

Я. Д. МУРАВЬЕВ

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ ГОРНЫХ РАЙОНОВ КАМЧАТКИ

Камчатка издавна известна как многоснежная страна. Мощный снежный покров является одной из характернейших особенностей ее климата, оказывающей определяющее влияние на многие природные процессы и играющей существенную роль в экономике Камчатской области.

В настоящее время снежный покров сравнительно подробно изучен в долине р. Камчатки и вдоль побережья полуострова, где расположено подавляющее большинство метеорологических станций и постов Камчатского управления гидрометеослужбы и проводились регулярные снегомерные работы по закрепленным маршрутам. В. Н. Виноградов (1964) на основании материалов снегосъемок, выполненных в 1960—1962 гг. в различных частях Камчатки, дал характеристику распределения снежного покрова на равнинных территориях полуострова, а привлечение данных метеорологической сети и карты твердых осадков послужило ему основанием для составления схематической карты распределения высоты снежного покрова в период максимального накопления. Позднее появилось несколько работ (Володичева, 1970; Кондратьев, 1974), в которых приведены карты высоты снежного покрова, содержащие, наряду с дальнейшей детализацией рисовки изохион на равнинах полуострова, существенные недостатки в отражении снегонакопления для горных территорий. Учитывая, что горные районы занимают около 75% площади Камчатки, а непосредственные наблюдения снежного покрова в горах немногочисленны и разрозненны, возникает задача косвенного расчета некоторых его характеристик в целях построения карт их распределения.

Количество выпадающих и отложенных твердых осадков в горах распределяется весьма неравномерно. Их распределение зависит от расчлененности рельефа и скорости ветра. На полуострове имеется две мощные продольные системы хребтов: Срединный и Восточный. В Восточном, более высоком, сосредоточено подавляющее большинство действующих вулканов региона. Именно они имеют господствующие высоты и несут на себе значительное оледенение. Отсутствие на Камчатке высокогорных метеорологических станций вызывает трудности в интерполяции и экстраполяции распределения по высоте таких важных характеристик снежного покрова, как среднее число дней со снежным покровом, средних максимальных снеготпасов и др. В этом случае для получения зависимостей можно использовать данные по снеготпасам в отрицательных формах вулканического рельефа (кальдера, кратер, атрио), где коэффициент концентрации осадков близок к 1,0.

При построении карты «Среднее число дней со снежным покровом» (рис. 1) использованы материалы станций и постов Камчатского УГМС о среднем числе дней со снежным покровом (m), заимствованные из Справочника по климату СССР (1968). Как видно из таблицы 1, данные метеорологической сети дают информацию о продолжительности залегания снежного покрова лишь на высотах до 350 м над уровнем моря. Выше расположена лишь одна станция Эссо. В связи с этим

