

КРИОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 551.345

КАМЕННЫЕ ГЛЕТЧЕРЫ МИРА: ОБЩЕЕ ОБОЗРЕНИЕ
(Сообщение 2)*

А.П. Горбунов

Казахстанская высокогорная геохронологическая лаборатория Института мерзлотоведения СО РАН,
050000, Алматы, а/я 138, Казахстан, permafrost@nets.kz

Рассмотрена география активных, неактивных и древних каменных глетчеров Гренландии, Америки и Антарктиды. Приведены обобщенные данные по их морфологии, генезису, динамике и эволюции.

Активные, неактивные, древние каменные глетчеры, вечная мерзлота, подземный лед, голоцен

THE ROCK GLACIERS OF THE WORLD: REVIEW
(Report 2)

A.P. Gorbunov

Permafrost Institute SB RAS, Kazakhstan Alpine Geocryological Laboratory,
050000, Almaty, P/O box 138, Kazakhstan, permafrost@nets.kz

Geography of active, inactive and fossil rock glaciers of Greenland, America and Antarctica is discussed. Some features of their morphology, information about their genesis, dynamics, and evolution are presented.

Active, inactive, fossil rock glaciers, permafrost, ground ice, Holocene

ВВЕДЕНИЕ

Каменные глетчеры Северной Америки – Аляски и Скалистых гор – изучаются немногим более ста лет. В Мексиканском нагорье они детально стали исследоваться с начала 1970-х гг., в Гренландии – с середины 1980-х гг. Первые исследования такого рода были начаты в субтропическом поясе Чилийских Анд чуть более 50 лет назад, а в Антарктиде – около 30 лет назад; в последнее десятилетие они заметно расширились в географическом отношении и углубились в направлении изучения морфологии, динамики, генезиса и эволюции каменных глетчеров. Появились работы, касающиеся их гидрологии, терминологии и воздействия техногенеза на их формирование и преобразование.

РЕГИОНАЛЬНОЕ ОБОЗРЕНИЕ

Гренландия

На этом острове были проведены первые в мире исследования каменных глетчеров. По сообщению О. Хумлума [Humlum, 1982], первая публи-

кация о них принадлежит К.Дж.В. Стинструпу (K.J.V. Steenstrup), которая вышла в свет на датском языке в 1883 г. Название этой статьи в переводе примерно таково: “К познанию ледников и льда в Северной Гренландии”. Каменные глетчеры он рассматривал как “мертвые ледники”. В то время еще отсутствовал термин “каменные глетчеры”. В последующие годы в ряде публикаций упоминались под разными наименованиями каменные глетчеры Гренландии [Humlum, 1982, с. 60]. Однако основные и весьма обстоятельные исследования каменных глетчеров здесь проводились О. Хумлумом в конце 1970-х гг.

Каменные глетчеры обнаружены в различных частях Гренландии: на крайнем севере (под 82° с.ш.), на восточной его окраине (под 73° с.ш.), на западном побережье (под 71 и 67° с.ш.). Но особенно примечательным в этом отношении является гористый остров Диско у западного побережья Гренландии (70° с.ш., 53° з.д.), высота которого достигает 1904 м**. Этот остров (площадью 8575 км²) – настоящее “царство” каменных глетчеров, их здесь по-

* Статья состоит из трех сообщений. В сообщении 1 (Криосфера Земли, 2008, т. XII, № 2, с. 65–74) рассмотрена география каменных глетчеров Европы, Африки, Новой Зеландии и Тасмании.

** Здесь и далее указывается абсолютная высота местностей, ледников, каменных глетчеров, границ высотных природных поясов и т. п.

рядка 1700, а ледников около 1000 [Humlum, 1999]. Здесь распространены каменные глетчеры ледникового и осыпного генезиса. Длина первых варьирует от 500 до 6000 м, толщина – от 20 до 100 м, крутизна фронтального откоса обычно 35–50°. Длина вторых колеблется от 30 до 300 м, толщина – от 10 до 30 м, крутизна фронтального откоса примерно такая же, что и у первых. Для глетчеров ледникового генезиса типична языкообразная форма в плане, осыпного генезиса – лопостная [Humlum, 1982, 1996]. На о. Диско представлены активные, неактивные и древние каменные глетчеры. Они размещаются в интервале высот 60–720 м, однако их большая часть сосредоточена между изогипсами 250–450 м [Humlum, 1988].

Все они формировались в голоцене. Древние имеют возраст 9300 лет, самым молодым 550 лет. Тогда средние годовые температуры воздуха были ниже современных на 2–4 °С, ныне они на уровне моря – 3,9...–4,3 °С. Годовая норма атмосферных осадков на западном побережье острова в наши дни около 400 мм, на восточном – 200 мм. Повсеместно распространена вечная мерзлота, ее мощность близ уровня моря порядка 80–100 м [Humlum, 1996].

Фронтальные уступы активных каменных глетчеров о. Диско за период наблюдений с 1983 по 1987 г. перемещались со скоростью от 1 до 35 см/год [Humlum, 1988]. Такая скорость заметно меньше обычной средней.

О. Хумлум [Humlum, 1988] предложил разделить каменные глетчеры на гляциальные и перигляциальные образования. Первые так или иначе связаны с ледниками, вторые не имеют к ним отношения. Однако эти термины не прижились.

Северная Америка

Аляска и Юкон. Каменные глетчеры в горах Аляски и Канадской провинции Юкон изучаются с давних пор. Первая публикация о них на Аляске принадлежит С.Р. Кэпсу [Capps, 1910]. Это одна из первых статей такого рода, которая касается вообще каменных глетчеров мира. Автор проводил исследование в отрогах хр. Врангеля вблизи меднорудного месторождения Кеннекотт (61°30' с.ш., 143° з.д.). Он отметил, что здесь распространено много каменных глетчеров. Некоторые из них были неглубоко раскопаны и в них вскрылась брекчия на ледяном цементе, но погребенный глетчерный лед не обнаружен. Таким образом, С.Р. Кэпс определенно высказался о неледниковом генезисе каменных глетчеров. Это заключение детально обосновывалось многими последующими исследователями [Wahrhaftig, Cox, 1959; Barsch, 1996].

Спустя много лет в этих же местах было проведено детальное изучение крупного комплекса каменных глетчеров осыпного генезиса [Elconin, LaChapelle, 1997]. Комплексный каменный глетчер, по терминологии Д. Барша [Barsch, 1996], распола-

гается в интервале высот 970–1500 м и состоит из трех основных стволов. Средний простирается в длину на 2,1 км. Кроме того, еще несколько малых осыпных каменных глетчеров входит в этот комплекс. В 1994–1996 гг. отмечена очень большая скорость движения на поверхности среднего ствола 3,8 м/год. В 1993–1994 гг. на 50 м сократилась длина трех основных стволов, произошло обрушение фронтального уступа. Вероятно, это связано с тем, что вхождение каменного глетчера в узкую часть ущелья привело к его сжатию, образованию поперечных расколов с последующим обрушением блоков мерзлых толщ.

