

УДК 551.343.4

## **КАМЕННЫЕ ГЛЕТЧЕРЫ: ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ**

*А. А. Галанин*

*Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН, г. Магадан  
E-mail: [agalanin@gmail.com](mailto:agalanin@gmail.com)*

Рассматриваются история изучения и современные представления о каменных глетчерах как обособленной гляциально-криогенной формации – индикаторе перигляциальных условий морфогенеза в позднем плейстоцене и голоцене. Обсуждаются вопросы их генезиса, возраста, динамики, таксономии, терминологии и методов исследования. Рассматривается положение об изоморфизме каменных глетчеров с другими типами ледниковой, гравитационной и криогенной морфоскульптуры. Впервые приводятся данные о приразломных каменных глетчерах, обнаруженных в горных районах северо-востока Азии с активной современной тектоникой.

**Ключевые слова:** каменные глетчеры, неогляциальная эпоха, современное оледенение северо-востока Азии, приразломные глетчеры.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Каменные глетчеры представляют собой лопастевидные и языковидные тела, состоящие из мерзлого щебня, сцементированного ледяным цементом конжеляционного происхождения, включающие ледяные линзы или ядра льда. Это специфические и широко распространенные перигляциальные явления на Земле. Активные каменные глетчеры образуют крупные и выразительные формы рельефа в горных арктических и альпийских ландшафтах (рис. 1). Они служат индикаторами мерзлотных поясов и несут в своей структуре значительную палеогеографическую, геологическую и даже сейсмо-тектоническую информацию.

Несмотря на оживленные дискуссии (главным образом в иностранной научной литературе) по поводу генезиса и таксономии, последние публикации свидетельствуют о закреплении принципиально единого отношения к каменным глетчерам как к наиболее широко распространенной и обособленной формации – индикатору перигляциальных условий морфогенеза в горных районах. В отечественной литературе этим образованиям в настоящее время пока еще не уделяется должного внимания. Более того, в ряде регионов (например, на Северо-Востоке) рядом исследователей факт существования каменных глетчеров вообще игнорируется, их продолжают рассматривать как коллювий, курумы и даже палеосейсмодислокации.

В предлагаемой статье, привлекая результаты своих 10-летних исследований на северо-востоке Азии, а также обширный и весьма убедительный опубликованный материал отечественных и зарубежных коллег, мы попытались сделать экскурс в историю изучения каменных глетчеров вплоть до современных представлений, рассмотреть вопросы терминологии, различные углы зрения на генезис и таксономию этих образований. В настоящей работе, посвященной в большей степени теоретическим аспектам, мы намеренно опустили большую часть собственного уже опубликованного фактического материала, в том числе детальных описаний и карто-схем объектов. Но вместо этого намеренно и для большей убедительности приводим большой список цитируемой литературы, подчеркивая солидное мировое значение рассматриваемой проблемы.

### **ПРОБЛЕМА**

Каменные глетчеры распространены на горных склонах, в верховьях долин, в древних и современных ледниковых карах. Они имеют вид языков, потоков, террасовидных ступеней в основаниях склонов, сложенных сцементированным льдом щебнеглыбовым материалом. Соотношение и характер обломков и льда в телах сильно варьируют, формируя большое разнообразие их строения и морфогенетических типов. Основное динамическое и диагностическое свойство каменных глетчеров – течение, напоминающее движение

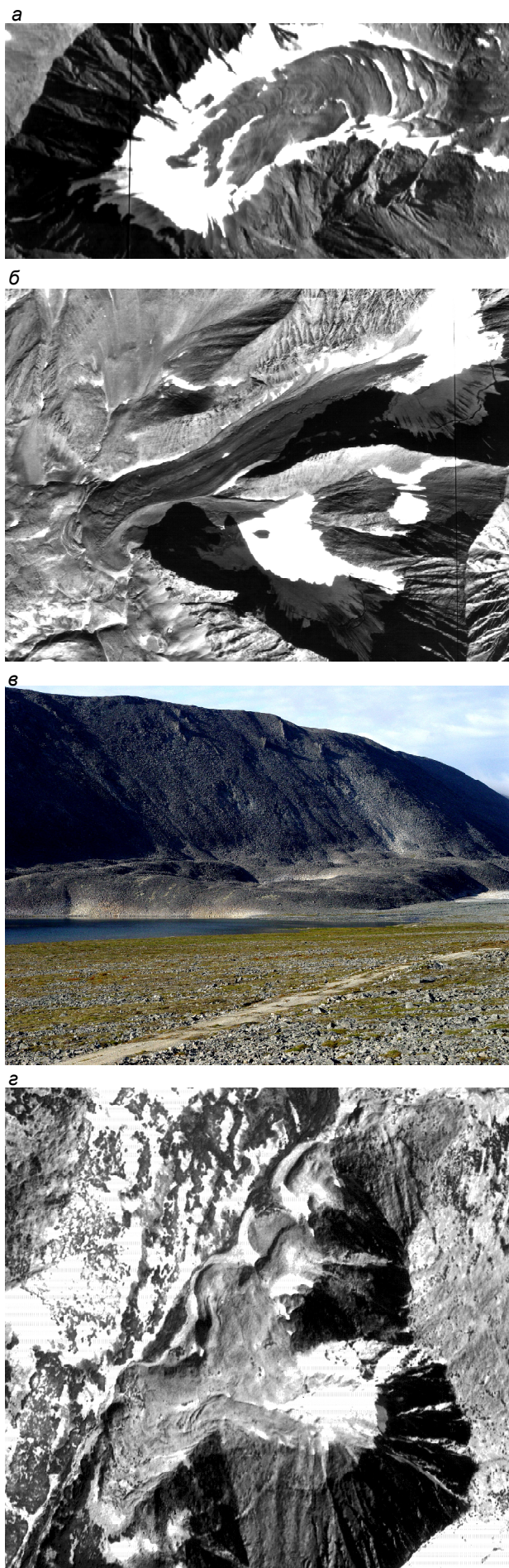


Рис. 1. Некоторые морфогенетические разновидности каменных глетчеров, распространенных в горах северо-востока Азии: а – простой языковидный (Корякский хребет); б – комплексный двукорневой каменный глетчер (Корякский хребет, аэрофотоснимок); в – лопастной приразломный (Провиденский горный массив); з – многолопастной рассеченный активным разломом в эпицентральной зоне Ямского землетрясения 1851 г. (г. Эгуйя, п-ов Кони)

Fig. 1. Some morphogenetic rock glacier types; which are wide-spread in mountain areas of northeastern Asia: а – a single tongue-shaped type (Koryak Range); б – a complex multi-root-shaped type (Koryak Range, air photo); в – a fault-related lobate-shaped type (Provideniya Mountains, Chukchi Peninsula); з – a multi-lob-shaped glacier placed in the epicentral area of Yamsk earthquake (1851) and cut by an active fault (Eguya Mountain, Koni Peninsula)

настоящих ледников; область распространения – криолитозона. Мощность достигает 100 м и более, длина – до нескольких километров.

Представления о генезисе и классификационном положении разных типов каменных глетчеров распадаются на три концептуальные группы. Согласно первой они не имеют самостоятельной геоморфологической ниши в цепи морфогенеза, а являются лишь ледниками, погребенными под плащом обломочного материала (абляционной морены) (Whalley, 1974; и др.). Другая концепция заключается в том, что каменные глетчеры – весьма сложные и самостоятельные образования перигляциальной зоны морфолитогенеза (Barsch, 1996; Krainer, Mostler, 1999, 2000). Специалисты по гляциальной геоморфологии считают, что они имеют только ледниковое (нивальное-гляциальное) происхождение, геокриологи – мерзлотное. В зарубежной литературе для отделения первых от вторых иногда используют разные термины. Так, образования мерзлотного происхождения именуют как каменные глетчеры, сцементированные льдом (ice-cemented rock glaciers); глетчеры, возникшие из ледников, – каменные глетчеры с ледяным ядром (ice-cored rock glaciers) (Krainer, Mostler, 1999, 2000). Ряд исследователей утверждают, что каменные глетчеры могут иметь как мерзлотное, так и ледниковое происхождение (White, 1971; Potter, 1972). Суть третьей концепции состоит в понимании каменных глетчеров как многомерного изоморфного ряда (континуума) переходных явлений и форм между процессами гравитационного, криогенного и нивально-гляциального рядов (Johnson, 1974; Giardino, Vitek, 1989; Barsch, 1996; Горбунов, Титков, 1984; Горбунов, 1988; Галанин, Глушкова, 2005б).

К сожалению, обобщающие отечественные публикации по каменным глетчерам единичны. Нам известна лишь монография «Каменные глетчеры гор Средней Азии» (Горбунов, Титков, 1984) и популярная монография А. П. Горбунова «Ка-

менные ледники» (1988). Отсутствие четких морфогенетических критериев выделения каменных глетчеров иногда приводит к употреблению для их обозначения самых разнообразных формальных и неформальных терминов: ледники, щебенчатые ледники, погребенные ледники; забронированные ледники (Максимов, Осмонов, 1995), мертвые ледники; каровые мерзлые морены, морены с погребенным глетчерным льдом; каменные потоки, коллювиальные потоки (Костенко, 1975); коллювиально-солифлюкционные, моренно-коллювиальные (?), солифлюкционно-моренные образования; нагорные, курумные, гольцовые террасы, курумы, оползни (в том числе сейсмогенные) и др.

### ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ КАМЕННЫХ ГЛЕТЧЕРОВ В РОССИИ

История изучения каменных глетчеров насчитывает уже более 100 лет. Первое определение каменных глетчеров как особых образований было сформулировано в 1910 г. С. Кэппсом, который полагал, что они сходны по форме и характеру движения с горными ледниками, но представляют собой совершенно иное образование. Его современник Д. Тироль (Tutrell, 1910) считал каменные глетчеры перигляциальными явлениями, полагая, что лед в них формируется при замерзании грунтовых вод. Н. Н. Пальгов (1957) каменные глетчеры Средней Азии именовал *погребенными ледниками*.

Важные отечественные исследования в данной области – за авторством Н. Н. Пальгова (1957), П. А. Черкасова (1989), М. И. Ивероновой (1950), В. В. Заморуева (1965, 1981), А. П. Горбунова (1979), А. П. Горбунова, С. Н. Титкова и Э. В. Северского (Горбунов, Титков, 1984; Горбунов, Северский, 2000) и др. Наиболее детально исследованы каменные глетчеры Средней Азии, горные районы которой послужили своеобразным полигоном для изучения их строения, мониторинга за динамикой. Здесь в ходе более чем 30-летних исследований Казахстанской высокогорной геокриологической лаборатории Института мерзлотоведения СО АН СССР выявлено около 1400 активных каменных глетчеров, исследовано их строение и предприняты первые попытки фитоиндикации степени мобильности разных участков этих объектов, предложены модели образования и эволюции. Основные результаты этих исследований рассмотрены в монографии А. П. Горбунова и С. Н. Титкова «Каменные глетчеры гор Средней Азии» (1984).

