

# Путешествия, открытия

УДК 551.324

doi:10.15356/2076-6734-2015-2-123-132

## Открытие и исследования ледников Камчатки

© 2015 г. А.Я. Муравьев

Институт географии РАН, Москва  
anton-yar@rambler.ru

## Finding and investigation of the Kamchatka glaciers

A.Ya. Muraviev

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow

Статья принята к печати 9 февраля 2015 г.

*История исследований, Камчатка, Каталог ледников, космическая съёмка, ледники.  
Glaciers, Glacier inventory, Kamchatka, history of investigation, cosmic (space) survey.*

Изложена история открытия и исследований современных ледников Камчатки. Обсуждается изученность баланса массы, размеров и колебаний ледников полуострова за вторую половину XX – начало XXI вв. Приведён обзор литературы по изучению оледенения Камчатки. В исследованиях ледников этого района выделено пять периодов, различающихся объёмами выполненных работ, их целями и методами исследований.

History of finding and investigation of the present-day glaciers of the Kamchatka Peninsula is described. A degree of our knowledge of such glacier characteristics as the mass balance, sizes, and the area fluctuations for the second half of 20<sup>th</sup> – beginning of 21<sup>st</sup> century is discussed. A literature on the Kamchatka glaciations is reviewed. In accordance with purposes of the investigations, methods, and volumes of field researches five periods have been separated in the history.

### Введение

Камчатка — крупный полуостров, расположенный в средних широтах, вытянутый в меридиональном направлении, соединённый с материком к северу от 60° с.ш. сравнительно узким перешейком. Западное побережье полуострова омывает Охотское море, восточное — Тихий океан. Большая часть Камчатки имеет горный рельеф. Крупнейшее горное сооружение района — Срединный хребет (высшая точка Ичинский вулкан, 3621 м), который тянется практически через весь полуостров с северо-востока на юго-запад. Срединный хребет представляет собой цепь вулканов высотой 1700–2600 м, сформировавшихся в позднеплейстоценовое время. Вдоль восточного побережья располагается Восточный хребет, параллельный Срединному хребту и отделённый от него Камчатской депрессией, которую занимает долина р. Камчатка. В северной части Камчатской депрессии находится обширное вулканическое плато высотой 1000–1100 м, где расположено несколько крупных вулканов: Ключевской (4750 м), Камень (4579 м), Плоская Дальняя (3903 м) и др. В северо-восточном направлении от Ключев-

ской группы вулканов, на левобережье р. Камчатка, находится крупный действующий вулкан Шивелуч (3307 м). Вдоль юго-восточного побережья полуострова расположено множество отдельных вулканических построек и их групп. Крупнейшие вулканы района — Корякский (3456 м), Жупановский (2927 м) и Кроноцкий (3528 м). Вулканы Козельский, Авачинский, Корякский, Ааг и Арик образуют Авачинскую группу. На Кроноцком полуострове (восточное побережье Камчатки) расположен низкогорный Кроноцкий хребет (высшая точка 1246 м).

Климатические условия района связаны с особенностями атмосферной циркуляции над северо-восточной частью Охотского моря и над Беринговым морем. В зимний период здесь развивается антициклоническая деятельность, определяемая колымским гребнем сибирского антициклона, а в остальное время господствует активная циклоническая деятельность, достигающая максимума в сентябре и октябре. Опе-ляющее влияние океана зимой обуславливает сравнительно высокую среднюю годовую температуру воздуха на Камчатке. В целом по полуострову она изменяется от  $-10 \div -7$  °С на севере до  $+2$  °С на юго-восточном побережье [22].

Самые высокие летние температуры воздуха приурочены к долине р. Камчатка и к Авачинской низменности; наиболее низкие температуры воздуха наблюдаются на западном побережье из-за охлаждающего влияния Охотского моря и в горах в связи с высотной поясностью.

Камчатка относится к зоне избыточного увлажнения. Источники поступления осадков — Охотское и Берингово моря. Наибольшее количество осадков (свыше 2000 мм в год) отмечается в центральной части Кроноцкого полуострова и на наветренных склонах хребтов юго-востока Камчатки, наименьшее (около 300 мм в год) — на севере полуострова и в центральной части долины р. Камчатка. В целом для Камчатки характерно увеличение снежности зим в направлении с северо-запада на восток и юго-восток и от побережий к горам. Климатический фон и рельеф полуострова благоприятны для существования современного оледенения.