Особо важные исследования каменных глетчеров были осуществлены в центральной части Аляскинского хребта в 1950-х гг. К. Верхафтигом и Ф. Коксом [Wahrhaftig, Cox, 1959]. Работы проводились в пределах 64–63° с.ш. и 149–147° з.д., что составляет примерно 1/4 упомянутого хребта. Всего здесь выявлено около 200 активных и неактивных каменных глетчеров. Они размещаются в интервале высот от 1100 до 2600 м и находятся выше границы леса. Исследователи выделяют три морфологических типа каменных глетчеров: лопастные, языкообразные и шпательевидные. У первых длина от 65 до 115 м, ширина от 100 до 340 м, у вторых длина от 170 до 1650 м, ширина от 70 до 650 м. Третьи обычно простираются в длину от 1000 до 1800 м, для них характерно значительное расширение в лобовой (нижней) части.

Высота фронтальных (лобовых) уступов варьирует в широких пределах: у активных – от 25 до 130 м, у неактивных – от 10 до 30 м. Авторы публикации впервые в Америке проследили движение каменного глетчера. Такие измерения проводились на створах в нижней и средней частях крупного (длина 1200 м, максимальная ширина 400 м) каменного глетчера, расположенного между изогипсами 1130 и 1500 м. Высота его фронтального уступа около 40 м. За восемь лет (1949–1957) его фронт продвигался на 48 см/год, а максимальные скорости на его поверхности составляли 75 см/год.

Переход активных каменных глетчеров в неактивные авторы связывают с постепенным отрывом первых от области питания и с их истончением. Последнее обстоятельство уменьшает напряжение сдвига в зоне его контакта с ложем, и он теряет активность.

В 1960 г. были получены интересные данные об активном каменном глетчере, который расположен несколько севернее региона работ предыдущих исследователей, в долине реки и ледника Джонсона (63°35' с.ш., 145° з.д.). Длина каменного глетчера 1600 м, высота фронтального уступа 50 м, его крутизна 33°, размещается он в интервале высот 1000–1430 м [Foster, Holmes, 1965]. На высоте около 1080 м каменный глетчер вторгается в зону елово-осинового леса. Конец его раздваивается на боль-

шой и малый стволы, как это наблюдается на каменном глетчере Моренном (Северный Тянь-Шань). Скорость движения его поверхности порядка 55 см/год. В июне 1960 г. наблюдалось интересное явление на его фронтальном склоне: скатывание и оползание обломков по откосу с периодичностью 1–2 мин. Такое же явление неоднократно отмечалось и на фронтальном склоне каменного глетчера Городецкого в Северном Тянь-Шане. Оно свидетельствует о периодическом ускорении его движения. Каменный глетчер в долине Джонсона имеет ледниковое происхождение.

Каково же общее число каменных глетчеров в Аляскинском хребте? В статьях такой информации нет. По косвенным данным можно предположить, что их здесь не менее 600.

Труд К. Верхафтига и Ф. Кокса [1959] следует оценивать как выдающийся вклад в развитие учения о каменных глетчерах мира. В нем на основе анализа фактического материала выдвинут и обоснован ряд теоретических положений о генезисе и характере движения каменных глетчеров, об их морфологии и эволюции. Впервые были выделены реактивизированные разновидности каменных глетчеров.

В связи со строительством трансалаяскинского нефтепровода, который пересекает Аляску примерно вдоль 148° з.д., были проведены исследования ледников, морен и каменных глетчеров в восточной части хр. Брукса. Оказалось, что активные каменные глетчеры размещены в интервале высот 1000–1850 м, неактивные – между 900 и 1750 м. Всего выявлено 615 каменных глетчеров активных и неактивных, лопастных и языкообразных, ледникового и осыпного генезиса [Ellis, Calkin, 1979]. Но это только на территории, которая по площади составляет около трети хребта Брукса. Можно предположить, что всего в хр. Брукса и его отрогах не менее 1500 каменных глетчеров. Итак, в горах Аляски (по самым осторожным оценкам) порядка 2100 каменных глетчеров.

В горах Канадской провинции Юкон проведены, пожалуй, наиболее обширные в Северной Америке исследования каменных глетчеров. Одни работы касались инвентаризации каменных глетчеров, другие – особенностей некоторых из них. Первая их инвентаризация была осуществлена в горах Селуин (отрог хр. Маккензи). Район исследования площадью 67 км² находится на северо-западе провинции Юкон (63° с.ш., 130° з.д.). Здесь выявлен 41 каменный глетчер. Они находятся на абсолютных высотах 1500–2340 м [Kershaw, 1978]. Основная их часть (более 83 %) представлена лопастными формами, остальные – языкообразными и шпательевидными. Почти все они активные и осыпного генезиса. Длина каменных глетчеров варьирует в пределах от 70 до 1360 м, ширина – от 66 до 1054 м. Напомню, что у лопастных их разновидностей очень часто длина бывает меньше ширины. Суммар-

ная площадь всех каменных глетчеров региона составляет 9,2 км².

Большая часть исследований каменных глетчеров в горах Юкона проводилась в юго-западной части этой провинции, в основном к западу и югу от оз. Клуэйн. Координаты озера – 61° с.ш. и 139° з.д. Публикации по этому региону многочисленны, в основном они принадлежат П. Джонсону. Ниже рассматриваются только некоторые из этих публикаций. П. Джонсон большое внимание уделял генезису каменных глетчеров. Убедительный сторонник их ледникового происхождения, он, тем не менее, допускает, что небольшое число каменных глетчеров формируется из осыпей, которые насыщаются льдом за счет замерзания в них дождевых и талых вод. П. Джонсон [Johnson, 1978] одним из первых отметил участие снежных лавин в образовании каменных глетчеров.

К югу от оз. Клуэйн (60°30' с.ш., 137° з.д.) на участке около 345 км² П. Джонсон зафиксировал 23 каменных глетчера. Все они расположены выше 1000 м над ур. моря. Он детально изучил механизм формирования микрорельефа на одном из них [Johnson, 1988, 1992]. Следует отметить, что в публикациях П. Джонсона по Юкону, как правило, отсутствуют или крайне редко приводятся данные о размерах каменных глетчеров, их высотном положении и численности. Главное внимание уделяется их строению и генезису.

Температура пород измерялась П. Джонсоном в осыпном каменном глетчере (61° с.ш., 139° з.д.). Он спускается до 1090 м и глубоко внедряется в лесную зону. Оказалось, что с 1970 г. температура пород глетчера на глубинах до 17 м существенно повысилась – от –0,25 до 0,8 °С, лед протаял на глубинах 3–8 м, а на отдельных участках – глубже 13 м [Johnson, Nickling, 1979].

Интересные данные приведены о крупном осыпном каменном глетчере. Он находится в 7,3 км к югу от оз. Клуэйн (провинция Юкон). Его длина 1700 м [Blumstengel, Harris, 1988]. Этот глетчер примечателен тем, что его поверхность перемещается очень быстро – до 200 см/год, а фронтальный уступ продвигается на 20 см/год. Авторы публикации именуют его лопастным, но по своей конфигурации он скорее шпательевидный. Каменный глетчер спускается необычно низко для этих мест – до 790 м.

Можно заключить, что по самой ориентировочной оценке в горах провинции Юкон несколько сотен каменных глетчеров всех возрастных категорий.

Скалистые горы. В Скалистых горах США первые исследования каменных глетчеров состоялись в начале прошлого столетия [Cross, Howe, 1905]. Они проводились в Силвертоне (38° с.ш., 107°30' з.д.) на территории штата Колорадо. В этой статье впервые был использован термин “каменный глетчер” (rock glacier), хотя в последующих публи-

кациях авторы отдавали предпочтение его синониму – rock stream (каменный поток).

