

550.3 К
В49

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ



На правах рукописи

В. Н. ВИНОГРАДОВ

**Современное оледенение районов
активного вулканизма**

(на примере Ключевской и Авачинской групп вулканов)

696. Гидрология суши.

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Москва — 1970 г.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ

550.3 К
В49

На правах рукописи

В. Н. ВИНОГРАДОВ

Современное оледенение районов
активного вулканизма

(на примере Ключевской и Авачинской групп вулканов)

696. Гидрология суши.

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Научный руководитель
доктор географических наук
В. М. КОТЛЯКОВ

Москва — 1970 г.



Работа выполнена в Институте вулканологии Сибирского отделения АН СССР.

Официальными оппонентами утверждены: доктор географических наук Л. Д. Долгушин и кандидат географических наук Г. Н. Голубев.

Защита диссертации состоится в феврале 1970 г. на заседании Ученого Совета Института географии АН СССР.

Отзывы (в 2-х экз.) просим направлять по адресу: Москва, Ж-17, Старомонетный пер., 29, Институт географии АН СССР, ученому секретарю В. К. Рахилину.

Автореферат диссертации разослан « » января 1970 года.

Несмотря на бурное развитие гляциологических исследований в Советском Союзе по программе Международного геофизического года (1957—1959 гг.), современное оледенение Камчатки продолжает оставаться наименее исследованным, даже по сравнению с некоторыми районами Северо-Востока, хотя изучение современных ледников и снежного покрова имеет большое научное и практическое значение. Особый интерес представляет современное оледенение вулканических районов, где ледники имеют ряд специфических черт, выражающихся в их морфологии, режиме и строении ледниковых толщ. В связи с этим в качестве основных районов гляциологических исследований Института вулканологии Сибирского отделения АН СССР были выбраны Ключевская и Авачинская группы вулканов, характеризующихся значительным оледенением и активным вулканизмом. Основной целью работы было изучение общего характера снежного покрова и современных ледников, выяснение общих черт режима и связи оледенения с активным вулканизмом.

Автор занимался изучением снежного покрова в зимы 1959—1962 гг., а также во время отдельных зимних поездок на вулканы. Полевые маршрутные исследования современных ледников проводились в летние сезоны 1963—1967 гг. Помимо собственных материалов в работе использованы данные о снежном покрове и современных ледниках, содержащиеся в многочисленных геологических и вулканологических изданиях, а также справочники по климату Камчатской области.

Диссертация состоит из введения, семи глав и заключения, общим объемом 236 страниц, включая 17 таблиц и 75 рисунков. Список использованной литературы насчитывает 116 названий русских и иностранных авторов.

Автор выражает глубокую благодарность чл.-корр. АН СССР Б. И. Пийпу и чл.-корр. АН СССР Г. А. Авсюку за содействие в постановке темы и помощь в организации гляциологических исследований, кандидатам геолого-минералогии-

ческих наук И. В. Мелекесцеву и Н. Н. Кожемяке, а также И. А. Курсановой за советы и консультации. Особую благодарность автор приносит доктору географических наук В. М. Котлякову, оказавшему большую помощь при написании работы.

Глава I. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА И СОВРЕМЕННОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ КАМЧАТКИ

Глава содержит обзор данных о снежном покрове Камчатки с середины XVIII столетия и сведений о современных ледниках, впервые появившихся лишь в начале XX века. Вклад в изучение современного оледенения Камчатки внесли С. А. Конради и Н. Г. Кель (1925), А. Н. Заварицкий (1955), Б. И. Пийп (1956), В. Н. Олюнин (1966), и др., но все они занимались изучением ледников попутно, при проведении геологических, вулканологических и геоморфологических работ. Первую характеристику современного оледенения Камчатского полуострова дал П. А. Иваньков (1958), а одного из крупных его районов — Кроноцкого ледникового узла — В. С. Преображенский и Ю. М. Модель (1965).

Глава II. РЕЛЬЕФ И ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ

Ключевская и Авачинская группы вулканов, расположенные в различных геоморфологических зонах Камчатского полуострова, имеют много общих черт в связи с тем, что в формировании обеих групп главенствующую роль сыграл вулканизм. Ключевская группа вулканов расположена на севере Центральной Камчатской депрессии и состоит из скопления отдельных вулканов и вулканических массивов на общем пьедестале, представляющем собой пологое щитообразное вулканическое плато высотой 900—1.000 м, достигающее 100 км в поперечнике, на котором возвышается 12 вулканических сооружений. Авачинская группа вулканов расположена на юго-востоке полуострова и относится к Восточной вулканической области; в ее состав входят пять вулканов.

Среди 17 вулканов Ключевской и Авачинской групп пять вулканов являются действующими, среди них самые актив-

ные вулканы на Камчатке — Ключевской, Безымянный и Авачинский. Современные ледники отсутствуют только на четырех вулканах.