### История исследований ледников Камчатки

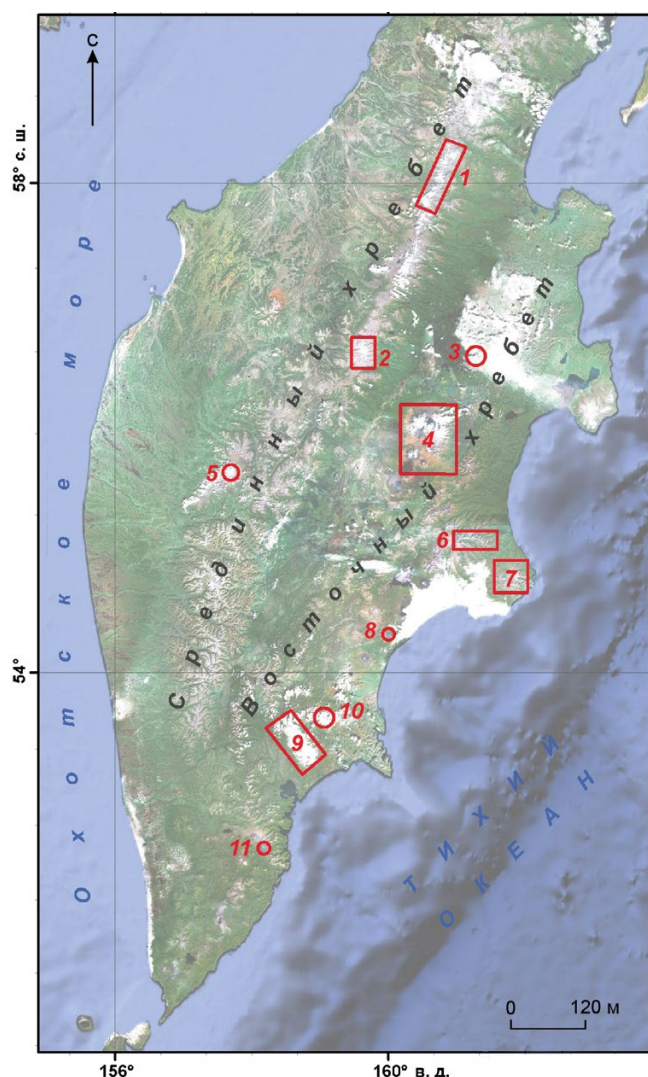
Оледенение Камчатки начали изучать относительно недавно, однако история исследований очень интересна, что связано, в первую очередь, с особенностями территории, для которой характерны современный вулканизм и обилие атмосферных осадков, приходящих с Тихого океана и Охотского моря. Немногочисленные публикации русских и зарубежных путешественников о природе и населении Камчатки XVIII—XIX вв. содержат сведения о многоснежности полуострова [24, 31]. Известный исследователь, русский геолог К.И. Богданович (1864—1947 гг.), путешествуя по Камчатке, ещё тогда обратил внимание на своеобразие ледников полуострова, связанное с вулканической деятельностью [2], и предложил Русскому географическому обществу организовать изучение современного оледенения полуострова. Изучение камчатских ледников было поручено петропавловскому уездному врачу В.Н. Тюшову. В работе [3] К.И. Богданович подтверждает выполнение гляциологических работ, сообщая о составленном В.Н. Тюшовым топографическом описании р. Камчатка и ледников Ключевской группы вулканов (рис. 1). Однако эта работа не была опубликована и оказалась утрачена.

Существенный вклад в изучение ледников Камчатки внесли работы геологического отде-

ла Камчатской экспедиции Русского географического общества в 1908—1910 гг. [28, 29]. В этих работах сравнительно подробно описаны ледники Ключевской группы вулканов (в том числе ледники Эрмана, Богдановича и Жёлтый) и ледники в кратере Мутновского вулкана. Вулкан Шивелуч рассматривался как самостоятельный центр оледенения, с которого спускаются шесть ледников (крупнейший из них — ледник Тюшова) до высот 800—900 м [7]. Кроме того, был описан висячий ледник Комарова на южном склоне Жупановского вулкана (см. рис. 1) и отмечено наличие ледников на Чажминском хребте [40].

Важный вклад в изучение оледенения Ключевской группы вулканов внёс Б.И. Пийп (1906—1966 гг.). В работе [42], используя данные полевых наблюдений и первые крупномасштабные карты, Б.И. Пийп определил площадь оледенения района, выделил морфологические типы ледников и привёл данные о состоянии отдельных ледников. Автор отмечает наступание ледника Эрмана на 300 м за 1945—1951 гг., стационарное состояние ледников Богдановича и Жёлтый (рис. 2), отступление ледников Келля и Бильченков. Кроме того, он обращает внимание на сильную заморенность поверхности ледников вулканогенным материалом. В работе [41] Б.И. Пийп писал о наличии на Авачинском вулкане фирнового поля в кольцевой долине между гребнем соммы и действующим конусом. Автор отметил, что с этого фирнового поля берут начало ледники, спускающиеся на северный и южный склоны вулкана.

До 1958 г. изучение ледников и снежного покрова Камчатки не было непосредственной целью проводимых там работ. Гляциологические данные получали попутно, при выполнении геологических, вулканологических, ботанических и иных исследований. В 1958 г. выходит в свет работа П.А. Иванькова [25], в которой даётся характеристика современного оледенения Камчатки. Автором были использованы описания ледников полуострова и обработаны новейшие материалы аэрофотосъёмки и карт. Общая площадь оледенения Камчатки, по его подсчётам, составляла 866 км<sup>2</sup>. Из них на Срединный хребет приходилось 484 км<sup>2</sup>, на вулканы восточной и южной Камчатки — 262 км<sup>2</sup>, на Кроноцкий полуостров — 86 км<sup>2</sup>, на Восточный хребет — 34 км<sup>2</sup>. Однако В.Н. Виноградов [7]

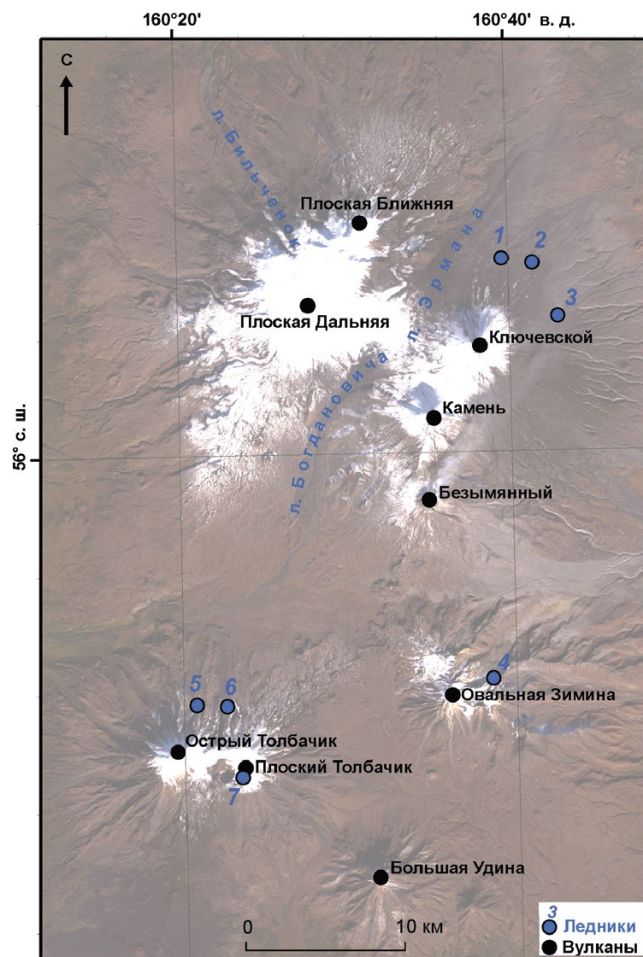


**Рис. 1.** Расположение узлов современного оледенения Камчатки:

1 – массив Острая-Хувхойтун; 2 – массив Алней-Чашаконджа; 3 – вулкан Шивелуч; 4 – Ключевская группа вулканов; 5 – Ичинский вулкан; 6 – Чажминский хребет; 7 – Кроноцкий полуостров; 8 – вулкан Большой Семьячик; 9 – Авачинская группа вулканов; 10 – Жупановский вулкан; 11 – Мутновский вулкан