Уникальные данные о строении каменного глетчера получены в начале 1920-х гг. при проходке транспортного тоннеля в горах Сан-Хуан, примерно в 300 км к юго-западу от города Денвера (под 37°30' с.ш.). Он прошел около 90 м по вечномёрзлой толще, затем почти 30 м во льду, а далее был продолжен в скальном массиве [Brown, 1925]. Восточный портал тоннеля расположен предположительно на высоте 3500 м. Для сторонников неледниковой генезиса каменных глетчеров эта информация чрезвычайно важна. Лед в тоннеле они не относят к глетчерному, считают его натечным. Он образовался при замерзании вод, стекающих по скальному склону в толщу каменного глетчера [Barsch, 1983].

Обстоятельно изучались каменные глетчеры в Передовом хребте (40° с.ш., 106° з.д.) Колорадо [Ives, 1940]. В ходе исследований были впервые выделены три генерации каменных глетчеров: юная, зрелая и дряхлая. Ныне эти стадии принято именовать: активная, неактивная и древняя. В публикации приведено описание наиболее характерных каменных глетчеров этих трех генераций.

В национальном парке Джаспера (Скалистые горы Канады) на площади 4632 км² (52°28'–53°00' с.ш., 117° з.д.) инвентаризация позволила выявить 119 каменных глетчеров [Luckman, Crockett, 1978]. Среди них 65 ледниковой генезиса и 54 неледниковой, т. е. осыпной, лопастных – 33, языкообразных – 76, шпательевидных – 10. Самым длинным (2100 м) оказался один из языкообразных. Все они размещаются между изогипсами 1710 и 2670 м. В национальном парке Банф (52° с.ш., 116° з.д.), в тех же Скалистых горах, выявлено 110 каменных глетчеров [Luckman, Crockett, 1978]. Самый длинный протягивается на 1337 м, а самый крупный из лопастных достигает в ширину 1456 м. Размещаются они в интервале высот 2228–2474 м.

Таким образом, в рассматриваемой части Скалистых гор Канады примерно между 52 и 53° с.ш. зафиксировано 229 каменных глетчеров. Отмечено, что развитию каменных глетчеров в этом регионе способствует широкое распространение кварцитов.

Авторы не разделяют их на активные, неактивные и древние, но отмечают, что древнейшая стадия образования каменных глетчеров относится к началу голоцена, а новейшая – к Малому ледниковому периоду (XVIII–XIX вв.). В новейшую стадию и сформировалось большинство ныне активных каменных глетчеров. Можно предположить, что древние и неактивные их разновидности возникли в древнейшую стадию.

Здесь же, в Скалистых горах Канады, в районе пика Хилда (52°12' с.ш., 117°15' з.д.) изучалась

гидрология каменных глетчеров [Gardner, Bajewsky, 1987]. Основные наблюдения за расходом водного потока и твердым стоком проводились в июле–августе 1985 г. на каменном глетчере Хилда. Он протягивается до изогипсы 2150 м, его площадь 1,5 км². Отмечено изменение в течение суток расхода водного потока и наличия в нем минеральных взвесей. Например, 19–20 августа 1985 г. расходы водного потока из-под каменного глетчера достигали максимума (0,185 м³/с) в 4 часа, минимума (0,09 м³/с) – в 2 часа. Взвешенные наносы в течение суток менялись от 0,2 мг/л в 16–18 часов до 21,3 мг/л в 4 часа. В конце августа режим потока существенно изменился. Максимальный расход (0,21 м³/с) 24–25 августа отмечен в 17 часов, минимальный (0,15 м³/с) – в 10 часов. Максимальный и минимальный расходы взвешенных наносов отмечались по два раза в сутки: максимальный (2,4 мг/л) – в 21 и 4 часа, минимальный (0,5 мг/л) – в 17 и 7 часов. В первом случае максимальные расходы воды в потоке по сравнению с максимальными температурами воздуха сдвигались на 11 ч, во втором они совпадали по времени.

Среди каменных глетчеров Передового хребта Колорадо наибольшее внимание уделялось одному из них – Арапахо. Он расположен в 31 км к западу от г. Боулдер-Сити. Координаты каменного глетчера – 40°01' с.ш. и 105°38' з.д. Он размещается в интервале высот 3710–3570 м. Длина Арапахо 640 м, средняя ширина 205 м, площадь 126 480 м², мощность 21 м [White, 1971]. В течение 25 лет (1960–1985) его поверхность перемещалась в среднем со скоростью 19,3 см/год. Возраст его нижней части порядка 2500–3000 лет, верхней – 950–1000 лет [Benedict, Benedict, 1986]. Стационарные наблюдения за Арапахо продолжаются и в наши дни.

Недавно подведен столетний итог изучения каменных глетчеров Передового хребта Колорадо [Janke, 2007]. На территории площадью 2710 км² выявлено 220 каменных глетчеров: 28 активных, 107 неактивных и 85 древних. Их суммарная площадь 19,93 км². Площадь же всех ледников в этом регионе всего 1,55 км². Распространены активные каменные глетчеры в основном выше 3500 м, только одиночные редко прослеживаются вниз до 3330 м. Следует отметить, что ранее (в 1976 г.) проводился такого же рода итог (пожалуй, даже более обстоятельный) по каменным глетчерам Передового хребта Скалистых гор [White, 1976].

Чрезвычайно важные исследования активных каменных глетчеров проведены в хр. Сангре-де-Кристо (Sangre de Cristo Mountains), в южном отроге Скалистых гор. Здесь находится обособленное куполовидное поднятие Местас (37°35' с.ш., 105°09' з.д.), которое достигает абсолютной высоты 3520 м. Гора образована батолитом третичного возраста. Склоны плутона местами перекрыты глинистыми сланцами, конгломератами и аргиллитами.

Поднятие в плане имеет правильное эллипсоидное очертание. Длинная ось вытянута с юго-востока на северо-запад на 55 км, наибольшая ширина эллипса 25 км.

Во всех склонах этого поднятия выявлено 23 активных каменных глетчера, которые размещаются необычно низко для этой широты – в интервале высот 2560–3315 м [Giardino, Vitek, 1988]. Они на 400–450 м по высоте проникают в хвойный лес, так как граница подпояса островной вечной мерзлоты здесь внедряется в зону горного леса. Обычно же активные каменные глетчеры в других горах этих широт оканчиваются у верхней границы леса, которая совпадает, как правило, с нижним пределом распространения островной вечной мерзлоты. Во фронтальном уступе одного каменного глетчера на юго-западном склоне Местаса в 1963 г. на абсолютных высотах около 2800 м была обнаружена вечномерзлая льдистая толща. Кровля ее была вскрыта на уступе на глубине 9,15 м и на поверхности самого каменного глетчера – на глубинах 3 и 6 м [Johnson, 1967]. Длина этого каменного глетчера около 1 км, максимальная ширина 250 м. Отмечено, что он в период с 1938 по 1962 г. продвинулся примерно на 1 м, т. е. был активен еще 50 лет назад. Следует отметить, что примерно в 40 км к востоку от Местаса на той же географической широте находится горный массив Бланко, где активные каменные глетчеры размещаются выше 3625 м, т. е. здесь их нижняя граница смещается вверх примерно на 1100 м по сравнению с горным массивом Местас [Morris, 1987]. Это обстоятельство позволяет заключить, что причина столь ощутимой депрессии пояса вечной мерзлоты и каменных глетчеров не связана с климатической аномалией, а определяется циркуляцией воздуха в грубообломочном покрове куполовидной структуры. Его площадь не менее 300 км². Глубокое охлаждение и аккумуляция в нем морозного воздуха определяет многолетнее промерзание обломочных толщ каменных глетчеров. Видимо, здесь имеет место тот же процесс, что наблюдается в горе Развалка на Северном Кавказе и во многих других местах, где распространены крупнообломочные отложения [Горбунов, 2002].