Каменные глетчеры известны и в других горных районах России: на Алтае (Ивановский, 1977), в Восточном Саяне (Гросвальд, 1959), Хамар-Дабане (Заморуев, 1965). Несмотря на уже опубликованные В. В. Заморуевым работы по глетчерам

южного Прибайкалья, в своей обобщающей работе, посвященной комплексным геокриологическим и геоморфологическим исследованиям склоновых процессов и разных типов льдистых образований в Байкальской горной стране, Т. Н. Каплина с коллегами (1975) не использует термин «каменные глетчеры» и вообще не отмечает таких явлений. Ссылаясь на работу И. А. Некрасова и В. С. Шейнкмана (1974), она именует *погребенными ледниками* широко распространенные на хр. Удокан аномально мощные ледово-щебнисто-глыбовые псевдотеррасы с ледяными линзами. Исследователи все же указывают, что эти и сходные с ними образования совершенно не исследованы в регионе и их генезис еще не определен.

К началу 1980-х гг. благодаря работам М. И. Ивероновой (1950), В. В. Заморуева (1965, 1981), А. П. Горбунова (1979) в отечественной литературе уже окончательно утвердился термин «каменные глетчеры». Для ряда районов Средней Азии охарактеризовано их обособленное положение в составе перигляциальных и криогенных склоновых образований; рассмотрены происхождение, основные типы и генетические взаимоотношения с наиболее близкими группами мерзлотных (курумы), нивально-гляциальных (ледники) и гравитационных (оползни, осыпи и др.) склоновых процессов.

Несмотря на значительное количество вышедших к тому времени работ, в монографии А. И. Тюрина с коллегами (1982), посвященной мерзлотно-фациальному анализу курумов Алдано-Чульманской синеклизы, каменные глетчеры не рассматриваются. Хотя авторы выделяют *каменные потоки*, движение которых, со скоростью в 5–6 раз выше, чем обычных курумов, осуществляется за счет пластических деформаций содержащегося в них льда.

В следующей работе по изучению курумов Байкало-Станового нагорья Н. Н. Романовский, А. И. Тюрин и Д. О. Сергеев (1989), ссылаясь на работу А. Ф. Глазовского (1978), меняют точку зрения. Каменные глетчеры региона они уже не связывают с курумами, а рассматривают как обособленные перигляциальные явления. Цитируя работы предшественников (Некрасов, Гравис, 1967), исследователи соглашаются, что исходным материалом для формирования каменных глетчеров Байкало-Станового нагорья служат отложения морен, или обвально-осыпные конусы. Наиболее активные глетчеры обязательно содержат ледяное ядро различного генезиса: погребенный глетчерный лед, перекристаллизованный погребенный снежник, инфильтрационный лед и др. Мощность ледяных линз достигает 5–7 м. Форма каменных глетчеров преимущественно серповидная, ширина потоков до 200 м, длина – до 500 м, высота фронтальных уступов 20–25 м. Максимальная скорость движения каменных глетчеров региона

составляет 130–160 см/год (Глазовский, 1978).

Далее Н. Н. Романовский с коллегами развивают мысль о широком изоморфизме курумов и каменных глетчеров и даже выделяют отдельный тип – *курумоглетчеры*. В Удоканском хребте *курумоглетчеры* представляют собой образования, «формирующиеся в результате накопления в нижних частях склонов мощного слоя грубообломочного курумного десерпция, насыщенного гольцовым льдом. Последний начинает двигаться (течь), вследствие чего курумная аккумулятивная форма приобретает морфологические признаки каменных глетчеров» (Романовский и др., 1989. С. 87). Исследователями выделено 5 морфологических разновидностей курумоглетчеров. Их мощность составляет около 5 м, диагностическим признаком является наличие крутого фронтального уступа до 45°, серповидных валов и западин глубиной до 2 м, ориентировка которых указывает на пластическое течение.

Особенности формирования простых каменных глетчеров обсуждались В. В. Заморуевым (1981), который также полагает, что эти образования характерны для высокогорных и перигляциальных условий морфолитогенеза. Все же автор дает несколько широкое определение каменных глетчеров как естественных скоплений обломочного материала и льда, обладающих самостоятельным движением под действием силы тяжести. В этом плане курумы, состоящие из грубообломочного материала и содержащие различные типы льда-цемента, а нередко и ледяные жилы, попадают под определение «каменные глетчеры», поскольку в их движении одним из главных факторов также является сила тяжести. Как считает и сам исследователь, это определение также очень близко и к понятию «ледник». На наш взгляд, оно отражает лишь общие черты строения и морфодинамики каменных глетчеров, но не содержит критериев, позволяющих отличать их от ледников.

### ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ КАМЕННЫХ ГЛЕТЧЕРОВ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ АЗИИ

Первые сведения о наличии каменных глетчеров на северо-востоке Азии привел В. М. Пономарев (1953), который не употреблял этот термин, но дал морфогенетическую интерпретацию некоторых *каменных потоков*, которая близка к их определению. Еще в начале 50-х гг. он указывает, что «все исследователи Чукотки отмечают наличие в горах каменных потоков, причем размер глыб в них достигает 1 м<sup>3</sup> и более» (1953. С. 142). Обнаруженные исследователем в горных районах Чукотки каменные потоки формируются «за счет солифлюкционных движений и на участках избыточного накопления глыбового делювия (коллювия)» (Там же). Далее он пишет, что «каменные потоки на первый взгляд кажутся неподвижны-

ми, мощность делювия не определялась, но местами может быть более 10 м, в основании крупнощебнистого делювия на склонах гор обычно наблюдаются надмерзлотные воды, которые собственно и обуславливают его сползание» (Там же. С. 250). Однако, изучая геолого-мерзлотные условия в районе пос. Эгвекинот, где широко распространены аномально мощные лопастевидные присклоновые глетчеры (рис. 2), исследователь пришел к неверным выводам, предположив, что это нагорные террасы. В. М. Пономарев правильно отмечает, что «глыбовый делювий», необходимый для развития каменных потоков, формируется только из прочных горных пород.

В следующие десятилетия новых данных о каменных глетчерах региона не было получено, а сам термин, несмотря на его уже широкое распространение в отечественных публикациях, еще не был введен в обиход в геологической и геоморфологической литературе по Северо-Востоку. Не употребляется он и в известной обобщающей геоморфологической работе Ю. П. Барановой и С. Ф. Бискэ (1964).

Об отсутствии теоретической основы картирования, таксономии и генезиса каменных глетчеров в то время на Северо-Востоке свидетельствуют их неявные описания в монографии С. В. Томирдиаро (1972). Рассматривая ход мерзлотных процессов в горах региона, автор пишет, что «в ложбинах стока морозная сортировка и осыпные движения образуют каменные и щебневые потоки. У выхода в долины каменные потоки и осыпи растекаются в обширные шлейфы и конусы» (Томирдиаро, 1972. С. 52). Исследователь считает, что крупнообломочные осыпи и потоки, а также скальные породы малольдисты, обладают высокими фильтрационными свойствами и поэтому в летнее время водонасыщены. В действительности высокая водонасыщенность в летнее время обусловлена таянием льда каменных глетчеров в зоне их абляции. Поэтому следует считать, что в начале 1970-х гг. каменные глетчеры как тип голоценовых отложений и особый морфодинамический процесс не были известны в геологической литературе по Северо-Востоку.

На Северо-Востоке впервые термин «каменный глетчер» употребил Э. Э. Титов (1976). Он не разделяет их на разные морфологические типы, но характеризует как довольно редкий и малоисследованный в регионе процесс коллювиального морфолитогенеза в Северном Приохотье. Однако в разработанную исследователем классификацию склоновых процессов региона каменные глетчеры не включаются. К ним он относит лишь единичные более-менее крупные образования, не связанные с ледниковыми карами и голоценовой гляциальной морфоскульптурой. По данным автора, каменные глетчеры изредка встречаются лишь в



Рис. 2. Некоторые разновидности присклоновых лопастных и деформированных каменных глетчеров Чукотского нагорья: *а* – лопастные глетчеры в бортах троговой долины (хр. Искатень); *б* – присклоновый лопастной отмерший глетчер в районе бух. Эгвекиног; *в* – неактивный каровый глетчер, рассеченный активным разломом (Провиденский горный массив); *г* – сложнодеформированное ледово-грунтовое тело в плейстосейстовой зоне палеоземлетрясения (Провиденский горный массив)

Fig. 2. Some slope-related lobate-shaped and deformed rock glacier types in mountain areas of Chukchi Peninsula: *a* – multi-lob-shaped rock glaciers over a trough valley slopes (Iskatan Range); *b* – a slope-related lobate-shaped fossil rock glacier in the Egvekinot Bay coastal area; *v* – an inactive circle glacier cut by an active fault (Providenya Mountains); *z* – a complicated deformed ice-debris body in the epicentral area of an ancient earthquake (Providenya Mountains)

Приохотье, а в Колымском нагорье они не распространены. Конкретных местоположений, разрезов и описаний глетчеров не приведено.

Особое мнение, относящееся региону и проблеме выделения каменных глетчеров, высказал С. М. Говорушко в ходе исследования процессов курумообразования в Колымском нагорье (1986). Цитируя работы Л. Н. Ивановского (1977) по горному Алтаю, автор полагает, что «курумы и каменные глетчеры различаются генезисом льда. В курумах лед имеет обычно инфильтрационное, иногда сублимационное происхождение, в то время как настоящие каменные глетчеры всегда связаны с оледенением» (Говорушко, 1986. С. 45). Развивая вслед за Л. Н. Ивановским мысль о прочной связи каменных глетчеров с ледниками, исследователь считает, что основным компонентом в каменных глетчерах является лед, а обломочный

материал занимает менее существенное место. В своей работе С. М. Говорушко отвергает мнение, что курумы и каменные глетчеры образуют единый морфогенетический ряд.

Однако все основополагающие исследования по каменным глетчерам подтверждают, что каменные глетчеры могут формироваться за счет как материала ледников (приледниковые каменные глетчеры), так и склоновых (гравитационных, криогенных) отложений (присклоновые каменные глетчеры) (Заморуев, 1981; Горбунов, 1978, 1979; Varsch, 1996). Некоторые специалисты даже относят к присклоновым глетчерам некоторые фации курумов, в которых процессы пучения и вертикальных криодеформаций замещены пластическим течением ледово-грунтовой массы (Боч, 1955; Матвеев, 1938; Горбунов, 1978; Глазовский, 1978).