**Fig. 1.** Nodes of the present-day glaciation in Kamchatka: 1 – Ostraya-Khuvkhoytun massif; 2 – Alney-Chashakondzha volcanic massif; 3 – Shiveluch volcano; 4 – Klyuchevskaya group of volcanoes; 5 – Ichinsky volcano; 6 – Chazhminsky ridge; 7 – Kronotskiy Peninsula; 8 – Big Semyachik volcano; 9 – Avachinskaya group of volcanoes; 10 – Zhupanovskiy volcano; 11 – Mutnovskiy volcano

считал, что приведённые П.А. Иваньковым площади оледенения значительно занижены. Площадь оледенения Ключевской группы вулканов П.А. Иваньков оценивал в 160 км<sup>2</sup>, а В.Н. Виноградов – в 300 км<sup>2</sup>. По мнению В.Н. Вино-



**Рис. 2.** Ключевская группа вулканов.

Ледники: 1 – Влодавца; 2 – Сопочный; 3 – Келля; 4 – Жёлтый; 5 – Будникова; 6 – Института вулканологии; 7 – Толбачинский

**Fig. 2.** Klyuchevskaya group of volcanoes.

Glaciers: 1 – Vlodavtsa; 2 – Sopochnyi; 3 – Kellya; 4 – Zheltyi; 5 – Budnikova; 6 – Institute of Volcanology Glacier; 7 – Tolbachinskiy

градова, причина занижения площади ледников П.А. Иваньковым была связана с тем, что при картографировании многие заморенные вулканогенным материалом ледники принимались за лавовые потоки (на старых аэрофотоснимках визуально они часто очень похожи). Кроме того, в работе П.А. Иванькова не содержалось сведений об оледенении Авачинской группы вулканов (см. рис. 1), площадь которой, по оценке В.Н. Виноградова, составляла не менее 20 км<sup>2</sup>.

В конце 1950-х – начале 1960-х годов было опубликовано несколько работ, содержащих материалы об оледенении Ичинского вулкана на Срединном хребте [7]. В работе [46] автор выде-

лил в оледенении Ичинского (см. рис. 1) вулкана северную и южную группы, отметив, что с ледяного плато спускаются долинные ледники. Автор работы [44] описал область питания долинных ледников Ичинского вулкана, расположенную на его вершине и плато. В работе [32] описываются три крупных (длиной 4–4,5 км) долинных ледника, спускающиеся с плато Ичинского вулкана на север до высот 1500–1600 м. Автор также упоминает каровые и висячие ледники на склонах вулкана. Все три автора отмечают отступление ледников Ичинского вулкана.

В сентябре и октябре 1960 г. в горах Кроноцкого полуострова работал гляциологический отряд Института географии АН СССР. Проводились маршрутные исследования ледников района. Основные работы вели на леднике Корыто. Они предусматривали: метеорологические наблюдения, описание разрезов снежно-фирновой толщи [43], измерения температуры снега и льда до глубины 10 м и фототеодолитную съёмку поверхности ледника. Кроме того, Д.Г. Цветковым [45] была определена скорость движения поверхности льда ледника Корыто.

Летом 1964 г. Камчатский отдел Географического общества СССР на средства Института вулканологии СО АН СССР организовал экспедицию на северную часть Срединного хребта (массив Острая-Хувхойтун) для изучения вулканов и ледников. Ранее П.А. Иваньков [25] отмечал в данном районе крупный очаг современного оледенения, а В.Н. Виноградов [6] определил число ледников и дал краткую характеристику крупнейших из них. В работе [13] делается вывод, что массив Острая-Хувхойтун – крупнейший узел оледенения Камчатки, к которому относятся 84 ледника общей площадью 245 км<sup>2</sup>. Авторы отмечали, что по морфологическим признакам большинство ледников района находилось в стационарных условиях или отступало незначительно. Также указывалось на широкое распространение снежников-перелетков, состоящих, как правило, из наложенного льда. Располагаясь ниже снеговой линии, они, по мнению авторов, не могли относиться к зарождающимся ледникам. Наиболее детальные гляциологические работы вели на леднике Гречишкина, где описывали снежно-фирновую толщу, определяли снегозапас за зиму 1963/64 г. и измеряли поверхностную скорость движения льда (25 м/год в районе фирновой линии).

С 1963 г. Институтом вулканологии СО АН СССР были начаты систематические работы по изучению современного оледенения вулканических районов Камчатки. Основные работы проводились на ледниках Авачинской и Ключевской групп вулканов. В ходе работ определяли высоты концов ледников, фирновой линии и морен, описывали разрезы снежных и ледовых толщ, намечали профили для изучения поверхностных скоростей движения. Кроме того, изучалось распределение снежного покрова на склонах вулканов и в нижних частях ледников.

