

О КЛИМАТИЧЕСКОМ ФОНЕ ОЛЕДЕНЕНИЯ КАМЧАТКИ

Важной проблемой гляциологии вулканических районов является выявление "чистого" влияния современной вулканической деятельности на оледенение. Такие аспекты проблемы, как прямое воздействие вулканизма на ледники, бронирующая роль продуктов извержений изучены сравнительно неплохо [4,5]. Более тонкие механизмы связи "климат - вулканизм - оледенение" еще крайне далеки от выявления. Этот вопрос может быть разрешен только при достаточно полных представлениях о климатическом фоне, на котором развиваются ледники.

Климат Камчатки освещен в ряде работ [1,8,9,13 и др.], но есть еще ряд недостаточно изученных вопросов. В предлагаемой работе мы рассмотрим лишь некоторые статистические характеристики отдельных показателей климата - сумм осадков за гидрологический год $X_{г}$ средних летних температур воздуха \bar{t} и показатель океаничности. Первые два параметра являются интегральными индикаторами основных режимных характеристик ледников - аккумуляции и абляции, а последний, определяемый как отношение $X_{г}$ к амплитуде средних температур воздуха самого холодного и самого теплого месяцев, служит одной из основных характеристик климатического фона оледенения.

Современная метеорологическая сеть Камчатки состоит из 45 станций и 48 постов [15]. В большинстве случаев они расположены на низких высотах, что плохо подходит для экстраполяции температуры воздуха по высоте (таблица 1, рис. 1), но имеет, как правило, 40-45-летние ряды наблюдений.

Таблица 1
Список метеорологических станций Камчатки и некоторые их характеристики

Название	Индекс станции	Абс. высота, м	Среднее многолетнее значение		Внутригодовое распределение осадков		Показатель океаничности
			$X_{г}$, мм	\bar{t} , °С	модуль	фаза	
1	2	3	4	5	6	7	8
Верхне-Пенжино	ВП	326	324	11,1	0,19	7,62	0,77
Каменское	К	34	418	11,5	0,11	8,34	1,14
Слаутное	Сл	44	304	11,8	0,28	7,13	0,79
Чемурнаут	Чм	14	579	9,7	0,14	9,30	2,07
Апука	Ап	4	462	8,8	0,08	9,46	1,96
Топата-Олютор	ТО	12	851	8,6	0,11	9,64	4,09
Корф	Кф	2	412	10,5	0,15	8,30	1,55
Усть-Лесная	УЛ	3	390	9,0	0,38	8,00	1,54
Оссора	Ос	3	650	10,2	0,08	8,54	2,55
Карагинский остров	Ко	3	514	10,2	0,20	7,37	2,24

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Усть-Воямполка	УВ	4	446	9,0	0,35	7,89	1,60
УКА	У	3	978	10,4	0,13	9,31	3,50
Тигиль	Т	12	455	11,3	0,32	7,44	1,46
Озерный, мыс	Оз	15	785	9,2	0,10	9,20	3,74
Птичий остров	Пт	15	474	9,3	0,31	8,24	3,18
Усть-Хайрюзово	УХ	3	516	10,1	0,36	8,12	1,92
Ключи	Кл	26	558	12,9	0,14	10,55	1,79
Усть-Камчатск	УК	6	642	10,1	0,20	11,36	2,71
Африка, мыс	Аф	14	879	8,3	0,08	9,82	5,08
Козыревск	Кз	45	413	13,4	0,14	9,71	1,22
Эссо	Э	483	397	11,3	0,20	7,61	1,49
Ича	И	6	668	9,4	0,29	8,15	2,83
Никольское	Нк	19	606	8,2	0,17	9,52	4,39
Долиновка	Д	100	424	13,5	0,18	7,17	1,41
Кроноцкое озеро	Кр	378	376	10,4	0,18	9,34	1,31
Преображенское	Пр	28	1028	8,2	0,16	10,02	8,16
Мишково	М	158	538	13,4	0,16	9,42	1,51
Сторож, бухта	Ст	15	923	9,5	0,20	10,58	4,78
Соболево	С	25	760	10,2	0,38	10,70	2,89
Пушино	Пш	318	796	12,7	0,21	10,87	2,48
Семячки	См	26	1146	10,3	0,06	9,75	5,97
Ганалы	Г	292	612	11,6	0,25	8,68	2,01
Кихчик	Кх	6	718	8,9	0,30	8,17	3,00
Елизово	Е	22	623	12,0	0,19	7,87	2,70
Начики	Н	326	830	10,5	0,23	8,50	2,73
Шипунский, мыс	Ш	109	1411	9,4	0,05	7,60	8,20
Петропавловск- Камчатский	П	32	1182	11,4	0,14	9,62	5,63
Апача	А	110	787	10,9	0,29	8,41	3,05
Петропавловск, маяк	Пм	120	787	9,8	0,13	7,98	3,84
Усть-Большерецк	УБ	6	646	9,0	0,29	8,06	2,82
Халактырский а/п	Хл	20	928	11,4	0,14	9,60	3,90
Ходутка	Хд	18	1325	9,8	0,09	9,10	6,94
Паужетка	Пж	155	1894	10,4	0,21	10,58	9,28
Озерная	О	6	749	8,7	0,10	9,20	4,12
Лопатка, мыс	Лм	42	823	7,0	0,07	10,27	5,45

Как известно, на полуострове имеется две мощные продольные системы хребтов: Срединный и Восточный. В Восточном хребте, более высоком, сосредоточено большинство активных вулканов. Именно они имеют господствующие высоты и несут значительное оледенение. Ряд объективных причин не позволяет развивать сеть высокогорных метеорологических станций, а это вызывает трудности в интерполяции и экстраполяции данных на высоты, где располагаются ледники. Оба хребта разделяют полуостров на три района с весьма различающимися характеристиками климата. Ледники находятся на границах этих районов,