Отнесение к курумам широко распространенных в Колымском нагорье присклоновых и языкообразных каменных глетчеров, а также других парагенетических образований (десерпционных щетнеглыбовых фаций), не имеющих с курумами ничего общего, по-видимому, связано с весьма широким пониманием С. М. Говорушко курумов как типа. В своем определении исследователь пишет, что «под курумами понимаются крупно-обломочные (>10 см) образования, расположенные на склонах крутизной менее угла естественного откоса, распространенные в холодных климатических зонах и способные к собственному перемещению» (Говорушко, 1986. С. 5). В такой трактовке, на наш взгляд, не учтены главные генетические признаки курумов, прежде всего как криогенных склоновых явлений, динамика которых осуществляется в основном за счет промерзания, пучения, вымораживания, криодесерпции. Параллельно с курумами на соседних участках склонов часто протекают некоторые другие процессы, деятельность которых также обусловлена термическими, но не криотермическими явлениями. Так, на плоских сухих склонах с небольшой мощностью коллювия (0,5–1,5 м) в Северном Приохотье и на Колымском нагорье преобладают осыпание и термогенная десерпция (Титов, 1976; Галанин, 1997; и др.). Типичные курумы с гольцовым льдом в среднегорных районах Колымского нагорья распространены на участках избыточно-го коллювия и присклоновых шлейфах.

Впервые на распространение в Корьякском нагорье мерзлотных образований, морфологически аналогичных каменным глетчерам, указал А. Н. Котов (Подземные..., 1991). Однако он также не приводит ни конкретных местоположений, ни описаний обнаруженных объектов. В 1995–1997 гг. в популярных природно-экономических очерках «Чукотка» и «Природа и ресурсы Чукотки» (Чукотка..., 1995; Природа..., 1997) исследователь вновь указывает на распространение в регионе каменных глетчеров. Он пишет, что «в Корьякском нагорье и на Восточной Чукотке развиты крупные формы рельефа в виде подвешенных конусов выноса и разновысоких террасовидных уступов у подножия склонов с характерным незадернованным крутым фронтальным откосом. Эти образования представляют собой малоизученное для Чукотки явление – каменные глетчеры. В их строении принимают участие достаточно крупные скопления льда, которые и служат причиной медленного движения таких каменных ледников. Разбуривание присклонового каменного глетчера в районе пос. Эгвекинот при проведении строительных работ выявило залежи относительно чистого льда мощностью от 0,7 до 3,8 м» (Чукотка..., 1995. С. 88).

Новые данные о строении, генезисе и возрасте каменных глетчеров и парагенной им морфо-

скульптуре были получены в ходе тематических исследований А. А. Галанина и О. Ю. Глушковой в рамках темы НИР «Реконструкция колебаний ледников и каменных глетчеров Северо-Востока России в позднем голоцене на основе лихенометрических и радиоуглеродных данных» в 1998–2001 гг. В результате работ был накоплен материал по строению и возрасту каменных глетчеров, входящих в состав смешанных нивально-гляциальных, криогенных и гравитационных голоценовых морфоскульптурных комплексов, широко распространенных в горных районах северо-востока Азии (Галанин, 1999а, 2000, 2002, 2004, 2005а,б; Галанин, Глушкова, 2004а,б, 2005а,б, 2006; и др.). Для датирования и оценки скоростей движения каменных глетчеров наряду с традиционными методами (радиоуглеродный, палинологический, стратиграфический, морфометрический) были разработаны и применены лихенометрические методики (Галанин, 1997, 2000, 2002).

#### **КАМЕННЫЕ ГЛЕТЧЕРЫ И ПРОБЛЕМА КАРТИРОВАНИЯ ГРАВИТАЦИОННЫХ ПАЛЕОСЕЙСМОДИСЛОКАЦИЙ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ АЗИИ**

Таким образом, каменные глетчеры формируются на участках накопления избыточного коллювия или ледникового материала в условиях криолитозоны. Однако весьма часто таковыми служат ослабленные тектонические зоны, активные неотектонические разрывы и уступы. Как заметил А. П. Горбунов (1988), разрушение горных пород здесь происходит в 2–3 раза быстрее, чем на других участках. Кроме того, «обвалы во время крупных землетрясений случаются именно в подобных местах... Обвалы же могут создавать каменный глетчер, вернее, скопление обломков, которое затем преобразуется в него» (Горбунов, 1988. С. 54).

На северо-востоке Азии первое детальное описание морфологии, внутреннего строения и типов каменных глетчеров в составе неогляциальных комплексов в Мейныпильгинском горном массиве (Корьякское нагорье) получено в ходе экспедиций НИЦ «Чукотка» ДВО РАН в 1995–1997 гг. (Галанин, 1999а). Картирование каменных глетчеров в Приохотье и Колымском нагорье осуществлялось в ходе тематических исследований А. А. Галанина и В. Н. Смирнова в рамках темы «Лихенометрическое датирование палеосейсмодислокаций на Северо-Востоке России» в 1996–1997 гг. Впервые выявлено широкое распространение в данном регионе активных и отмерших каменных глетчеров и близких им образований. Многие эти объекты конвергентны ледникам, моренам, обвалам и оползням (рис. 3), но имеют совершенно иное происхождение и являются образованиями зонального морфолитогенеза (Гала-

а



б



в



г



*Рис. 3.* Морфологические различия некоторых склоновых процессов в горах северо-востока Азии: *а* – подножие фронтального откоса активного присклонового каменного глетчера (Провиденский массив); *б* – отмерший языковидный каменный глетчер в ледниковом каре в окрестностях г. Магадана, рассматривавшийся ранее (Важенин, 1992) как крупная гравитационная палеосейсмодислокация Уптар-16 объемом 16 млн м<sup>3</sup> (фото В. Н. Смирнова); *в* – обвал в районе бух. Ткачен (Провиденский массив); *г* – быстрый солифлюкционный поток (оползень) в районе пос. Лаврентия (побережье Мечигменского залива)

*Fig. 3.* Different morphologies of some slope processes reported from mountain areas of northeastern Asia: *a* – the front slope foot of an active lobate slope-related rock glacier (Providenya Mountains); *b* – a fossil tongue-shaped rock glacier hosted in a glacier circle near Magadan; according to conducted studies (Важенин, 1992), it is a major gravitational paleoseismic dislocation Uptar-16 of 16 000 000 m<sup>3</sup> size (photo by V. N. Smirnov); *v* – a collapsed rock body in the Tkachen Bay area (Providenya Mountains); *z* – a fast-moving solifluction flow (landslide) near Lavrentya (Mechigmen Bay coasts)

нин, 1999б, 2005а; Галанин и др., 1998; Смирнов и др., 2000, 2001). В работах одного из предшественников им неправомерно приписывался сейсмический генезис (см. рис. 1, з) (Важенин, 1992, 1998, 2000; Важенин и др., 1997). Специальные полевые исследования в районах максимального распространения закартированных «палеосейсмодислокаций» показали, что более 70% выделенных объектов, в том числе наиболее крупных, являются формами нивально-гляциального и криогенного склонового происхождения – голоценовыми моренами, активными и отмершими каменными глетчерами (Галанин, Смирнов, 1996; Смирнов и др., 2001).

Выполненное критическое обследование многочисленных закартированных «палеосейсмодислокаций» и их «роев» (по Б. П. Важенину) в регионе было весьма своевременным, поскольку в то время происходил интенсивный сбор региональных палеосейсмогеологических материалов для составления государственных карт нового сейсмического районирования России (ОСР-97), вышедших в 1997–2000 гг. (Общее..., 1998). В свете «новых» представлений о палеосейсмической активности Северного Приохотья (Важенин, 1992), а затем Магаданской области и всего северо-востока Азии (Важенин и др., 1997; Важенин, 1998, 2000), полностью основанной на «псевдосейсмодислокациях» (каменных глетчерах, каровых грубообломочных моренах и др.), г. Магадан представляет собой район с возможными 12-балльными землетрясениями. Дальнейшее использование закартированного «палеосейсмогеологического материала» привело к появлению в некоторой

региональной геофизической и сейсмогеологической литературе необоснованных предположений, цитирующих эти данные в качестве первичного материала (Вашилов, 1996; Важенин, 2000; и др.).

### СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О КАМЕННЫХ ГЛЕТЧЕРАХ И ИХ ТАКСОНОМИЯ

В настоящее время известно более 1000 публикаций по каменным глетчерам, указывающих на их широкое распространение в горах Европы, Северной и Южной Америки, Центральной Азии. Среди них фундаментальное значение в современном понимании таксономического положения формации каменных глетчеров имеет серия работ Д. Барша (Barsch, 1988, 1992, 1996; и др.), Х. Е. Мартина, В. Б. Валея и др. (Martin, Whalley, 1987) и других исследователей. В изучение физико-механических процессов, реологии и моделирование процессов движения каменных глетчеров внесли большой вклад работы Дж. Гиардино и Дж. Витека (Giardino, Vitek, 1989), Ж. А. Олифант (Olyphant, 1983), В. Б. Валея и Х. Е. Мартина (Whalley, Martin, 1992) и др. Генезис и парагенезис каменных глетчеров, связь с другими фор-

Представления о происхождении каменных глетчеров, на основе данных по Европе и Америке, обобщены в монографии Д. Барша (Barsch, 1996). Давая определение этим образованиям, исследователь полагает, что в нем должны быть отражены генетические, вещественные и морфологические специфические черты каменных глетчеров, и именует их как лопастевидные или языковидные многолетнемерзлые тела, состоящие из неуплотненного грубообломочного материала, сцементированного ледяным цементом. Автор считает, что в составе тел каменных глетчеров могут присутствовать разные типы льда, ледяные жилы и линзы. Однако наиболее важной характеристикой этих образований является то, что они движутся вниз по склону или долине путем пластических деформаций содержащегося в них льда подобно единому текущему потоку.

Сходное определение было дано его предшественником ранее (Haerberli, 1985): активные каменные глетчеры являются видимым выражением последовательных движений сцементированных льдом многолетнемерзлых рыхлых обломочных образований, которым свойствен большой спектр форм монолитного течения. Важным структурным свойством каменных глетчеров является то, что объем содержащегося в них льда значительно превышает величину порового пространства обломочного материала в немерзлом состоянии. Другим свойством и условием этих образований является грубообломочный состав терригенного материала, который поступает в область питания из осыпных конусов, разных типов моренных отложений и даже техногенных аккумулятивных форм.

Разнообразная морфоскульптура, создаваемая каменными глетчерами, группируется в два основных типа – языковидные и лопастевидные – и определяется топографическими характеристиками вмещающего рельефа, а также морфологией источников питания. Поверхностный рельеф каменных глетчеров с характерными валами и

рядами является индикатором процессов течения. Положение каменных глетчеров на стыке нескольких генетических типов (рядов) хорошо представляется из концептуальной схемы распределения каменных глетчеров и парагенных им форм в горном ландшафте (рис. 4).

