационализации сети станций, наблюдающих какое-либо хорошо изученное метеорологическое явление. Мы до настоящего времени не располагаем знанием таких основных величин как, например, радиус действия каждого гололедного станка. Иными словами, мы не знаем на каком расстоянии нужно устанавливать эти станки друг от друга для того, чтобы охватить весь район захваченный гололедом.

У нас нет также никакого материала о том как наблюдения одной станции можно приводить к наблюдениям другой, соседней с ней, станции. А следовательно нет никакого критерия для суждения о том, на каком расстоянии между станциями такое приведение может осуществляться.

Наличие коротких и ультракоротких рядов наблюдений и частично не совпадающие между собой периоды наблюдений очень сильно затрудняли сравнение показаний дельных станций.

При наличии такого материала мы сочли невозможным вести рациональное планирование сети специальных станций обычными методами и для решения поставленной задачи вынуждены были искать новые упрощенные методы.

При планировании сети станций мы руководствовались следующими принципами:

1. Изучением географического распространения гололеда.
2. Организацией сети специальных станций, необходимых для обслуживания родно-хозяйственных объектов.
3. Организацией опорных станций в неисследованных районах страны.

Хотя вся сеть рассчитана на инструментальные наблюдения над обледенениями (молед, изморозь, смесь гололеда и изморози), при ее планировании, главным образом, учитывались свойства гололеда, как наиболее опасного из данной группы ледяных явлений для народного хозяйства страны.

Изучение географического распространения гололеда

До сих пор в качестве основных характеристик гололеда принимались следующие три характеристики, по которым и строились соответствующие карты:

1. Повторяемость гололеда.
2. Максимальная интенсивность гололеда.
3. Продолжительность гололеда.

В настоящее время, для строительства и эксплуатации воздушных линий связи электропередачи знание продолжительности гололеда не является необходимым, так как сразу же по его появлении принимаются все меры к очищению линий. Причина максимальной интенсивности гололеда при технических расчетах также учитывается. Ее заменяет величина суммарной удельной ветровой и гололедной нагрузки на 1 погонный метр провода. Поэтому для характеристики гололеда мы взяли только повторяемость гололеда и величину удельной нагрузки.

Повторяемость гололеда обрабатывалась уже в МПС (Н. С. Муретовым) и в оскобской Геофизической обсерватории, в результате чего построены две карты повторяемости гололеда. Однако, несмотря на то, что эти карты построены примерно на одном и том же материале, они в значительной степени расходятся друг от друга. Причину такого расхождения можно объяснить тем, что обе карты строились не по материалам „Таблиц основных метеорологических наблюдений“ — И-1, а по материалам „Гололедных листков“ и „Таблиц для наблюдений над ледообразованиями“ — ТНГ-1, в результате чего собранный материал оказался климатологической точки зрения недостаточно полноценным. Обрабатывать такой материал по всем правилам климатологии оказалось невозможным, и, очевидно, при каждой карте вводил некоторые свои допущения, что и сказалось на построении карт.

Из-за отсутствия первоначального материала наблюдений, утраченного в военные годы, мы не имеем возможности проверить каждый метод обработки материала, чтобы выяснить, которая из карт является более правильной. Поэтому мы пошли по другому пути — разработали косвенный метод построения схематической карты повторяемости гололеда. Этот метод заключается в том, что мы взяли повторяемость гололеда с тремя факторами:

- а) Повторяемостью одновременно наблюдаемых температур от 0 до -6° и относительных влажностей от 100 до 94% . При этих условиях гололед образуется в 65% случаев (x_1).
- б) Повторяемостью дней с оттепелями в период с ноября по март. Наличие оттепели может характеризовать теплые вторжения. Теплые же вторжения, как правило, приводят к образованию фронтальных гололедов (x_2).

в) С некоторым коэффициентом, характеризующим рельеф станции (x_3). Этот коэффициент получен делением интенсивности зимних осадков на станции на их интенсивность в районе станции. Как показал О. А. Дроздов, интенсивность зимних осадков сильно зависит от высоты расположения станции над некоторым средним уровнем в районе станции и от степени наветренности того склона, на котором расположена станция. Так как интенсивность и повторяемость гололеда зависят от тех же причин, то этот коэффициент должен характеризовать повторяемость гололеда.

В результате приведенного расчета нами было получено уравнение прямолинейной регрессии:

$$y = a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + A,$$

где y — повторяемость гололеда, a_1 , a_2 , a_3 и A — постоянные коэффициенты.

По этому уравнению была вычислена повторяемость гололеда для ряда станций и построена карта.