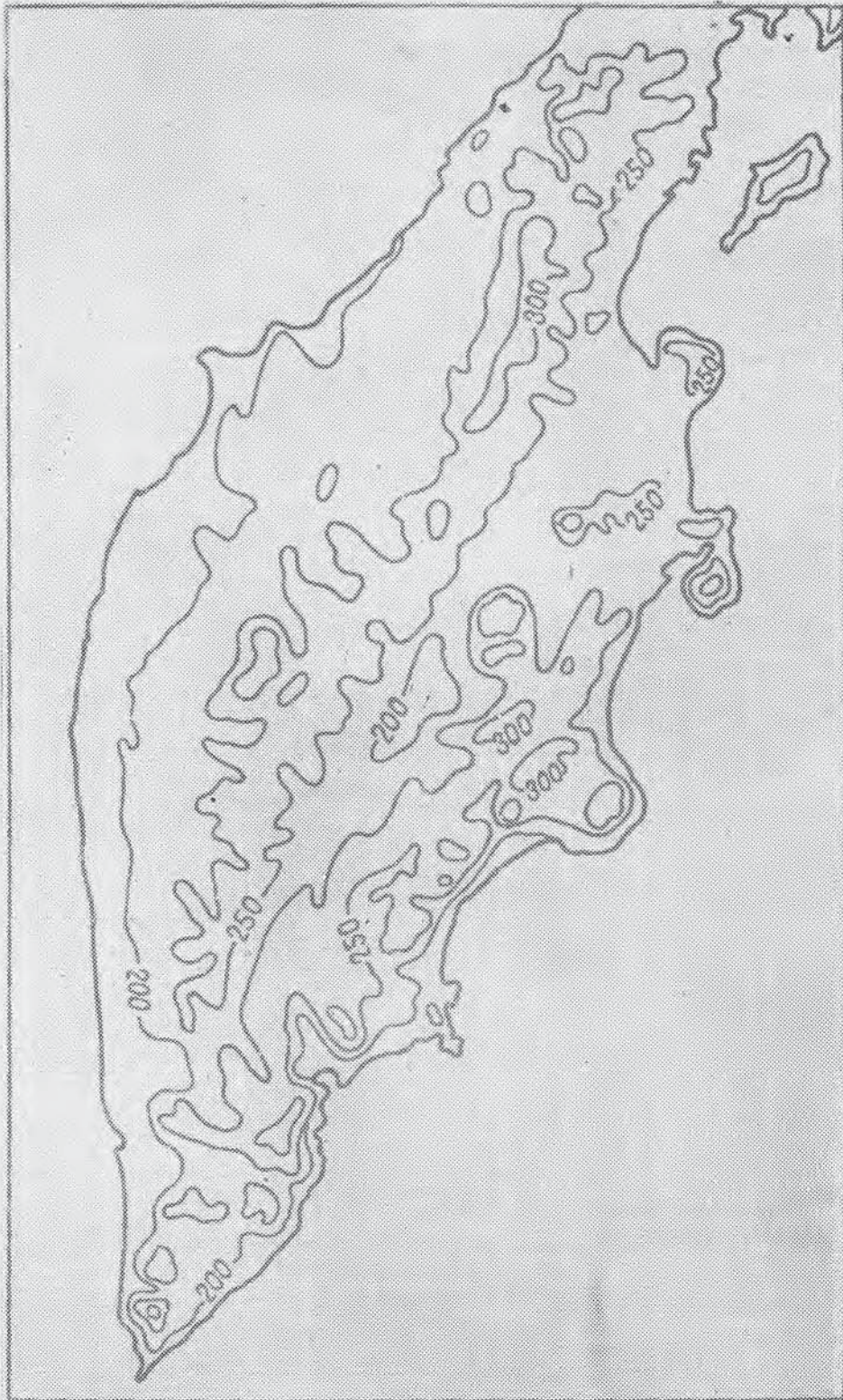


Рис. 1. Среднее число дней со снежным покровом на территории Камчатки.

Таблица 1

Список метеорологических станций Камчатки и некоторые их характеристики, использованные при построении карт

Название	Высота в м	Число дней со снежным покровом	Декада максимума снегозапасов	Среднее многолетнее значение	
				W_{max} , мм	t , °C
Корф	2	212	3.03	197	11,5
Усть-Лесная	3	203	3.03	115	9,0
Оссора	3	214	3.04	272	10,2
Карагинский, о-в	3	202	2.04	321	10,2
Усть-Воямполка	4	201	1.04	132	9,0
Ука	3	222	2.04	416	10,4
Тигиль	12	192	3.03	110	11,3
Озерной, мыс	15	213	3.04	150	9,2
Птичий, о-в	15	181	1.04	155	9,3
Усть-Хайрюзово	3	196	1.04	151	10,1
Ключи	26	191	3.03	289	12,9
Усть-Камчатск	6	194	3.04	322	10,1
Африка, мыс	14	189	3.04	279	8,3
Козыревск	45	183	3.03	223	13,4
Эссо	480	205	3.03	143	11,3
Ича	6	187	1.04	180	9,4
Никольское	19	170	2.03	158	8,2
Долиновка	100	188	2.03	150	13,5
Кроноцкое озеро	378	195	1.03	193	10,4
Преображенское	28	169	3.03	320	8,2
Мильково	158	200	1.04	275	13,4
Сторож, бухта	15	173	3.03	338	9,5
Соболево	25	199	3.03	236	10,2
Пуцино	318	223	3.03	439	12,7
Семячки	26	193	3.03	391	10,3
Ганалы	292	208	3.03	248	11,6
Кихчик	6	184	1.04	165	8,9
Елизово	22	174	2.03	102	12,0
Начики	326	226	2.04	492	10,5
Шипунский, мыс	109	183	2.04	295	9,4
Начикинское оз.	353	232	1.04	575	10,6
Петропавловск-Камч.	32	194	2.03	289	11,4
Апача	110	202	1.04	217	10,9
Петропавловск, маяк	120	192	2.04	161	9,8
Усть-Большерецк	6	182	1.04	150	9,0
Ходутка	18	193	2.04	554	9,8
Озерная	6	174	2.03	160	8,7
Лопатка, мыс	42	176	1.04	160	7,0

для построения карты была использована и гляциологическая информация о высоте фирновой границы на климатически репрезентативных ледниках (Zф). Данные о высоте Zф были взяты из Каталога ледников СССР (Виноградов, 1968), а также привлекались материалы непосредственных измерений Zф и снеговой границы, выполненных гляциологическим отрядом Института вулканологии ДВНЦ АН СССР во время полевых исследований в 1977—1983 гг. Обобщение материалов проводилось с помощью построения локальных зависимостей $m=f(Z)$, которая экстраполировалась на значение $m=320$ дней, при $Z=Zф$. Это значение, отражающее разницу в продолжительности залегания снега на грунтовой и ледниковой поверхности, получено Т. Э. Ивановской для гор северо-запада США и Аляски (Ивановская, 1982), в которых плотность сети станций и высоты их размещения намного больше, чем на Камчатке. Учитывая близость природных условий этого региона и Камчатки, мы использовали его в качестве аналога.