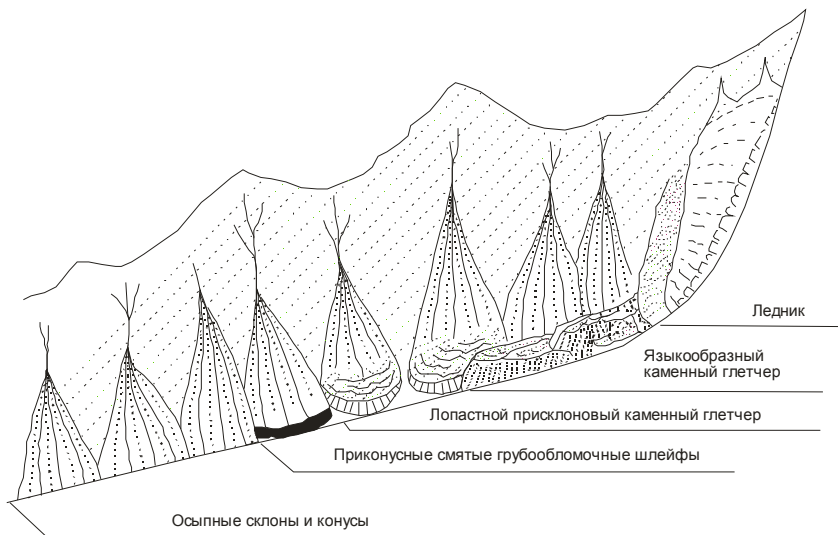


Рис. 4. Морфоклиматическая поясность в распределении ледников, языкообразных и лопастных каменных глетчеров, приосыпных шлейфов и осыпных склонов в высокогорных районах криолитозоны (с изменениями по Barsch, 1996)

Fig. 4. Morphoclimatic zones of glaciers, tongue-shaped and lobate rock glaciers, talus slopes and protalus ramparts in high mountain areas (modified from Barsch, 1996)

мациями, морфоклиматическая зональность исследовались в работах западных ученых: К. Вархафтига и А. Кокса, Н. Дж. Поттера, Р. Ж. Джонсона, И. Б. Валея, Дж. Витека и Дж. Гиардино (Wahrhaftig, Cox, 1959; Potter, 1972; Johnson, 1974; Whalley, 1974; Vitek, Giardino, 1987) и др.

рядами является индикатором процессов течения. Положение каменных глетчеров на стыке нескольких генетических типов (рядов) хорошо представляется из концептуальной схемы распределения каменных глетчеров и парагенных им форм в горном ландшафте (рис. 4).



### КЛАССИФИКАЦИЯ

Вслед за Д. Баршем (Barsch, 1977) мы разделяем каменные глетчеры на две основные морфогенетические группы, различающиеся источниками питания: формирующиеся непосредственно у подножия крутых обнаженных склонов (присклоновые); являющиеся продолжением ледников. Доказательством возможности возникновения каменных глетчеров и вне связи с ледниками служит их развитие во внеледниковых районах (Tytrell, 1910; Blagbrough, Farkas, 1968; Титов, 1976) и областях, подвергавшихся покровному оледенению (Smith, 1973).

К первому типу каменных глетчеров многие исследователи относят мерзлые аккумулятивные псевдотеррасы (talus terraces, protalus ramparts англоязычных авторов) со следами течения, примыкающие к крутым осыпным склонам во многих полярных и высокогорных районах (Троицкий, 1971; Liestol, 1961; Заморуев, Малаховский, 1975; и др.). Как показало изучение их внутреннего строения, они полностью отвечают определению каменных глетчеров (Заморуев, 1981). В большинстве работ указывается на одновременное распространение как приледниковых, так и присклоновых террасоподобных и лопастевидных каменных глетчеров. Причем даже в ледниковых районах, как правило, доминируют присклоновые каменные глетчеры, развивающиеся за счет коллювиальных склоновых отложений и не проявляющие пространственной связи с современными ледниками. Из 994 каменных глетчеров, изученных Д. Баршем в Швейцарских Альпах, 602 отнесены к присклоновому типу (Barsch, 1977). При

исследовании каменных глетчеров Аляскинского хребта С. Вархафтиг и А. Кокс (Wahrhaftig, Cox, 1959) обнаружили, что большая их часть соединяется через осыпи со склонами, а лишь треть имеет в истоке либо небольшую ледник, либо впадину, образовавшуюся после его исчезновения. На территории Юкона (Канада) П. Г. Джонсон (Johnson, 1978) указывает на наличие обоих основных типов и подчеркивает отсутствие каких-либо следов существования даже небольших ледников в истоках каменных глетчеров, расположенных у подножия крутых склонов долин.

Доминирующая парадигма о ледниковых и криогенных глетчерах отражена в генетической классификации А. Е. Корте (Corte, 1987). Эта классификация (рис. 5) отражает концептуальные взгляды, но, по мнению Д. Барша (Barsch, 1996), малопригодна на практике. Основным прогрессивным ее аспектом является понимание явления каменных глетчеров как изоморфного ряда процессов в противоположность детерминистическим попыткам их разделения на две группы – криогенных и гляциальных.

Морфодинамическая классификация каменных глетчеров, удобная для практического применения, предложена Д. Баршем (Barsch, 1987). Исследователь выделил три основных типа этих образований (рис. 6). *Осыпные глетчеры* формируются за счет крупных осыпных конусов в основаниях бортов долин и крутых уступов. Они нередко образуют протяженные лопастевидные тела вдоль крутых бортов троговых долин, а также в верхних частях литосборных воронок в их верховьях. Главным критерием формирования таких

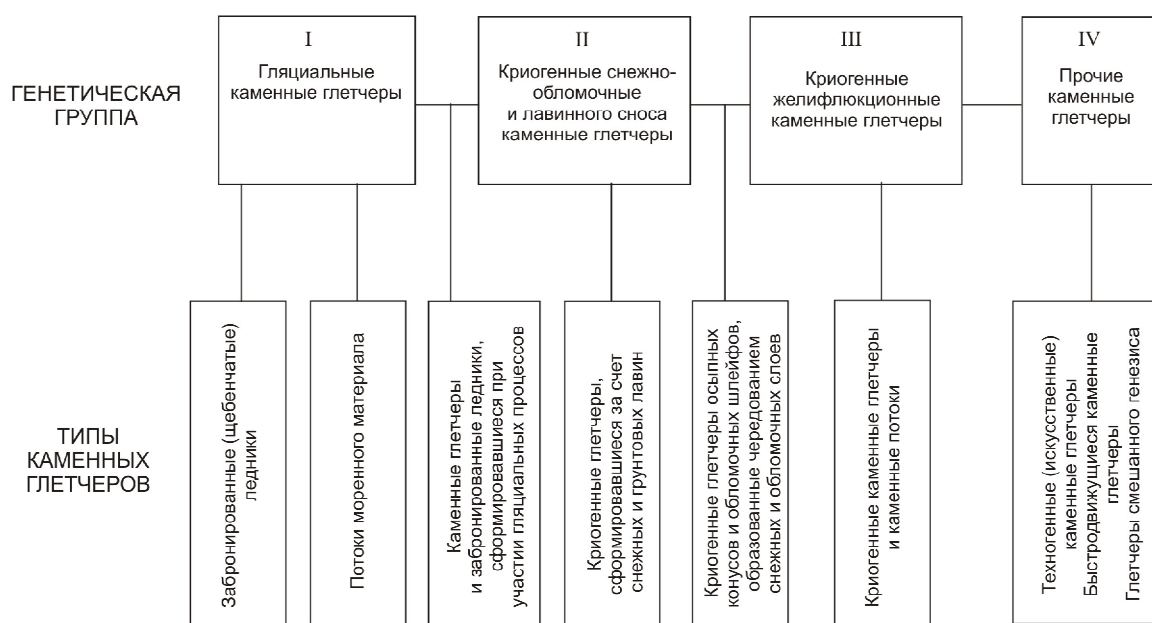


Рис. 5. Генетическая классификация каменных глетчеров по А. Е. Корте (Corte, 1987)

Fig. 5. Genetic rock glaciers taxonomy proposed by A. E. Corte (1987)

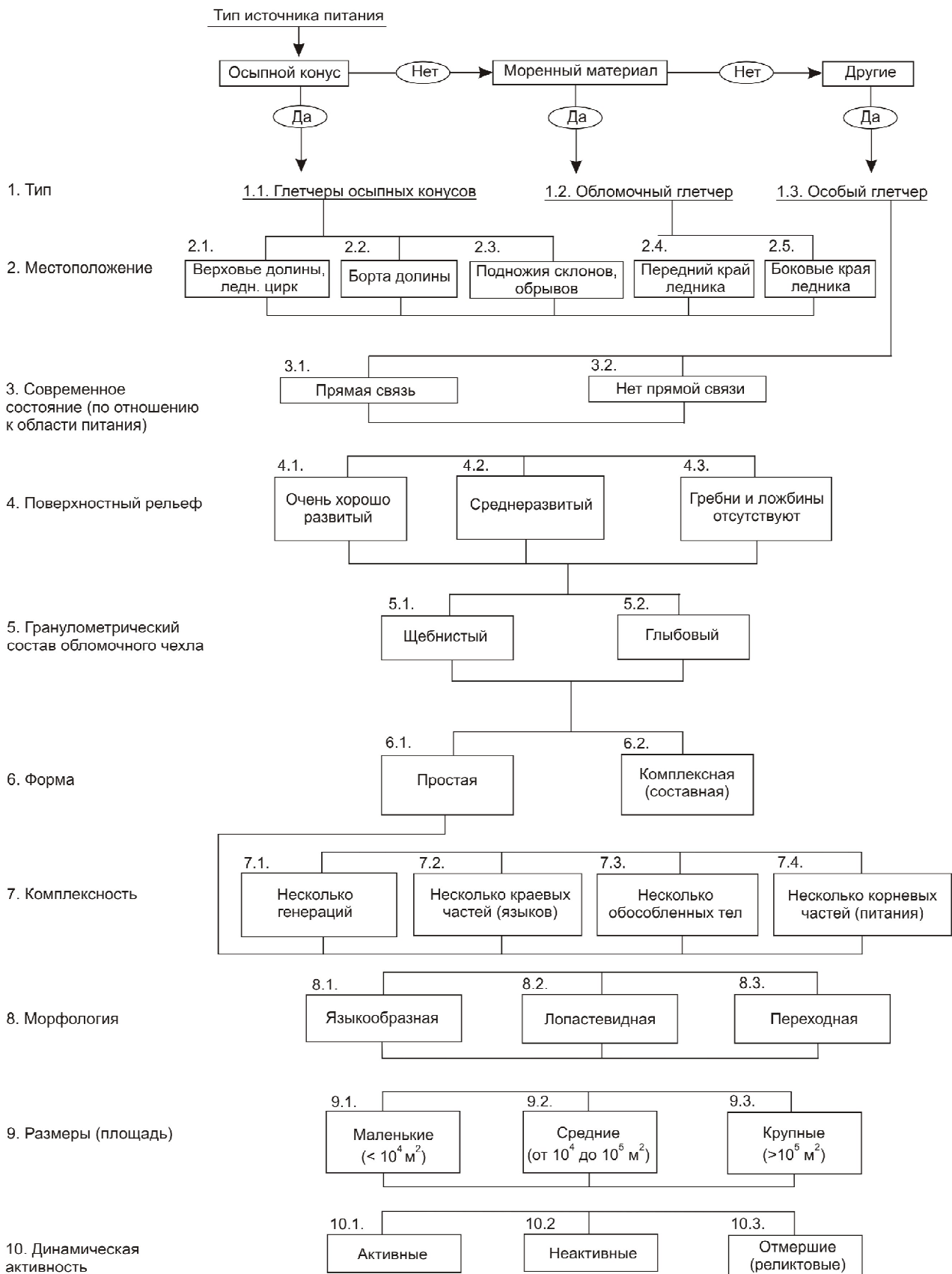


Рис. 6. Морфодинамическая классификация каменных глетчеров Д. Барша (Barsch, 1987)

Fig. 6. Morphodynamic rock glaciers taxonomy proposed by D. Barsch (1987)

глетчеров является избыточное поступление в долину коллювиального материала вследствие интенсивного физического выветривания. Данный тип глетчеров не имеет ни прямой, ни опосредованной связи с ледниками и может быть рассмотрен как криогенный.