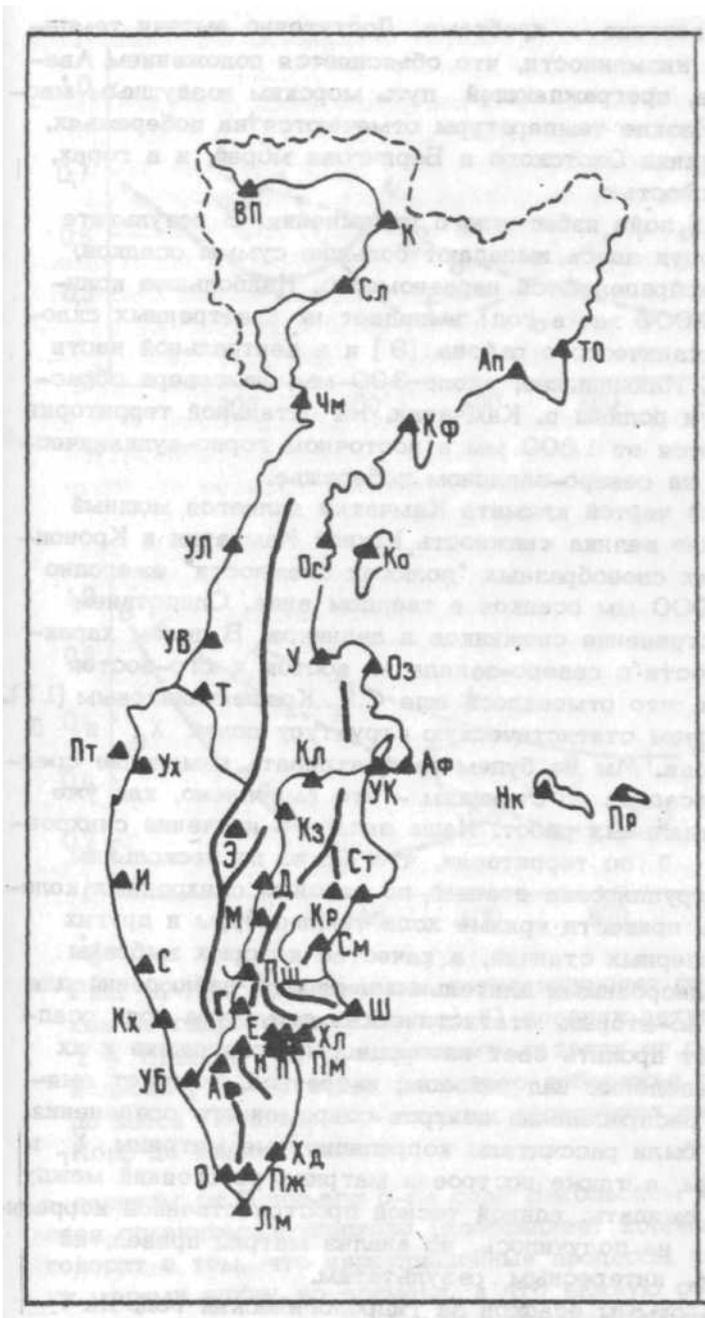


Рис. 1. Положение метеорологических станций, материалы которых использованы в работе. Расшифровка названий станций приведена в табл.1

отсюда возникает задача о возможности расчета важных режимных показателей оледенения по данным станций, расположенный в одном из районов.

Климат Камчатки формируется, главным образом, под воздействием процессов циркуляции атмосферы над Охотским морем и северной частью Тихого океана. Отопляющее влияние океана зимой обуславливает на Камчатке сравнительно высокую годовую температуру воздуха. В целом по полуострову средняя годовая температура изменяется от -7 - -10°C на севере до $+2^{\circ}\text{C}$ на юго-восточном побережье. Наиболее высокие летние температуры воздуха приурочены к долине р. Камчатки,

защищенной с запада и востока хребтами. Достаточно высоки температуры и на Авачинской низменности, что объясняется положением Авачинской группы вулканов, преграждающей путь морским воздушным массам с северо-востока. Низкие температуры отмечаются на побережьях, из-за охлаждающего влияния Охотского и Берингова морей, и в горах, в связи с высотной поясностью.

Камчатка относится к зоне избыточного увлажнения. В результате циклонической деятельности здесь выпадают большие суммы осадков, но по территории они распределяются неравномерно. Наибольшее количество осадков (более 2000 мм в год) выпадает на наветренных склонах хребтов южного вулканического района [9] и в центральной части Кроноцкого полуострова. Наименьшее, около 300 мм, на севере области и в центральной части долины р. Камчатки. На остальной территории суммы осадков изменяются от 1600 мм в восточном горно-вулканическом районе до 400 мм на северо-западном побережье.

Важной отличительной чертой климата Камчатки является мощный снежный покров. Особенно велика снежность Южной Камчатки и Кроноцкого полуострова. В этих своеобразных "полюсах снежности" ежегодно накапливается свыше 2000 мм осадков в твердом виде. Следствием служит широкое распространение снежников и ледников. В целом характерно увеличение снежности с северо-запада на восток и юго-восток и от побережий к горам, что отмечалось еще С.П. Крашенинниковым [11].

Прежде всего исследуем статистическую структуру полей X_T и U на территории полуострова. Мы не будем рассматривать изменение средних многолетних сумм осадков по станциям - это выполнено, как уже говорилось, в ряде специальных работ. Наша задача - изучение синхронности колебаний X_T и U по территории, что важно по нескольким причинам: во-первых, группировка станций по районам синхронных колебаний дает возможность привести кривые хода температуры и других элементов одно-двух реперных станций, в качестве которых выбраны станции с достаточно однородными длительными рядами наблюдений для каждого района [19]; во-вторых, статистическая структура поля осадков, например, позволяет пролить свет на процессы, приводящие к их выпадению и перераспределению над районом; в-третьих, поможет выявить закономерности в распределении центров современного оледенения.

