

Научные сообщения

УДК 551.435.587–551.343.4(571.651)

© 2017 г. А.А. ГАЛАНИН

КАМЕННЫЕ ГЛЕТЧЕРЫ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЧУКОТСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Институт мерзлотоведения СО РАН имени П.И. Мельникова, Якутск, Россия
e-mail: agalanin@gmail.com

На основании дистанционного картографирования и полевого изучения в пределах южной части Провиденского горного массива (Чукотское нагорье) обнаружено около 550 каменных глетчеров. Их плотность составляет до 8 шт./км² и является наиболее высокой для северо-восточной Азии. Здесь установлены все известные морфодинамические типы каменных глетчеров: каровые языковидные, присклоновые лопастевидные и комплексные. Каменные глетчеры распространены во всем интервале абсолютных высот и достигают уровня моря. Наиболее широко распространены присклоновые каменные глетчеры аномальных размеров, а также ледово-грунтовые плотины, группирующиеся в линейные зоны вдоль бортов неотектонических грабенов и разрывов. Они отнесены к особому типу *приразломных каменных глетчеров*. Специфической чертой каменных глетчеров Провиденского горного массива является активный инфильтрационный сток и наличие талого ложа под фронтальными генерациями, что свойственно “теплым” ледникам и каменным глетчерам Европы и Средней Азии, в то время как в горных районах северо-восточной Азии в пределах криолитозоны сплошного типа основание каменных глетчеров, как правило, приморожено к ложу и имеет отрицательные температуры. Возраст активных каменных глетчеров не превышает 2–2.5 тыс. лет. Их формирование мы связываем с особенностями распада последнего плейстоцен-голоценового оледенения в условиях морского арктического климата. Возрастание роли криогенно-склоновых процессов в позднеледниковый этап способствовало захоронению блоков метаморфических льдов и льдистых морен в ледниковых карах и бортах долин и их дальнейшей трансформации в каменные глетчеры.

Ключевые слова: каменные глетчеры, приразломный каменный глетчер, ледово-грунтовая плотина, Чукотский полуостров, северо-восточная Азия.

Введение

К каменным глетчерам относят сцементированные льдом грубообломочные образования, обладающие способностями к пластическому течению единым телом за счет деформации льда-цемента [1–5]. Они установлены в большинстве горных сооружений Сибири [5–8]. Каменные глетчеры являются морфоклиматическими индикаторами мерзлотных поясов, особенности их строения и географии несут информацию о климатических изменениях, формировании рельефа и четвертичных отложений горных районов [1].

Наряду с обычными ледниками, льды каменных глетчеров являются элементом водного баланса. В результате абляции краевых частей ледников часто формируются крупные приледниковые каменные глетчеры, иногда они могут выполнять функции плотин. Нередко развиваются сложные гляциально-криогенные комплексы (ГКК),

обладающие высокой динамичностью и являющиеся источниками катастрофических ледово-грязекаменных селей.

В горных районах северо-востока России каменные глетчеры некоторые исследователи идентифицировали как палеосейсмодислокации, что приводило к необоснованному завышению сейсмической активности при разработке карт сейсмического районирования [9]. На территории Чукотки материал каменных глетчеров иногда используется в строительных целях для отсыпки автодорожных насыпей, возведения гидротехнических сооружений.

Изученность каменных глетчеров Чукотки

Вплоть до конца XX в. каменные глетчеры Чукотки не были известны в отечественной литературе. Однако об их широком распространении можно судить по косвенным указаниям. В 1953 г. В.М. Пономарев [10] дает интерпретацию некоторых “каменных потоков” на Чукотке, близкую к определению каменных глетчеров. По его мнению, они формируются за счет солифлюкционных движений на участках избыточного накопления “глыбового делювия (коллювия)” [10, с. 142]. На широкое распространение в Чукотском нагорье сходных с каменными глетчерами образований указал А.Н. Котов [11] в 1991 г. Позже исследователь отмечает, что при бурении присклонового каменного глетчера черте пос. Эгвекинот установлены пласты чистого льда мощностью от 0.7 до 3.8 м [12].

В 1995–2010 гг. А.А. Галаниным и О.Ю. Глушковой выполнено мелкомасштабное картографирование ареалов каменных глетчеров Северо-Востока с использованием космических снимков Landsat с разрешением около 15 м [5, 13]. На территории Чукотского нагорья установлено более 1500 крупных объектов, морфологически сходных с каменными глетчерами. Установлено, что максимальная плотность распространения данных образований характерна для южной части нагорья – хребта Искатень и Провиденского горного массива. Вместе с тем, каменные глетчеры Чукотского нагорья остаются практически не освещенными в литературе. Частичное восполнение данного пробела является основной целью настоящей статьи, материалы которой основаны на результатах дистанционного картографирования и полевых исследований 2004–2005 гг.

Некоторые сведения о районе исследований

Провиденский горный массив (64°25' с.ш., 172°00' з.д.) расположен в ЮВ части Чукотского полуострова в пределах Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Здесь развит контрастный неотектонический рельеф со средними максимальными отметками до 800 м и глубиной расчленения до 700 м (рис. 1). Наибольшее погружение испытывали блоки в днищах узких впадин, часть которых является бухтами и заливами Берингова моря. Глубина отдельных бухт (Провидения, Всадник) достигает 150 м. На поверхностях приподнятых блоков хорошо сохранились фрагменты дочетвертичного пенепплена (альтипплена), щебнисто-глыбовый покров которого переработан криогенными процессами. Рельеф Провиденского горного массива несет признаки интенсивной обработки четвертичными ледниками; оледенение имело сетчатый характер. Узкие и глубокие грабен-долины служили выводными каналами ледников, зоны разгрузки которых находились ниже современного уровня моря в акваториях бухт и заливов.