Полученная карта показала более равномерное изменение повторяемости гололеда, чем карты МПС и МГО.

На ее основе и была частично спланирована сеть по Европейской территории СССР. В тех районах, где все три карты наиболее сильно расходятся между собой Предуралье, Горьковская, Ростовская и Орловская области была запроектирована более густая сеть станций для проверки правильности каждой карты.

Карта нагрузок на провода, вызванных ветром и гололедом до сих пор еще никем не была построена, хотя она имеет очень большое техническое значение.

В настоящее время величина нагрузки определяется по формуле:

$$\gamma = \sqrt{\left[\gamma_1 + \frac{\pi b(d+b)\gamma_0}{1000q} \right]^2 + \left[\frac{\alpha v^2(d+2b)}{1000q} \right]^2},$$

где γ — величина нагрузки, γ_1 — удельный вес материала провода, b — толщина гололедной корки на проводе, d — диаметр провода, q — площадь поперечного сечения провода, γ_0 — удельный вес гололеда, v — скорость ветра при гололеде, α — аэродинамический коэффициент.

По этой формуле мы определили величину нагрузок для 300 станций и по ним построили карту. На ее основе нами была дополнительно спланирована сеть станций в Одесской области, Молдавской АССР, Курской и Воронежской областях.

После этого мы сравнили карты максимальных размеров гололеда МПС и МГО. Они, так же как и карты повторяемости гололеда, довольно значительно расходятся между собой. Повидимому, и здесь причина расхождения объясняется различием допущений сделанных при обработке материала.

После сравнения этих карт между собой, с учетом построенной нами карты нагрузок, мы сочли необходимым дополнительно запланировать ряд станций в местах наибольшего различия карт (долина Днепра, Московская и Смоленская области).

Однако, ввиду того, что все карты, о которых мы до сих пор упоминали, ограничивались только Европейской территории СССР, то при планировании сети станций по Азиатской территории этот метод не мог быть применен. Планирование сети станций по Азиатской территории СССР еще больше осложнялось тем, что как по Сибири, так и по Средней Азии мы не имеем никаких обработанных материалов наблюдений над обледенениями.

В результате этого планирование сети по Азиатской территории СССР было основано на других соображениях.

Организация сети станций

Организация сети станций, необходимой для обслуживания народно-хозяйственных объектов. Гололед имеет очень большое значение для воздушных линий связи и электропередачи. Для предотвращения аварий, вызываемых

гололедом, эти линии строят разной прочности — в зависимости от величины ветро- и гололедной нагрузки. Поэтому, кроме общей сети станций, необходимо изучение климатических характеристик гололеда, представляется необходимым еще в крупных промышленных районах еще ряд станций для наиболее полного изучения этих районов.

Исходя из этих соображений, нами были запланированы дополнительные станции в Сибирской ж. д., возле ДнепроГЭС, БасканГЭС, в Донецком, Уральском Карагандинском районах.

Кроме того, учитывая развитие промышленности в годы четвертой пятилетки, мы были запроектированы станции в районе Рыбинского Гидроузла, Фардахской ГЭС, Львовском и Печерском промышленных районах и в Закавказье.

Организация опорных станций в неисследованных районах страны. В ряду районов у нас нет никаких данных ни о повторяемости, ни об интенсивности обледенений, а следовательно, и данных для рационального планирования сети станций. Так как в этих районах нет и никаких промышленных объектов, то принцип планирования сети станций с учетом нужд народного хозяйства также не может быть применен.

В связи с этим в неисследованных районах (Северная Сибирь, Восточная Сибирь, Камчатка, север Европейской территории СССР) мы планировали только сеть опорных станций. После накопления этими станциями достаточного материала изучения его, можно будет провести рациональное планирование сети станций этих районов.

Таким образом можно сказать, что если по обжитым районам страны организация инструментальных наблюдений над обледенением вступила уже в третий этап своего развития, по необжитым районам организация этих наблюдений еще только начинается.

Выбор станций

Восстановление наблюдений на станциях, раньше уже проводивших наблюдения над обледенением. Мы считаем целесообразным, в первую очередь, организовать инструментальные наблюдения над обледенениями на тех станциях, где такие наблюдения проводились до войны. Однако, так как таких станций слишком мало для планирования новой сети, то к ним нужно было добавить лишнюю группу станций.