В работе [12] авторы поднимают проблемы специфики оледенения вулканических районов и влияния вулканизма на снежный покров и ледники. Они приходят к выводу, что крупные стратовулканы, имеющие максимальные на Камчатке абсолютные высоты, представляют собой основные центры современного оледенения полуострова. Отрицательные формы вулканического рельефа особенно благоприятны для возникновения ледников. В некоторых из них ледники могут существовать значительно ниже снеговой линии. Вулканическая деятельность, а также особенности вулканического рельефа, по мнению авторов, значительно влияют на динамику, морфологию и строение ледников. В работе выделен ряд специфических морфологических типов ледников (специфика определяется особенностями рельефа вулканов), характерных для вулканических районов Камчатки. В то же время авторы считали влияние вулканической деятельности на оледенение сильно ограниченным в силу её локального и асинхронного проявления. В работе [8] отмечается уничтожение снега и льда в зоне извержений, сокращение сроков залегания снежного покрова, покрытого пеплом, и сохранение мёртвого льда под мощным слоем шлака.

В 1968 г. опубликован 20-й том («Камчатка») Каталога ледников СССР [27], содержащий сведения о линейных размерах и площади каждого ледника, его положении на местности по отношению к бассейнам рек и вулканам (в схематическом виде), а также данные о морфологическом типе, экспозиции, высоте на уровне моря отдельных частей ледников и т.п. Кроме того, в Каталоге дана краткая физико-географическая характеристика областей оледенения. Значительное внимание уделено описанию морфологических типов ледников вулканических районов Камчат-

ки, особенно тех, которые характерны только для областей современного вулканизма. Приведены сведения о закономерностях размещения ледников на Камчатке, распределении их по бассейнам рек, влиянии на них активного вулканизма. Основные сведения о ледниках Камчатки, приведённые в Каталоге, получены по материалам аэрофотосъёмки 1949–1950 гг., данным исследований Института географии АН СССР в 1960 г., Института вулканологии АН СССР в 1963–1965 гг. и из литературных источников. Часть Каталога, охватывающая ледники Кроноцкого полуострова, составлена по материалам аэрофотосъёмки 1957 г. с использованием карт крупного масштаба и данных исследований экспедиции Института географии АН СССР 1960 г. Данная работа фактически незаменима при исследованиях изменения площади современных ледников Камчатки, поскольку иных массовых каталогизаций ледников полуострова в дальнейшем не проводилось.

Наиболее полно результаты исследований ледников Камчатки за 1959–1970 гг. представлены в монографии [10]. В ней содержатся результаты изучения ледников и снежного покрова преимущественно Авачинской и Ключевской групп вулканов. Выявлены специфические черты морфологии, строения и режима ледников районов активного вулканизма. Кроме того, рассмотрены формирование рельефа Камчатки, климатические условия и снежный покров. В работе [26] приведены хронология исследований ледников, снежного покрова, лавин и селей Камчатки и библиография за 1958–1974 гг.

В 1971 г. гляциологические отряды Института географии АН СССР и Института вулканологии ДВНЦ АН СССР вели работы на леднике Корято. Изучали водно-ледовый баланс и стратиграфию фирновой толщи, измеряли температуру фирна и льда в области питания ледника [14]. Кроме того, был выполнен комплекс метеорологических, актинометрических и теплораспределительных наблюдений [33].

В 1972–1981 гг. сотрудники Института вулканологии ежегодно проводили наблюдения на леднике Козельский (Авачинская группа вулканов). Изучали взаимодействие оледенения и вулканизма на фоне климатических изменений, выполняли масс-балансовые, метеорологические и гидрологические наблюдения, изучали строение фирновой толщи, измеряли поверхностную ско-

рость движения льда. Результаты изучения ледника Козельский в 1972–1973 гг. опубликованы в работах [10, 15]. Летом 1976 г. в области питания ледника на метеостанции Седловина вели метеорологические, актинометрические и градиентные наблюдения. В работе [17] изложены результаты расчёта теплового баланса ледника Козельский в период абляции в условиях глубоких, средних и слабых инверсий. Наиболее полно результаты исследований ледника Козельский даны в монографии [21], где также приводятся данные по оледенению и климату Авачинской группы вулканов в целом. Результаты наблюдений передавались во Всемирную службу мониторинга ледников. Данные передаются и в настоящее время, однако сейчас — это расчётные значения, так как с 1988 г. прямых наблюдений за составляющими баланса массы на леднике не ведётся.

В Ключевской группе вулканов в 1970-х годах проводились маршрутные обследования ледников и их морен, организовывались стационары, велись метеонаблюдения. В работе [9] приведены данные о подвижках ледников Бильченков, Эрмана, Сопочный, Влодавца (см. рис. 2), произошедших в период с 1959 по 1973 г. Среди причин подвижек отмечены: неустойчивое динамическое состояние ледниковых систем и автоколебания (для ледников Бильченков и Эрмана); вулканические процессы, прорывы побочных кратеров в районе ледников; соприкосновение раскалённого каменного материала со льдом и снегом с образованием жидкой воды и пара (для ледников Сопочный и Влодавца).

В 1974 г. велись наблюдения за побочным извержением Ключевского вулкана, происходившим в области питания ледника Богдановича [16]. Извержение сопровождалось разрушением части ледника лавовым потоком и формированием шлакового конуса. Впервые исследователи имели возможность наблюдать на вулканах Камчатки процесс и результат взаимодействия вулканизма и оледенения в таких масштабах. В 1976 г. проводились работы на ледниках Будникова, Института вулканологии, Толбачинский (см. рис. 2) вулканов Острый Толбачик и Плоский Толбачик во время Большого трещинного Толбачинского извержения. В результате просадки и обрушения внутренней кальдеры вулкана Плоский Толбачик произошло уничтожение двух третей Толбачинско-



го ледника [18]. До извержения 1975–1976 гг. ледник площадью 1,54 км<sup>2</sup> занимал почти всю внутреннюю кальдеру. За время извержения его площадь сократилась до 0,5 км<sup>2</sup>.

В 1979 г. отряд Института вулканологии проводил исследования на леднике Гречишкина, расположенном в северной части Срединного хребта [19]. Работы предусматривали геодезические измерения и балансовые наблюдения. Со времени предыдущих работ 1964 г. фирновая линия поднялась на 40 м – до 1550 м, а рассчитанный баланс массы оказался слабо отрицательным. Язык ледника за 1964–1979 гг. отступил примерно на 50 м.