Другим типом, тяготеющим к ледниковым (гляциальным) глетчерам, по мнению исследователя, являются *обломочные глетчеры*. Они формируются за счет моренного материала как из древних (плейстоценовых) морен, так и из современных, в том числе абляционных, морен. Как правило, такие глетчеры сопряжены с современными ледниками, являются их продолжением либо представляют собой вырожденный ледник, забронированный обломочным материалом. К третьему типу «особых глетчеров» относится группа разнообразных объектов смешанного, а также искусственного происхождения.

В своей обобщающей монографии Д. Барш (Barsch, 1996) ввел новое понятие – *комплексные каменные глетчеры* (complex rock glaciers). По его определению, они состоят из семейства разновозрастных образований и могут включать в себя погребенный ледник или ядра мертвых глетчерных льдов (рис. 7). Это семейство форм образует единую систему, части которой взаимосвязаны. Рациональность внедрения понятия *комплексный каменный глетчер* сразу становится очевидной для специалистов, детально изучающих эти образования. Так, уже весьма хорошо изученный каменный глетчер Низкоморенный в бассейне р. Иссык (Залаирский Алатау) рассматривается в статье А. П. Горбунова и Э. В. Северского (2000) как комплексный. Делая критический анализ результатов своих многолетних исследований ледников и каменных глетчеров Средней Азии, они пересматривают свою позицию по отношению ко многим ледникам, особенно в названиях которых употреблялись такие неясные определения, как «забронированные» или «погребенные» (Максимов, Осмонов, 1995). Авторы полностью поддерживают точку зрения Д. Барша (Barsch, 1996) о том, что «забронированные» или «погребенные» ледники (debris-covered glaciers) часто смешивают с обычными и комплексными каменными глетчерами.

Среди комплексных каменных глетчеров, по мнению А. П. Горбунова и Э. В. Северского (2000), следует различать полные и неполные их разно-



Рис. 7. Комплексный каменный глетчер в Альпах (фото К. Крейнера)

Fig. 7. A complex rock glacier in Alps (photo by K. Krainer)

видности. Первые включают все виды этих форм – активные, неактивные, древние, а также приледниковые и присклоновые, вторые – неполный их набор.

При проведении исследований каменных глетчеров сохраняет свою актуальность простая и удобная их морфогенетическая классификация О. Хумлума, заимствованная и доработанная А. П. Горбуновым (1988), которой мы старались придерживаться в своей работе для обозначения разновидностей простых каменных глетчеров северо-востока Азии (рис. 8).

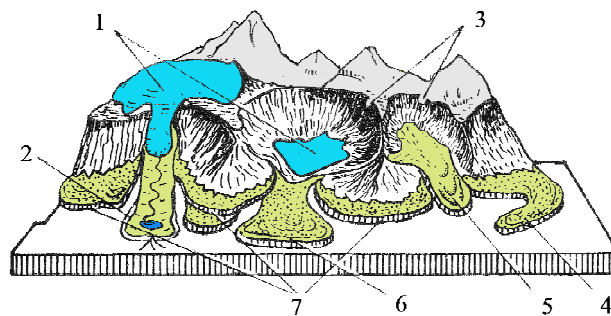


Рис. 8. Различные морфогенетические типы каменных глетчеров по О. Хумлуму (Цит. по: Горбунов, 1988): 1 – ледники; 2 – морена; 3 – кары; 4 – присклоновый языкообразный; 5 – долинный языкообразный; 6 – долинный лопатообразный; 7 – присклоновый террасовидный

Fig. 8. Different rock glacier morphogenetic types, according to O. Humlum (cited from: Горбунов, 1988): 1 – glaciers; 2 – moraine; 3 – glacier circles; 4 – slope-related tongue-shaped rock glacier; 5 – valley tongue-shaped rock glacier; 6 – valley spatulate rock glacier; 7 – slope-related terrace-shaped rock glacier

### ПРИРАЗЛОМНЫЕ И ДИСЛОЦИРОВАННЫЕ ГЛЕТЧЕРЫ

В ряде горных районов северо-востока Азии (Колымское нагорье, Корякский и Искатеньский хребты, Провиденский горный массив и др.), кроме обычных приледниковых и мерзлотных глетчеров, выявлена аномально высокая плотность ледяных образований, связанных с неотектоническими элементами рельефа (см. рис 1, в, з; 2, в, з). В таких районах развиваются глетчеры лопастно-го типа, формирующиеся в основаниях крутых плоских склонов (присклоновые глетчеры) ящикообразных грабен-долин. Частотное распределение осей движения глетчеров показывает, что они сопряжены с преобладающими направлениями тектонических элементов и, как правило, направлены от них под углом  $90^\circ$  (рис. 9). В гипсометри-

ческом отношении эти образования распространены в широком диапазоне, нередко оторваны от нивальной зоны на сотни метров и слабо подчиняются морфоклиматической поясности. Некоторые аномально крупные и активные объекты в горах Чукотского полуострова достигают уровня моря (рис. 10). Так, в Провиденском горном массиве большая часть присклоновых глетчеров связана с зонами дробления и тяготеет к глетчерам приразломного типа. Высокая плотность каменных глетчеров здесь связана с процессами современного рифтогенеза и мощными коллювиальными потоками материала в бортах активных впадин, зонах растяжения и дробления. Вместе с приразломными глетчерами присклонового типа нередко ассоциируют деформированные и пульсирующие образования – ледово-грунтовые плотины, подпруживающие узкие ящикообразные долины (см. рис. 2, б).

Подобные образования на своей поверхности иногда несут следы сейсмотектонических деформаций, имеют несколько генераций, рассеяны свежими тектоническими трещинами, прослеживающимися также и в окружающих коренных породах. Высокая плотность таких глетчеров отмечена в хр. Искатень и Провиденском горном массиве (Чукотский полуостров) (Галанин, 2005а; Галанин, Глушкова, 2005а).

Аномально активные и деформированные глетчеры обнаружены в Северном Приохотье в предполагаемой эпицентральной зоне известного Ямского землетрясения 1851 г. (см. рис. 1, з) (Галанин, 2005б).

В качестве примера приразломных глетчеров Северного Приохотья приведем краткое описание приразломного глетчера Карамкенский, расположенного в 100 км к северу от г. Магадана в районе г. Сысьнь (1443 м). Исследованный коллективом авторов в 2003 г. объект расположен на левобережье руч. Сысьнь, примерно в 2,5 км к северу от пос. Карамкен и приурочен к интервалу высот 560–600 м. Глетчер примыкает к крутому скалистому коренному склону северной экспозиции крутизной  $45\text{--}50^\circ$ ,

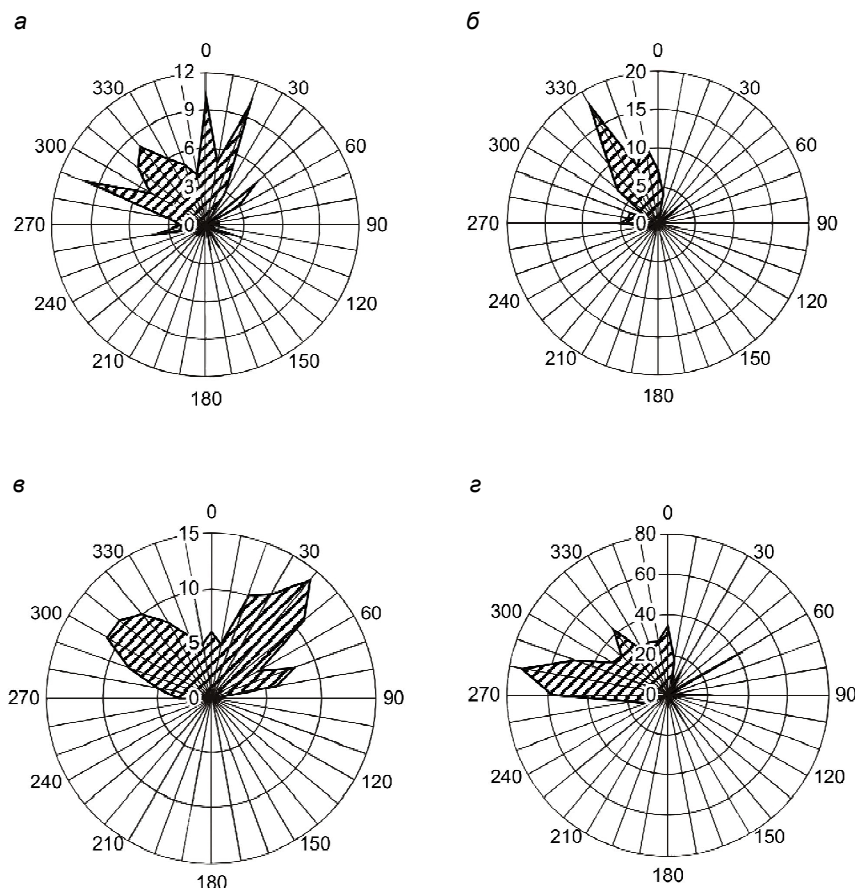


Рис. 9. Распределение ориентировки некоторых элементов морфоскульптуры Провиденского горного массива: а – направления осей ледниковых каров, обновленных ледниковой деятельностью в позднем плейстоцене и голоцене (N = 103 измерения); б – направления осей голоценовых каровых и комплексных каменных глетчеров (N = 92); в – простирации активных разрывов (N = 143); з – направления осей движения присклоновых каменных глетчеров (N = 556)