В известной работе Г. К. Тушинского и Н. М. Малиновской (1962) приводится значение разности 2-го и 1-го уровней хιονосферы, равное в среднем 400 м. Средний градиент увеличения продолжительности залегания снега с высотой для тех районов Камчатки, где такие зависимости выявляются по данным станций и постов (Южная Камчатка, верховья р. Камчатки), составляет 10 дней/100 м превышения. При таком градиенте среднее число дней со снежным покровом на грунтовой поверхности на высоте фирновой границы также составит 320 дней. Некоторые характерные зависимости $m=f(Z)$ для климатически однородных (в масштабе карты) районов показаны на рис. 2.

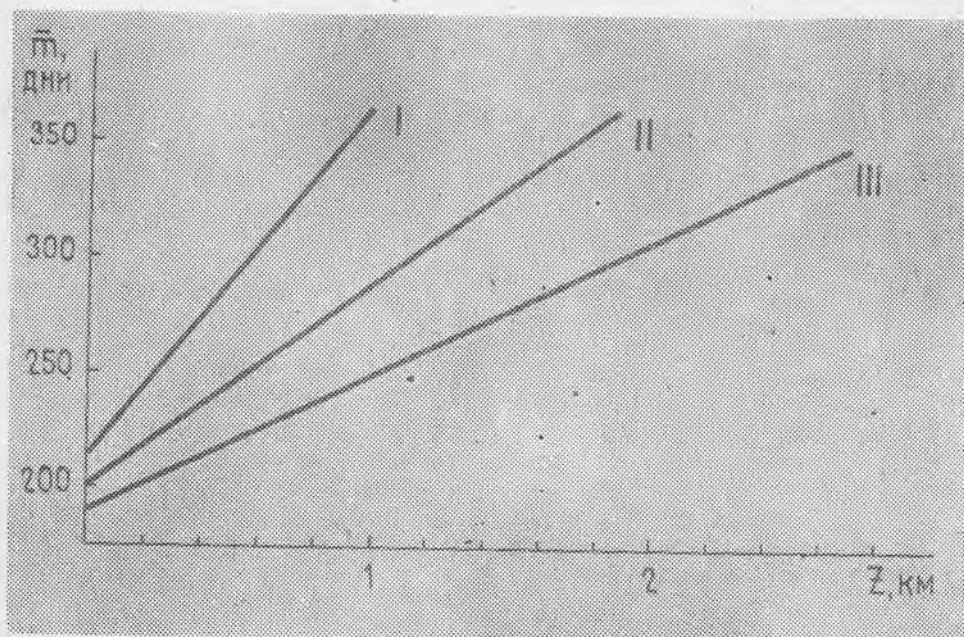


Рис. 2. Распределение среднего числа дней со снежным покровом (m) по высоте на Кроноцком полуострове (I), западном склоне Срединного хребта (II) и Ключевской группе вулканов (III).

При проведении на карте изолиний продолжительности залегания снежного покрова определялось высотное положение их в каждом районе, а на границах районов они плавно сопрягались. Шкала изолиний 150—200—250—300 дней. Сложный рельеф территории обусловил необходимость генерализации системы изолиний.

Масштаб карты не позволяет показать некоторые интересные детали распределения числа дней со снежным покровом. В частности, понижения снежности в орографически закрытых долинах; наличие участков с круглогодичным залеганием снега на Кроноцком полуострове, вулканах Мутновский, Ичинский, Толбачик и т. д.

Продолжительность залегания снежного покрова в горных районах Камчатки зависит от абсолютных отметок, географической широты и циркуляции атмосферы, а также экспозиции склонов по отношению к влагонесущим воздушным массам. Наибольшие высотные градиенты числа дней со снежным покровом отмечены на Кроноцком полуострове, где они в среднем составляют 25 дней/100 м превышения. Минимальный градиент приурочен к западному склону Срединного хребта и равен 6 дням/100 м (табл. 2).