В 1980-х годах продолжалось изучение ледников вулканических районов Камчатки. Основное внимание уделялось взаимодействию вулканизма и оледенения. Так, в работе [11] рассмотрена связь вулканизма и оледенения на вулканах Авачинском, Корякском, Ключевском, Плоском Толбачике. Подробно описаны механизмы влияния вулканизма на современное оледенение: 1) механическое уничтожение ледников при взрывах, обрушении и проседании вулканических построек; 2) термическое воздействие на ледники при извержении вулканов; 3) влияние на динамику ледников (подвижки ледников, вызванные вулканической деятельностью); 4) большая роль пирокластического материала в режиме ледников; 5) образование селевых потоков. Рассмотрено также влияние оледенения на проявления вулканизма и развитие рельефа, выражающееся в эрозионной деятельности ледников, ледовом типе литогенеза в районах активного вулканизма и значительной роли ледников в формировании побочных извержений.

В работе [19] по данным балансовых исследований и рядом наблюдений ближайших метеостанций рассчитан баланс массы ледников Козельский (Авачинская группа вулканов) и Гречишкина (массив Острая-Хувхойтун) за длительный период. Расчёты показали, что годовой баланс массы ледника Козельский за 90 лет (1891–1980 гг.) составил –46 г/см<sup>2</sup>, а ледника Гречишкина за 44 года (1936–1980 гг.) –38 г/см<sup>2</sup>. Приведены также данные о балансе массы кратерных ледников Мутновского вулкана. Авторы отметили, что со времени крупного извержения вулкана в 1945 г. площадь оледенения в кратерах увеличилась на 17% (0,4 км<sup>2</sup>).

Авторы работы [30] изучали особенности аккумуляции на современных ледниках действующих вулканов Авачинской и Ключевской групп. Исследовалось в том числе и накопление моренного материала вулканического происхождения на поверхности и в толще ледников. В работе [20] по результатам исследований последних лет рассмотрены особенности существования и развития ледников на конусе Ключевского вулкана. Показана ведущая роль вулканизма в развитии оледенения этого вулкана. Отмечено, что все известные случаи подвижек или сокращения ледников на его склонах в той или иной мере связаны с вершинными или побочными извержениями.

В 1980–1983 гг. исследователи наблюдали подвижку пульсирующего ледника Бильченков (Ключевская группа вулканов). В работе [36] обоснован вынужденный характер этой подвижки, связанной с усилением сейсмической и тепловой активности Ушковского вулкана (гора Плоская Дальняя). Отмечено, что подвижка ледника и сейсмическая активность в окрестностях Ушковского вулкана совпадают во времени. Авторы делают вывод, что ледники, находящиеся на активных вулканах, относятся к чутким индикаторам сейсмических и вулканических процессов.

В 1981 г. ряд ежегодных (с 1972 г.) прямых измерений составляющих баланса массы ледника Козельский прервался, но в 1988 г. подобные наблюдения проведены снова [21]. В 1983 г. сотрудники Института вулканологии АН СССР и Института геологии АН Эстонии изучали изотопный состав снега, фирна и льда в Авачинском узле оледенения. В работе [4] показана возможность стратификации ледников этого района изотопно-геохимическими методами.

В работе [22] анализируется однородность климатических условий, определяющих режим и распределение ледников на Камчатке. Рассматриваются два основных показателя, от которых зависит характер оледенения: сумма осадков за гидрологический год и средняя летняя температура воздуха, многолетние ряды которых были обработаны в пространственном и временном разрезе. Построенные пространственные корреляционные функции показали, что изменения этих параметров от года к году почти синхронны вдоль побережий, но связь ухудшается по мере удаления от берега. Из-за защищённости горными хребтами климат в долине р. Камчатка более устойчив, чем в дру-

гих частях полуострова. Анализ данных станций, имеющих продолжительные ряды наблюдений, показал, что за последние 30–40 лет отмечаются устойчивое снижение средней летней температуры воздуха и рост годовых сумм осадков.

В конце 1980-х годов появились гляциологические работы, основанные на моделировании. Так, в статье [37] предложена теплофизическая модель стационарного состояния ледника в активном кратере Ушковского вулкана. Анализ составляющих баланса массы льда показал повышенный геотермический поток (среднее значение  $10 \text{ Вт/м}^2$ ) в пределах вершинного конуса и слабую его изменчивость за последние 40 лет. В дальнейшем авторы продолжили исследования и в работе [38] опубликовали теоретический расчёт процессов тепло- и массопереноса в нестационарном леднике на склоне Ключевской сопки. Для оценок параметров критического состояния ледяных массивов, заполняющих вулкано-тектонические желоба, использованы данные полевых исследований. Тепловой поток в верхней зоне постройки вулкана оценивается величиной  $\sim 1 \text{ Вт/м}^2$ , а критическая мощность ледника в Крестовском желобе составляет около 70 м после 100 лет аккумуляции льда.

В 1997 г. вышел в свет Атлас снежно-ледовых ресурсов мира [1]. В нём на территорию Камчатки представлена серия обобщающих гляциоклиматических карт, а также подборки карт отдельных ледников и узлов оледенения. Для ледников Козельский, Кори́то и Гречишкина даны подборки карт режимных характеристик за конкретные годы (1974, 1971 и 1979 г.), составленные на основе данных полевых наблюдений. Карты узлов оледенения (Срединный хребет, Кроноцкий полуостров и Ключевская группа вулканов) содержат данные о морфологических типах ледников и материалы о режимных характеристиках отдельных ледников.