Для указанной цели были рассчитаны корреляционные матрицы X_T и U по всем 45 станциям, а также построена матрица расстояний между ними. Как и следовало ожидать, единой тесной пространственной корреляционной функции $[r(L)]$ не получилось, но анализ матриц привел, по нашему мнению, к очень интересным результатам.

Рассмотрим сначала суммы осадков за гидрологический год. На рис. 2а показано несколько выборок из корреляционной матрицы, фактически три отдельные пространственные корреляционные функции: I - поперечный профиль из станций, расположенных на линии пересечения в самой широкой части полуострова; II - станции западного побережья; III - станции восточного побережья.

Первая из этих зависимостей имеет весьма показательный вид. Первая пара из поперечного разреза (Птичий о-в, Усть-Хайрюзово) связана очень тесно, на расстоянии около 250 км (станции Козыревск, Ключи) связь практически исчезает, коэффициент корреляции ниже 0,2. Затем, при приближении к восточному побережью, связь снова начинает расти и

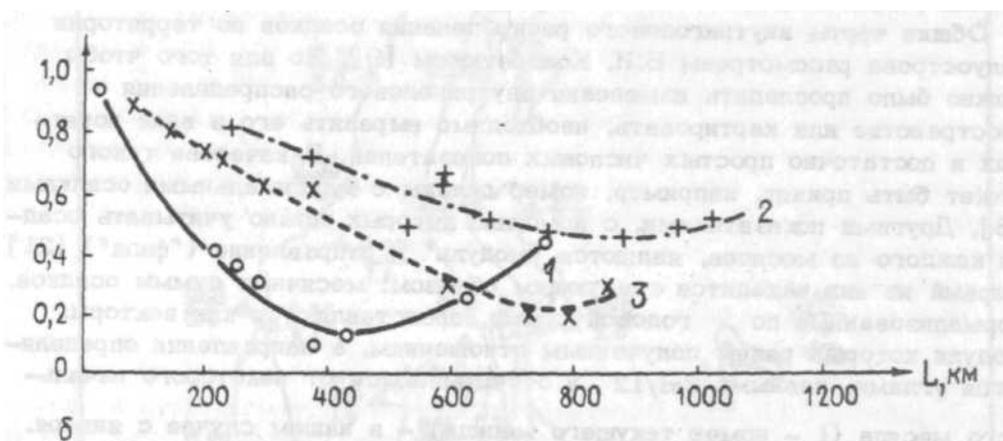
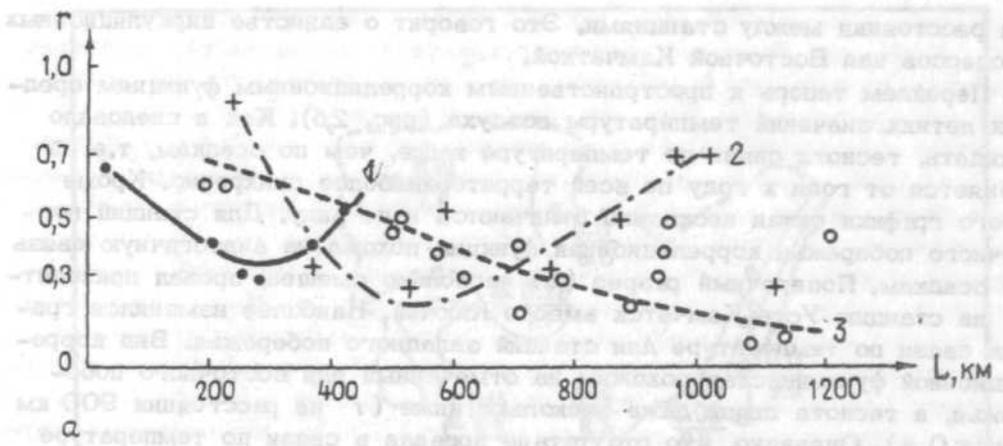


Рис. 2. Пространственные корреляционные функции: а) сумм осадков за гидрологический год; б) средних летних температур воздуха. 1 - станции по поперечному разрезу от о-ва Птичий до ст. Никольское; 2 - станции западного побережья от станции Чемурнаут до мыса Лопатка; 3 - станции восточного побережья от станции Корф до мыса Лопатка

в далеком от Птичьего о-ва селе Никольском (о-в Беринга) коррелируется сравнительно неплохо (коэффициент корреляции $r = 0,55$). Это говорит о том, что циркуляционные процессы над окружающими Камчатку морями едины во времени, и что важную роль в климате внутренних районов полуострова играет рельеф. Еще больший размах в изменении связи виден для станций западного побережья. Корреляция достигает минимума между станциями Чемурнаут - Усть-Хайрюзово ($r=0,11$), при очень тесной связи со станциями Усть-Большерецк и Кихчик (r превышает 0,7 на расстоянии более 1000 км). Повторяющийся как и для поперечного профиля провал приходится на станции, расположенные в самой широкой части полуострова, и, по-видимому, может быть объяснен наибольшей ослабленностью влияния здесь Тихого океана и Берингова моря.

Третья зависимость, для станций восточного побережья, имеет "правильный вид", т.е. связь падает постепенно в соответствии с увеличени-

ем расстояния между станциями. Это говорит о единстве циркуляционных процессов над Восточной Камчаткой.

Перейдем теперь к пространственным корреляционным функциям средних летних значений температуры воздуха (рис. 2,б), Как и следовало ожидать, теснота связи по температуре выше, чем по осадкам, т.е. r меняется от года к году по всей территории более синхронно. Кроме этого графики связи несколько отличаются и по виду. Для станций восточного побережья корреляционная функция похожа на аналогичную связь по осадкам. Поперечный разрез (1) несколько смещен, провал приходится на станцию Усть-Камчатск вместо Ключей. Наиболее изменился график связи по температуре для станций западного побережья. Вид корреляционной функции стал похожим на отмеченный для восточного побережья, а теснота связи даже несколько ниже (r на расстоянии 900 км выше 0,4). Очевидно, что отсутствие провала в связи по температуре говорит об определяющем влиянии холодного Охотского моря на термический режим западного побережья на всем протяжении.