Таблица 2

Продолжительность залегания снежного покрова
в зависимости от высоты в различных районах Камчатки

Район, абс. высота (м)	Число дней со снежным покровом						
	200	225	250	275	300	320	365
Кроноцкий п-в	60	150	250	375	500	650	1000
Срединный хребет (западный склон)	150	600	1000	1500	1950	2300	—
Ключевская группа вулканов	225	560	1350	1910	2500	2700	3000
Центральная Камчатка (р. Камчатка)	100	350	700	1100	1700	—	—
Южная Камчатка	150	350	600	900	1300	1700	2000

Средние максимальные снегозапасы являются важнейшей характеристикой сезонного снежного покрова. Впервые снегосъемочные работы в высокогорье Камчатки были проведены В. С. Агалаковым (1967), которые показали, что на северном склоне Ключевской группы вулканов на дату максимума наибольшая высота снежного покрова наблюдается на высотах 1600—1800 м и составляет 245 см. В июне 1971 г. В. Г. Ходаковым была выполнена детальная снегосъемка в центре Кроноцкого полуострова, результаты которой показали наличие здесь уникального по многоснежности горно-ледникового района (Виноградов, Ходаков, 1972). Дальнейшие сведения о снежности горных территорий Камчатки получены в результате развития снегосъемочных работ Института вулканологии ДВНЦ АН СССР в гляциальной зоне Авачинской и Ключевской групп вулканов, областях питания ледников северной части Срединного хребта и Кроноцкого полуострова, на вулканах и вулканических плато Южной Камчатки. Таким образом, вследствие определенных сдвигов в изучении снежного покрова горных районов полуострова, возникли предпосылки для составления карты максимальных снегозапасов в горах с детальностью, близкой показу их на равнинных территориях.

В предыдущих работах приводятся карты высоты снежного покрова, что при значительных изменениях плотности снега в различных климатических районах Камчатки дает лишь схематическое представление о распределении снегозапасов. Как справедливо замечено В. Н. Виноградовым и В. Г. Ходаковым (1976), наиболее информативным параметром снежного покрова для большинства физико-географических процессов, а для гидрологических и гляциологических расчетов — важнейшим, является удельный снегозапас в момент максимума накопления. Поэтому все использованные при построении карты дан-

ные были приведены к удельным снегозапасам, выраженным в мм водного эквивалента.

Исходными материалами для составления карты средних многолетних снегозапасов на дату максимума послужили данные климатической сети, гляциологических и метеорологических наблюдений в высокогорье Камчатки, выполненных Институтом вулканологии, а также Каталог ледников СССР (Виноградов, 1968). При выявлении общих закономерностей распределения снежного покрова в горах был использован расчетный метод оценки водности ледниковых районов полуострова (Ходаков, Моисеева, 1972). Оценивая аккумуляцию на ледниках как равную годовым осадкам на высоте границы питания (на ледниках Камчатки она близка $Z_{\text{ф}}$) и определяя абляцию по летней температуре воздуха, экстраполированной до этой высоты, мы получаем возможность построить поле аккумуляции на все горные районы полуострова, где имеются ледники.

Для построения поля аккумуляции на высоте границы питания необходимо получить среднюю летнюю температуру воздуха на этой высоте. Как уже говорилось выше, метеорологические станции в основном расположены на высотах, близких уровню моря, поэтому был проведен корреляционный анализ данных метеосети по температуре воздуха и репрезентативные для отдельных районов станции связывались с кратковременными рядами наблюдений в гляциальной зоне. Для пар станция — уровень границы питания рассчитывался вертикальный температурный градиент, который в среднем равен: на западном склоне Срединного хребта $4,25^\circ$ на 1 км превышения, на Ключевской группе вулканов и в северной половине восточного склона Срединного хребта — $5,5^\circ$, в Центральной Камчатке — $5,0^\circ$. По южной части полуострова использован переменный вертикальный градиент — до высоты 800 м над у. м. $3,3^\circ$ на 1 км превышения, и свыше — $6,5^\circ/\text{км}$. Затем подсчитывалась средняя летняя температура воздуха на высоте границы питания ледников ($U_{\text{л}}$), которая уменьшалась на значение температурного скачка между ледниковой и неледниковой поверхностями. Температурный скачок принят равным $1,0^\circ$ в районах рассеянного оледенения (Восточный хребет, Южная Камчатка и др) и $1,5^\circ$ в районах с концентрическим типом оледенения (Ключевская группа вулканов, Кроноцкий полуостров, массив г. Острая — в. Хувхойтун в Срединном хребте и т. д.).

По рассчитанной $U_{\text{л}}$ с помощью новой глобальной формулы (Кренке, 1982):

$$A = 1,33 (U_{\text{л}} + 9,66) \quad 2,85 \quad \text{мм,}$$

были получены значения абляции-аккумуляции (на высоте границы питания баланс массы ледника уравновешен) по всем ледниковым районам полуострова, что позволило построить поле аккумуляции на уровне границы питания современного оледенения Камчатки.