На морфологию вулканических построек решающее значение оказывает их возраст, что находит отражение и в типах ледников. По времени образования вулканы Ключевской и Авачинской групп разделяются на три крупных возрастных этапа: а) наиболее ранние средне-верхнеплейстоценовые (Q_2-Q_3), установленные по соотношению со следами двух фаз верхнеплейстоценового оледенения и палеомагнитным методом (вулканы Ааг, Арик, Малая Зими́на); вершины конусов этих вулканов не сохранились, а склоны их расчленены хорошо выраженными трогами, которые в верхних частях заканчиваются карами и цирками; б) позднеплейстоцен-голоценовые ($Q_3^3-Q_4$), сформировавшиеся в конце верхнего плейстоцена, хотя вулканическая деятельность продолжалась и в голоцене (вулканы Острый и Плоский Толбачики, верхняя часть построек Ближней и Дальней Плоских сопок, сомма Авачинского, Корякский); склоны этих вулканов расчленены глубокими барранкосами, на вершинах отдельных из них имеются кальдеры; в) голоценовые (Q_4), характеризующиеся отсутствием следов какой-либо деятельности верхнеплейстоценовых ледников (Ключевская, Средняя, Безымянная, Большая Зими́на, молодой деятельный конус Авачинского вулкана); склоны их слабо обработаны экзогенными рельефообразующими процессами.

Формирование и развитие рельефа Ключевской и Авачинской групп вулканов происходит под влиянием ряда эндогенных и экзогенных рельефообразующих факторов. Ведущий рельефообразующий фактор — вулканизм. Благодаря вулканической деятельности возникли разнообразные вулканические сооружения, являющиеся основными центрами оледенения в рассматриваемых районах (стратовулканы, двойные вулканы и т. д.), а также формы рельефа (атрио, кальдеры, кратеры и др.), по которым выделены морфологические типы ледников. Определяющими являются также вулкано-тектоника, флювиальная и снежно-ледниковая деятельность. Кроме того, отдельные участки подвержены действию нивальных и гравитационных процессов, эоловой деятельности, солифликации и т. п.

Глава III. КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Характерной особенностью климата Камчатки является интенсивная циклоническая деятельность в течение всего года. Несколько ослабляется она лишь в переходные периоды — осенью и весной, что связано с перестройкой поля атмосферного давления.

Существующие гидрометеостанции на Камчатке расположены на равнинных территориях и в долинах крупных рек, поэтому климатические особенности вулканических построек охарактеризованы по косвенным данным и расчетам. Районы Ключевской и Авачинской групп вулканов расположены на различном расстоянии от побережья (130 и 30 км), поэтому Ключевская группа характеризуется большей континентальностью, что находит отражение:

а) в величинах средних годовых температур воздуха — подножье Ключевской группы характеризуется отрицательными средними годовыми температурами, а на аналогичных высотах в районе Авачинской группы температура положительна и разность составляет около 2° ;

б) в величинах средних годовых значений общей облачности, которая колеблется для районов соответственно от 6,6 до 7,2 балла. Максимум наблюдается летом в июне—июле, минимум в марте и октябре, последнее связано с периодом уменьшения количества циклонов. Средняя годовая нижняя облачность не имеет больших различий, но ее изменение в общих чертах повторяет ход общей облачности. В районах действующих вулканов (Безымянный, Ключевской, Плоский Тобачик) происходит локальное формирование нижней облачности в виде местных облаков конвекции вследствие воздействия высокодебитных выходов паро-газовых струй из кратеров вулканов. По предварительной оценке, основанной на полевых наблюдениях, конвективные облака увеличивают нижнюю облачность на 20—25%;

в) в вертикальных градиентах средней годовой температуры воздуха, который для Авачинской групп составляет около $0,4^{\circ}$ на 100 м высоты, а в районе Ключевской группы несколько выше и принимается около $0,5^{\circ}$ на 100 м;

г) в среднем годовом количестве осадков, которых в районе Ключевской группы вулканов выпадает меньше, чем в пределах Авачинской группы.

Продолжительность периода с отрицательными температурами воздуха на равнинах в обоих районах составляет шесть месяцев, на вулканических постройках увеличивается в зависимости от высоты до 8—9 месяцев. Средняя температура воздуха за холодный период в районе Ключевской группы вулканов ниже, чем в Авачинской на $5—6^{\circ}$.

Благодаря радиационному выхолаживанию в Центральной Камчатской депрессии образуется температурная инверсия, которая на северном склоне Ключевской группы распространяется до высоты 500—600 м, а на западном склоне — до 600—700 м. Действие температурной инверсии на ледники (за исключением ледника Бильченок) не распространяется, хотя она оказывает влияние на температурный градиент, который оценивается в $0,3^{\circ}$ на 100 м. Используя этот градиент, получаем следующие средние температуры воздуха за холодный период: на концах ледников от -13 до -15° , на уровне фирновой линии от -21 до -23° и в областях питания от -22 до -24° . Вертикальный температурный градиент для Авачинской группы вулканов (по данным станции Елизово и поста «Авачинский вулкан») составляет $0,32^{\circ}$ на 100 м. В интервале развития ледников от 1.000 до 3.400 м средняя температура воздуха за холодный период понижается от $-10,8$ до $-18,5^{\circ}$.

В теплый период благодаря влиянию холодных морей температуры воздуха на полуострове сглаживаются. В Авачинской группе вулканов при вертикальном градиенте $0,35^{\circ}$ на 100 м у конца ледника Елизовского средняя температура за теплый период составляет около $4,0^{\circ}$, а в области питания $1,6^{\circ}$. В интервале развития ледников она колеблется от $5,5$ до $-2,4^{\circ}$. В Ключевской группе при градиенте $0,4$ на 100 м на конце ледника Бильченок средняя температура за теплый период — около $5,5^{\circ}$. В целом же на концах ледников она изменяется от $1,3$ до $3,7^{\circ}$, на уровне фирновой линии от $1,3$ до $-2,2^{\circ}$, а в областях питания ледников от $-2,3$ до $-6,7^{\circ}$.