Изучение каменных глетчеров в Скалистых горах в основном осуществлялось в штате Колорадо (США) и в районе национальных парков Джаспер и Банф (Канада). В других частях Скалистых гор и их ближних и дальних отрогах такого рода исследования были весьма ограничены, но достойны упоминания.

Штат Айдахо. В горах Лемхай (45° с.ш., 113° з.д.) выявлено 12 каменных глетчеров и 96 предосыпных валов (protalus ramparts). Все они размещаются в интервале высот 2480–2850 м [Butler, 1988]. Каменные глетчеры, видимо, активные, почти все они вторгаются в зону леса.

Штат Монтана. Каменные глетчеры отмечены в горах Медисон (45° с.ш., 111°30' з.д.) и в других горах на юго-западе штата [Goolshy, 1972].

Штат Вайоминг. В горах Винд Ривер (42°40' с.ш., 109° з.д.) обнаружены древние каменные глетчеры. Они прослежены вниз до 2134 м, самый крупный из четырех протягивается в длину на 750 м. Автор считает, что, вопреки существующему мнению, все они утратили свою активность не 5–3 тыс. лет назад, а еще в конце позднего плейстоцена, т. е. 12 тыс. лет назад [Zielinski, 1989].

Штат Юта. В горах Ла-Сал (38° с.ш., 109°30' з.д.) и в районе плато Акуэриес (38° с.ш., 112° з.д.) проводились детальные исследования каменных глетчеров и курумов [Shroder, 1987]. В первом районе выявлено 35, во втором – 109 каменных глетчеров и сходных с ними образований. Автор широко использует понятие “валунные отложения” (boulder deposit). Судя по фотографиям и описанию этих образований, имеются в виду в основном курумы. Автор замечает, что сложно отличить валунники от каменных глетчеров. Действительно, на его фотографиях часто первые явно представляют собой каменные глетчеры. Известно, что в Забайкалье отмечены переходные формы от курумов к каменным глетчерам – так называемые курумо-глетчеры [Тюрин и др., 1982]. В публикации Дж. Шродера [Shroder, 1987] обращено внимание на необычно низкое положение активных каменных глетчеров и курумов, содержащих лед. Они часто вторгаются в лесную зону, спускаясь до высотного уровня 3000–2800 м. На этой географической широте они обычно оканчиваются на высотах порядка 3500 м. Видимо, широкое распространение крупнообломочных покровов в здешних местах определяет аналогичную среду, что и в горах Местас (см. выше).

Штат Невада. В горах Тойябе (39° с.ш., 117°30' з.д.) выявлены древние каменные глетчеры в основном в диапазоне высот 3085–3135 м [Osborn, 1989]. Это небольшие образования типа лопастных каменных глетчеров, длина которых не более 300 м. Они отчетливо выражены в рельефе, высота фронтального уступа у некоторых достигает 30 м. Возраст их оценивается в 10 тыс. лет. На востоке этого же штата в горах Снейк и Уилер-Пик (38°30'–39°00' с.ш., 114° з.д.) древние каменные глетчеры отмечены на высотах 3275–3430 м [Wayne, 1983].

Штат Нью-Мексико. Здесь во многих горных массивах между 33°40'–34°00' с.ш. и 106–107° з.д. распространены древние каменные глетчеры [Blagbrouch, 1976].

Штат Аризона. Древние каменные глетчеры приурочены, видимо, к массиву Болди-Пик (3532 м, 34° с.ш. и 109°30' з.д.).

В Скалистых горах между 50 и 54° с.ш. выявлено около 350 каменных глетчеров [Barsch, 1996].

Всего же в Скалистых горах Канады и США по ориентировочным оценкам их порядка 2000.

Береговой хребет. Хребет протянулся почти на 1500 км (от 50 до 60° с.ш.). Наиболее исследована в отношении каменных глетчеров его южная часть – от 50 до 55° с.ш. Здесь выявлено около 500 каменных глетчеров [Barsch, 1996]. В основном они распространены выше 2200 м на юге и выше 1500 м на севере региона. Всего же каменных глетчеров в этих горах (по косвенным данным) не менее 800.

Каскадные горы. В северной части этих гор, в районе пика Олимпус (2428 м, 47°30' с.ш.) и вулканического массива Рейнир (4392 м, 46°30' с.ш.) предположительно распространены древние каменные глетчеры [Barsch, 1996].

Сьерра-Невада. В этих горах (36–38° с.ш., 118° з.д.) выявлено 70 каменных глетчеров [Barsch, 1996]. Активные каменные глетчеры распространены в основном выше 3500 м, но изредка они прослеживаются до 3350 м. Длина самых крупных из них около 1 км. Активные каменные глетчеры Сьерра-Невады по своему местоположению самые южные в США. Здесь они распространены на юг до 36°30' с.ш. [Höllermann, 1983]. Неактивные их разновидности прослежены вниз до 3000 м.

Мексиканское нагорье. Высочайшие вершины нагорья приурочены к Поперечному Вулканическому хребту. Большая их часть протягивается вдоль 19° с.ш. Они находятся в непосредственной близости к югу и востоку от г. Мехико – столицы Мексики. Самые высокие вершины – действующие вулканы Орисаба (5610 м), Попокатепетль (5465 м) и потухший вулкан Истаксихуатль (5230 м) – подвержены современному оледенению. Вечная мерзлота распространена здесь в основном выше 4600 м [Heine, 1994]. Кроме них, многолетнему промерзанию подвержены привершинные участки на более низких вулканах – Теяотл (4660 м), Невадо-де-Толука (4558 м). Возможно, в благоприятных микроусловиях островки вечной мерзлоты можно встретить и на вершине Малинцин (4462 м). Активные каменные глетчеры отсутствуют. Древние и неактивные их разновидности распространены на склонах Орисаба, Истаксихуатль, Теяотл, Невадо-де-Толука и Малинцин. На Попокатепетль они не обнаружены: вероятно, уничтожены во время вулканических извержений (одно из последних здесь случилось в 1920–1921 гг.).

Наиболее изучены каменные глетчеры на склонах вулкана Невадо-де-Толука [Heine, 1976]. Всего здесь их около 30. Длина самых крупных порядка 500 м, максимальная ширина до 100 м, толщина каменных глетчеров до 40 м. Располагаются они в диапазоне высот 3900–4500 м, на склонах всех (исключая восточную) экспозиций. К. Кейне выделяет четыре генерации каменных глетчеров. Самая древняя формировалась в конце позднего

плейстоцена, т. е. 10–11,5 тыс. лет назад, и прослежена вниз до 3900 м [Heine, 1994]. Длина наиболее крупных каменных глетчеров этого возраста около 1000 м. Вторая генерация образовалась в раннем голоцене (10–8,5 тыс. лет назад) и простирается вниз до 4000 м. Третья генерация каменных глетчеров возникла 3,5–2 тыс. лет назад и распространена выше 4100 м. Самые молодые каменные глетчеры формировались в Малом ледниковом периоде, т. е. несколько сотен лет назад. Предполагается, что свою активность они утратили в XIX в. Эти каменные глетчеры размещаются выше 4350 м. В настоящее время мерзлые породы и подземные льды в них не обнаружены.