Рассмотренный ход расчетов составляет суть методики гляциоклиматической оценки снегозапасов в малоизученных горных территориях (Геткер, 1982; Кренке, 1982). В результате построены зависимости средних максимальных снегозапасов от высоты для ряда районов (рис. 3) и по измерениям в гляциальной зоне составлен график связи снегозапасов с толщиной снежного покрова на дату его максимума (рис. 4).

Подготовленные подобным образом материалы и выявленные зависимости послужили основой для создания карты средних максимальных снегозапасов на территории Камчатки (рис. 5). Система изолиний проводилась по градациям 200—300—500—750—1000—2000—3000 и более мм. При рисовке изолиний принята средняя степень подробности в связи с тем, что для снегозапасов характерна значительная

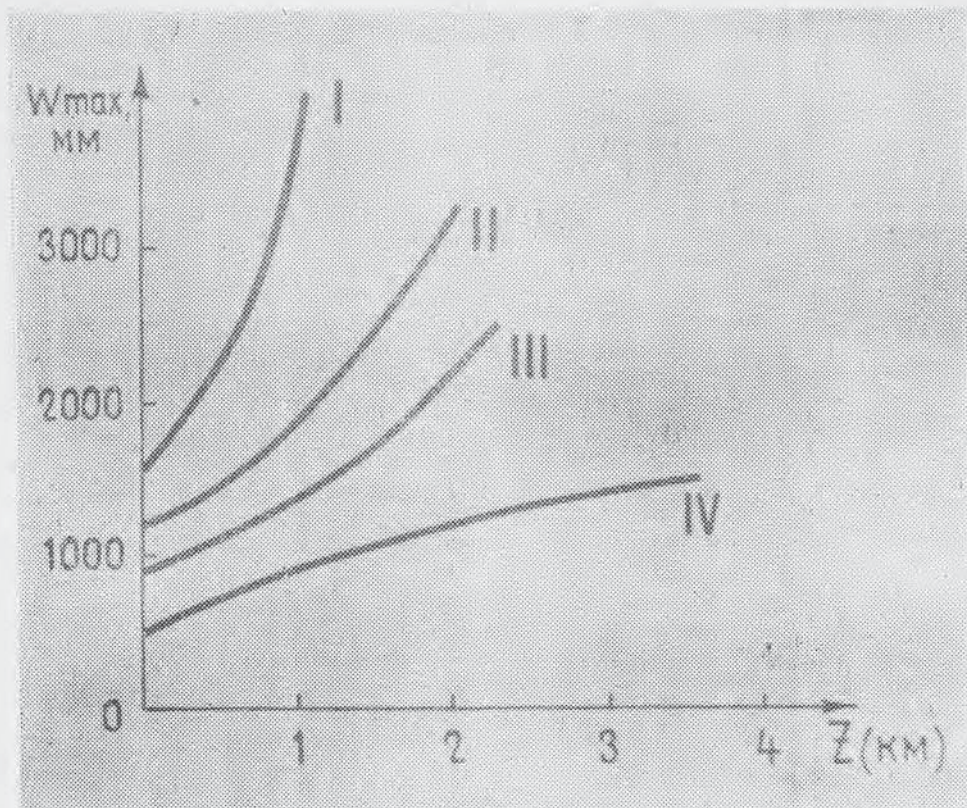


Рис. 3 Типичные кривые распределения максимальных снегозапасов (W_{max}) по высоте (Z): I — Кроноцкий полуостров, II — восточное побережье Южной Камчатки, III — западный склон Срединного хребта, IV — Ключевская группа вулканов.

пространственная изменчивость при сложной картине распределения снежного покрова в зависимости от степени удаления от океана, расчлененности рельефа, наличия отдельно стоящих вулканических массивов и конусов. Дополнением к содержанию карты является табл. 3, в которой приводятся сведения о датах максимума снегозапасов на разных высотах.

Масштаб карты не позволил показать узкие участки побережий со снегозапасами менее 200 мм, правда, рассмотрение равнинных территорий и не входило в нашу задачу. С другой стороны, районы с экстремальной снежностью (3000 мм и более) для наглядности по площади несколько преувеличены. При построении системы изолиний выполнялось согласование карты снегозапасов с картой годового слоя стока рек Камчатки, составленной Л. С. Потаповой (1973). Их соответствие в точках экстремумов оказалось хорошим, но все же в дальнейшем требуется согласование карты снегозапасов и с картой твердых осадков.

Итак, география снежного покрова Камчатки, отображенная на карте максимальных снегозапасов, получила дальнейшее, более подробное и полное развитие. Рассмотрим некоторые характерные особенности распределения снежного покрова по территории полуострова.