Районы Ключевской и Авачинской групп характеризуются иным ветровым режимом, чем участки побережий. Направление и сила ветра зависят от расположения вулканических массивов и долин рек. Влияние рельефа на ветровой режим особенно проявляется в районе Ключевской группы, где преобладающие направления ветра зависят от направления до-

лины р. Камчатки. В районе Авачинской группы наблюдается типичное для Камчатки преобладание ветров, связанное с синоптической обстановкой в различное время года. Зимой преобладают северные ветры, летом — южные. На Камчатке часто повторяются сильные и ураганные ветры, связанные с прохождением глубоких циклонов. Как правило, скорость ветра на вулканических постройках значительно выше, чем на равнинах и нередко достигает 35—40 м/сек. При таких ветрах возникает метель независимо от выпадения осадков, так как переносится выпавший слабо слежавшийся снег.

Камчатский полуостров характеризуется большим количеством осадков и относится к зоне достаточного увлажнения. В районе Ключевской группы в долинах рек выпадает от 370 до 860 мм в год, в районе Авачинской группы — от 760 до 1.600 мм. В течение года в районе Ключевской группы преобладают твердые осадки, в то время как в районе Авачинской группы количество жидких и твердых почти равно.

Общие закономерности и косвенные признаки указывают на то, что с абсолютной высотой количество осадков возрастает. Сравнение кратковременных наблюдений за осадками на посту «Авачинский вулкан» и станции Елизово показывает, что на склоне вулкана выпадает в среднем в три раза больше осадков, чем на равнине. Это позволяет принять вертикальный градиент осадков для Авачинской группы около 140 мм на 100 м. высоты и дать общую оценку выпадающих осадков на ледниках порядка 2.000—3.000 мм. Очевидно, в районе Ключевской группы количество осадков на ледниках, вследствие их большей высоты, колеблется в этих же пределах.

Выпадение осадков в обоих районах характеризуется большой интенсивностью. Глубокие циклоны вызывают обильные снегопады, во время которых иногда выпадает свыше 100 мм осадков за одни-два суток.

Глава IV. СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ КАМЧАТСКОГО ПОЛУОСТРОВА И АККУМУЛЯЦИЯ СНЕГА НА ЛЕДНИКАХ КЛЮЧЕВСКОЙ И АВАЧИНСКОЙ ГРУПП ВУЛКАНОВ

Эта глава содержит фактический материал наблюдений по снежному покрову (высота, плотность, запасы воды), проведенных по профилям в нескольких пунктах каждого круп-

ного природного района (Восточное побережье, Центральная Камчатская депрессия, Срединный Камчатский хребет, Западное побережье). Продолжительность залегания снежного покрова на всей территории Камчатки превышает полгода, хотя сроки установления и схода не совпадают на севере и юге.

Материалы маршрутных снегосъемок автора в различных районах полуострова, данные наблюдений метеостанций и постов Камчатского УГМС, анализ синоптической обстановки и карта количества осадков в холодное время года послужили основанием для составления схематической карты распределения высоты снежного покрова в период максимального снегонакопления. Распространение зон различной снежности в общих чертах соответствует направлению основных горных сооружений и равнин в пределах полуострова, что отражает прямую зависимость распределения снежного покрова от простиранья горных хребтов и вулканических массивов.

Районы минимальной снежности (до 50 см) отмечаются на северо-западе полуострова, в центральной части Срединного хребта, в среднем течении р. Камчатки. Сравнительная малоснежность на северо-западе полуострова обусловлена общими климатическими причинами, малым количеством осадков, на выровненных участках Срединного хребта она связана с интенсивным переносом снега, а в средних частях долин рек Камчатки и Авачи — с затененностью горными массивами Ключевской и Авачинской групп вулканов, аккумулирующих осадки.

Юго-восточнее малоснежной зоны на северо-западе полуострова высота снежного покрова колеблется от 50 до 80 см. Эта зона протягивается от Паранольского дола почти через весь полуостров до Большерецка на западном побережье. Западные предгорья Срединного хребта, средняя и северная части Центральной Камчатской депрессии и вулканические плато в районе Кроноцкого озера характеризуются высотой снежного покрова от 80 до 100 см. Преобладающая часть Срединного хребта, южная часть Центральной Камчатской депрессии, западные склоны Валагинского хребта и массива Ключевской группы вулканов имеют среднюю высоту снежного покрова 100—150 см.

Большой снежностью характеризуется восточная и юж-

ная части полуострова, чаще и сильнее других подверженные влиянию влажных морских масс с Берингова моря и северной части Тихого океана. Высота снежного покрова в Восточной вулканической области, а также средневысотных складчатых хребтах Южно-Быстринском, Валагинском, Ганальском, Тумрок, Кумроч, западной и восточной частях Южной вулканической области оценивается в 150—200 см.