На склонах вулкана Теяотл зафиксированы каменные глетчеры трех генераций, но самая древняя не обнаружена. На Истаксихуатль и Малинцин отмечены по две генерации каменных глетчеров, а на склонах Орисаба – всего одна генерация [Heine, 1994]. Наилучшая сохранность древних и неактивных каменных глетчеров оказалась на Невадо-де-Толука.

Таким образом, американским исследователям принадлежит первенство в использовании самого распространенного ныне термина “каменный глетчер”. Направленное изучение этих образований осуществлялось с начала прошлого столетия. К местам их наибольшего сосредоточения относятся горы Аляски, Канадской провинции Юкон, Скалистые горы, Береговой хребет Канады, в меньшей степени – Сьерра-Невада, Каскадные горы и Мексиканское нагорье. Есть сведения [Höllermann, 1983], что каменные глетчеры встречаются на Баффиновой Земле (67° с.ш., 62° з.д.), на п-ове Лабрадор в горах Торнгат (59° с.ш., 64° з.д.), на крайнем северо-востоке Алеутского хребта (58°30' с.ш., 155° з.д.), на севере Аппалачей (45° с.ш., 72° з.д.), в горах Сакраменто (33°20' с.ш., 105°50' з.д.). К сожалению, отсутствуют сведения об их возрасте. Определенно можно констатировать, что в Аппалачах и Сакраменто они древние.

Итак, каменные глетчеры распространены в Канаде и США от 67°00' до 33°20' с.ш. Всего их в обеих странах не менее 5000 разных возрастных генераций.

Южная Америка

Первые шаги в изучении каменных глетчеров Анд были сделаны Л. Ллибутри и А. Корте. Исследования Л. Ллибутри проводились в начале 1950-х гг. в Чилийских Андах, примерно в 40 км к северо-востоку от г. Сантьяго. Результаты этих работ были изложены в ряде публикаций. Первые итоги исследований появились в 1953 г., а основные – в 1961 г. [Lliboutry, 1953, 1961]. В них отмечено, что вечная мерзлота здесь (под 33° ю.ш.) распространена выше 4300 м, что каменные глетче-

ры разделяются на молодые, старые и аморфные. Л. Ллибутри, по-видимому, имел в виду активные, неактивные и древние их разновидности. Аморфные каменные глетчеры прослеживаются вниз почти до абсолютной высоты 3500 м.

В Андах Сантьяго в бассейне р. Тунуян (Tunuyan), по свидетельству Л. Ллибутри [Corte, 1976], находится каменный глетчер, протягивающийся на 12 км. Это, вероятно, самый длинный каменный глетчер мира. Здесь же зафиксированы и самые значительные скорости движения каменных глетчеров. Так, один из них, находящийся в массиве Пломо (Plomo) (6050 м), в период 1963–1974 гг. продвигался со скоростью 100 м/год [Corte, 1976]. Следует отметить, что некоторые каменные глетчеры в горах субтропиков Южной Америки самые быстрые в мире. Конечно, их высокая подвижность в некоторой степени определяется высокими температурами льда, повышающими его пластичность, но действуют и какие-то локальные факторы. Необходимы детальные исследования этого феномена.

Относительно недавно появилась дополнительная информация о каменных глетчерах Чилийских Анд. Здесь (между 33 и 35° ю.ш.) активные каменные глетчеры распространены в основном в интервале высот 3500–4250 м, но иногда некоторые из них простираются вниз до 3000 м даже в пределах 33–34° ю.ш. А древние их разновидности отмечены на высоте 2630 м [Brenning, 2005]. Самый крупный активный каменный глетчер Чилийских Анд площадью 2 км² находится на 33°30' ю.ш., между высотами 3600 и 4200 м. Размеры малых активных каменных глетчеров порядка 0,01 км². Каменные глетчеры играют важную роль в формировании стока поверхностных и подземных вод. Автор приводит впечатляющие сравнения суммарных объемов активных каменных глетчеров и ледников. В рассматриваемой части Анд общий объем ледников больше объема каменных глетчеров в 7 раз, а в Альпах Швейцарии – в 83 раза. Поэтому роль каменных глетчеров в питании горных рек в Андах по сравнению с ледниками гораздо значительнее, чем в Альпах.

Установлено, что каменные глетчеры в Чилийских Андах прослеживаются на юг до 35°15' ю.ш. Южнее этого предела условия для их формирования неблагоприятны: снижается высота гор, активно проявляется современный вулканизм, значительно увеличивается увлажненность Анд.

В Андах Мендосы (под 32° ю.ш.) в течение долгих лет изучал каменные глетчеры А. Корте. Основные публикации этих исследований начинаются появляться в 1970-е гг. [Corte, 1976].

Активные каменные глетчеры Анд Мендосы приурочены главным образом к диапазону высот 3300–4800 м [Espizua, 1983]. Самый значительный по размерам активный каменный глетчер в Кордон-

дель-Плата достигает в длину 5,5 км. В бассейне р. Мендосы (площадь которого 6311 км²) насчитывается не менее 740 активных каменных глетчеров [Corte, Espizua, 1981].

Активные каменные глетчеры Анд Мендосы занимают примерно одинаковые площади в сравнении с открытыми ледниками. В бассейне р. Аква-Негро суммарная площадь открытых ледников 1,78 км², каменных глетчеров – 2,07 км² [Schrott, 1994]. В Кордон-дель-Плата первая величина 48,27 км², вторая – 42,65 км² [Corte, Espizua, 1981]. Упомянутое соотношение площадей оледенения и активных каменных глетчеров в Андах Мендосы определяется в конечном счете сухостью высокогорий. Оно препятствует развитию ледников и способствует формированию каменных глетчеров. Сток вод с каменных глетчеров по объему часто сопоставим со стоком с ледников.

На активных каменных глетчерах широко распространены термокарстовые просадки, которые иногда достигают 300 м в поперечнике и многих метров в глубину [Corte, Espizua, 1981].

Активные каменные глетчеры изучались и несколько севернее г. Мендоса – в Аргентинской провинции Сан-Хуан (под 30° ю.ш.). В бассейне р. Рио-Негро обстоятельно исследовались два крупных каменных глетчера – Эль Расо и Дос Ленгуас [Schrott, 1994]. Первый длиной 1,9 км спускается до высотного уровня 4620 м, второй длиной 1,25 км – до 4200 м. Некоторые каменные глетчеры прослежены до изогипсы 4000 м, т. е. до нижней границы подпояса прерывистой вечной мерзлоты. Сплошная криолитозона здесь распространена выше 5200 м. Судя по фотографиям, помещенным в монографии Л. Шротта [Schrott, 1994], оба упомянутых каменных глетчера осынного происхождения. По расчетам скорость их передвижения варьирует от 14 до 38 см/год. Они сформировались 9–5 тыс. лет назад.

Древние каменные глетчеры в Андах (под 28° ю.ш.) спускались до 2600 м, в Сьерра-де-Луис (отрог Кордовы, под 33° ю.ш.), располагались в интервале высот 1500–1800 м, в Прекордильере (под 33° ю.ш.) находились на высотах 1100–2500 м, а южнее (под 38° ю.ш.) – 500–700 м [Corte, 1983].