В условиях интенсивной циклонической деятельности над всей Камчаткой распределение максимальных снегозапасов зависит, в основном, от орографических особенностей рельефа и близости тихоокеанского побережья. Распространение зон различной снежности соответствует направлению основных горных хребтов и равнин (Виноградов, Ходаков,

1976), но не всегда. Так, весьма интересно распределение снегозапасов в средней части полуострова, где на их пониженном количестве сказались наличие крупных вулканов Ключевской группы и наибольшая ширина Камчатки в этом месте. В других районах максимальные величины снегонакопления сдвинуты к восточному побережью, особенно на Южной Камчатке и мысах: Шипунский, Кроноцкий, Озерной, Камчатский. Действительно, максимальные градиенты снегозапасов свойственны восточному побережью — на Кроноцком полуострове 300 мм на 100 м превышения, на Южной Камчатке — 120—150 мм/100 м. Существенно меньшие вертикальные градиенты снегозапасов присущи Срединному хребту (70—80 мм/100 м), минимальные — Центральной Камчатке (менее 500 мм на 100 м). Соответственно и развитие снежной толщи в приморских районах происходит по типу уплотнения, в то время как во внутренних — разрыхления.

Существенным орографическим барьером на пути влажных морских воздушных масс являются вулканические массивы и отдельные конусы стратовулканов. Вследствие этого в их тени как правило выделяются малоснежные районы. Наиболее ярким примером может служить долина реки Камчатки к западу от Ключевской группы вулканов, а кроме того, Авачинская низменность к юго-западу от Авачинской группы вулканов, район Кроноцкого озера в тени Кроноцкого вулкана и другие, не выражающиеся в масштабе карты.

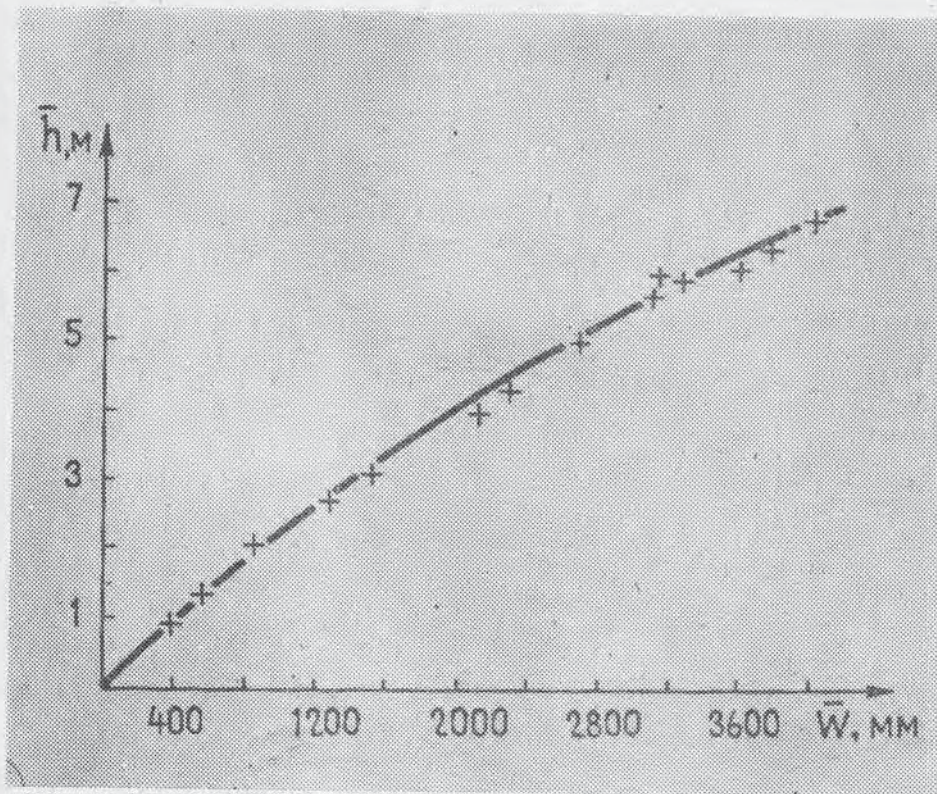


Рис. 4. Связь норм снегозапасов с толщиной снежного покрова (h) на дату максимума.