По данным метеостанции пос. Провидения среднегодовая температура района составляет –4.7 °С, средняя температура июля +7.6 °С, января –15.9 °С, среднегодовое количество осадков 536 мм, среднее число дней со снежным покровом 223. Данные показатели соответствуют параметрам перигляциальной морфоклиматической зоны. В пределах района развита многолетняя мерзлота сплошного типа мощностью до 150 м с температурами –1–3 °С [14]. Процессы нивации и криоморфогенеза охватывают все

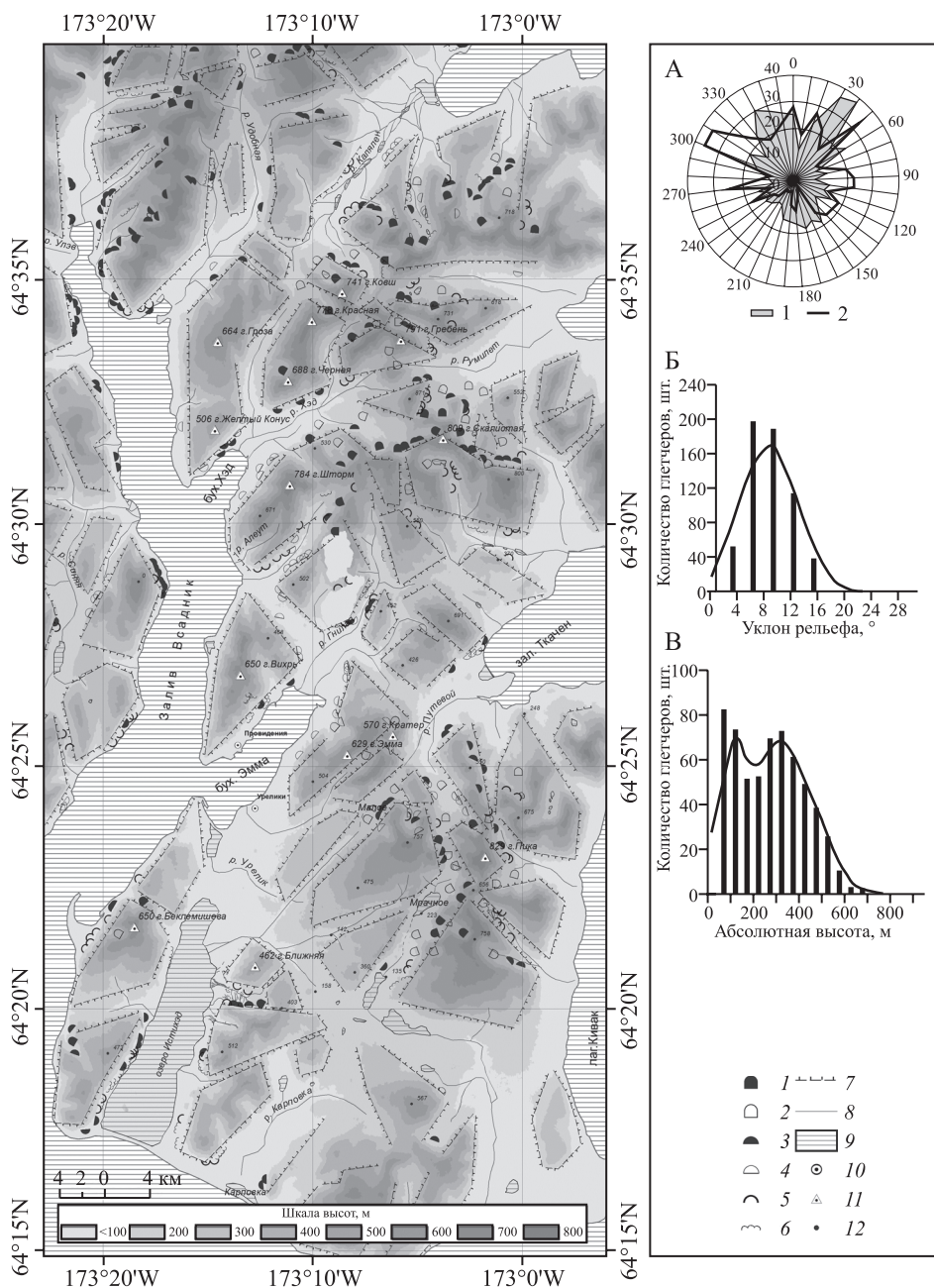


Рис. 1. Каменные глетчеры и элементы неотектонического строения Провиденского горного массива (Чукотский п-ов)

Морфогенетические типы каменных глетчеров языковидные: 1 – активные (включая комплексные), 2 – неактивные; **присклоновые:** 3 – активные полилопастные, 4 – активные монолопастные (эмбриональные), 5 – неактивные, 6 – отмершие; 7 – хорошо выраженные границы неотектонических блоков; 8 – реки; 9 – озера; 10 – населенные пункты; 11 – тригопункты; 12 – прочие отметки высот. **Частотное распределение:** А – экспозиций склонов, несущих каменные глетчеры (1) и ориентировки векторов движения каменных глетчеров (2); Б – каменных глетчеров в поле уклонов; В – каменных глетчеров в поле абс. высот

гипсометрические уровни и элементы современного рельефа и проявляются в виде морозного дробления, пучения, полигонообразования, криодесерпции, курумов, каменных глетчеров и др.

Деградация последнего (раннеголоценового) оледенения происходила в условиях морского арктического климата пассивно [15], на фоне ослабления роли нивально-гляциальных процессов возрастала активность склонового криоморфогенеза. На протяжении голоцена каровые ледники постепенно перерождались в каменные глетчеры, а в истоках долин формировались специфические гляциально-криогенные комплексы (ГКК), резко отличающиеся от более древних ледниковых форм по морфометрическим характеристикам, высокому содержанию различных типов льдов, степени сохранности сингенетического микрорельефа. Ключевыми элементами ГКК являются забронированные щебнем фирновые бассейны, языковидные каровые и присклоновые каменные глетчеры со смешанным питанием [16].

Методы исследований

При картографировании и полевом изучении нами использована классификация Д. Барша [1], согласно которой каменные глетчеры разделяются на таксоны в зависимости от их морфологического типа (языковидные, лопастевидные), современной активности (активные, неактивные, отмершие, эмбриональные) и характеру вмещающего рельефа (каровые, присклоновые). Для активных глетчеров характерны хорошо выраженный рельеф, крутые фронтальные уступы, четко фиксируемые на аэрокосмических изображениях в виде серповидных теней. Они характеризуются незначительным развитием эпигенетических процессов, отсутствием почвенно-растительного покрова. Неактивным глетчерам также свойственна хорошая морфометрическая выраженность, но они не имеют резкого осыпающегося фронтального откоса, на поверхности часто обнаруживается решетка полигональных трещин, по которым развиваются термоэрозионные каньоны и просадки. Отмершие каменные глетчеры характеризуются инверсионным рельефом, более сомкнутым почвенно-растительным покровом, отсутствием крутого фронтального уступа.