Fig. 9. Orientations of some morphosculptural elements in Providentia Mountains: а – axis directions of glacier circles renewed by glaciation in late Pleistocene and Holocene (N = 103 measurements); б – axis directions of circle glaciers and complex rock glaciers of Holocene (N = 92); в – active fault trends (N = 143); з – axis directions of moving slope-related rock glaciers (N = 556)

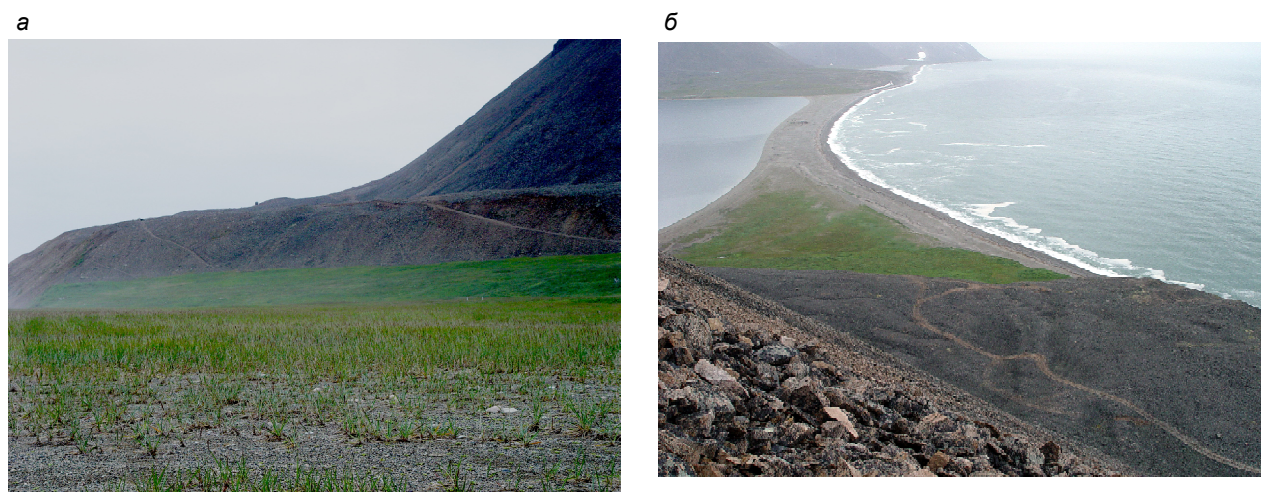


Рис. 10. Приразломный каменный глетчер в борту неотектонического грабена залегает на голоценовых галечниках на побережье оз. Истикхэд (Провиденский горный массив): *a* – фронтальный уступ, *б* – тот же объект, отснятый сверху

Fig. 10. A fault-related rock glacier is underlain by pebble rocks of Holocene and is hosted in a neotectonic graben over Istikhed Lake shore (Providenya Mountains): *a* – the frontal foot slope; *b* – the top view of the same

образованному плоскостью разрывного нарушения субширотного направления.

Длина отдельных лопастей глетчера варьирует от 100 до 150 м, общая ширина около 2,5 км. По внешнему облику глетчер напоминает широкую террасу со слабонаклонной поверхностью (5–10°) и крутым постоянно подновляющимся уступом. Высота фронтального уступа на разных участках варьирует от 40 до 60 м. Длина лопастей глетчера от 50 до 160 м. Крутизна фронтального откоса наиболее активных лопастей каменного глетчера 35–40°. Фронтальный осыпной конус отсутствует. С поверхности тело глетчера и питающий склон сложены средне- и крупноглыбовыми фракциями габбро-диоритов и роговиков.

Отсутствие почвенно-растительного покрова и взаимоотношения с пойменными отложениями руч. Сысьнь позволяют отнести данный глетчер к позднему голоцену. Лихенометрическое датирование по лишайнику *Rhizocarpon* секции *Rhizocarpon*, проведенное на разных участках поверхности каменного глетчера, позволило установить его динамический (минимальный) возраст 2000±400 лет.

На основе проведенных исследований мы считаем, что приразломные каменные глетчеры являются обособленным морфогенетическим типом перигляциальных образований. Они распространены в неотектонически активных горных районах северо-востока Азии и связаны с зонами дробления разрывных нарушений и тектоническими уступами. Картирование приразломных глетчеров в рельефе и особенности их строения несут дополнительную информацию о тектонической и сейсмотектонической активности региона в позднем плейстоцене и голоцене.

#### ТЕХНОГЕННЫЕ КАМЕННЫЕ ГЛЕТЧЕРЫ

Группа техногенных (искусственных) каменных глетчеров связана с горными работами в криолитозоне и в альпийских районах. Их формирование происходит в результате промерзания и заполнения конжеляционными, инфильтрационными и сегрегационными льдами больших скопленных щебнеглыбового материала на крутых склонах. Подобные скопления, как правило, связаны с карьерными разработками полезных ископаемых, прокладкой дорог и возведением насыпей. Техногенным глетчерам придается существенное значение, и они включены на уровне типа в генетическую классификацию А. Е. Корте (Corte, 1987) (см. рис. 5).

Наиболее показательным примером техногенных каменных глетчеров является их массовое образование в Хибинах на плато Расвумчорр при разработке крупного месторождения апатитового сырья (Горбунов, 1988). В морфоклиматическом отношении данный район приурочен к перигляциальной зоне и криолитозоне. Многолетняя мерзлота распространена в виде островов преимущественно на северных склонах. Плато Расвумчорр было одним из центров последнего позднелайстоценового оледенения, на отдельных участках здесь сохранились системы ледниковых каров и троговых долин. В некоторых карах имеются небольшие присклоновые леднички, фирники и природные каменные глетчеры.

В ходе внедрения на руднике новых технологий дробления породы возросло производство отвалов, которые складировались на окружающие карьеры склоны, что вызвало формирование техногенных каменных глетчеров. В ходе исследо-

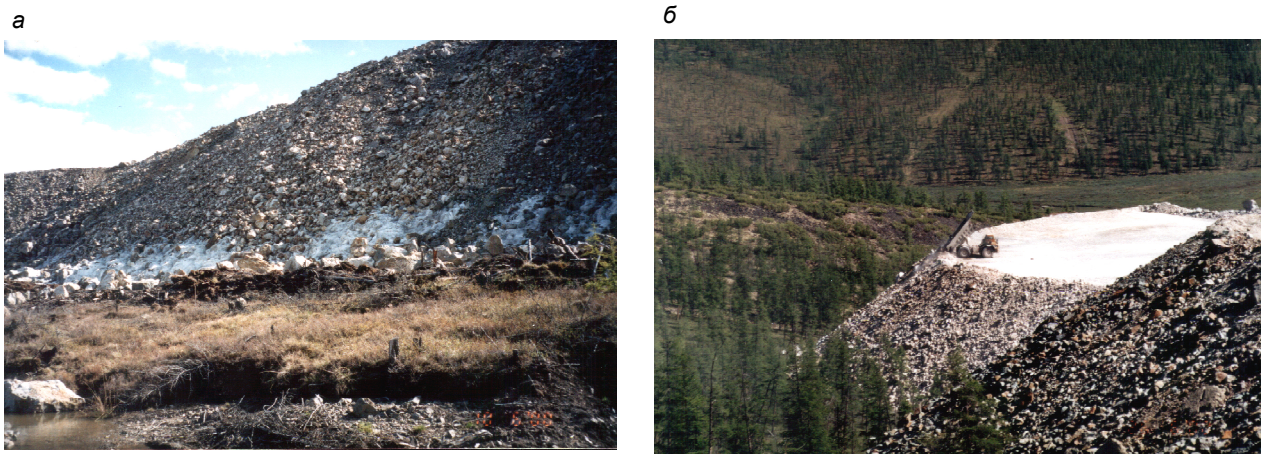


Рис. 11. Формирование ледяного цемента в нижних частях террасированных отвалов на месторождении Кубака (Омолонский массив): а – формирование ледово-каменного горизонта в нижней части фронтального откоса; б – краевая часть отвала 670 полигона Восточный (Галанин и др., 2006)

Fig. 11. Formation of cementing ice in the lower terrace-shaped dumps at Kubaka Mine (Omolon Mountains): а – an ice-rock bed forming in the lower part of the frontal dump slope; б – the frontal part of dump 670 in Vostochny mining area (Галанин и др., 2006)

ваний, целью которых было изучение строения и динамики отвалов (Горбунов, 1988), были выявлены следующие характеристики техногенного каменного глетчера ( $67^{\circ} 38,5'$  с. ш.,  $33^{\circ} 56,2'$  в. д.). Средние размеры обломков 18 см, максимальные до 1 м и более. Объемная льдистость 50%, в некоторых случаях до 70%. Фирновый снег и лед заполняли пустоты между обломками, в толще присутствовали линзы льда мощностью до 1,5–2 м. При льдистости более 30% обломки горных пород переходят во взвешенное состояние. Именно это приводит к резкому качественному изменению характера деформаций ледово-каменной массы: она подвергается вязкопластическому течению при температуре  $-1,2^{\circ}\text{C}$  и давлении около  $1,6 \text{ кг/см}^2$ .

Отвал, сформированный на крутом ( $30\text{--}40^{\circ}$ ) склоне, сползая вниз, достиг более пологого ( $15\text{--}20^{\circ}$ ) и стал приобретать форму каменного глетчера – появились поперечные дугообразные валы, ложбины, фронтальный откос и др. Двигаясь дальше техногенный глетчер достиг нового перегиба склона, где крутизна поверхности снова увеличилась до  $20\text{--}30^{\circ}$ . Скорость каменного глетчера возросла, произошел разрыв его мерзлого тела, и масса объемом около 4 млн  $\text{м}^3$  обрушилась в виде оползня-потока в долину небольшой горной реки (Горбунов, 1988).

Явления промерзания и начальные этапы деформации крупноглыбовых террасированных отвалов золото-серебряного месторождения Кубака (Магаданская область) обследованы в 2000–2003 гг. Выявлено быстрое формирование полигенетического ледяного горизонта, цементирующего полости между обломками (Моторов и др., 2005, 2007; Галанин и др., 2006). В процессе отсыпки из-за

некоторых физических свойств отвалов сток из-под крупных тел прекратился, и значительная часть его расхода пошла на формирование конгеляционного льда (рис. 11).

Основным морфодинамическим признаком и условием активности природных и техногенных каменных глетчеров является значительная мощность (не менее 15 м). Проведенные по методике Д. Барша (1996) расчеты показали, что при полном насыщении свободной пористости ледяным цементом давления в основаниях некоторых отвалов месторождения Кубака могут возрасти до 1,5 бар, что приведет к активизации процессов пластического течения со скоростью до 0,5 м/год и более. Процесс насыщения грубообломочных масс ледяным цементом в климатических условиях месторождения весьма длительный. Расчеты показывают, что активные и видимые пластические деформации в отвалах месторождения могут начаться только через 100–150 лет. В современных климатических условиях для начала значительных пластических деформаций в отвалах месторождения Кубака потребуется не менее 70–80 лет. Наиболее активные движения могут начаться только через 100–150 лет (Галанин и др., 2006).