Здесь мы раньше всего отобрали такие станции, которые за более или менее длительный ряд лет проводили дополнительные визуальные наблюдения над обледенениями (в момент появления прекращения нарастания и исчезновения обледенения) и станции проводили метеорологические наблюдения, которые записывались специальными бланками). Мы считаем, что на таких станциях привыкли более внимательно относиться к обледенениям, а потому и инструментальные наблюдения на них будут гораздо более полноценными, чем на других станциях. Кроме того, наблюдения этих станций уже обрабатывались для построения карт, поэтому возобновление наблюдений на них приведет, со временем, к получению наиболее ценных рядов наблюдений.

К отобранному таким образом станциям было добавлено очень небольшое количество станций, наблюдения которых не обрабатывались. Это было вызвано необходимостью организовать наблюдения в неисследованных районах.

Выбор станций, расположенных на определенном расстоянии друг от друга. Имеющийся материал наблюдений над обледенениями не дает возможности судить сейчас об эффективном радиусе действия гололедного станка. Отсутствие даже предварительных соображений об эффективном радиусе его действия обусловлено большим влиянием микрорельефа местности на распределение интенсивности гололеда. Поэтому, повидимому, можно говорить не вообще о радиусе действия станка, а о радиусе действия станка в данных условиях местности, понимая под этим, как степень приподнятости ее над некоторым средним уровнем, так

и степень наветренности. Отсутствие достаточного материала наблюдений не дает возможности более подробно изучить этот вопрос.

Поэтому для определения расстояния между станциями нужно было исходить из других соображений.

Из работы Абрамович и из наших исследований рабочих синоптических карт было установлено, что фронтальный гололед, чаще всего образуется в районе с площадью в 25—30 тыс. кв. км. Средний поперечник района составляет 300—400 км. Для того, чтобы зарегистрировать образование гололеда в таком районе необходимо в нем иметь 2—3 гололедных станка. Это соображение привело нас к тому, что по обжитым районам Азиатской территории СССР мы планировали станции на расстоянии 150—200 км друг от друга. По Европейской территории СССР, учитывая большую необходимость в сведениях о гололеде для нужд народного хозяйства, мы планировали станции на расстоянии 50—100 км. По необжитым районам Азиатской территории СССР, где у нас спланированы только опорные станции, мы их расположили на расстоянии в 350—400 км.

Заклучение

Вся сеть станций спланирована в две очереди. В первую очередь вошли станции, наблюдения которых срочно необходимы для народного хозяйства страны, и ряд станций в совершенно неисследованных районах. Во вторую очередь включены все остальные запроектированные станции.

Вся сеть станций, которая нами разработана по указанным принципам, состоит из 550 станций.

Спланированная сеть, конечно, не является окончательной. После более глубокого изучения обледенений и их географических характеристик, она может быть еще более рационализирована.

Новые запросы народного хозяйства могут вызывать изменения ее плотности в различных районах страны.

Разработка новой измерительной аппаратуры, которая приведет к упрощению наблюдений над обледенениями, может способствовать планированию гораздо более густой сети станций, что поможет лучше изучить географические характеристики обледенений.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
<u>Дроздов О. А.</u> Уточнения в размещении станций II разряда рационально построенной сети на базе теории интерполяции	5
<u>Курская В. П.</u> К вопросу о рациональном размещении метеорологической сети станций III-го разряда	10
Абрамова Е. И. и Дроздов О. А. Рациональные расстояния между стинциями сети, ведущими учет высоты снежного покрова	24
Гакен Г. Л. К вопросу о рациональном размещении сети станций для учета гроз	42
Короткевич В. Н. К вопросу о рациональном размещении станций для учета туманов	63
Дроздов О. А. и Сохрина Р. Ф. К вопросу о размещении сети станций для учета температуры почвы	65
<u>Заварина М. В.</u> О рациональном размещении сети аэрологических станций	81
<u>Борк Н. И.</u> и <u>Полякова Е. А.</u> Разработка принципов размещения сети актинометрических станций по СССР	87
Андреев Ю. Н. Теоретические основы рационализации сети станций с инструментальными наблюдениями над гололедом	110

10400

Отв. редактор О. А. Дроздов.

Техн. редактор Л. Б. Кононова.

Сдано в набор 29/V 1947 г. Подписано к печати 16/VIII 1947 г. Изд. № 29.
Индекс М-Л-29. Бумага 70×105 ¹/₁₆. Зн. в 1 печ. л. 70 000. Уч.-изд. л 12,3. Печ. л. 71¹/₈.
Тираж 600. Гидрометеиздат г. Ленинград 1947 г. МО 3328. Зак. № 833. Цена 12 руб. 50 коп.

2-я типо-литография Гидрометеиздата. Ленинград, Прачечный, 6.