В 1996–1999 гг. на Ушковском вулкане работала российско-японская экспедиция. В леднике, заполняющем кратер Горшкова в вершинной части вулкана (максимальная высота 3903 м), было пробурено две скважины — ВН1 и К2 глубиной 27 и 240 м соответственно [48]. Скважина ВН1 использовалась для температурных наблюдений (в 1996–1997 гг.). Температура на глубине 10 м составила  $-15,8^\circ\text{C}$  с сезонной амплитудой  $1,3^\circ\text{C}$ . Сезонная амплитуда температур полностью затухала на глубине 27 м, где тем-

пература постоянно составляла  $-14,6^\circ\text{C}$ . Бурение скважины К2 вели с отбором керна, анализ которого в настоящее время ещё не закончен. Авторы работы [48] предполагают, что возраст льда на глубине 240 м составляет 640–830 лет. Исследователи выполнили измерения баланса массы за 1996/97 (по трём точкам) и 1997/98 гг. (по 15 точкам). В районе кратера Горшкова была проведена радиолокационная съёмка с применением видеоимпульсного локатора [5]. По данным съёмки построена карта толщины льда и подлёдного ложа ледникового купола Горшкова.

В 1996–2001 гг. на леднике Кори́то (Кроноцкий полуостров) также работала российско-японская экспедиция. Изучались составляющие баланса массы [47], стратиграфия фирновой толщи, измерялась температура фирна и льда и скорость движения поверхности. Проводили также метеорологические и гидрологические наблюдения на створе в 800 м от конца ледника. В 2000 г. выполнена топографическая съёмка поверхности ледника [50]. В результате сравнения карты, построенной по данным этой съёмки, с картой 1960 г. (составлена Д.Г. Цветковым) исследователи показали, что с 1960 по 2000 г. конец ледника Кори́то отступил на 450 м, его поверхность опустилась в среднем на 30 м, а объём льда сократился на  $2,4 \cdot 10^8 \text{ м}^3$ . В работе [49] приводятся результаты исследований в 2000 г. поверхностных аномалий на леднике, краткосрочного режима стока, деформаций льда и скорости скольжения льда по ложу.

В статье [23] рассмотрены колебания ледника Кропоткина, расположенного на вулкане Большой Семячик (см. рис. 1) за последние четыре столетия. Сокращение площади ледника Кропоткина, происходившее в первой половине XX в., было приостановлено подвижкой ледника во второй половине 1960-х — начале 1970-х годов, обусловленной положительным балансом его массы. За прошедшие после этого 25 лет фронт ледника отступил на 90–100 м. В конце 1990-х годов началось формирование современной морены отступления. По восстановленным значениям баланса массы ледника авторы определили короткопериодные колебания климата в XX в. на восточном побережье Камчатки.

В работе [39] исследована эволюция пульсирующего ледника Бильченков в Ключевской группе вулканов с конца XIX в. по 2011 г. После отступления в начале XX в. ледник активизировался

и в конце 1940-х годов стал наступать. В 1959–1960 гг. произошла подвижка ледника, в ходе которой его язык продвинулся на 2 км и спустился до высоты 615–630 м в берёзовый лес. Масштабы следующей подвижки, произошедшей в 1982–1984 гг., были меньше. Объём перенесённой массы составил 35–40 млн т, что в 3,5 раза меньше, чем при подвижке 1959–1960 гг.

В последние годы активизировались исследования ледников Камчатки, основанные на анализе данных дистанционного зондирования Земли. Анализ современных спутниковых снимков позволяет оценить состояние оледенения удалённых районов полуострова, полевые исследования в которых проводились давно или не велись совсем. В работе [35] дана оценка изменений площадей ледников северной части Срединного хребта с 1950 по 2002 г. на основе космических снимков ASTER и данных Каталога ледников СССР. Согласно полученным результатам, площадь ледников района сократилась на 16,6%. 36 ледников, представленных в Каталоге ледников СССР, не обнаружены на снимках ASTER, а 22 ледника распались. Сильнее всего сократились ледники с ориентацией на юг и юго-восток. В работе [34] оценено изменение площадей ледников Кроноцкого полуострова и массива Алней-Чашаконджа с 1950 по 2010–2013 гг. Согласно полученным результатам, площадь ледников Кроноцкого полуострова сократилась на 22,9% (для ледников больше 0,5 км<sup>2</sup>), а площадь ледников массива Алней-Чашаконджа – на 19,2%.

### Заключение

В изучении современного оледенения Камчатки можно выделить пять периодов, различающихся объёмами проведённых работ, их целями, а также методами исследований.

**Первый период – до 1958 г.** Изучение ледников и снежного покрова Камчатки не было непосредственной целью работ. Гляциологические данные получали попутно при проведении геологических, вулканологических, ботанических и иных исследований. Сведения о ледниках в публикациях этого периода [2, 24, 28, 29, 31, 41, 42] носят преимущественно описательный характер.

**Второй период – 1958–1970 гг.** Проводились маршрутные исследования ледников в различных районах Камчатки [6, 10, 13, 26, 32, 43–46].

Начаты систематические работы по изучению современного оледенения вулканических районов. Встают вопросы о специфике оледенения вулканических районов и влиянии вулканизма на снежный покров и ледники [8, 12]. Выполнена каталогизация ледников полуострова [25, 27].

**Третий период – 1971–1980 гг.** В различных районах полуострова начались полустационарные гляциологические, метеорологические и иные наблюдения [9, 10, 14, 15, 17–19, 21, 33].

**Четвёртый период – 1981–1995 гг.** Основные направления исследований – изучение режима и колебания ледников вулканических районов Камчатки, взаимодействия оледенения и вулканизма [4, 11, 19, 20, 30, 36–38].

**Пятый период – с 1996 г.** Значительная часть гляциологических работ на ледниках Камчатки стала выполняться совместными экспедициями российских и иностранных исследователей [5, 47–50], которые применяли керновое бурение и радиолокационную съёмку. Характерно также увеличение роли данных дистанционного зондирования Земли [34, 35].