Общие черты внутригодового распределения осадков по территории полуострова рассмотрены В.И. Кондратюком [9], Но для того чтобы можно было проследить изменения внутригодового распределения в пространстве или картировать, необходимо выразить его в виде понятных и достаточно простых числовых показателей. В качестве такого может быть принят, например, номер декады с максимальными осадками [6]. Другими показателями, с помощью которых можно учитывать осадки каждого из месяцев, являются "модуль" и направление ("фаза") [21]. Первый из них находится следующим образом: месячные суммы осадков, нормализованные по , годовой сумме, представляются как векторы, модули которых равны полученным отношениям, а направления определяются углами, равными $2\pi i/12$ и отсчитываются от некоторого начального месяца (i - номер текущего месяца) - в нашем случае с января. Затем модуль и фаза рассчитываются для суммы таких векторов за весь год.

Применив эту методику, мы рассчитали модули и фазы (в месяцах, отсчитываемых от начала года) для станций, приведенных в табл. 1, и нанесли на рис. 3. При анализе выявляются некоторые любопытные факты. Во-первых, в целом наблюдается дифференциация значений модуля (длины суммарного вектора) - для восточного побережья характерны величины менее 0,1, в долине реки Камчатки между 0,10-0,20 и на западном побережье в основном более 0,30. Во-вторых, значения модуля резко возрастают на станциях, расположенных на подветренных к направлению основных влагонесущих потоков склонах. Такими являются Усть-Камчатск, Сторож, Елизово, Паужетка на восточном побережье и, особенно, станции западного побережья. Последнее свидетельствует в пользу высказанного ранее предположения об определяющем влиянии морских воздушных масс с востока на распределение осадков на западном побережье Камчатки. В-третьих, значения фазы увеличиваются (т.е. максимум осадков смещается с июля-августа к сентябрю-октябрю) с северо-запада на юг и юго-восток, что совпадает, в общих чертах, с направленностью роста высоты снежного покрова на полуострове. В свете этого не вызывают уже удивления низкие значения фазы осадков на станциях Слаутное, Зссо, Долиновка, Тигиль - это районы с наименьшей высотой снежного покрова на Камчатке,

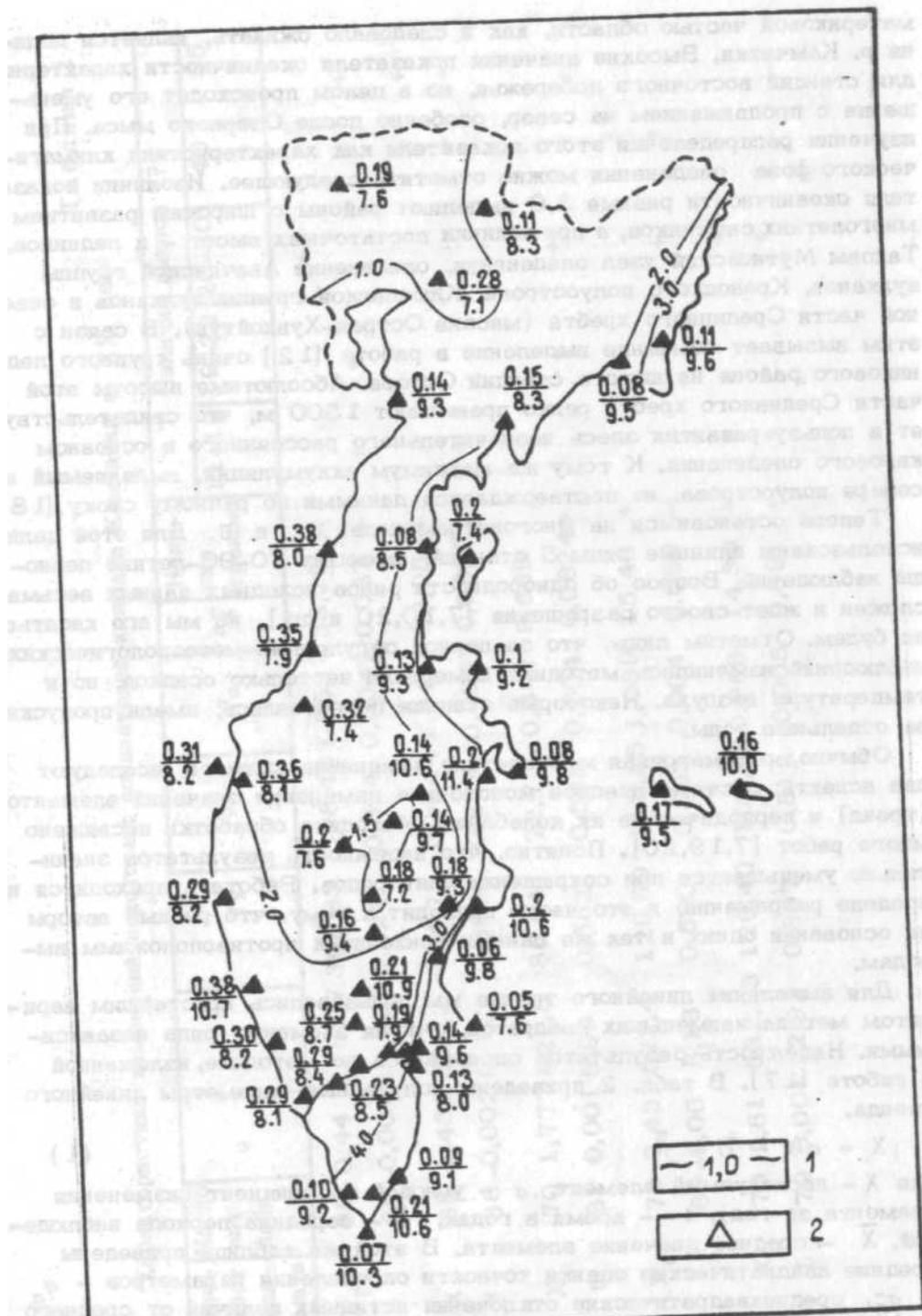


Рис. 3. Внутригодовое распределение осадков: в числителе - модуль, в знаменателе - фаза: 1 - значение показателя океаничности; 2 - станции