Некоторые крупные каменные глетчеры имеют несколько разновозрастных генераций и включают небольшие фирновые бассейны. Данный тип, именуемый комплексными каменными глетчерами [1, 16], имеет смешанное питание, в котором кроме конжеляционного сноса подчиненное значение имеет фирновое питание.

Среднемасштабное дистанционное картографирование каменных глетчеров Провиденского горного массива выполнено с целью оценки закономерностей их пространственного распределения. Использовались космические изображения высокого разрешения (до 0.5 м), доступные на сервере Bing, а также цифровая модель рельефа (ЦМР) Aster Dem 2v (разрешение 20 м), находящаяся в свободном доступе на сервере USGS. Космические снимки, топографические карты и ЦМР были смонтированы в единой проекции Меркатора с использованием программных средств ArcMap-10. Поиск и картографирование каменных глетчеров выполнялось вручную при увеличении картографируемого участка до м-ба 1:10000.

Обнаруженные глетчеры картографировались в виде отдельного слоя точечных объектов (векторов), ориентированных в направлении их движения. Каждый объект на основе набора дешифровочных признаков [1] относился к тому или иному морфогенетическому типу (рис. 1). На основе совмещения ЦМР и оптического изображения поверхности выделены отчетливо дешифрируемые границы неотектонических блоков различного порядка, выраженных в виде резких линейно ориентированных тектонических уступов и разрывов с высоким гипсометрическим градиентом. Дальнейшая обработка результатов дешифрирования заключалась в использовании простейших инструментов пространственного анализа. Для каждого каменного глетчера вычислялась абсолютная отметка высоты, экспозиции и крутизны вмещающего рельефа

(склона) путем интерполяции значений высотного раstra (ЦМР). Также для каждого объекта определялся азимут направления движения.

Полевое изучение каменных глетчеров выполнялись с целью заверки результатов дистанционного картографирования. Основной акцент делается на описании вмещающего рельефа и отложений, морфологии поверхности, литологического и петрографического состава. На некоторых каменных глетчерах выполнены лихенометрические измерения диаметров желтых особей *Rhizocarpon sp.*, на основании которых с использованием кривых роста данного таксона [17] было оценено минимальное время экспонирования поверхностей.

Результаты. География глетчеров Провиденского горного массива

В пределах картографируемого участка (рис. 1), площадь которого составляет 6881 км², было установлено около 550 каменных глетчеров перечисленных выше типов. Среди них выявлено 64 активных языковидных (каровых) и 487 лопастевидных (присклоновых). Среди присклоновых установлено 222 активных, 108 неактивных, 68 отмерших и 89 эмбриональных. Необходимо отметить, что при их картографировании каждая крупная и хорошо идентифицируемая лопасть выделялась нами в качестве отдельного (элементарного) глетчера. Целесообразность такого подхода обусловлена тем, что полилопастные образования имеют более высокий иерархический ранг, поскольку формируются путем слияния элементарных лопастей простых (монолопастных) каменных глетчеров. Такое разделение дает возможность более объективно оценивать плотность каменных глетчеров и сравнивать различные районы по их встречаемости.

Средняя плотность (встречаемость) каменных глетчеров в пределах участка картографирования составляет около 8 шт./100 км², из них на долю языковидных каровых приходится 1 шт., лопастевидных присклоновых — 7 шт. Встречаемость каменных глетчеров в Провиденском горном массиве является одной из наиболее высоких на северо-востоке Азии. Например, в среднем для Чукотского нагорья их плотность составляет 4.1 шт./100 км², Корякского — 4.5 шт./100 км², Северного Приохотья — 1.7 шт./100 км² [5].

Частотный анализ ориентировки осей движения каменных глетчеров, с учетом их средних абсолютных высот и крутизны вмещающего рельефа (рис. 1А–В) позволяет установить следующее. Доминируют каменные глетчеры, оси которых ориентированы в СЗ направлении. Данный класс образован преимущественно присклоновыми образованиями, ориентированными перпендикулярно к тальвегам и развивающимися в бортах неотектонических грабен и троговых долин СЗ простираения. В гипсометрическом отношении каменные глетчеры распространены во всем диапазоне высот, причем, максимальное их количество наблюдается в интервале 0–200 м. Это объясняется развитием большого количества присклоновых каменных глетчеров в основаниях переуглубленных грабен-долин.

Каровые языковидные и комплексные каменные глетчеры

Языковидные активные и неактивные каменные глетчеры распространены в карах и цирках, выработанных позднеплейстоценовыми ледниками. Некоторые неактивные языковидные глетчеры крупных размеров расположены непосредственно в пределах инфраструктуры пос. Провидения (рис. 2А), опускаясь до высот 80–100 м над у.м.

Гляциально-криогенный комплекс у восточного побережья оз. Истигэт (64°20' с.ш., 173°13' з.д.) в истоках долины безымянного ручья у южного склона г. Ближняя (461 м) рассмотрен ниже в качестве типологического примера (рис. 3). Ядро ГKK представлено языковидным глетчером длиной около 1.5 км и шириной 1 км, расположенным в днище ледникового кара с отметками бровки в интервале абс. высот 400–550 м. Ось движения каменного глетчера ориентирована вниз по тальвегу долины

А



Б



В



Г



Д



Е



Рис. 2. Некоторые разновидности каменных глетчеров Провиденского горного массива

А — лопастной приразломный каменный глетчер в борту грабен-долины; Б — неактивный каровый каменный глетчер на побережье бух. Эмма; В — ледово-каменная плотина оз. Мрачного; Г — выход ручья из-под плотины оз. Мрачного; Д — гипертрофированный приразломный лопастной глетчер на побережье бух. Ткачен; Е — нижняя часть фронтального уступа приразломного каменного глетчера на побережье бух. Ткачен

в СВ направлении. В основании стенок кара крупные осыпные конусы образуют область питания глетчера, перекрывая присклоновую трещину (бергшрунд) на отметках 200–220 м абс. Фронтальный уступ каменного глетчера близок к углу естественного откоса, имеет высоту 25–30 м у правого борта, постепенно снижаясь к левому. Абс. высота бровки фронтального откоса варьирует в интервале 124–140 м над у.м., а основания — 80–90 м.