Определение размеров максимальной высоты снежного покрова и районов ее распространения на Камчатском полуострове вызвало у автора некоторые затруднения в связи с ограниченным количеством данных. Однако анализ имеющихся материалов позволил выделить районы, где средняя высота снежного покрова превышает 200 см. К районам с максимальной снежностью отнесена южная часть Камчатки, вдающиеся далеко в океан полуострова (Шипунский, Кроноцкий, Камчатского Мыса и Озерной), а также крупные очаги развития современных ледников (Ключевская и Авачинская группы вулканов, вулкан Ичинский, массивы Алней-Чашаконджа, Шишель-Айнелькан и Острая-Хувхойгун в Срединном хребте).

На вулканических постройках Ключевской и Авачинской групп, в силу разнообразия морфологии вулканов и климатических условий, твердые осадки распределяются неравномерно, причем эта неравномерность возрастет с увеличением высоты и расчлененности рельефа из-за усиления ветров. Отсутствие данных осадкомеров в районах вулканов вызвало необходимость построения схематических карт снеготранспорта исключительно по материалам немногочисленных маршрутных снегосъемок в периоды максимума снегонакопления, которые были приведены с средним показателем по наблюдениям станций, расположенных у подножий обеих групп.

Распределение снежного покрова на вулканических массивах выше пояса древесно-кустарниковой растительности крайне неравномерно. Сильные ветры перераспределяют снег и уплотняют его до образования ветровых корок, свободно выдерживающих вес человека. Возвышенные участки и крутые склоны несколько раз за зиму освобождаются от снега и характеризуются в целом непостоянной высотой снежного покрова. В отрицательных формах рельефа в течение холодного периода постоянно происходит накопление снега и увеличение высоты снежного покрова. Однако в сред-

нем расчете величин снеготранспорта при составлении схематических карт на обе группы пестрота распределения снежного покрова из-за отсутствия детальных наблюдений не учитывалась.

Вулканические массивы Ключевской группы, поднимающиеся выше вулканов Авачинской группы, характеризуются и большими снеготранспортиками. Это находит отражение в наличии здесь максимальных по размерам камчатских ледников (ледники Эрмана, Богдановича, Бильченка и др.).

Схематическая карта распределения средних величин водозапаса в снежном покрове Ключевской группы вулканов показывает постоянное увеличение их с ростом абсолютной высоты. Минимальные значения (около 400 мм) расположены по периферии группы и приурочены к долинам рек Толбачик, Камчатка, Большая Хапица. Зоны повышенной снежности (1.100—1.200 мм) охватывают верхние части вулканических массивов, являющихся областями питания ледников. Распространение ледников Ключевской группы не выходит за пределы, ограниченные изолинией 700 мм, а наибольшее число их находится в зоне снегонакопления с водозапасом 1.000 мм и более.

На район Авачинской группы вулканов карта снеготранспорта составлена с включением равнинных территорий долин рек Авачи и Паратунки. На ней наглядно показана роль вулканического массива в распределении снеготранспорта в Авачинской депрессии, где отмечаются минимальные величины (150 мм) для юго-востока полуострова. Ледники Авачинской группы вулканов и Пиначевского хребта располагаются в пределах изолиний 700—800 мм, чем объясняются их небольшие размеры. В отрицательных формах верхних частей вулканов возможно накопление снеготранспорта до 1.000 и 1.100 мм (глубокие барранкосы Корякского, а трио Авачинского вулканов).

Глава V. МОРФОЛОГИЯ ОЛЕДЕНЕНИЯ

Современное оледенение вулканических районов отличается рядом специфических особенностей, проявляющихся и в его морфологии. Выделены следующие морфологические типы ледников (см. таблицу).

Ледниковые шапки или пояса приурочены к наиболее вы-

Морфологические типы ледников вулканических районов Камчатки

Название	Количество		Площадь, км ²	Мощность льда, м	Примеры
	На Камчатке	в районах Ключевской и Авачин- ской групп			
1. Ледяные шапки и пояса	2	2	1,0—15,0	30—35	Ключевской
2. Кратерные ледники	3	—	0,2—1,1	15—20	Мутновские
3. Кальдерные	1	1	6,8	60—80	Толбачинский
4. Ледники атрио	4	2	0,5—1,2	20—30	Елизовский
5. Ледники барранкосов	43	22	0,9—10,3	30—40	Эульченон
6. Звездообразные ледники	1	—	4,0	10—15	Кроноцкий
7. Взрывных и обвальных цирков	5	4	0,7—4,4	50—70	Наменский
8. Каровые ледники	105	8	0,4—1,2	40—50	Арикский 1-й
9. Атрио-долинные	5	2	1,3—2,0	50—100	Заварицкого
10. Кальдерно-долинные	3	3	3,9—21,8	50—100	Вильченон

соким, активным и слабо расчлененным вулканам. Ледяная шапка на активных вулканах существует лишь тогда, когда вулканы находятся в состоянии покоя между извержениями. В период перед извержениями, во время извержений и непосредственно после них, вследствие прогрева прикратерного участка конуса, происходит таяние верхней части ледяной шапки, и она превращается в ледяной пояс, ограниченный и сверху и снизу.

Кратерные ледники существуют в кратерах потухших и действующих вулканов. Для образования и существования ледника этого типа необходима либо постоянная слабая вулканическая активность, либо длительное спокойное состояние вулкана между сильными извержениями.