Рассмотрим теперь распределение показателя океаничности (табл.1, рис. 3). Наиболее континентальным районом, наряду с северо-западной

материковой частью области, как и следовало ожидать, является долина р. Камчатки. Высокие значения показателя океаничности характерны для станций восточного побережья, но в целом происходит его уменьшение с продвижением на север, особенно после Озерного мыса. При изучении распределения этого показателя как характеристики климатического фона оледенения можно отметить следующее. Изолинии показателя океаничности равные 3,0 выделяют районы с широким развитием многолетних снежников, а при наличии достаточных высот - и ледников. Таковы Мутновский узел оледенения, оледенение Авачинской группы вулканов, Кроноцкого полуострова, Ключевской группы вулканов и северной части Срединного хребта (массив Острая-Хувхойтун). В связи с этим вызывает сомнение выделение в работе [12] очень крупного ледникового района на широте станции Оссора. Абсолютные высоты этой части Срединного хребта редко превышают 1500 м, что свидетельствует в пользу развития здесь незначительного рассеянного в основном карового оледенения. К тому же максимум аккумуляции, выделяемый на севере полуострова, не подтверждается данными по речному стоку [18].

Теперь остановимся на многолетнем ходе X_T и v . Для этой цели использованы длинные ряды 5 станций, имеющих 70-90-летние периоды наблюдений. Вопрос об однородности рядов исходных данных весьма сложен и ждет своего разрешения [7,10,20 и др.], но мы его касаться не будем. Отметим лишь, что за период регулярных метеорологических наблюдений изменилась методика измерения не только осадков, но и температуры воздуха. Некоторые станции переносились, имели пропуски за отдельные годы.

Обычно, рассматривая многолетние изменения климата, исследуют два аспекта: систематическое монотонное изменение значений элементов (тренд) и периодические их колебания. Методике обработки посвящено много работ [7,19,20]. Понятно, что надежность результатов значительно уменьшается при сокращении длин рядов. Работать приходится на пределе разрешения, и это часто приводит к тому, что разные авторы на основании одних и тех же данных приходят к противоположным выводам.

Для выявления линейного тренда мы пользовались простейшим вариантом метода наименьших квадратов, считая элементы ряда независимыми. Надежность результатов оценивалась по методике, изложенной в работе [17]. В табл. 2 приведены полученные параметры линейного тренда.

$$X = a(t - \bar{t}) + \bar{X}, \quad (1)$$

где X - исследуемый элемент, a - угловой коэффициент (изменения элемента за год), t - время в годах, \bar{t} - середина периода наблюдений, \bar{X} - среднее значение элемента. В этой же таблице приведены средние квадратические оценки точности определения параметров - σ и $\sigma_{\bar{X}}$, среднеквадратические отклонения истинных величин от среднего (σ_X) и от вычисленных по зависимости (1) - S , а также указано, имеется ли линейный тренд на 95%-ном уровне значимости. Следует отметить, что на 99%-ном уровне ни один из рассмотренных элементов тренда не имеет.

Как видно из табл. 2, имеется явно выраженная тенденция к увеличению количества осадков за гидрологический год. На первый взгляд может быть два объяснения: естественное увеличение увлажненности и

Характеристика изменений некоторых показателей климата Камчатки в XX веке

№№ п/п	Название станции (в табл. 1)	Эле- мент кли- мата	Число лет набл.	a	\bar{x}	σ_x	S	σ_a	$\sigma_{\bar{x}}$	Нали- чие тренда	Наличие циклов (?)					
											11-12	19-22	28-30	40	55	
1	П	X_{Γ}	85	0,44	1182,7	306,83	308,46	1,853	33,28	+			+		+	
		\bar{v}	89	-0,004	11,43	0,824	0,824	0,0047	0,087	-	+	+			+	+
2	Пм	X_{Γ}	85	1,431	821,2	304,72	304,44	1,84	33,05	+					+	+
		\bar{v}	86	-0,002	9,92	0,869	0,873	0,0052	0,0937	-	+				+	+
3	УВ	X_{Γ}	70	1,777	421,5	80,64	72,72	0,647	9,639							
		\bar{v}	81	0,001	8,99	0,562	0,565	0,004	0,0624	+			+	+		
4	Н	X_{Γ}	70	3,431	571,4	129,50	110,15	1,039	15,48	+						
		\bar{v}	80	-0,00	8,13	0,590	0,593	0,004	0,066	-			+	+		+
5	Кл	X_{Γ}	70	2,81	532,13	120,40	106,95	0,966	14,39	+	+			+		
		\bar{v}	79	0,001	12,92	0,807	0,812	0,005	0,091	+	+			+		