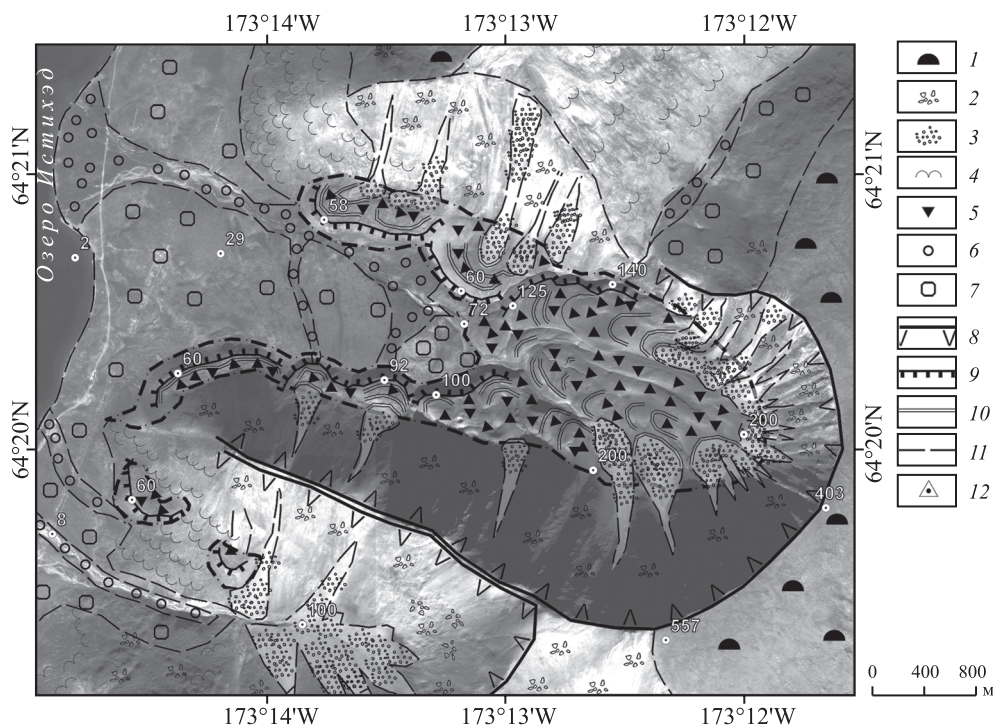


Рис. 3. Гляциально-криогенный комплекс с каровым каменным глетчером в борту неотектонического грабена оз. Истихэд (Чукотский п-ов)

1 — поверхность дочетвертичного пенеплена; 2 — крутые склоны ледниковой экзарации, сложенные преимущественно грубообломочным материалом гравитационного сноса; 3 — крупные обвално-осыпные конусы, сложенные щебнем и глыбами; 4 — эрозионно-денудационные щебнистые склоны средней крутизны, с преобладанием процессов криодесерпции, солифлюкции и курумообразования; 5 — поверхности активных каменных глетчеров, сложенные щебнем и глыбами; 6 — аллювиальный и водно-ледниковый рельеф долин современных водотоков, сложенных преимущественно валуно-галечным материалом; 7 — нерасчлененные позднеплейстоцен-голоценовые ледниковые отложения (донная морена), частично переработанные криогенными процессами (мерзлотные полигоны, вторичный щебнистый криогенный элювий и др.); 8 — бровки позднеплейстоценовых ледниковых каров; 9 — бровки фронтальных уступов каменных глетчеров; 10 — ориентированные гряды на поверхности каменных глетчеров; 11 — граница современного гляциально-криогенного комплекса (высокодинамических льдистых образований); 12 — отметки абс. высот

Поверхность глетчера весьма неровная, покрыта рыхло сложенным щебнем и глыбами меловых вулканитов среднего состава. Микрорельеф серповидных поперечных гряд выражен слабо. Почвенно-растительный покров, за исключением молодых колоний накипных лишайников здесь не развит. Проективное покрытие лишайников варьирует от 5 до 20%. Здесь нередко встречаются конусовидные термокарстовые воронки, на дне которых иногда наблюдалась вода. В верхних частях бассейна аккумуляции встречаются небольшие участки фирна и перелетовывающие снежники.

В основаниях боковых стенок кара установлены активные присклоновые каменные глетчеры, имеющие вид коротких слившихся серповидных лопастей с резкими осыпными фронтальными уступами. Их абс. отметки снижаются вниз по долине от 100 до 60 м над у.м. Питание элементарных лопастей осуществляется за счет 1–2 крупных осыпных конусов. Оси движения присклоновых глетчеров направлены в сторону тальвега.

Морфологические признаки указывают на удревнение элементарных лопастей присклоновых глетчеров вниз по долине. В бортах устьевой части, открывающейся

в долину оз. Истигэт, поверхности лопастей характеризуются более плотным сложением, здесь хорошо заметна полигональная трещинная решётка и сортировка материала, развивающиеся в результате деградации реликтовых ядер метаморфических льдов. По всей вероятности, трещины расширяются в результате затекания надмерзлотных вод и внутренней термоэрозии и постепенно заполняются сползающим в них щебнем и глыбами. Данные процессы хорошо заметны на космических снимках с разрешением 40–50 см и характерны для большинства неактивных каменных глетчеров региона. По мере деградации ледяных ядер происходит формирование ячеистого инверсионного микрорельефа.

На поверхности наиболее ранних генераций каменных глетчеров начинается процесс зарастания — появляются куртины злаков, зеленых мхов и единичные кустарнички. В покрове эпилитных лишайников доминирующими становятся корковые, листоватые и кустистые виды; проективное покрытие достигает 80–100%.

Присклоновые, приразломные каменные глетчеры и ледово-каменные плотины

Специфической чертой современной криолитозоны Провиденского горного массива является широкое распространение приразломных каменных глетчеров и ледово-каменных плотин, блокирующих сток некоторых водотоков. К морфогенетическому типу (подтипу) *приразломных каменных глетчеров* (fault-associated rock glaciers) мы относим некоторые разновидности присклоновых лопастных глетчеров [16, 18], трассирующих борта грабен-долин (рис. 2А, Д). Получая избыточное питание из зон тектонического дробления, они приобретают гипертрофированные размеры и мощность, развиваются в любых экспозициях и гипсометрических интервалах, опускаясь нередко до уровня моря (см. рис. 1). Таким образом, приразломные каменные глетчеры в некоторой степени являются геоморфологическими аномалиями, нарушая морфоклиматическую зональность и поясность. В горных районах северо-востока Азии некоторые исследователи, наблюдая данные образования в ассоциации с активными разрывами, трактовали их в качестве вторичных палеосейсмодислокаций (сейсмообвалов) [9, 18]. В ходе специальных исследований была установлена генетическая связь этих объектов с криогенными и ледниковыми процессами [9].