Они наиболее выразительны на том отрезке Прекордильеры, который находится в 12–13 км к северо-западу от г. Мендоса. Здесь обнаружено семь древних каменных глетчеров, которые выходят из плиоценовых каров. Все они приурочены к юго-юго-западному, т. е. к наиболее холодному, макросклону хребта. Эти каменные глетчеры размещаются в интервале абсолютных высот 1100–1800 м. Самый крупный из них протягивается на 1,5 км, его ширина 200–300 м (устное сообщение А. Корте и мои оценки, сделанные во время посещения этой местности в 1990 г.). Высота фронтального уступа

15 м, его крутизна порядка 30° . На поверхности каменного глетчера отсутствуют дугообразные валы и ложбины, они сглажены временем. Но его выпуклый поперечный профиль именно такой, какой характерен для каменных глетчеров. На его поверхности произрастают кактусы и другие колючие кустарники и травы пустыни. По мнению А. Кортес (устное сообщение), возраст древних каменных глетчеров раннеплейстоценовый. Их формирование на относительно небольших высотах было связано со значительными похолоданиями в прошлом [Горбунов, 2006].

Информация о каменных глетчерах большей части Анд чрезвычайно скудна. До последнего времени было известно, что они прослежены к северу примерно до 20° ю.ш., где распространены выше 4650 м [Trombotto, Ahumada, 2005]. В работе К. Графа [Graf, 1981] приведена фотография, на которой зафиксированы лопастные каменные глетчеры в Андах Боливии ($20^\circ 55'$ ю.ш., 66° з.д.) на абсолютной высоте 4800 м. Сравнительно недавно появились более обстоятельные сведения о каменных глетчерах Центральных Анд в интервале южных географических широт $22-16^\circ$. Так, были обнаружены активные каменные глетчеры в районе горного массива Невадо Чачани ($16^\circ 11'$ ю.ш.) на территории Перу, в горах Сьерро Аринтика ($18^\circ 44'$ ю.ш.) на границе Боливии и Чили, вблизи вулканов Сан-Педро и Сан-Пабло ($21^\circ 53'$ ю.ш.) в Чили [Payne, 1998]. Описаны шесть активных каменных глетчеров, которые располагаются выше 4525 м. Длина самого крупного из них (в районе вулкана Сан-Педро) достигает 1276 м. Максимальная ширина (355 м) отмечена у каменного глетчера гор Сьерро Аринтика. Необычайно большую высоту (141 м) имеет фронтальный уступ каменного глетчера Невадо Чачани, да и у остальных она велика – от 44 до 80 м. Крутизна фронтальных откосов варьирует от 27 до 36° .

В другой публикации [Francou et al., 1999] рассмотрены признаки деградации активного каменного глетчера в Андах Боливии – Какуелле. Он находится в горах с таким же названием вблизи западного края огромного высокогорного солончака Уюни. Его координаты – $21^\circ 30'$ ю.ш. и $68^\circ 15'$ з.д. Размещается каменный глетчер (длиной около 1 км) в интервале высот 5960–5400 м [Francou et al., 1999]. Электронзондирование каменного глетчера показало, что лед и льдистые толщи в нем распространены только местами. На этом основании авторы статьи заключают, что он деградирует и из активного состояния переходит в неактивное. Удивительно, что столь высокогорный каменный глетчер теряет свою активность, тогда как другие образования такого рода, расположенные на высотах на 1000 м ниже и примерно на тех же широтах (см. [Payne, 1998]), заметно не деградируют, т. е. их ак-

тивность не затухает. Возможно, будущие геофизические исследования уточнят упомянутое заключение о деградации каменного глетчера Какуелле.

Древние каменные глетчеры зафиксированы и в Андах Венесуэлы. Здесь ($08^\circ 52'$ с.ш., $70^\circ 54'$ з.д.) обнаружен лопастной каменный глетчер осыпного генезиса в интервале высот 4440–4540 м. Его длина до 230 м, ширина 700 м [Pérez, 1988].

Не исключено, что присутствуют каменные глетчеры в Андах и близ экватора, но такого рода сведения, кажется, отсутствуют.

Антарктида

Известно, что только около 2 % территории Антарктиды свободно от ледового покрова. Поэтому условия для образования каменных глетчеров весьма ограничены.

Своеобразная обстановка формирования активных каменных глетчеров отмечена в Трансантарктических горах Антарктиды. Здесь (под 78° ю.ш.) широко развит ледовый покров, средние годовые температуры воздуха около -20°C , годовая норма атмосферных осадков менее 80 мм. Чрезвычайная сухость и редкие переходы температур через 0°C определяют слабое проявление морозного выветривания горных пород. Все это обуславливает в конечном счете необычно медленное образование каменных глетчеров. На огромной территории выявлено всего около 20 активных каменных глетчеров [Мяжков, 1981]. Обломочные отложения здесь насыщаются инфильтрационным льдом крайне медленно, что определяет развитие каменного глетчера в течение многих сотен тысяч лет. (Для сравнения отметим, что в Тянь-Шане для этого требуются сотни и первые тысячи лет.) В силу низких температур (как правило, ниже -10°C) лед в них слабо пластичен, поэтому скорости движения каменных глетчеров чрезвычайно малы – обычно несколько миллиметров в год, т. е. в среднем на два порядка меньше, чем в Тянь-Шане или Альпах.

Немного восточнее, в районе “сухой” долины Тейлора (Земля Виктории), в интервале $77^\circ 45' - 77^\circ 25'$ ю.ш. обнаружено 32 каменных глетчера в интервале высот 110–1300 м [Mayewski, Hassinger, 1980; Hassinger, Mayewski, 1983]. Выделено четыре морфологических типа активных каменных глетчеров. Обычно их длина порядка нескольких сотен метров. Самый крупный протягивается на 2600 м. Скорость их движения за 12-летний период наблюдений изменялась от нескольких миллиметров до 1–3 см в год. Исследования каменных глетчеров Я.М. Хассингера и П.А. Маевского [Hassinger, Mayewski, 1983] являются самыми обстоятельными в Антарктиде. Они позволили определить структуру этих образований геофизическими методами, выявить их активность, осыпной и ледниковый генезис каменных глетчеров.

Остров *Джеймса Росса* (64° ю.ш., 58° з.д.) находится у восточного берега Антарктического п-ова. Его площадь 2444 км². Большая часть острова занята ледниковым покровом, повсеместно развита вечная мерзлота. Каменные глетчеры распространены по северо-западному побережью острова, где сплошной ледовый покров отсутствует. Их здесь не менее десятка. Самый крупный протягивается на 1100 м. Большая часть каменных глетчеров ледникового происхождения, меньшая – осыпного. Первые распространены выше 200 м, вторые – выше 150 м [Humlum, 1998; Fucui et al., 2007]. Современные каменные глетчеры начали формироваться около 1200 лет назад [Humlum, 1998].

Другая группа каменных глетчеров распространена на *Южных Шетландских* островах, у западного берега Антарктического п-ова (под 65–64° ю.ш.). Здесь выпадает около 800 мм атмосферных осадков в год. Средние годовые температуры воздуха выше –3 °С, т. е. на островах теплее и влажнее, чем на континенте. Это обстоятельство определяет более высокую скорость движения каменных глетчеров, которая в среднем составляет 30 см/год. Некоторые каменные глетчеры спускаются непосредственно в море [Barsch, 1996].