#### КАМЕННЫЕ ГЛЕТЧЕРЫ МАРСА

Одним из интереснейших современных открытий в области геологии планет Солнечной системы конца XX в. является обнаружение глетчероподобных ледово-грунтовых образований на Марсе, которые именованы обломочными фартуками (debris aprons) и несут в своей морфологии поверхности признаки современного течения и пластических деформаций. Эти образования были вы-

явлены и изучены на основе стереофотографирования поверхности космическими аппаратами, а также радиозондирования метрового слоя рыхлых осадков, в результате которого выявлены значительные скопления воды в форме льда на разных широтах планеты. В работе Р. Эвинга, П. Шенка (Ewing, Schenk, 2002) с учетом марсианских физических параметров (сила тяжести и температура) проведен расчет скоростей движения крупных глетчероподобных объектов Марса, состоящих из смеси обломочного материала и льда.

Морфологически исследованные образования очень похожи на земные каменные глетчеры, но имеют грандиозные размеры. Параметры разработанной исследователями реологической модели данных образований позволяют предполагать, что если содержание цементирующего льда составляет 50% и более от общего объема тел, то течение таких глетчеров будет сильно напоминать движение земных каменных глетчеров. Рассчитанные значения мощности глетчеров (550 м) и гидростатического давления (210 кПа) позволили оценить скорость течения марсианских глетчеров около 5 мм/год. Относительное датирование по метеоритному методу дает основание полагать, что марсианские глетчеры – это молодые образования эпохи Амазония и, возможно, активны в настоящее время.

### ДИНАМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И МЕХАНИКА ДВИЖЕНИЯ

По современной динамической активности принято выделять активные, неактивные (пассивные) и отмершие глетчеры. Скорость движения (пластического течения) каменного глетчера неодинакова в разных его частях и зависит от многих факторов. Из них главными являются мощность, соотношение льда и обломочного материала, наклон ложа и температура. Кроме основного течения, на поверхности каменных глетчеров нередко развивается солифлюкция, формируются трещины скалывания и другие явления. Известны также случаи обрушения висячих глетчеров в долины и их блокового сползания. При потеплении климата и смещении морфоклиматической поясности каменные глетчеры деградируют. Внутренний лед вытаивает, глетчер замедляет или вовсе прекращает свое движение.

Материалы по гидрологии и температурным характеристикам активных и неактивных каменных глетчеров получены под руководством К. Крейнера в ходе выполнения ряда научных проектов «Рабочей группой по каменным глетчерам» в Институте геологии и палеонтологии при Инсбрукском университете (Австрия) (Krainer, Mostler, 1999, 2000). Установлено, что амплитуды колебаний температур вытекающих из-под глет-

а



б

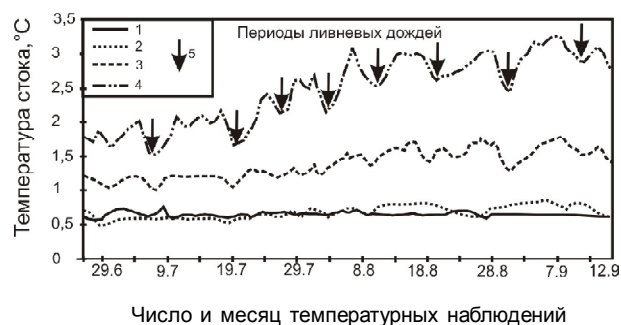


Рис. 12. Крутой фронтальный откос каменного глетчера Рейхенкар (Западные Альпы) и станция режимных наблюдений за температурой его водного стока (а); температурные кривые стока (б) каменных глетчеров разных морфодинамических типов: 1 – активный глетчер Кайзерберг (Kaiserberg); 2 – активный глетчер Рейхенкар (Reichenkar); 3 – неактивный глетчер Сулзкар (Sulzkar); 4 – отмерший глетчер Кайзерберг; 5 – периоды ливневых дождей

Fig. 12. A steep foot slope of Reichenkar rock glacier (West Alps) and its discharged water temperature monitoring station (а); discharged water temperature curves (б) of different rock glacier types: 1 – Kaiserberg active rock glacier; 2 – Reichenkar active rock glacier; 3 – Sulzkar inactive rock glacier; 4 – Kaiserberg fossil glacier; 5 – hard rainfall events

черов талых вод определяются наличием и количеством погребенного льда и льда-цемента (рис. 12). У активных мерзлых глетчеров амплитуды минимальны и составляют доли градуса, в то время как температурные годографы стока с отмерших (неактивных) каменных глетчеров и талых морен весьма значительны и проявляют жесткую связь с летними температурами воздуха и количеством жидких осадков. Однако это, вероятно, свойственно каменным глетчерам Альп, развивающимся в криолитозоне или спускающимся за ее пределы и имеющим талое ложе. В условиях северо-востока Азии-Востока при более чем 100–200-метровой мощности многолетнемерзлых пород каменные глетчеры и ледники часто приморожены к своему ложу и круглогодично имеют отрицательные температуры подошвы.

Механика движения каменных глетчеров описывается законом пластических деформаций Дж. Глена и имеет вид:  $\varepsilon = k\tau^n$ , где  $\varepsilon$  – скорость деформации;  $k$  и  $n$  – коэффициенты;  $\tau$  – напряжение сдвига (Barsh, 1996). Коэффициент  $k$  определяется температурой движущейся пластичной массы. Коэффициент  $n$  обычно принимается равным 3. Давление в основании движущегося глетчера  $\tau = \rho gh \sin\alpha$ , где  $\rho$  – плотность ледово-грунтовой массы;  $g$  – ускорение свободного падения;  $h$  – мощность глетчера;  $\alpha$  – угол наклона ложа, по которому происходит пластическое движение.

Для удобства оценки скорости движения каменных глетчеров в конкретных морфоклиматических районах Д. Барш (Barsh, 1996) использовал способ расчета коэффициентов течения на основе наблюдений за эталонными каменными глетчерами и ледниками. Использовалась зависимость  $A_{к.г.} = v(n+1)/(2t^n h)$ , где  $A_{к.г.}$  – коэффициент течения каменного глетчера, определяющийся климатическими и погодными условиями района;  $v$  – скорость движения; коэффициент  $n = 3$ ;  $h$  – мощность каменного глетчера.

Так, в результате многолетних наблюдений за движением комплексного каменного глетчера Галена Крик (Кордильеры) было установлено, что скорости поверхностных движений в осевой части варьируют от 0,64 до 0,98 м/год (Potter, 1972; Barsh, 1996). Мощность этого глетчера на отдельных участках составляет от 30 до 150 м. Используя коэффициент течения для обычных ледников  $A_{л.} = 1,6 \cdot 10^{-2}$ , плотность которых существенно ниже плотности каменных глетчеров, а также известную среднюю скорость их движения (0,5 м/год), Д. Барш рассчитал таблицу коэффициентов течения и при разных мощностях для уклона  $10^\circ$  и среднегодовой температуры  $-10^\circ\text{C}$  (Barsh, 1996). Так, при скорости движения 0,5 м/год и мощности 30 м давление в основании составляет 0,9 бар, а коэффициент  $A_{к.г.} = 4,56 \cdot 10^{-2} \text{ лет}^{-1}$ . Для мощности 50 м  $t = 1,6$  бар, коэффициент течения  $A_{к.г.} = 0,49 \cdot 10^{-2} \text{ лет}^{-1}$ . При использовании коэффици-

ентов течения исчезает необходимость сложных расчетов и оценки всех параметров движущегося каменного глетчера. Получаемые значения скоростей и перемещений имеют осредненные многолетние значения и вытекают лишь из физических характеристик ледово-грунтовых тел.

Для анализа динамики каменного глетчера Низкоморенный в Джунгарском Алатау П. А. Черкасовым (1989) применялся метод повторного визирования отдельных крупных камней на поверхности глетчера в нижней его части на участке наблюдений  $420 \times 190$  м с 1948 по 1982 г. Выбранный для изучения участок каменного глетчера представлен хорошо выраженными волнами напора с разделяющими их глубокими крутостенными лощинами. Это говорит о том, что на ложе, в силу большого сопротивления сдвигу, формируются резко дифференцированные напряжения, которые обеспечивают возникновение волнообразной формы движения каменного глетчера. Как пишет исследователь, динамические процессы в каменных глетчерах совершаются очень медленно, поэтому он был вынужден проводить полевые работы с интервалом в несколько лет. Оцененный минимальный модуль поверхностной скорости движения каменного глетчера равнялся 0,17 м/год, максимальный – 0,35 м/год. Средний взвешенный по годам периодов лет наблюдений составил 0,27 м/год, а суммарная величина его движения 8,91 м за весь период наблюдений. Установлено, что за время наблюдений поверхность изучаемой части глетчера систематически понижалась со скоростью от 0,02 до 0,03 м/год вследствие абляции и уменьшения питания. За все время наблюдений поверхность понизилась на 0,72 м.

П. А. Черкасовым установлено, что процессы рельефообразования каменного глетчера ускоряются или замедляются в зависимости от режима климатических условий перигляциальной зоны. Выявлена 12-летняя периодичность в режиме всех описанных характеристик динамики каменного глетчера, четко совпадающая с аналогичной периодичностью параметрических колебаний движения современных ледников (Черкасов, 1989).

#### ЛИХЕНОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ВОЗРАСТА И СОВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ КАМЕННЫХ ГЛЕТЧЕРОВ

Для оценки скоростей движения комплексных каменных глетчеров гляциального ряда Корякского и Чукотского нагорий нами использовался лихенометрический метод. Суть подхода заключалась в оценке времени экспонирования поверхностного обломочного чехла на реперных площадках, расположенных через определенное расстояние вдоль оси движения объекта в его транзитной части (Галанин, 1999а, 2000). В качестве рабочей гипотезы мы приняли предположение, что



поверхностный обломочный материал, накапливаясь и продвигаясь вниз по долине вместе с глетчером, колонизируется накипными лишайниками. Поэтому возраст лишайниковых колоний на обломочном чехле нижней и верхней части тела ледника должен существенно различаться. Величина разности во времени экспонирования двух соседних по профилю площадок обратно пропорциональна скорости движения. Отношение приращения времени экспонирования к приращению расстояния между площадками будет характеризовать скорость движения на данном участке профиля.