Кальдерные ледники располагаются в кальдерах высоких вулканов. От кратерных они отличаются значительными размерами и объемом льда. К кальдерным предполагается отнести те ледники, которые не выходят за пределы вмещающих их кальдер или дают короткие выводные языки, по площади уступающие леднику в самой кальдере. Расход льда в подобных ледниках осуществляется либо выводными ледниками за пределы кальдеры, либо за счет вулканического тепла внутри кальдеры, а также в результате совместного действия этих факторов.

Ледники атрио встречаются в атрио кратеров или кальдер потухших или слабо активных вулканов. В плане они имеют форму замкнутой или незамкнутой концентрической полосы. Ледники атрио кратеров вулканов представляют собой наиболее мелкие формы современного оледенения вулканических районов Камчатки.

Ледники барранкосов развиты на недавно потухших или проявляющих небольшую активность слабо разрушенных вулканах. Это сравнительно небольшие по объему ледники, приуроченные к средним и верхним частям барранкосов. Питание ледников осуществляется за счет снежных лавин с вышележащих склонов вулкана. Возникновение и динамика ледников барранкосов во многом определяется экспозицией склона вулкана: большинство ледников или все они располагаются на северных склонах.

Звездообразные ледники приурочены к недавно потухшим или слабо активным вулканам. Они располагаются в привершинной части постройки и имеют очень неровную нижнюю

границу с большим количеством лучеобразно расходящихся от вершины узких языков, которые лежат в верховьях барранкосов.

Ледники взрывных и обвальных цирков располагаются в соответствующих формах рельефа. Обвальные и взрывные цирки на вулканах по морфологии весьма сходны с крупными карами: они имеют крутые, часто почти отвесные стенки и относительно пологое дно. Поэтому ледники отчетливо делятся на две части, верхняя из которых приурочена к крутым стенкам цирков, а нижняя располагается в пределах днищ. Питание ледников в основном осуществляется за счет снежных лавин, сходящих с верхних частей склонов цирков.

Каровые ледники занимают кары верхнечетвертичного оледенения. По своим параметрам, строению поверхности и другим признакам они практически не отличаются от аналогичных ледников невулканических районов.

Атрио-долинные ледники — своеобразные ледниковые образования, область питания которых находится в крупных атрио кальдер, а область абляции — на склонах соммы вулкана. Из атрио ледника спускаются ледопадами на несколько сотен метров, а потом, заполняя барранкосы на склоне соммы, превращаются в языки долинных ледников.

Кальдерно-долинные ледники состоят из двух частей — области аккумуляции, расположенной в кальдере, и области абляции в виде длинных долинных ледников. Это наиболее крупные и стабильные ледниковые образования вулканических районов Камчатки.

Выделенные типы можно сгруппировать в общепринятые группы ледников: а) ледники углублений рельефа типа котловин (кратерные, кальдерные, атрио); б) ледники долин и склонов (барранкосов, атрио-долинные, кальдерно-долинные); в) ледники горных вершин (ледяные шапки или пояса, звездообразные).

Различным по возрасту вулканическим постройкам соответствуют определенные морфологические типы ледников: а) ранним средне-верхнеплейстоценовым вулканам — каровые и карово-долинные ледники; б) позднеплейстоцен-голоценовым вулканам — ледники барранкосов, кальдерные, атрио, звездообразные, атрио-долинные, кальдерно-долинные; в) голоценовым вулканам — ледяные шапки или пояса, кратерные.

Камчатский полуостров представляет собой крупнейший район современного оледенения на Северо-Востоке СССР. Здесь автором при каталогизации выявлено 405 ледников общей площадью 874,1 км². В районах Ключевской и Авачинской групп вулканов сосредоточено 55 ледников общей площадью 241,6 км², что составляет 13,6% количества камчатских ледников и 27,6% площади оледенения Камчатского полуострова. Почти все выделенные морфологические типы ледников встречаются в этих двух группах, а некоторые встречаются только в их пределах.

Современные ледники Ключевской и Авачинской групп вулканов располагаются группами, иногда образуя сложные ледниковые комплексы, приуроченные к наиболее высоким и значительно расчлененным вулканическим постройкам. Для вулканических массивов обеих групп характерна центрально-концентрированная форма оледенения и только на северо-западе Авачинской группы в карах Пиначевского хребта — рассеяно-обособленная. Преобладающая часть ледников находится на склонах северных экспозиций, хотя в пределах групп имеются ледники, ориентированные во все стороны света.

В районе Ключевской группы вулканов ледники располагаются на трех изолированных вулканических массивах, неравноценных по их количеству и площади оледенения. Массив вулканов Ключевской, Камень, Ближний Плоский и Дальний Плоский — крупнейший очаг оледенения не только в Ключевской группе, но и на полуострове, имеет 16 ледников общей площадью 187,3 км². Несмотря на общее радиальное расположение ледников около половины их имеют северную экспозицию. Высшие точки ледников, как правило, определяются высотой вулканических построек, а нижние зависят от размера области питания и интенсивности аккумуляции вещества.

Массив вулканов Острый Толбачик и Плоский Толбачик характеризуется четко выраженной асимметричностью в распространении ледников. Из 11 ледников общей площадью 26,1 км² восемь типа барранкосов расположены на северном склоне. На вулкане Большая Зимица сопка расположено 4 ледника общей площадью 11,8 км².