Изученность ледников в разных районах Камчатки и регулярность наблюдений на них неодинакова. Исторически сложилось так, что к наиболее изученным относятся ледники Авачинской и Ключевской групп вулканов, находящиеся под непосредственным влиянием активного вулканизма. Гораздо менее изучены ледники Кроноцкого полуострова, находящиеся вне влияния современных вулканических процессов, и совсем слабо изучены ледники северной части Срединного хребта из-за своей труднодоступности.

### Литература

1. Атлас снежно-ледовых ресурсов мира: Т. 1. М.: изд. Российской академии наук, 1997. 392 с.
2. Богданович К.И. Очерк деятельности Охотско-Камчатской горной экспедиции 1895–1898 гг. // Изв. РГО. 1899. Т. 35. Вып. 6. С. 549–600.
3. Богданович К.И. Предисловие к книге В.Н. Тюшова «По западному берегу Камчатки» // Зап. ИРГО по общей географии. 1906. Т. 37. № 2. С. 7–12.
4. Вайкмяз Р.М., Муравьев Я.Д., Пуннинг Я.-М.К. К стратификации ледников Камчатки // МГИ. 1989. Вып. 65. С. 144–148.
5. Василенко Е.В., Глазовский А.Ф., Мачерет Ю.Я., Мирошниченко Д.Е., Муравьев Я.Д., Ширавва Т. Ложе ледника Горшкова в кратере вулкана Уш-



- ковский на Камчатке // МГИ. 2003. Вып. 95. С. 122–126.
6. *Виноградов В.Н.* Ледники Камчатки. Петропавловск-Камчатский: изд. Камчатского отдела Географического общества СССР, 1965. 19 с.
  7. *Виноградов В.Н.* Об изучении современного оледенения Камчатки // МГИ. 1965. Вып. 11. С. 97–101.
  8. *Виноградов В.Н.* О влиянии вулканизма на снежный покров и ледники // Вопросы географии Камчатки. 1967. № 5. С. 88–94.
  9. *Виноградов В.Н.* Подвижки ледников на Ключевской группе вулканов (Камчатка) // МГИ. 1974. Вып. 24. С. 137–140.
  10. *Виноградов В.Н.* Современное оледенение районов активного вулканизма. М.: Наука, 1975. 103 с.
  11. *Виноградов В.Н.* Вулканизм и оледенение // Гляциол. исследования. № 27. М.: Наука, 1985. С. 7–25.
  12. *Виноградов В.Н., Мелекесцев И.В.* Морфологические особенности современного оледенения вулканических районов Камчатки // МГИ. 1966. Вып. 12. С. 91–99.
  13. *Виноградов В.Н., Огородов Н.В.* Вулканы и ледники северной части Срединного хребта // Вопросы географии Камчатки. 1966. № 4. С. 70–85.
  14. *Виноградов В.Н., Ходаков В.Г.* Снежный покров Кроноцкого массива и баланс льда ледника Коротого // МГИ. 1973. Вып. 22. С. 143–152.
  15. *Виноградов В.Н., Будников А.Е., Каразия Н.Ф.* Черты режима ледника Козельского // Гляциол. исследования. № 25. М.: Наука, 1976. С. 36–44.
  16. *Виноградов В.Н., Иванов Б.В., Чирков А.М.* Прорыв побочных кратеров в толще ледника Ключевского вулкана в 1974 году // Вопросы географии Камчатки. 1977. № 7. С. 31–37.
  17. *Виноградов В.Н., Мартынов В.Л.* Тепловой баланс поверхности ледника Козельского на Камчатке // МГИ. 1979. Вып. 37. С. 182–187.
  18. *Виноградов В.Н., Муравьев Я.Д.* Изменчивость современных ледников вулканических районов Камчатки // МГИ. 1982. Вып. 42. С. 164–170.
  19. *Виноградов В.Н., Муравьев Я.Д.* Режим ледников вулканических районов Камчатки // Гляциол. исследования. № 27. М.: Наука, 1985. С. 37–50.
  20. *Виноградов В.Н., Муравьев Я.Д.* Особенности развития ледников в условиях активного вулканизма // МГИ. 1989. Вып. 66. С. 93–99.
  21. *Виноградов В.Н., Муравьев Я.Д.* Ледник Козельский (Авачинская группа вулканов). СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 119 с.
  22. *Глазырин Г.Е., Муравьев Я.Д., Виноградов В.Н.* О климатическом фоне оледенения Камчатки // Гляциол. исследования. № 27. М.: Наука, 1985. С. 51–66.
  23. *Голуб Н.В., Муравьев Я.Д.* Баланс массы и колебания ледника Кропоткина (вулкан Большой Семячик, Восточная Камчатка) и их связь с климатом // МГИ. 2005. Вып. 99. С. 26–31.
  24. *Дитмар К.* Поездки и пребывание в Камчатке в 1851–1855 гг. СПб., 1901. 731 с.
  25. *Иваньков П.А.* Оледенение Камчатки // Изв. АН СССР. Серия геогр. 1958. № 2. С. 42–53.
  26. *Каразия Н.Ф.* Состояние изученности оледенения Камчатки // Гляциол. исследования. № 25. М.: Наука, 1976. С. 13–17.
  27. Каталог ледников СССР: Т. 20. Камчатка. Ч. 2–4 / Под ред. В.Н. Виноградова. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 76 с.
  28. *Кель Н.Г.* Карта вулканов Камчатки. Л.: изд. РГО, 1928. 113 с.
  29. *Конради С.А., Кель Н.Г.* Геологический отдел Камчатской экспедиции 1908–1911 гг. // Изв. РГО. 1925. Т. 57. Вып. 1. С. 3–32.
  30. *Краевая Т.С., Кураленко Н.П.* Ледниковые образования районов активного вулканизма (на примере Камчатки) // Гляциол. исследования. № 27. М.: Наука, 1985. С. 77–89.
  31. *Крашенинников С.П.* Описание земли Камчатки. М.-Л.: изд. Главсевморпути, 1949. 841 с.
  32. *Маренина Т.Ю.* Ичинский вулкан в Срединном хребте Камчатки // Тр. Лаборатории вулканологии АН СССР. 1962. Вып. 22. С. 3–66.
  33. *Маркин В.А.* Особенности поступления тепла к поверхности ледников Камчатки в сезон абляции // Гляциол. исследования. № 25. М.: Наука, 1976. С. 27–35.
  34. *Муравьев А.Я.* Изменение размеров ледников Кроноцкого полуострова и массива Алней-Чашаконджа на Камчатке во второй половине XX – начале XXI века // Лёд и Снег. 2014. № 2 (126). С. 22–28.
  35. *Муравьев А.Я., Носенко Г.А.* Изменения оледенения северной части Срединного хребта на Камчатке во второй половине XX в. // Лёд и Снег. 2013. № 2 (122). С. 5–11.
  36. *Муравьев Я.Д., Фарберов А.И., Чубарова О.С., Прибылов Е.С.* Сейсмовулканическая обстановка на Ушковском вулкане и подвижка ледника Бильченков в 1980–1983 гг. // МГИ. 1987. Вып. 60. С. 141–147.
  37. *Муравьев Я.Д., Саламатин А.Н.* Баланс массы и термодинамический режим ледника в кратере Ушковского вулкана // Вулканология и сейсмология. 1989. № 3. С. 85–92.
  38. *Муравьев Я.Д., Саламатин А.Н.* Прогнозная оценка динамики ледниковых масс в вулканотектонических желобах Ключевского вулкана // Вулканология и сейсмология. 1993. № 4. С. 43–53.
  39. *Муравьев Я.Д., Цветков Д.Г., Муравьев А.Я., Осипова Г.Б.* Динамика пульсирующего ледника Бильченков в Ключевской группе вулканов // Лёд и Снег. 2012. № 2 (118). С. 31–39.
  40. Отчет Института вулканологии АН СССР «Динамика современного оледенения и взаимодействие