Типологическим представителем ледово-каменных плотин является ГКК оз. Мрачного (64°21' с.ш.; 173°04' з.д.), расположенный в 10 км к юго-востоку от пос. Провидения внутри сквозной грабен-долины долины субмеридионального простирания (рис. 4). Она соединяет бухту Ткачен (долина руч. Путевой) со Среднеозерной межгорной впадиной, рассекая массив г. Пика (825 м). Центральным элементом здесь является блокирующее долину сложно дислоцированное ледово-каменное образование длиной около 1.5 км, шириной 0.8 км и площадью 1.327 км², расположенное в интервале абс. высот 260–210 м над у.м. В теле плотины четко прослеживаются три разновозрастные генерации, отделенные друг от друга уступами. Поверхность плотины сложена крупным изометричным щебнем и глыбами крупнозернистых лейкократовых гранитов, изредка встречаются обломки средних и кислых вулканитов. Размеры отдельных глыб, частично погруженных в щебнистую массу, превышают 3–4 м в поперечнике и имеют признаки интенсивного эпигенетического растрескивания.

Подпрудное оз. Мрачное имеет длину около 1 км, ширину 0.5 км и площадь зеркала 0.4 км². Общая площадь водосборного бассейна составляет порядка 16 км². Сток из озера осуществляется путем подповерхностного дренажа под телом плотины на протяжении более 1 км. Компактный источник с дебитом не менее 2 м³/сек разгружается в основании фронтального уступа плотины в хорошо выработанное русло шириной 8–10 м и глубиной до 30–40 см. Плоское галечное дно и отсутствие пойменных отложений свидетельствуют о стабильности уровня водотока на всем протяжении периода стока.

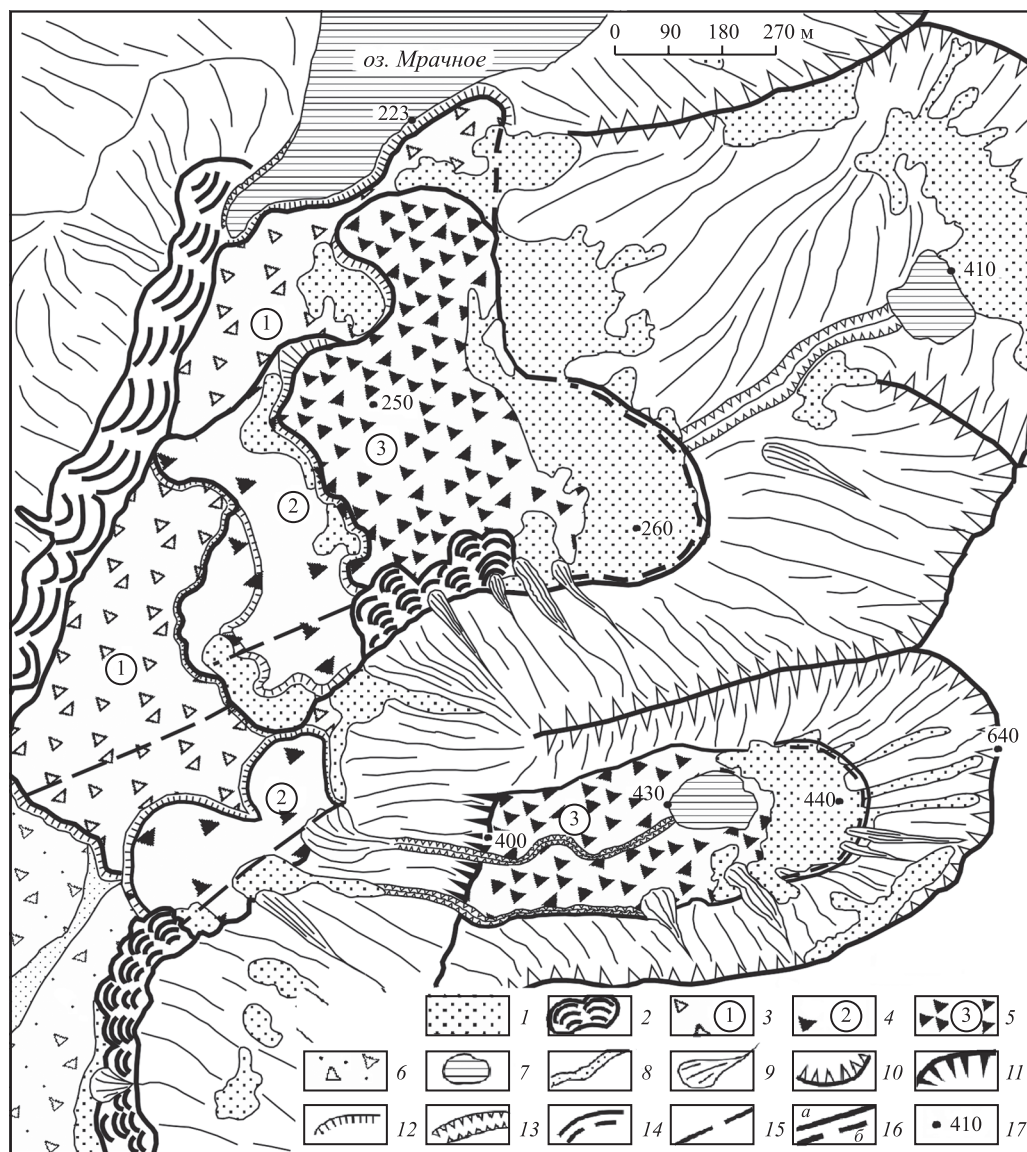


Рис. 4. Гляциально-криогенный комплекс (плотина) участка оз. Мрачное в Провиденском массиве (дешифрирование выполнено совместно с О. Ю. Глушковой)

1 — фирновые поля и снежники; 2 — полилопастные присклоновые каменные глетчеры; разновозрастные генерации ледово-каменной плотины: 3 — первая (самая ранняя), 4 — вторая, 5 — третья; 6 — донная морена последнего оледенения; 7 — подпрудные озера; 8 — суффозионные и маргинальные каналы стока; 9 — осыпные конусы; 10 — бровки ледниковых каров; 11 — скалистые стенки ригелей; 12 — фронтальные уступы разновозрастных генераций; 13 — глубокие трещины и каньоны, захваченные водотоками; 14 — геоморфологические границы между генерациями; 15 — предполагаемые сейсмостектонические трещины; 16 — прочие границы (а — наблюдаемые, б — предполагаемые); 17 — отметки абс. высот, м

Материал для ледово-каменной плотины поставляется из системы ступенчатых каров, врезанных в левый борт грабен-долины. Ригели нижних ступеней высотой до 100–150 м представляют собой субвертикальные плоскости тектонических трещин с милонитизированными зеркалами скольжения и поверхностями отрыва. В одном

из каров верхней ступени расположен небольшой ледник, поверхность которого присыпана щебнистым материалом.