В районе Авачинской группы вулканов сосредоточено 24 ледника, которые имеют площадь 16,4 км². Они приурочены,

главным образом к склонам северных и восточных румбов (67—68% количества и площади ледников). Эта особенность связана с меньшим таянием на северо-восточных склонах по сравнению с южными, а также господством основных направлений влагонесущих воздушных масс в холодное время года.

Глава VI. ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ РЕЖИМА ЛЕДНИКОВ КЛЮЧЕВСКОЙ И АВАЧИНСКОЙ ГРУПП ВУЛКАНОВ

Данные с режиме ледников Камчатки очень ограничены из-за отсутствия стационарных наблюдений. Высотное положение фирновой линии сильно различается на ледниках складчатых хребтов и отдельных вулканических массивах и постройках. На расчлененных массивах северной и центральной частей Срединного хребта она повышается с севера на юг с 1.030 до 1.700 м. Разность высот между восточным и западным склонами здесь невелика, всего 50—100 м. На ледниках барранкосов Ичинского вулкана граница питания расположена на высоте 2.300—2.400 м.

Наиболее низко на Камчатке фирновая линия располагается в пределах Кроноцкого полуострова: 650—700 м. Сравнительно небольшие высоты ее на ледниках средневысотных хребтов и вулканов Южной Камчатки связаны с распределением осадков и высоты снежного покрова. Выше всего фирновая линия лежит на изолированных вулканах и вулканических группах, в том числе и в районах Ключевской и Авачинской групп (до 2.800—3.000 м), что связано с метелевым переносом и лавинной деятельностью.

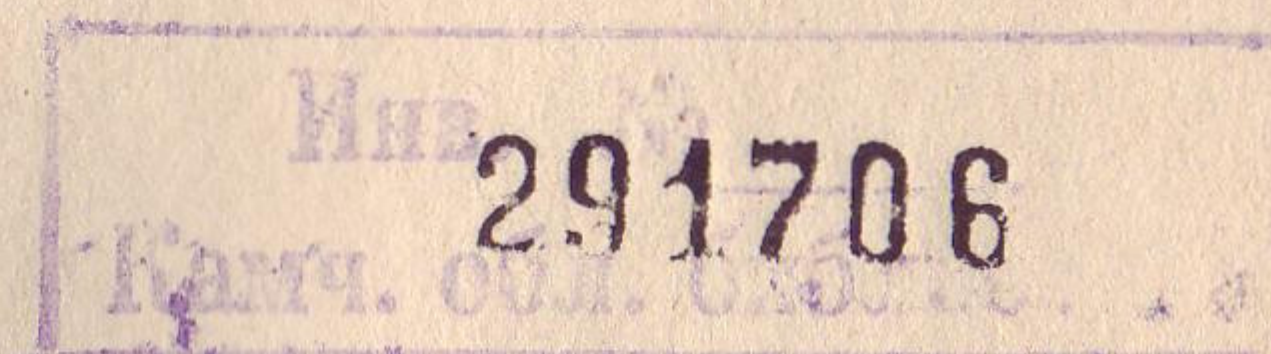
Аккумуляция твердых осадков на ледниках Камчатки колеблется в широких пределах. Так, в Кроноцком ледниковом узле, в бассейне ледника Корято, запас воды в фирновой толще, накопившейся за зиму 1959/60 г., к 22 сентября 1960 г. составил 2.470 мм (Преображенский, Модель, 1965). В бассейне ледника Гречишкина, расположенного на западном склоне Срединного хребта, запас воды в фирновой толще, накопившейся за зиму 1963/64 г., составил 25 августа 1964 г. 660 мм. Эти две величины, по-видимому, характеризуют крайние пределы изменения аккумуляции на ледниках Камчатки.

В большинстве районов Камчатки таяние на ледниках очень интенсивно, что объясняется низким расположением концов ледников. Так, на конце ледника Корято, лежащем на высоте 250 м, величина слоя воды, стаявшего летом 1960 г., была равно 7.700 мм (Преображенский, Модель, 1965). С мая по август 1965 г. на конце ледника Бильченок на высоте 850 м величина стаявшего льда оказалась равной 507 см, что соответствует слою воды 4.563 мм. Таяние на конце ледника продолжалось до начала октября и можно предположить, что в целом за период абляции на языке ледника Бильченок величина стаявшего слоя воды превышает 5.500 мм. В то же время на высоте 1.680 м, по наблюдениям в сентябре 1964 г. под слоем шлака свыше 100 см таяния с поверхности не происходит, так как мерзлый шлак за теплый период оттаивает лишь на глубину 90 см.

Температурное зондирование на ледниках Бильченок и Толбачинский показало отрицательные температуры льда по всему разрезу (до 7,5 м), что позволяет считать ледники Ключевской группы «холодными». В толще фирна ледника Толбачинского на высоте 3.055 м с поверхности наблюдалась отрицательная температура, но на глубине 6 м она становилась нулевой. Причина, очевидно, в отепляющей роли фирна и циркуляции в его толще талых вод.