с вулканизмом» / Руководитель темы и отв. исполнитель В.Н. Виноградов. Петропавловск-Камчатский, 1982. 333 с.

41. Пуйн Б.И. Извержения вулканов Камчатки в 1944–1945 гг. // Изв. АН СССР. Серия геол. 1946. № 6. С. 39–56.
42. Пуйн Б.И. Состояние действующих вулканов северной Камчатки в 1954 г. // Бюл. вулканол. станций. 1956. № 24. С. 14–20.
43. Преображенский В.С., Модель Ю.М. Кроноцкий ледниковый узел // Тепловой и водный режим снежно-ледниковых толщ. М.: Наука, 1965. С. 5–30.
44. Святловский А.Е. Ичинский вулкан в Срединном Камчатском хребте // Тр. Лаборатории вулканологии АН СССР. 1960. Вып. 18. С. 35–42.
45. Цветков Д.Г. О скорости движения поверхности льда одного из ледников Камчатки // Исследования ледников и ледниковых районов. Вып. 3. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 226–228.
46. Эрлих Э.Н. Восхождение на вулкан Ичинский // Бюл. вулканол. станций. 1957. № 26. С. 55–59.
47. Muravyev Y.D., Shiraiwa T., Yamaguchi S., Matsumoto T., Nishimura K., Koshima S., Ovsyannikov A.A. Mass balance of glacier in condition of maritime climate – Koryto glacier in Kamchatka, Russia // Cryospheric Studies in Kamchatka. 1999. V. 2. P. 51–61.
48. Shiraiwa T., Murav'yev Ya.D., Kameda T., Fumihiko N., Toyama Y., Takahashi A., Ovsyannikov A.A., Salamatina A.N., Yamagata K. Characteristics of a crater glacier at Ushkovsky volcano, Kamchatka, Russia, as revealed by the physical properties of ice cores and borehole thermometry // Journ. of Glaciology. 2001. V. 47. № 158. P. 423–432.
49. Sugiyama S., Naruse R., Muravyev Ya.D. Surface strain anomaly induced by the storage and drainage of englacial water in Koryto glacier, Kamchatka, Russia // Annals of Glaciology. 2005. T. 40. P. 232–236.
50. Yamaguchi S., Naruse R., Sugiyama S., Matsumoto T., Murav'yev Y.D. Initial investigations of dynamics of the maritime Koryto glacier, Kamchatka, Russia // Journ. of Glaciology. 2003. V. 49. № 165. P. 173–178.

## Summary

History of finding and investigation of the present-day glaciers on the Kamchatka Peninsula is presented. A degree of our knowledge of such glacier characteristics as the mass balance, sizes, and the area fluctuations for the second half of 20<sup>th</sup> – beginning of 21<sup>st</sup> century is discussed. Literature dealing with investigation of the Kamchatka glaciation is overviewed. According to results of our analysis, five periods of the investigations were isolated. They were determined in accordance with purposes, methods, and volumes of works. In time before 1958, glaciers and snow cover were studied in a course of performance of geological, volcanic, botanic, and other expeditions [2, 24, 28, 29, 31, 41, 42]. So, these researches were not the main goal, and glaciological data were obtained incidentally. In 1958–1970s, glaciers were explored in different regions of Kamchatka by means of different routes [6, 10, 13, 26, 32, 43–46]. These were first systematic explorations of the present-day glaciation of the Kamchatka volcanic regions, and first cataloging of the glaciers had been started [25, 27]. In 1971–1980, temporary or episodic glaciological, meteorological, and other observations were conducted in different areas [9, 10, 14, 15, 17–19, 21, 33]. In 1981–1995, specialists investigated mainly regime and fluctuations of glaciers as well as interaction between glaciations and volcanism [4, 11, 19, 20, 30, 36–38]. After 1996, significant part of the glaciological exploration in Kamchatka was carried out in forms of joint expeditions organized by Russian and foreign scientists [5, 47–50]. They applied the up-to-date methods and equipment such as core drilling and radar sounding. It should be noted that during this last period new remote sensing data together with data of cosmic surveys of the Earth played increasing role for investigation of current state and fluctuations of the Kamchatka glaciers [34, 35].