Максимальная мощность ледово-каменной плотины оз. Мрачного оценивается в 20–25 м и, вероятно, увеличивается вверх по долине в сторону более молодых генераций. Рельеф поверхности весьма неровный, бугристо-ямчатый, осложнен конусообразными термокарстовыми воронками глубиной до 6–8 м. На дне некоторых из них наблюдались небольшие водоемы, реже — выходы блоков “мертвого льда”. При наблюдении с близкого расстояния рельеф поверхности создает впечатление бэдленда. При наблюдении с борта долины и на космических снимках проявляется отчетливая ячеистая структура (рис. 2В), образованная мозаикой равнеликих бугров и воронок размерами 30–50 м в диаметре. По-видимому, это эпигенетический инверсионный рельеф, сформировавшийся в результате вытаивания реликтовых блоков метаморфического льда по полигональной трещинной сетке. Фронтальная часть плотины не имеет резкого уступа (рис. 2Г), наклонена вниз по долине под углом 10–15° и имеет ряд лопастей, плавно смыкающихся с широким субгоризонтальным валунно-галечным днищем наледного участка долины. Растительный покров на поверхности плотины образован преимущественно литофильными накипными лишайниками. В меньшей степени развиты кустистые лишайники и мхи. Куртинное задернение приурочено лишь к прифронтальной части — у выхода водотока.

В составе ГKK оз. Мрачного необходимо отметить протяженные присклоновые каменные глетчеры (см. рис. 4.), трассирующие борта долины на протяжении нескольких сот метров и достигающие мощности 30–40 м. Ширина лопастей не превышает 150–200 м.

В пределах ГKK оз. Мрачного выделяется 2–3 наложенных генерации (см. рис. 4), что свидетельствует о нескольких этапах его формирования. Собственно плотиной является наиболее ранняя генерация, целиком перекрывающая днище долины от левого до правого борта. Ее характерным признаком является максимальная концентрация наиболее крупных глыб диаметром более 3 м. Многие из них фрагментированы на угловатые блоки в результате криогенного растрескивания, другие уже превратились в скопления вторичного криогенного элювия. Более поздние генерации не достигают правого борта долины и не оказывают влияния на уровень оз. Мрачного. Они имеют меньшую степень эпигенетического преобразования поверхности.

Особенности строения ледово-каменной плотины оз. Мрачного позволяют рассмотреть данное образование как отложения пульсирующих комплексных каменных глетчеров и ледово-каменных селей. Аккумуляция материала плотины происходила в результате периодического обрушения краевых частей ледников и каменных глетчеров из системы ступенчатых каров. С каждым новым обрушением кинетические импульсы получал и ранее накопленный материал, в результате чего все аккумулятивное тело испытывало подвижки и деформации. Такой механизм формирования рассматриваемого объекта вытекает из геоморфологического строения и морфометрии вмещающего рельефа, он также подтверждается отсутствием четких краевых и осцилляционных валов, ячеистой мелкораздробленной структурой и близкой степенью постгенетических преобразований разновозрастных генераций.

На основе датирования по *Rhizocarpon sp.* возраст нижней наиболее старой генерации объекта оз. Мрачное составляет 4.7 ± 0.9 тыс. лет, возраст самой обширной генерации — 3.1 ± 0.6 лет. Принимая границы неогляциальной эпохи в регионе в интервале 4.5–2 тыс. л. н., можно полагать, что интенсивное формирование комплекса происходило в указанное время, и данный объект следует отнести к неогляциальной морфоскульптуре [18, 19]. Динамический возраст наиболее молодой генерации — каменного глетчера, — расположенного в верхней части комплекса, составляет не более 1 тыс. лет и постоянно омолаживается в результате продолжающейся современной аккумуляции.