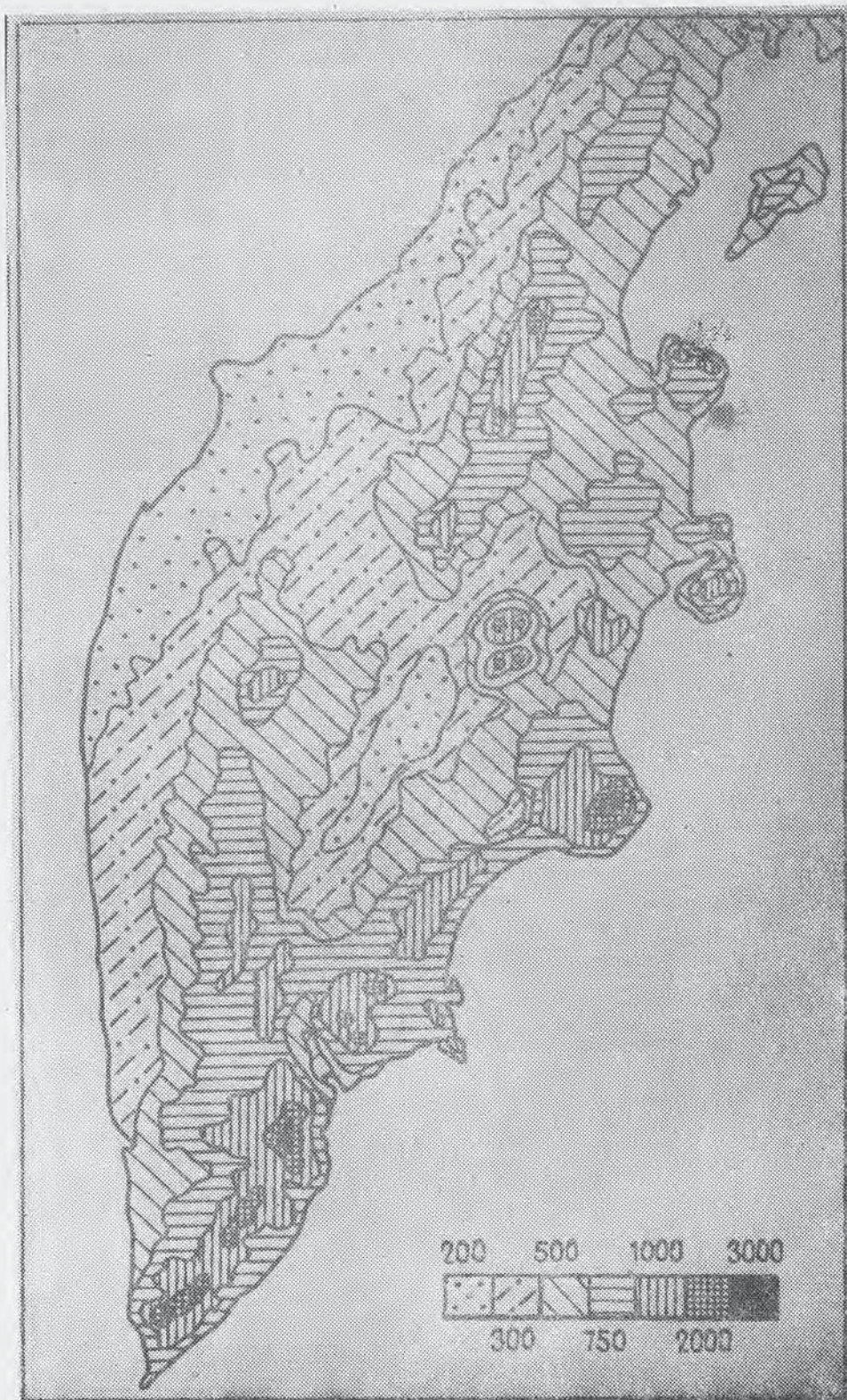


Рис. 5. Средние многолетние снегозапасы на дату максимума. В мм водного эквивалента.

Таблица 3

Высотное положение времени наступления максимума
снегозапасов в некоторых районах Камчатки (м)

Дата максимума	Срединный хребет	Ключевская группа вулканов	Авачинская группа вулканов	Южная Камчатка
3.03	0	100	225	—
3.04	550	1000	750	250
3.05	1350	2000	1500	1000
3.06	2200	3000	2200	1750

Исторически сложившееся выделение четырех климатически однородных районов подтверждается и величинами максимальных снегозапасов в них (табл. 4). В этом случае проявилась основная тенденция в

Таблица 4

Некоторые характеристики запасов природных льдов
по климатическим районам

Районы	Площадь, км ²	Объем снегозапасов, км ³	Удельный снегозапас, мм	Площадь оледенения, км ²
Западная Камчатка	106820	45,26	420	272,4
Центральная Камчатка	53140	26,51	510	299,2
Восточная Камчатка	66340	58,48	870	305,7
Южная Камчатка	37510	39,85	1060	9,0
Итого:	263810	169,9	640	886,1

распределении сезонного снежного покрова по территории полуострова — увеличение средних максимальных снегозапасов с северо-запада на восток и юго-восток, и от побережий к горам (Володичева, 1970 и др.). Обращает на себя внимание тот факт, что в самом многоснежном районе современное оледенение развито очень незначительно. Этот парадокс объясняется небольшими абсолютными высотами и молодостью вулканического рельефа Южной Камчатки. Вулканические плато и конусы вулканов слабо расчленены процессами эрозии, поэтому в этом районе мало отрицательных форм рельефа на высотах, благоприятных образованию ледников, хотя многолетние снежники и переходные формы снежник — почти ледник чрезвычайно широко распространены в эрозионных врезках и на склонах северных экспозиций. Исключением является Мутновский вулкан, со своими кратерами и сильно эродированными внешними склонами, представляющий довольно крупный (в условиях Камчатки) ледниковый узел.