Остров *Южная Георгия* (54° ю.ш., 39° з.д.) горист: наивысшая вершина поднимается до 2934 м. Его длина 170 км и почти 60 % его территории занята ледниками. Годовая норма атмосферных осадков близка к 1500 мм. Вечная мерзлота развита выше 150–200 м над ур. моря. На юго-востоке острова находятся два каменных глетчера [Birnie, Thom, 1982]. Первый из них, именуемый Cooper Sound, протягивается на 1,5 км от высотной отметки 200 до 57 м. Он характеризуется сложным строением. Его верхняя часть (или первая ступень, выше 175 м) имеет свежий вид. Она сложена крупными обломками габбро, на которых практически отсутствуют накипные лишайники. Поперечные валы и ложбины на фотографии не просматриваются, по-видимому, они сглаживаются снежными лавинами. Вторая ступень имеет классический облик, на ней четко выражены дугообразные валы и ложбины. Ступень прослеживается вниз до 119 м. Примерно 25 % каменных поверхностей покрыто лишайниками. Две нижние ступени почти полностью задернованы. Валы и ложбины слабо развиты на третьей ступени, а на четвертой они не просматриваются. Описание каменного глетчера и его фотография позволяют заключить, что его верхняя ступень активна, а вторая теряет активность и переходит в неактивное состояние. Две нижние ступени – древние каменные глетчеры, которые сформировались на рубеже позднего плейстоцена и голоцена. Две верхние ступени, вероятно, осыпного генезиса, две нижние – ледникового. Второй каменный глетчер, Binary Peacs, протягивается в длину на 175 м и

размещается между 400 и 365 м над ур. моря. Он осыпного происхождения. Фотография свидетельствует о его неактивном состоянии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее обстоятельно изучены каменные глетчеры в Северной Америке и Гренландии. В Южной Америке значительные по площади территории Анд остаются пока вне сферы таких исследований. Не исключено, что ряд горных массивов Антарктиды может стать весьма перспективным для исследователей каменных глетчеров. Их детальное изучение позволит выявить специфику строения, динамики и эволюции каменных глетчеров этого региона с самым суровым климатом Земли. Возможно, здесь находятся и самые древние активные каменные глетчеры.

В Гренландии, Северной и Южной Америке и в Антарктике по предварительной и весьма ориентировочной оценке не менее 10 тыс. каменных глетчеров. Активные каменные глетчеры приурочены к поясу вечной мерзлоты, неактивные иногда встречаются вне этого пояса, древние, как правило, находятся ниже его границы. Соотношение активных, неактивных и древних их разновидностей существенно изменяется по регионам. Общая тенденция – рост этого соотношения в пользу активных каменных глетчеров в приполярных горах и снижение его в пользу неактивных на средних широтах и в пользу древних на низких широтах. Абсолютная высота и морфология гор могут вносить существенные коррективы в эту закономерность. Отметим, что есть горные массивы, где полностью отсутствуют активные и неактивные каменные глетчеры, например, в горах штата Нью-Мексико, и, наоборот, отсутствуют древние их разновидности в некоторых горах Аляски, Гренландии и Антарктиды.

До сих пор на рассматриваемом пространстве многие стороны каменных глетчеров очень слабо изучены или остаются спорными. К их числу внесем гидрологию, внутреннее строение и эволюцию этих горных образований. Однако уже сейчас можно уверенно констатировать, что в каменных глетчерах сосредоточены огромные запасы подземных льдов, оцениваемые во многие кубические километры.

Литература

- Горбунов А.П. Аномальное распространение вечной мерзлоты // Криосфера Земли, 2002, т. VI, № 4, с. 25–29.
- Горбунов А.П. Криогенез и ледники в Андах Мендосы, Аргентина: настоящее и прошлое // Криосфера Земли, 2006, т. X, № 3, с. 69–75.
- Мягков С.М. Каменные глетчеры Трансантарктических гор // Антарктика, 1981, вып. 20, с. 89–92.
- Тюрин А.И., Романовский Н.Н., Полтев Н.Ф. Мерзлотно-фациальный анализ курумов. М., Наука, 1982, 150 с.