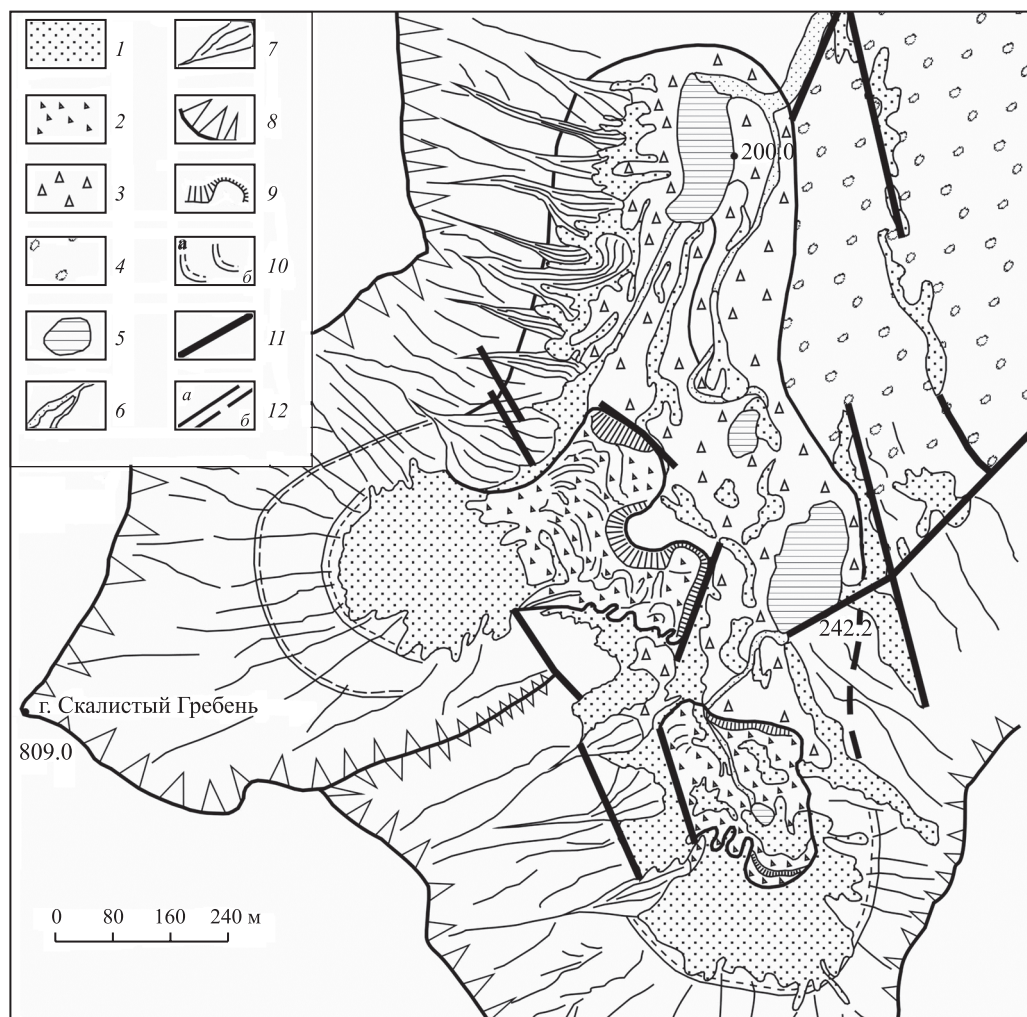


Рис. 5. Гляцио-геоморфологическая схема района г. Скалистый Гребень (дешифрирование выполнено совместно с О.Ю. Глушковой)

1 — снежники; 2 — разновозрастные генерации комплексного каменного глетчера; 3 — отмершая раннеголоценовая; 4 — позднеплейстоценовая морена; 5 — ледниковые озера; 6 — русла рек; 7 — аллювиально-пролювиальные конусы выноса; 8 — стенки каров; 9 — крутые фронтальные уступы каменных глетчеров; 10 — бергшрудны (а — позднеголоценовые, б — раннеголоценовые); 11 — современные разломы; 12 — геоморфологические границы (а — установленные, б — предполагаемые)

Сходный по строению комплекс позднеголоценовых ледово-каменных образований расположен в 5.5 км к ЮВ от пос. Провидения и является плотиной оз. Малое (64°23' с.ш.; 173°06' з.д.). ГKK вложен в сквозную ледниково-тектоническую долину субмеридионального простираия, соединяющую бухту Ткачен (долина руч. Путевой) и впадину озера Истихэд. Сток из озера происходит под плотиной из грубообломочного материала. Русло и пойма водотока не сформированы.

Как и предыдущий объект, ледово-грунтовый комплекс здесь формируется в контактовой зоне позднемеловых вулканитов и гранитоидного массива. Гранитный состав коллювия характеризуется преимущественно глыбовыми фракциями, в то время как по вулканитам развиваются средне- и мелкощебнистые фации. Ледово-каменная плотина оз. Малое имеет много общих черт с плотиной оз. Мрачное, но несколько

меньшие размеры: длина и ширина ее составляют около 900 м, площадь — 0.56 км². При средней мощности 30 м объем достигает около 0.17 км³. Почвенно-растительный покров плотины имеет куртинный характер, образован мхами и травами; проективное покрытие составляет 15–20%. На основе датирования по *Rhizocarpon sp.*, возраст нижней генерации ледово-грунтового комплекса оз. Малое установлен в 4060±800 лет, верхней — 1.6±0.4 тыс. лет [18].

Морфология оз. Малое и отложения на его берегах указывают, что относительно недавно размеры были в 5–6 раз больше, а уровень зеркала на 2–3 м выше. На поверхности осушенного днища, сложенного супесчано-суглинистыми осадками мощностью 10–20 см наблюдается активное формирование полигонов, в центре которых происходит выпучивание щебня подстилающей морены.

ГКК в районе г. Скалистый гребень (809 м) расположен в 15 км к СВ от пос. Провидения (64°31' с.ш.; 173°02' з.д.) в зоне водораздела залива Ткачен и бухты Румилет (рис. 5). Здесь отложения льдистых каровых морен и частично напользающих на них каменных глетчеров тяготеют к наиболее раздробленной зоне — пересечению разрывов СЗ, СВ и субмеридионального простирания. Устьевая ступень широкого цирка с двумя нишами, питающего динамически активные каменные глетчеры, сопряжена с зоной тектонического контакта разнородных по составу меловых вулканитов. Общая площадь ледово-каменных отложений составляет 3.2 км², в том числе площадь наиболее поздних генераций (активных каменных глетчеров) — 0.7 км².

Наиболее показателен западный глетчер, краевая часть которого имеет две лопасти, срезанные во фронтальных частях вертикальными трещинами, ориентированными почти под прямым углом друг к другу. Видимая мощность глетчера в этой части 6–10 м, его срезанные и опущенные краевые части имеют вид погруженных антиклинальных складок. Боковые склоны крутые, осыпающиеся, поверхность слабо-волнистая; инверсионная морфоскульптура (термокарст) не выражена; почвенно-растительный покров отсутствует. На основе морфометрических и геоморфологических признаков, а также размерной структуры популяции *Rhizocarpon sp.* формирование каменных глетчеров г. Скалистый гребень отнесено к максимуму неогляциальной эпохи (2–2.5 тыс. л. н.), что свидетельствует о крайне молодом возрасте описанных выше тектонических нарушений.

Заключение

В Провиденском массиве на юге Чукотского полуострова выявлено более 500 каменных глетчеров, плотность распределения которых на участке картографирования составляет около 8 шт./100 км². Данный показатель является наиболее высоким для северо-востока Азии. На исследованной территории установлены практически все основные морфогенетические типы каменных глетчеров: *каровые (простые и комплексные); присклоновые полилопастные; эмбриональные монолопастные*. Наиболее распространены полилопастные присклоновые разновидности.

В пределах Провиденского горного массива каменные глетчеры активно формируются в условиях контрастного неотектонического рельефа, переработанного позднечетвертичными оледенениями. Глетчеры достигают мощности 30–50 м, в гипсометрическом отношении распространены на всех высотах вплоть до уровня моря.

Наиболее крупные языковидные каменные глетчеры с небольшими фирновыми бассейнами приурочены к верхним наиболее молодым генерациям плейстоцен-голоценовых ледниковых комплексов. Они имеют несколько разновозрастных осцилляций и формировались в результате медленной деградации последнего оледенения на фоне активизации криогенных процессов. Наличие подобных образований свидетельствует о гипсометрической близости современной снеговой границы и является признаком недавнего (голоценового) оледенения.