Исходя из общих климатических условий, можно предположить, что образование фирна в областях питания ледников идет исключительно путем инфильтрации, и рекристаллизационный фирн отсутствует. Даже на самых высоко расположенных ледниках в летнее время выпадают жидкие осадки и температура воздуха поднимается выше 0°. Превращение фирна в лед происходит под совместным действием инфильтрации и рекристаллизации, в результате на ледниках образуются слои фирна толщиной более 4 м, свидетельствующие о том, что в снежном разрезе находятся слои нескольких прошедших лет. В областях питания ледников существуют влажная фирновая зона и зона ледяного питания. Вероятно, влажно-теплую фирновую зону можно выделить на ледниках Восточной и Южной Камчатки, а влажно-холодную на ледниках северной части Срединного хребта и Ключевской группы вулканов.

Скорости движения камчатских ледников невелики. На леднике Елизовском в Авачинской группе вулканов макси-



мальные скорости движения льда, отмеченные в осевой части ледника, составили 12,5 и 22,5 м/год. Небольшие скорости движения льда объясняются тем, что конец ледника зажат скальными выходами гребня соммы, а питание ледника крайне незначительно (область аккумуляции расположена в нижней части действующего конуса вулкана, где в конце периода абляции остаются лишь отдельные снежники мощностью 0,5—1,0 м). В долинной части ледника Бильченок, имеющей угол наклона 7—10°, скорости движения поверхности льда оказались в осевой части 20—21 м/год, а в боковых частях — 9—13 м/год. Кратковременная подвижка ледника Бильченок в феврале 1959 г. позволяет его отнести к «пульсирующим ледникам».

Колебания ледников Камчатки представляют большой интерес, так как они могут быть вызваны как климатическими причинами, так и влиянием вулканизма. Большая часть ледников районов активного вулканизма в настоящее время отступает. Характерным примером является ледник Желтый, расположенный на северо-восточном склоне вулкана Большая Зимина сопка. Сравнение двух панорам ледника (1909 и 1966 гг.) дает представление о изменении его за прошедшие 57 лет. За это время ледник отступил на расстояние около 600 м, а поверхность концевой части ледника понизилась не менее чем на 20—30 м.

Лишь отдельные ледники (например, ледник Эрмана) постоянно находятся в активном состоянии и не имеют зоны «мертвого льда». Режим указанного ледника, очевидно, связан с активностью Ключевского вулкана, в периоды затишья которого происходит интенсивная аккумуляция снега и он наступает. Во время активного состояния вулкана часть снега тает вследствие вулканической деятельности, и ледник находится в стационарном состоянии или немного отступает.

Глава VII. ВЛИЯНИЕ ВУЛКАНИЗМА НА СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ И ЛЕДНИКИ

Современный активный вулканизм оказывает большое и разнообразное влияние на существование сезонного снежного покрова и ледников, как во время извержений вулканов, так и в периоды между ними.

1. В результате деятельности мелких ручейков, перенося-

щих легкий пирокластический материал и равномерно распределяющих его на плотной поверхности снежного покрова, формируются снежники значительно ниже снеговой границы. Пирокластический материал толщиной более 5 см предохраняет лежащий под ним снежный покров от интенсивного таяния, в то время как на участках, лишенных рыхлого материала, снег быстро сходит.

2. Выпадающий на снежный покров во время многочисленных эксплозивных извержений пепел увеличивает поглощение солнечной радиации вследствие уменьшения отражательной способности снега, что вызывает ранний сход снежного покрова. В районе Ключевской группы вулканов известны случаи схода снега на две недели раньше средних сроков.

3. При сильных извержениях вулканов в зимнее время, когда толща сезонного снежного покрова велика, возникают грязевые (селевые) потоки. Крупнейшим из известных грязевых потоков на Камчатке был поток после взрыва вулкана Безымянного 30 марта 1956 г.

4. Ледники районов активного вулканизма прикрыты чехлом пирокластического материала, который поступает на их поверхность во время извержений, а также приносится снежными лавинами, с крутых осыпных склонов. Мощность этого чехла возрастает от фирновой линии к концам ледников. Наличие пирокластического материала на поверхности ледников оказывает двойное воздействие. Незначительные мощности (до 10—20 см) способствуют интенсивному таянию, тем более что рыхлый материал лежит на леднике неравномерно, а слой более 30 см способствует консервации льда.

5. При катастрофических извержениях, когда взрывается часть вулканической постройки, с ней уничтожаются и ледники. При взрыве вулкана Безымянного в марте 1956 г. были уничтожены фирновые поля в вершинной части вулкана. Одновременно ледник Чернова, расположенный в седловине между вулканами Камень и Безымянный, был погребен пирокластическим материалом. Гигантский взрыв вулкана Шевелуч в ноябре 1964 г. вместе с постройкой уничтожил часть области аккумуляции ледника Тюшова. В южной стенке вновь образованного кратера вскрылась толща слоистого льда мощностью около 100 м. При прекращении вулканиче-

ской деятельности во вновь образованном кратере возможно формирование ледника типа взрывных и обвальных цирков. Однако пока кратер действует, зарождение ледника мало вероятно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая работа является первой сводкой, содержащей новые данные по малоизученному району, в которой в комплексе рассматриваются снежный покров и современные ледники, а также особенности оледенения в районах активного вулканизма.

Камчатский полуостров характеризуется многоснежностью и является крупнейшей областью развития ледников на северо-востоке СССР. Здесь выделено 405 ледников общей площадью 874,1 км², из которых в пределах Ключевской и Авачинской групп вулканов сосредоточено 55 ледников, имеющих площадь 241,6 км².