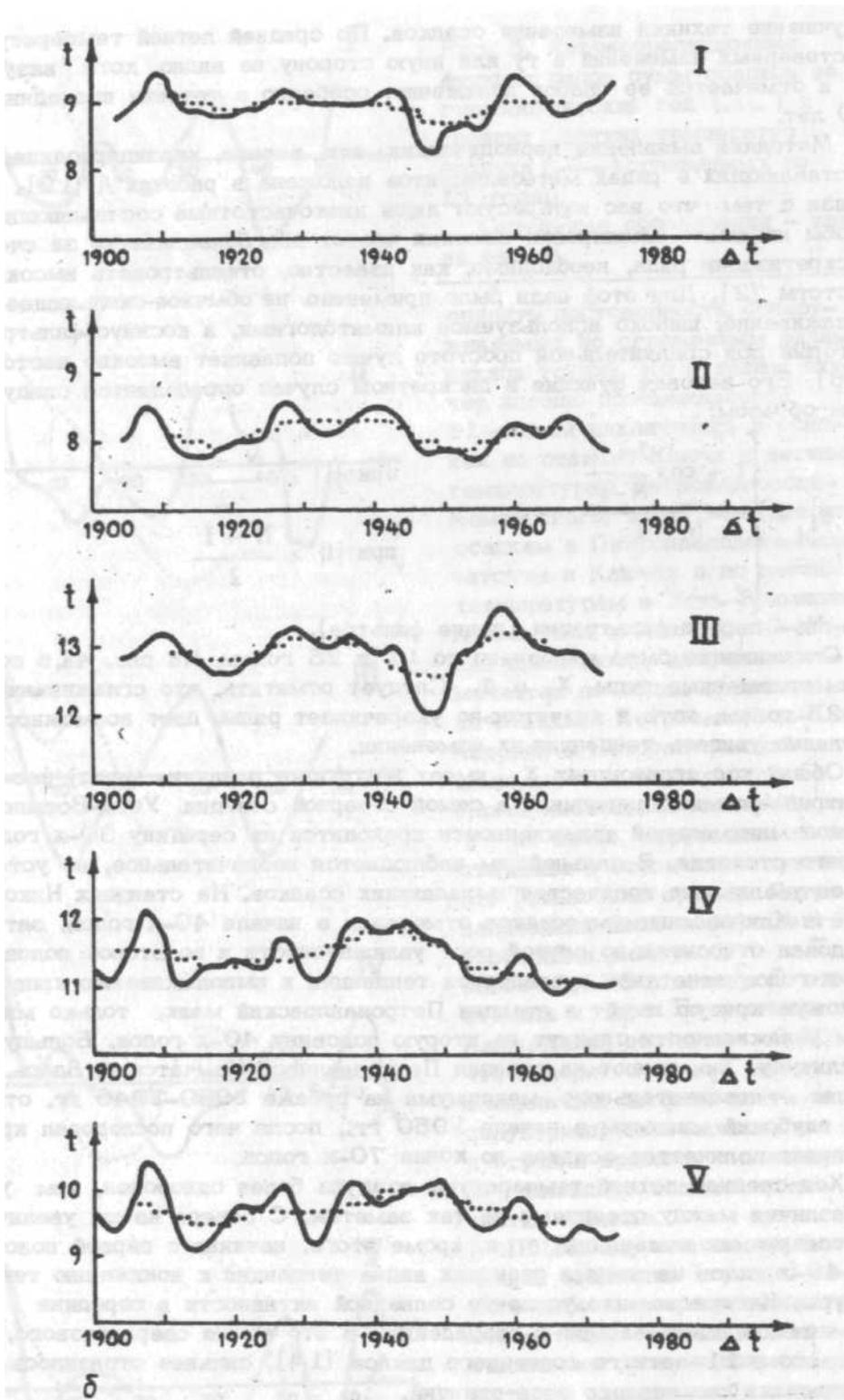


Рис. 4. Ход сумм осадков за гидрологический год (а) и средней летней температуры воздуха (б), сглаженных по 11 -- и 25 (...) годам, на станциях: I - Усть-Воямполка, II - Никольское, III - Ключи, IV - Петропавловск-Камчатский, V - Петропавловск, маяк

улучшение техники измерения осадков. По средней летней температуре достоверных изменений в ту или иную сторону не видно, хотя визуально и отмечается ее слабое понижение, особенно в течение последних 40 лет.

Методика выявления периодических или, вернее, квазипериодических составляющих в рядах метеозаписей изложена в работах [7,19]. В связи с тем, что нас интересуют лишь низкочастотные составляющие, чтобы избежать маскировки высоких частот под более низкие за счет дискретизации ряда, необходимо, как известно, отфильтровать высокие частоты [2]. Для этой цели было применено не обычное скользящее сглаживание, широко используемое климатологами, а косинус-фильтр, который при сравнительной простоте лучше подавляет высокие частоты [16]. Его весовая функция в дискретном случае определяется следующим образом:

$$w_i = \begin{cases} \frac{1 + \cos \frac{2\pi i}{N-1}}{N-1} & \text{при } |i| \leq \frac{N-1}{2} \\ 0 & \text{при } |i| > \frac{N-1}{2} \end{cases}$$

где N - период фильтрации (длина фильтра).

Сглаживание было выполнено по 11 и 25 годам. На рис. 4а,б показаны сглаженные ряды $X_{\text{н}}$ и $u_{\text{н}}$. Следует отметить, что сглаживание по 25 годам, хотя и значительно укорачивает ряды, дает возможность наглядно увидеть тенденции их изменения.

Общий ход сглаженных $X_{\text{н}}$ имеет некоторые различия между рассматриваемыми станциями. На самой северной станции, Усть-Воямполке, период минимальной увлажненности приходится на середину 30-х годов нашего столетия. В дальнейшем наблюдается незначительное, но устойчивое увеличение количества выпадающих осадков. На станциях Никольское и Ключи минимум осадков отмечался в начале 40-х годов, затем следовал относительно крутой рост увлажненности и во второй половине 50-х годов отчетливо проявляется тенденция к выполаживанию кривой. Похожую кривую имеет и станция Петропавловский маяк, только минимум увлажненности сдвинут на вторую половину 40-х годов. Большую амплитуду $X_{\text{н}}$ имеют на станции Петропавловск-Камчатский. Здесь, после незначительного максимума на рубеже 1930-1940 гг. отмечен глубокий минимум в начале 1950 гг., после чего последовал крутой рост количества осадков до конца 70-х годов.

Ход средней летней температуры воздуха более однороден, чем $X_{\text{н}}$, и различия между станциями не так заметны. С севера на юг увеличивается размах изменений $u_{\text{н}}$, и, кроме этого, начиная с первой половины 40-х годов на южных станциях видна тенденция к понижению температуры. Интересно, что усиление солнечной активности в середине 50-х годов, связываемое с совпадением в это время сверхвекового, векового и 11-летнего солнечного циклов [14], сильнее отразилось на кривых и северного ряда станций.