- Barsch D.** Blockgletscher – Studien, Zusammenfassung und offene Probleme // Mesoformen des Relief im heutigen Periglazialraum. Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht, 1983, S. 133–150.
- Barsch D.** Rockglaciers. Berlin, Springer-Verlag, 1996, 331 p.
- Benedict J.B., Benedict R.J.** Arapaho Rock Glacier, Front Range, Colorado, U.S.A.: A 25-year Resurvey // Arctic and Alpine Res., 1986, vol. 18, No. 3, p. 349–352.
- Birnie R.V., Thom G.** Preliminary observations on two rock glaciers in South Georgia, Falkland Islands Dependencies // J. Glaciol., 1982, vol. 28, No. 99, p. 377–386.
- Blagbrough J.W.** Rock glaciers in the Capitan Mountains, south-central New Mexico // Geol. Soc. Amer., Abs. With Prog (Rocky Mountain Section), 1976, vol. 8(5), p. 570–571.
- Blumstengel W., Harris S.A.** Observations on an active lobate rock glacier, Slims River Valley, St. Elias Range, Canada // Proc. of the 5th Intern. Conf. on Permafrost in Trondheim, Norway, 1988, vol. 1, p. 689–694.
- Brenning A.** Geomorphological, hydrological and climatic significance of rock glaciers in the Andes of Central Chile (33–35° S) // Permafrost and Periglacial Processes, 2005, vol. 16, No. 2, p. 231–240.
- Brown W.H.** A probable fossil glacier // J. Geol., 1925, vol. 33, p. 464–466.
- Butler D.** Neoglacial climatic inferences from rock glaciers and protalus ramparts, Southern Lemhi Mountains, Idaho // Phys. Geogr., 1988, vol. 9, No. 1, p. 71–80.
- Capps S.R.** Rock glaciers in Alaska // J. Geol., 1910, vol. 18, No. 4, p. 359–375.
- Corte A.** Rock glaciers // Biul. Peryglacjalny, 1976, No. 26, p. 175–197.
- Corte A.** Proceses Periglaciales Actuales y Pasados (Pleistocénicos) en Argentina Central // Acta Geocriogen., 1983, vol. 5, p. 62–74.
- Corte A., Espizua L.** Inventario de glaciares de la cuenca de Rio Mendoza. Mendoza, IANIGLA-CONICET, 1981, 62 p.
- Cross C.W., Howe E.** Geography and general geology of the quadrangle Silverton Folio // U.S. Geol. Serv. Folio, 1905, vol. 120, p. 1–25.
- Elconin R.F., LaChapelle E.R.** Flow and internal Structure of a rock glacier // J. Glaciol., 1997, vol. 43, No. 144, p. 238–244.
- Ellis J.M., Calkin P.E.** Nature and distribution of glaciers, neoglacial moraines, and rock glaciers, East-central Brooks Range, Alaska // Arctic and Alpine Res., 1979, vol. 11, No. 4, p. 403–420.
- Espizua L.** Diferencia altitudinal del limite inferior de los glaciares de escombros activos, entre laderas Norte y Sur, de los Cordones del Plata y Portillo, provincia de Mendoza // Acta Geocriogen., 1983, vol. 5, p. 79–87.
- Foster H.L., Holmes G.W.** A large transitional rock glacier in the Johnson River area, Alaska Range // Geol. Surv. Res., 1965, vol. 525B, p. B112–B116.
- Franco B., Fabre D., Pouyaud B. et al.** Symptoms of degradation in a Tropical Rock Glacier, Bolivian Andes // Permafrost and Periglacial Processes, 1999, vol. 10, No. 1, p. 91–100.
- Fucui K., Sone T., Strelin J. et al.** Ground penetrating radar sounding on an active rock glacier on James Ross Island, Antarctic Peninsula region // Polish Polar Res., 2007, vol. 28, No. 1, p. 13–22.
- Gardner J.S., Bajewsky I.** Hilda rock glacier stream discharge sediment load characteristics, Sunwarta Pass Area, Canadian Rocky Mountains // Rock Glaciers. Boston, Allen and Unwin, 1987, p. 161–174.
- Giardino J.R., Vitek J.D.** Interpreting the internal fabric of a rock glacier // Geografica Annaler, 1988, vol. 70A, No. 1–2, p. 15–25.
- Goolshy J.E.** East rock glacier of Lone Mountain County, Montana // Geol. Soc. Amer., Abs. With Prog (Rocky Mountain Section), 1972, vol. 4(6), p. 377–378.
- Graf K.** Zum Hohenverlauf der Subnivalstufe in den tropischen Anden, insbesondere in Bolivien und Ecuador // Z. Geomorphologia, 1981, Suppl.-Bd 37, S. 1–24.
- Hassinger J.M., Mayewski P.A.** Morphology and dynamics of the rock glaciers in Southern Victoria Land, Antarctica // Arctic and Alpine Res., 1983, vol. 15, No. 3, p. 351–368.
- Heine K.** Blockgletscher – und Blockzungen – Generationen am Nevado de Toluca, Mexiko // Die Erde, 1976, Bd 107, H. 4, S. 330–352.
- Heine K.** Present and Past Geocryogenic processes in Mexico // Permafrost and Periglacial Processes, 1994, vol. 5, No. 1, p. 1–12.
- Höllermann P.** Blockgletscher als Mesoformen der Periglazialstufe // Bonner Geogr. Abh., 1983, H. 67, S. 1–73.
- Humlum O.** Rock glaciers types on Disko, Central West Greenland // Geogr. Tidsskr., 1982, vol. 82, p. 59–66.
- Humlum O.** Rock glacier appearance level and rock glacier initiation line altitude: A methodological approach to the study of rock glaciers // Arctic and Alpine Res., 1988, vol. 20, No. 2, p. 160–178.
- Humlum O.** Origin of rock glaciers: Observations from Mellemfjord Glacier on Disko Island Central West Greenland // Permafrost and Periglacial Processes, 1996, vol. 7, No. 3, p. 361–380.
- Humlum O.** The climatic significance of rock glaciers // Permafrost and Periglacial Processes, 1998, vol. 9, No. 3, p. 375–395.
- Humlum O.** Late – Holocene climate in central West Greenland: meteorological data and rock-glacier isotope evidence // Holocene, 1999, vol. 9, No. 4, p. 581–594.
- Ives R.L.** Rock glaciers in the Colorado Front Range // Bull. Geol. Soc. Amer., 1940, vol. 51, No. 9, p. 1271–1294.
- Janke J.R.** Colorado front range rock glaciers distribution and topographic characteristics // Arctic, Antarctic and Alpine Res., 2007, vol. 39, No. 1, p. 74–83.
- Johnson J.P., Nickling W.G.** Englacial temperature and deformation of a rock glacier in the Kluane Ranges, Yukon Territory, Canada // Can. J. Earth Sci., 1979, vol. 16, p. 2275–2283.
- Johnson P.G.** Rock glacier types and their drainage systems, Grizzly Creek, Yukon Territory // Can. J. Earth Sci., 1978, vol. 15, No. 9, p. 1496–1507.
- Johnson P.G.** Rock glaciers of the Dalton Range, Kluane Ranges, Yukon Territory, Canada // J. Glaciol., 1988, vol. 34, No. 118, p. 327–332.
- Johnson P.G.** Micro-relief on a Rock Glacier, Dalton Range, Yukon, Canada // Permafrost and Periglacial Processes, 1992, vol. 3, No. 1, p. 41–47.
- Johnson R.B.** Rock streams on Mount Mestas, Songre de Cristo Mountains, Southern Colorado // Geol. Surv. Res., 1967, Chap. D, p. 217–220.
- Kershaw G.P.** Rock glaciers in Cirque Lake area of the Yukon – Northwest Territories // Albertan Geogr., 1978, No. 14, p. 61–88.
- Lliboutry L.** Internal moraines and rock glaciers // J. Glaciol., 1953, vol. 2, No. 14, p. 296.
- Lliboutry L.** Phénomènes cryonivaux dans les Andes de Santiago (Chili) // Biul. Peryglacjalny, 1961, No. 10, p. 209–224.

- Luckman B.H., Crockett K.J.** Distribution and characteristics of rock glaciers in the southern part of Jasper National Park, Alberta // *Can. J. Earth Sci.*, 1978, vol. 15, No. 4, p. 540–550.
- Mayewski P.A., Hassinger J.M.** Characteristics and significance of rock glaciers in southern Victoria, and Antarctica // *Antarctic J., US*, 1980, vol. 15, p. 68–69.
- Morris S.E.** Regional and topoclimatic implications of rock glacier stratigraphy: Blanco Massif, Colorado, USA // *Rock Glaciers*. Boston, Allen and Unwin, 1987, p. 107–125.
- Osborn G.** Glacial Deposits and Tephra in the Toiyabe Range, Nevada, USA // *Arctic and Alpine Res.*, 1989, vol. 21, No. 3, p. 256–267.
- Payne D.** Climatic implications of rock glaciers in the arid Western Cordillera of the Central Andes // *Glacial Geol. and Geomorphol.*, 1998, rp03/1998. (<http://ggg.qub.ac.uk/ggg/papers/full/1998/rp03/1998/rp03.htm>).
- Pérez F.L.** A talus rock glacier in the Venezuelan Andes // *Z. Gletscherk. und Glazialgeol.*, 1988, Bd 24, H. 2, S. 149–159.
- Schrott L.** Die Solarstrahlung als steuernder Faktor im Geosystem der subtropischen semiariden Hochanden (Agua Negra, San Juan, Argentinien). Heidelberg, 1994, 199 s.
- Shroder J.F., Jr.** Rock glaciers and slope failures: High Plateaus and La Sal Mountains, Colorado Plateau, Utah, USA // *Rock Glaciers*. Boston, Allen and Unwin, 1987, p. 193–238.
- Trombotto D., Ahumada A.L.** Los fenómenos Periglaciales. Identificación, denerminación y aplicación // *Opera Lilloana*, 2005, No. 45, p. 1–131.
- Wahrhaftig C., Cox A.** Rock glaciers in the Alaska Range // *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 1959, vol. 70, No. 4, p. 383–436.
- Wayne W.J.** Paleoclimatic inferences from relict cryogenic features in alpine regions // *Proc. of the 4th Intern. Conf. on Permafrost in Fairbanks, Alaska*, 1983, p. 1378–1383.
- White S.E.** Rock glacier studies in the Colorado Range, 1961 to 1968 // *Arctic and Alpine Res.*, 1971, vol. 3, No. 1, p. 43–64.
- White S.E.** Rock glaciers and Block Fields, Review and New Data // *Quatern. Res.*, 1976, vol. 6, No. 1, p. 77–97.
- Zielinski G.** Lacustrine sediment evidence opposing Holocene Rock Glacier activity in the Temple Lake Valley, Wind River Range, Wyoming, U.S.A. // *Arctic and Alpine Res.*, 1989, vol. 21, No. 1, p. 22–33.

*Поступила в редакцию
14 января 2007 г.*