Особый интерес представляет группа аномальных высокодинамичных ледово-грунтовых образований, группирующихся в линейные зоны. Ориентация этих зон имеет неотектонический контроль, подчиняется простирацию вмещающих грабен-долин, активных разрывов и зон повышенной тектонической трещиноватости. Приуроченные к неотектоническим нарушениям ледово-каменные образования с признаками активного пластического течения отнесены нами к отдельному морфогенетическому типу — *приразломным каменным глетчерам*. Вместе с ними тесно ассоциирует группа полихронных ледово-каменных плотин, блокирующих сток некоторых водотоков. Одним из таких объектов является расположенная в 10 км от пос. Провидения плотина оз. Мрачное, формировавшаяся в результате периодического обрушения или быстрого смещения краевых частей каменных глетчеров из боковых висячих каров.

Широкое развитие процессов формирования каменных глетчеров в регионе, очевидно, связано с распадом последнего оледенения и спецификой процессов дегляциации в условиях морского арктического климата. Медленное замещение нивально-гляциальных процессов криогенно-склоновыми привело к криогенной консервации блоков метаморфического льда в карах и формированию специфических гляциально-криогенных комплексов, структурные элементы которых тесно связаны в морфологическом, динамическом и историко-генетическом аспектах.

Специфической чертой каменных глетчеров Провиденского горного массива является активный инфильтрационный сток и наличие талого ложа под фронтальными генерациями, что свойственно “теплым” ледникам и каменным глетчерам Европы и Средней Азии, в то время как в горных районах северо-восточной Азии в пределах криолитозоны сплошного типа основание каменных глетчеров, как правило, приморожено к ложу и имеет отрицательные температуры.

Благодарность. Исследования выполнены при частичной поддержке РФФИ (проект № 14-05-0043515).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Barsch D. Rockglaciers: Indicators for the Present and Former Geoeology in High Mountain Environments. Berlin: Springer-Verlag, 1996. 331 p.
2. Krainer K. and Mostler W. Reichenkar Rock Glacier, a glacial derived debris-ice system in the Western Stubai Alps, Austria // Permafrost and Periglacial Processes. 2000. Vol. 11. P. 267–275.
3. Горбунов А.П., Титков С.Н. Каменные глетчеры гор Средней Азии. Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1989. 164 с.
4. Gorbunov A., Titkov S., and Polyakov V. Dynamics of rock glaciers of the Northern Tien-Shan and the Djungar Alatau // Permafrost and Periglacial Processes. 1992. Vol. 3. P. 29–39.
5. Галанин А.А. Каменные глетчеры северо-востока Азии: картографирование и географический анализ // Криосфера Земли. 2009. № 4. С. 49–61.
6. Горбунов А.П. Каменные глетчеры Мира: Общее обозрение (сообщение 3) // Криосфера Земли. 2008. Т. XII. № 4. С. 14–23.
7. Горбунов А.П. Каменные глетчеры Азиатской России // Криосфера Земли. 2006. Т. X. № 1. С. 22–28.
8. Останин О.В., Дьякова Г.С. Гляциально-мерзлотные каменные образования Центрального Алтая // Изв. АлГУ. 2013. № 3–2 (79). С. 167–170.
9. Смирнов В.Н., Галанин А.А., Глушкова О.Ю., Пахомов А.Ю. Псевдосейсмодислокации в горах Примагаданья // Геоморфология. 2001. № 2. С. 81.
10. Пономарев В.М. Четвертичные отложения и вечная мерзлота Чукотки. М.: Изд-во АН СССР, 1953. 267 с.
11. Подземные льды и криоморфогенез. Путеводитель научной экскурсии в районе г. Анадырь. Магадан: СВКНИИ ДВО АН СССР, 1991. 23 с.
12. Чукотка: Природно-экономический очерк. М.: Арт-Литэкс, 1995. 370 с.

13. Галанин А.А., Глушкова О.Ю. Строение и динамика бронированных ледников и каменных глетчеров хребтов Корякский и Искатень в позднем голоцене // Мат-лы гляциологич. исслед. 2004. Т. 97. С. 161–169.
14. Геокриология СССР. Средняя Сибирь. М.: Недра, 1989. 414 с.
15. Галанин А.А. Возраст последнего ледникового максимума на северо-востоке Азии // Криосфера Земли. 2012. Т. XVI. № 3. С. 39–52.
16. Галанин А.А. Каменные глетчеры: история изучения и современные представления // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. 2008. № 3. С. 15–33.
17. Галанин А.А., Глушкова О.Ю. Лихенометрия // Вестн. РФФИ. 2003. № 3. С. 22–52.
18. Галанин А.А. Каменные глетчеры и гравитационные сейсмодислокации южной части Чукотского полуострова // Новые и традиционные идеи в геоморфологии: V Шукинские чтения. М.: Изд-во МГУ, 2005. С. 231–235.

Поступила в редакцию
после доработки 15.03.2016

ROCK GLACIERS IN THE SOUTHERN CHUKCHI PENINSULA

A.A. GALANIN

*Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, Russia
e-mail: agalanin@gmail.com*

Summary

About 550 rock glaciers of different types were identified on the basis of remote sensing and field studies in the Southern Part of the Providenskiy mountain massif (the Chukchi Plateau). The measured occurrence frequency of rock glaciers of about 8 units/km² is the highest in the North-East Asia. All known morphodynamic types of rock glaciers were found: tongue-shaped cirque-associated, lobate-shaped slope-associated and complex ones. Rock glaciers were found over the entire elevation range starting from the sea level. The slope-associated multi-lobate rock glaciers of abnormal sizes, as well as the ice-ground dams are the most widespread ones and they concentrate in linear zones along the sides of neotectonic grabens and fracture zones. They were distinguished as a particular type of *fault-associated rock glaciers*. A specific feature of rock glaciers of the Providence massif is the thawed bed that causes water infiltration under the front generations, which is similar to “warm” glaciers and rock glaciers of Europe and Central Asia, while in the Mountains of Northeast Asia within the continuous permafrost zone rock glaciers have frozen bed, and their temperatures are significantly below zero. The age of active rock glaciers of Povidenskiy massif is not more than 2–2.5 kyr. We attribute their formation to the specific features of the Last Glaciation decay under the conditions of Marine Arctic climate. The increasing role of cryogenic mass movement during the Late Glacial Stage promoted the burial of ice and frozen moraine blocks in the glacial cirques and at valley sides and predetermined their subsequent transformation into rock glaciers.

Keywords: rock glacier, fault-associated rock glacier, ice dams, Chukchi Peninsula, North-East Asia.

DOI:10.15356/0435-4281-2017-1-66-79