Выводы

Использование комбинированной методики гляциоклиматической оценки позволяет надежно определить снегозапасы для слабоизученных горных районов, где данных непосредственных наблюдений для решения этой задачи недостаточно. Рассчитанные и представленные в виде карт и графиков величины снегозапасов могут применяться для решения многих задач гляциогидрологического, климатологического и общегеографического характера. Особенно важна индикационная роль ледников как показателей максимальных величин осадков и стока (Крепке, 1982).

Исключительная многоснежность Кроноцкого полуострова привела к выделению в его пределах «полюса снежности». В настоящее время оконтурен еще один район с экстремально высокими значениями снегозапасов — Южная Камчатка, где снегонакопление не уступает, а то и превосходит аккумуляцию в нивально-гляциальной зоне Кроноцкого горного массива.

Объем средних многолетних снегозапасов на дату максимума составляет величину около 170 км³, что в 2,5 раза превышает объем льда во всех ледниках Камчатки, вместе взятых. Соответственно, и доля талого снегового стока на один — два порядка превышает сток с ледников.

Многоснежность определяет продолжительное залегание снежного покрова на территории полуострова, что сказывается на ходе различных природных процессов (длительности весенне-летнего половодья, небольшой продолжительности периода вегетации растений и т. п.).

Полученные результаты применимы в работе по оценке лавинной опасности в горах Камчатки, а также для определения объемов водной составляющей вулканогенных селей (лахаров), сходящих со склонов действующих вулканов.

ЛИТЕРАТУРА

Агалаков В. С. Снегосъемка на северном склоне Ключевской группы вулканов. В сб.: Вопросы географии Камчатки, вып. 5, Петропавловск-Камчатский, 1967, с. 185—187.

Биоградов В. Н. Распределение снежного покрова на Камчатке. В сб.: Вопросы географии Камчатки, вып. 2, Петропавловск-Камчатский, 1964, с. 3—29.

Биоградов В. Н. Каталог ледников СССР, том 20, Камчатка. Гидрометеиздат, Л., 1968, 75 с.

Биоградов В. Н., Ходаков В. Г. Снежный покров Кроноцкого массива и баланс льда ледника Корыто. В сб.: Материалы гляциол. исслед. Хроника, обсуждения, вып. 22. М., 1973, с. 143—152.

Биоградов В. Н., Ходаков В. Г. Итоги и перспективы исследований географии снежного покрова Камчатки. В сб.: Гляциологические исследования, № 25. М., «Наука», 1976, с. 5—12.

Володичева Н. А. Особенности лавинного режима Камчатки. В сб.: Материалы гляциол. исслед. Хроника, обсуждения, вып. 16. М., 1970, с. 150—154.

Геткер М. И. О расчете характеристик снежного покрова для построения карт Атласа снежно-ледовых ресурсов мира на неизученные горные территории. В сб.: Материалы гляциол. исслед. Хроника, обсуждения, вып. 44. М., 1982, с. 177—187.

Ивановская Т. Э. Продолжительность залегания снежного покрова в Северной Америке. В сб.: Материалы гляциол. исслед. Хроника, обсуждения, вып. 44. М., 1982, с. 187—198.

Кондратьев В. И. Климат Камчатки. Гидрометеиздат, М., 1974, 202 с.

Кренке А. Н. Массообмен в ледниковых системах на территории СССР. Гидрометеиздат, Л., 1982, 288 с.

Цотапова Л. С. Исследование стока рек Камчатки по климатическим данным. Известия АН СССР, сер. географ., № 3, 1973, с. 88—94.

Справочник по климату СССР, вып. 27, Камчатская область. Ч. 4. Гидрометеиздат, Л., 1968, 211 с.

Тушинский Г. К., Маллиновская Н. М. Положение «уровня 365» над территорией СССР и связь этого уровня с оледенением. — Информ. сб. о работах МГУ по МГГ, № 9. М., 1962, с. 5—9.

Ходаков В. Г., Моисеева Г. П. Ледники как индикаторы водности. — В сб.: «Метеорология и гидрология», № 6, 1972, с. 83—85.