Климатические условия благоприятны для многоснежности полуострова и существования ледников на средневысотных складчатых хребтах и высоких вулканических постройках. Интенсивная циклоническая деятельность, развивающаяся в районе Камчатки в течение всего года, является определяющим фактором циркуляции атмосферы и тем самым в формировании климата. Среднегодовые температуры воздуха на равнинах окружающих Ключевскую группу вулканов характеризуются отрицательными значениями, а Авачинскую — положительными. Вычисленная по вертикальному градиенту средняя температура воздуха за холодный период на ледниках Ключевской группы колеблется от — 13,0 до — 24,0°, а на ледниках Авачинской группы — от — 10,8 до — 18,5°. Средняя температура за теплый период соответственно от 1,3 до — 6,7° и от 5,5 до — 2,4°.

Сложный и своеобразный рельеф полуострова оказывает существенное влияние на распределение снежного покрова, приводя к неравномерному залеганию его в пределах отдельных районов. Малоснежные участки (с высотой до 50 см) расположены на северо-западе полуострова и в «тени» вулканических групп. Максимальная высота снежного покрова (свыше 200 см) отмечается на юге Камчатки, восточных полуостровах и в районах развития современных ледников.

На вулканических массивах Ключевской группы наибольшие величины водозапаса в снежной толще составляют 1.100—1.200 мм, а в районе Авачинской группы 700—800 мм, что находит отражение в размерах ледников.

Современные ледники вулканических районов отражают морфологию вулканических построек и имеют своеобразные черты, позволившие выделить и кратко охарактеризовать новые морфологические типы: ледяные шапки и пояса, кратерные ледники, кальдерные, ледники атрио, барранкосов, звездообразные, взрывных и обвальных цирков, атрио-долинные и кальдерно-долинные. Различным по возрасту вулканическим постройкам соответствуют определенные типы ледников.

Снеговая граница в хребтах и вулканических массивах повышается с северо-запада на юго-восток и расположена несколько выше фирновой линии. На ледниках отдельно стоящих вулканов и вулканических групп фирновая линия располагается выше, чем на ледниках средневысотных складчатых хребтов. В районах Ключевской и Авачинской групп вулканов фирновая линия занимает наиболее высокое положение на Камчатке.

По температурному режиму ледники Ключевской группы вулканов являются «холодными».

Современные ледники Камчатки характеризуются интенсивными процессами аккумуляции и абляции. Преобладающая часть их находится в стадии отступления. Ледник Желтый в среднем за 60 лет отступил на расстояние около 600 м.

На режим снежного покрова и современных ледников активный вулканизм оказывает большое и разнообразное влияние, в то время как прямое его воздействие локально и выражено периодически.

Проведенную работу следует рассматривать как начало изучения современного оледенения Камчатского полуострова. К числу первоочередных вопросов следует отнести изучение режима ледников различных ледниковых районов (Кроноцкий полуостров, районы активного вулканизма, Срединный хребет), взаимосвязей оледенения с климатом и вулканической деятельностью.

* * *

Материалы диссертации опубликованы в следующих работах автора:

1. Распределение снежного покрова на Камчатке. В сб.: Вопросы географии Камчатки, вып. 2. Петропавловск-Камчатский, 1964.

2. Ледники Камчатки. Петропавловск-Камчатский, 1965.

3. Об изучении современного оледенения Камчатки. В сб.: Материалы гляциол. исслед. (МГГ). Хроника, обсуждения, вып. 11. М., 1965.

4 Снежные лавины на Камчатке. В сб.: Вопросы географии Камчатки, вып. 3, Петропавловск-Камчатский, 1965.

5. Ледник Бильченок. В сб.: Вопросы географии Камчатки, вып. 3, Петропавловск-Камчатский, 1965.

6. Морфологические особенности современного оледенения вулканических районов Камчатки. В сб.: Материалы гляциол. исслед. (МГГ). Хроника, обсуждения, вып. 12. М., 1966, (соавтор И. В. Мелекесцев).

7. Вулканы и ледники северной части Срединного хребта. В сб.: Вопросы географии Камчатки, вып. 4, Петропавловск-Камчатский, 1966, (соавтор Н. В. Огородов).

8. О влиянии вулканизма на снежный покров и ледники. В сб.: Вопросы географии Камчатки, вып. 5, Петропавловск-Камчатский, 1967.

9. Каталог ледников СССР. Т. 20, Камчатка, ч. 2—4. Л., Гидрометеиздат, 1968.

10. Основные особенности современного оледенения Ключевской группы вулканов. В сб.: Успехи советской гляциологии. Фрунзе, изд-во «Илим», 1968.

11. Современное оледенение. В кн.: Природные условия и естественные ресурсы СССР, Север Дальнего Востока. (В печати). (Соавтор Н. А. Шило).

* * *

Отдельные вопросы, затронутые в диссертации, докладывались на заседаниях научного семинара по гляциологии (отдел гляциологии Института географии АН СССР), на третьем общесоюзном гляциологическом симпозиуме (Чолпон-Ата, 1965 г.), годовой научной сессии Камчатской геолого-геофизической обсерватории СО АН СССР и заседаниях комиссии физической географии Камчатского отдела Географического общества СССР.