Для каждого из сглаженных по 11-летиям рядов была вычислена автокорреляционная функция (рис. 5). Учитывая, что линейные тренды выявляются слабо, низкочастотная фильтрация не проводилась. Как справедливо отмечено О.З. Дроздовым и А.С. Григорьевой [7], точно

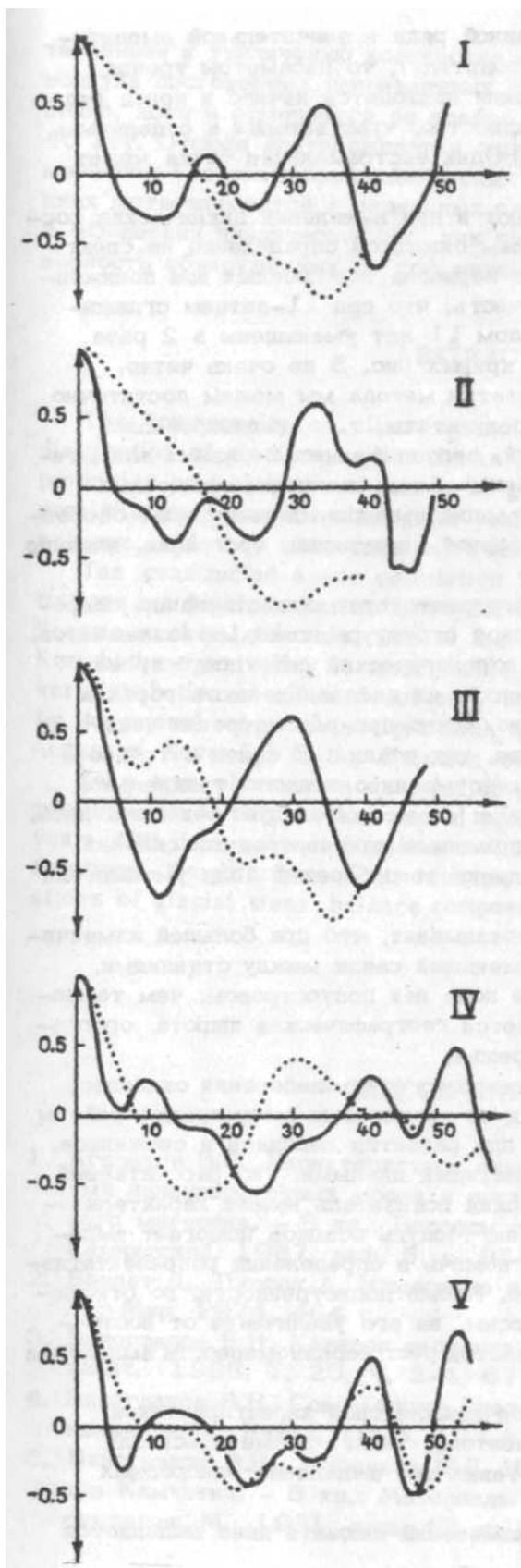


Рис. 5. Автокорреляционные функции рядов сумм осадков за гидрологический год (...) и средних летних температур воздуха(-----)сглаженных по 11 годам.

Остальные обозначения - как на рис. 4

оценить достоверность обнаруживаемых по сглаженным рядам циклов трудно. Но в нашем случае хорошо прослеживается 11-летняя цикличность в осадках по станции Ключи и летним температурам Петропавловска-Камчатского, 28-30-летняя по осадкам в Петропавловске-Камчатском и Ключах и по летним температурам в Усть-Воямполке, Никольском и Ключах. 40-летняя цикличность визуально отмечается по обоим элементам на станциях Петропавловск-Камчатский и Петропавловский маяк и \bar{u} - в Никольском. Какой-либо связи между X_T и \bar{u} не видно, корреляция по станциям в основном отсутствует. Только для станции Петропавловский маяк коэффициент корреляции между X и \bar{u} равен $-0,275$ и между \bar{u} этой станции и X_T на Петропавловске-Камчатском достигает $-0,30$, что говорит о сдвиге между элементами по фазе почти на полупериод, означая, что в отрезки времени с пониженной \bar{u} выпадает большее количество осадков.

По нашему мнению, выявление общей тенденции (тренда) какого-либо метеорологического показателя с помощью объективных методов, например, методом наименьших квадратов, часто лишь создает видимость точности. Если в процессе имеется низкочастотная состав-

ляющая с периодом сравнимым с длиной ряда и значительной амплитудой (а на это указывают все исследователи), то параметры тренда будут зависеть от того, на какие фазы приходится начало и конец ряда. Метод наименьших квадратов, как известно, чувствителен к отдельным выбросам, особенно на концах ряда. Одна экстремальная точка может заметно повернуть прямую.

Аналогичные возражения возникают и при выявлении циклических составляющих. Возможно, более полезным окажется определение не спектра амплитуды, а распределение длин периодов повышенных или пониженных значений элементов. Следует учесть, что при 11-летнем сглаживании амплитуды колебаний с периодом 11 лет уменьшены в 2 раза [16], а потому они выявляются на кривых рис. 5 не очень четко.

Но несмотря на указанные недостатки метода мы можем достаточно уверенно опираться на полученные результаты, т.к. анализировались ряды не одной, а нескольких станций, расположенных в разных климатических районах полуострова. При явном общем сходстве сглаженных рядов метеоэлементов отдельных станций выделяются некоторые особенности, объяснимые с позиций атмосферной циркуляции, орографии, влияния суши и т.д.

Климатический фон Камчатки благоприятствует существованию современного оледенения. По статистической структуре полей метеоэлементов, полученной по данным станций метеорологической сети полуострова, можно судить о процессах, приводящих к их распределению в горах и изменениям во времени, что особенно важно при рассмотрении такого изменчивого в пространстве элемента, как осадки. В связи с трудностями получения метеорологической информации о климате гляциальной зоны для экстраполяции и интерполяции с высотой, следует рекомендовать, в качестве опорных, станции, расположенные на наветренных склонах горных районов и на некотором удалении от побережий (для уменьшения искажающего влияния океана).

Анализ корреляционных матриц показывает, что при большей изменчивости по территории и, в среднем, меньшей связи между станциями, осадки составляют более однородное поле над полуостровом, чем температура воздуха, на которой сказывается географическая широта, орография и расстояние до морского побережья.

Важной характеристикой климатического фона оледенения оказалась "фаза" осадков. Станции с большими ее значениями высвечивают районы с более благоприятными условиями для развития ледников и снежников. Мы пользовались средними многолетними данными, но рассчитанный за отдельные годы этот статистический показатель может характеризовать колебания снежности во времени. Модуль осадков помогает выделить менее явные связи, например, помочь в определении репрезентативности отдельных станций по осадкам. Кроме подветренности, по отношению к влагонесущим воздушным массам, на его увеличении от восточного побережья к западному сказывается рост неравномерности выпадения осадков в течение года.

Показатель океаничности является комплексной характеристикой, сродни балансу массы ледника, и, поэтому, может применяться для выявления общих закономерностей, таких как выделение однородных климатических районов.

При рассмотрении многолетних изменений климата явно выделяется

тенденция к увеличению количества осадков за год. По температуре воздуха достоверных направленных изменений за 90-летний период не видно, хотя и отмечается ее слабое понижение в течение последних 40 лет. Отсюда подтверждается определяющая роль аккумуляции в изменениях баланса массы камчатских ледников, В периодических колебаниях метеоэлементов в отдельных случаях прослеживается 11-28-30-и 40-летняя цикличность, но, как уже подчеркивалось, оценить достоверность обнаруженных по сглаженным рядам циклов трудно.

ABSTRACT

The homogeneity of climatic conditions affecting the regime and distribution of glaciers in Kamchatka is examined. These are two main properties on which the character of glaciation depends: a) the total precipitation during a hydrological year and b) the mean summer air temperature, and they were considered in space and time aspects.

The constructed space correlation functions have shown that their variations are highly coherent from year to year in the coastal regions but become weaker landwards. Due to the mountain ridge the climate of the Kamchatka river valley is more stable than in other parts. The snow cover distribution is affected not only by the total wetting of territory but by the annual range of precipitations the maximum of which shifts from August to November in the direction of NE to SW.

Long-term observation data indicates a decrease of mean summer temperature and an increase of annual precipitation during the last 30-40 years. Our data make it possible to examine the representativity of meteorostations, the direction of atmospheric moisture tracks and the time variations of glacial mass balance components.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агалаков В.С. Характеристика атмосферных процессов над акваториями дальневосточных морей и прилегающими к ним районами Азиатского материка. - В кн.: Вопросы географии Камчатки/ Петропавловск-Камчатский, 1967, вып. 5, с. 95-102.
2. Бендет ХЛ, Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. - М.: Мир, 1974, 464 с.
3. Виноградов В.Н. Каталог ледников СССР. Камчатка. Л.: Гидрометеоздат. 1968, Т. 20, Ч. 2-4, 67 с.
4. Виноградов В.Н. Современное оледенение районов активного вулкана-низма. - М.: Наука, 1975, 103 с.
5. Виноградов В.Н., Муравьев Я.Д. Изменчивость современных ледников Камчатки. - В кн.: Материалы гляциол. исслед. Хроника, об-суждения. М.: 1981, вып. 42, с. 166-172.

6. Глазырин Г.Е., Аношина Н.В. Время наступления максимума осадков на территории Средней Азии. - Тр. САРНИГМИ, 1978, вып. 69/150, с. 43-50.
7. Дроздов О.А., Григорьева А.С. Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР, - Л.: Гидрометеиздат, 1971, 158 с.
8. Кадыка А.Л. Температурный режим Камчатки. - В кн.: Вопросы географии Камчатки. Петропавловск-Камчатский, 1966, вып. 4, с. 86-93.
9. Кондратьев В.И. Климат Камчатки. М.: Гидрометеиздат, 1974, 204 с.
10. Коновер Д.Х. Объяснение изменений климата на основе метеорологических данных. — В кн.: Изменение климата. М.: Иностранная литература, 1958, с. 245-258.
11. Крашенинников С.Л. Описание земли Камчатки. - Спб, 1786, Т. I, 438 с.
12. Кренке А.Л., Чернова Л.П., Ледниковые системы Северо-Востока СССР. - Известия АН СССР. Сер. географ., 1980, № 1, с. 17-33.
13. Курсанова И.А., Савченко В.Г. Климат Командорских островов. - В кн.: Вопросы географии Камчатки. Петропавловск-Камчатский, 1966, вып. 4, с. 11-22.
14. Липовка А.В. Цикличность температуры воздуха на Камчатке и ее связь с солнечной активностью. - В кн.: Вопросы географии Камчатки. Петропавловск-Камчатский, 1977, вып. 7, с. 38-40.
15. Липовка А.В., Попов В.М. Состояние и развитие гидрометеослужбы на Камчатке. - В кн.: Вопросы географии Камчатки. Петропавловск-Камчатский, 1967, вып. 5, с. 35-42.
16. Озмидов Р.В. Некоторые данные о крупномасштабных характеристиках поля горизонтальных компонент скорости в океане. - Изв. АН СССР. Сер. географ., 1964, № 11, с. 1708-1719.
17. Поляк И.И. Оценивание линейного тренда временных метеорологических рядов. - Тр. ГГО, 1975, вып. 364, с. 51-55.
18. Потапова Л.С. Исследование стока рек Камчатки по климатическим данным. - Изв. АН СССР. Сер. географ., 1973, № 3, с. 88-94.
19. Рубинштейн Е.С., Полозова Л.Г. Современное изменение климата. - Л.: Гидрометеиздат, 1966, 268 с.
20. Физические основы климата и его измерений. Национальная программа СССР ПИГАП-климат. - М., 1977, 147 с.
21. Швер Ц.А. Степень сезонности осадков. - Тр. ГГО, 1973, вып. 303, с. 93-103.