Полученные значения скоростей варьируют от первых сантиметров до первых метров в год. Для анализа современной динамики эталонных объектов использованы значения скоростей, полученные на транзитных участках. В целом полученные значения поверхностных скоростей согласуются с геоморфологическими особенностями строения каждого эталонного объекта. Наиболее высокие скорости движения характерны для верхних и средней части глетчеров. В их краевых частях, где возрастает роль абляции, скорости перемещения обломочного материала замедляются. Максимальные и максимальные средние скорости движения характерны для наиболее крупных объектов карово-долинного типа («Цирк», «Ледник» и «Вера»). На участках перегибов тальвегов при выходе из каров (ледопадов) поверхностные скорости движения этих объектов достигают 1–2,5 м/год.

По сравнению с наиболее активными современными ледниками, скорость движения которых измеряется сотнями метров в год и более, исследуемые объекты можно отнести к «мертвым» или, по крайней мере, весьма инертным образованиям. Поверхностные скорости их движения сопоставимы с каменными глетчерами Средней Азии – 0,17–0,35 м/год (Черкасов, 1989).

Отношение расстояния между краем глетчера и позднеголоценовым конечноморенным валом к разности их времени экспонирования отражает среднюю скорость деградации за неогляциальный период голоцена. Горизонтальная скорость отступления эталонных объектов варьирует от 0,23 до 1,05 м/год, или 0,25–1 км за 1000 лет (Галанин, 2000).

Исследования выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 08-05-00046-а).

#### ЛИТЕРАТУРА

Баранова Ю. П., Бискэ С. Ф. Северо-восток СССР // История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. – М. : Наука, 1964. – 300 с.

Боч С. Г. Наблюдения за формами микро- и мезорельефа в четвертичных отложениях, связанных с мерзлотными процессами : метод. руководство по изучению

геологической схемки четвертичных отложений. – М. : Госгеолтехиздат, 1955. – Ч. 2. – С. 298–345.

Важенин Б. П. Палеосейсмодислокации в Приморье // Сейсмологические и петрофизические исследования на Северо-Востоке России. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 1992. – С. 102–120.

Важенин Б. П. Некоторые принципы в сейсмическом районировании и палеосейсмогеологии (на примере Северо-Востока России) // Тихоокеан. геол. – 1998. – Т. 17, № 2. – С. 28–41.

Важенин Б. П. Принципы, методы и результаты палеосейсмогеологических исследований на Северо-Востоке России. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2000. – 206 с.

Важенин Б. П., Мишин С. В., Шарафутдинова Л. В. Землетрясения Магаданской области : препринт. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 1997. – 44 с.

Ваццлов Ю. Я., Сахно О. В., Калинина Л. Ю. Геолого-геофизические условия возникновения землетрясений на Северо-Востоке России. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 1996. – 90 с.

Галанин А. А. Лихенометрический метод в изучении современных геоморфологических процессов на Северо-Востоке России : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Владивосток, 1997. – 22 с.

Галанин А. А. Строение и динамика современных ледников и каменных глетчеров восточной части Корякского хребта (на основе лихенометрических данных) // Комплексные исследования Чукотки (проблемы геологии и биогеографии). – Магадан : ЧФ СВКНИИ СВНЦ ДВО РАН, 1999а. – С. 103–128.

Галанин А. А. Особенности позднеголоценовой ледниковой морфоскульптуры и вопросы достоверности выделения палеосейсмодислокаций на Северо-Востоке России // Магадан: годы, события, люди. – Магадан : Кордис, 1999б. – С. 168–169.

Галанин А. А. Новый метод количественной оценки поверхностной скорости движения бронированных ледников и каменных глетчеров // Применение персональных ЭВМ в геологических исследованиях. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2000. – С. 88–94.

Галанин А. А. Лихенометрия: современное состояние и направления развития метода. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2002. – 74 с.

Галанин А. А. Морфогенетические типы каменных глетчеров Северо-Востока // Материалы XII совещания географов Сибири и Дальнего Востока. – Владивосток : ТИГ ДВО РАН, 2004. – С. 103–105.

Галанин А. А. Каменные глетчеры и гравитационные сейсмодислокации южной части Чукотского полуострова // Новые и традиционные идеи в геоморфологии : V Шукинские чтения. – М. : МГУ, 2005а. – С. 231–235.

Галанин А. А. Комплексные каменные глетчеры – особый тип горного оледенения северо-востока Азии // Вестник ДВО РАН. – 2005б. – № 5. – С. 59–70.

Галанин А. А., Глушкова О. Ю. Неогляциальный морфогенез хребта Искатень (восточная Чукотка) // Климатические летописи в четвертичных осадках Берингии // «Журнал периодический (Москва) Материалы гляциологических исследований». – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2004а. – С. 88–107.

Галанин А. А., Глушкова О. Ю. Строение и динамика бронированных ледников и каменных глетчеров хребтов Корякский и Искатень в позднем голоцене // МГИ. – 2004б. – Т. 97. – С. 161–169.

- Галанин А. А., Глушкова О. Ю. Каменные глетчеры и сейсмотектонические деформации неогляциальных образований Провиденского горного массива (Чукотский полуостров) // Наука Северо-Востока России – начало века : материалы Всерос. науч. конф., посвящ. памяти акад. К. В. Симакова и в честь его 70-летия (Магадан, 26–28 апр. 2005 г.). – Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2005а. – С. 259–262.
- Галанин А. А., Глушкова О. Ю. Каменные глетчеры северо-востока Азии // МГИ. – 2005б. – Т. 98. – С. 30–43.
- Галанин А. А., Глушкова О. Ю. Оледенения, климат и растительность района Тауйской губы (Северное Приохотье) в позднечетвертичное время // Геоморфология. – 2006. – № 2. – С. 50–61.
- Галанин А. А., Смирнов В. Н. Лихенометрическое датирование палеосейсмодислокаций на Северо-Востоке России // Информ. бюл. РФФИ. – 1996. – № 5. – С. 722.
- Галанин А. А., Моторов О. В., Замощ М. Н. Техногенные каменные глетчеры в районах освоения коренных месторождений Северо-Востока // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2006. – № 1. – С. 17–28.
- Галанин А. А., Смирнов В. Н., Глушкова О. Ю., Пахомов А. Ю. Каровый морфогенез в горах Северного Приохотья и проблема диагностики палеосейсмодислокаций : тез. межгос. совещ. XXIV пленума геоморфолог. комиссии РАН по проблеме «Геоморфология гор и равнин: взаимосвязи и взаимодействие». – Краснодар, 1998. – С. 47–49.
- Глазовский А. Ф. Каменные глетчеры (состояние проблемы) // Криогенные явления высокогорий. – Новосибирск : Наука, СО, 1978. – С. 59–72.
- Говорушко С. М. Курумовый морфолитогенез. – Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1986. – 119 с.
- Горбунов А. П. Криогенные явления Памиро-Алтая // Криогенные явления высокогорий. – Новосибирск : Наука СО, 1978. – С. 5–25.
- Горбунов А. П. Каменные глетчеры Заилийского Алатау // Криогенные явления Казахстана и Средней Азии. – Якутск : Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1979. – С. 5–34.
- Горбунов А. П. Каменные ледники. – Новосибирск : Наука, СО, 1988. – 110 с.
- Горбунов А. П., Северский Э. В. Крупнейший в Тянь-Шане комплексный каменный глетчер // Геоморфология. – 2000. – № 3. – С. 48–54.
- Горбунов А. П., Титков С. Н. Каменные глетчеры гор Средней Азии. – Якутск : Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1984. – 164 с.
- Гросвальд М. Г. Каменные глетчеры Восточного Саяна // Природа. – 1959. – № 2. – С. 89–91.
- Заморуев В. В. Каменные глетчеры в хребте Хамар-Дабан // Изв. ВГО. – 1965. – Т. 97. – Вып. 1. – С. 80–81.
- Заморуев В. В. О строении и происхождении каменных глетчеров // Там же. – 1981. – Т. 113. – Вып. 6. – С. 479–484.
- Заморуев В. В., Малаховский Д. Б. Геоморфологические наблюдения в Буордахском массиве // Там же. – 1975. – Т. 107. – Вып. 5. – С. 450–455.
- Ивановский Л. Н. Каменные глетчеры и их возраст на Алтае // Вопр. динамической геоморфологии. – Иркутск, 1977. – С. 125–137.
- Иверонова М. И. Каменные глетчеры Северного Тянь-Шаня // Тр. Ин-та географии АН СССР. – 1950. – Т. 45. – С. 69–80.
- Каплина Т. Н., Павлова О. П., Чернядьев В. П., Кузнецова И. Л. Новейшая тектоника и формирование многолетнемерзлых пород и подземных вод. – М. : Наука, 1975. – 123 с.
- Костенко Н. П. Четвертичные отложения горных стран. – М. : Недра, 1975. – 216 с.
- Максимов Е. В., Осмонов А. О. Особенности современного оледенения и динамика ледников Киргизского Ала-Тоо. – Бишкек : Илим, 1995. – 200 с.
- Матвеев С. Н. Каменные потоки // Проблемы физической географии. – М. : Изд-во АН СССР, 1938. – Вып. 6. – С. 91–124.
- Моторов О. Н., Замощ М. Н., Галанин А. А. Геотермические эффекты при промерзании отвалов пустых пород в горных условиях криолитозоны (на примере золото-серебряного месторождения Кубака, Магаданская область) // Наука Северо-Востока России – начало века : материалы Всерос. науч. конф., посвящ. памяти акад. К. В. Симакова и в честь его 70-летия (Магадан, 26–28 апр. 2005 г.). – Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2005. – С. 395–399.
- Моторов О. В., Замощ М. Н., Галанин А. А. Образование техногенных каменных глетчеров при разработке коренных месторождений в условиях криолитозоны // Горн. журн. – 2007. – № 4. – С. 25–29.
- Некрасов И. А., Гравис Г. Ф. Погребенные ледники хребта Удокан // Геокриологические условия Забайкалья и Прибайкалья. – М., 1967. – С. 182–192.
- Некрасов И. А., Шейнкман В. С. Стадии сокращения верхнеплейстоценовых ледников в горной системе Черского // ДАН СССР. – 1974. – Т. 219, № 2. – С. 421–424.
- Общее сейсмическое районирование территории Российской Федерации. ОСР–97. Комплект карт и другие материалы для строительных норм и правил // СНиП «Строительство в сейсмических районах». – М., 1998. – 36 с.
- Пальгов Н. Н. Наблюдения за движением одного из каменных глетчеров хр. Джунгарского Алатау // Вопр. географии Казахстана. – 1957. – Вып. 2. – С. 195–207.
- Подземные льды и криоморфогенез // Путеводитель научной экскурсии в районе г. Анадырь / ред. А. Н. Котов. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 1991. – 23 с.
- Пономарев В. М. Четвертичные отложения и вечная мерзлота Чукотки. – М. : Изд-во АН СССР, 1953. – 267 с.
- Природа и ресурсы Чукотки / отв. ред. А. В. Галанин. – Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 1997. – 236 с.
- Романовский Н. Н., Тюрин А. И., Сергеев Д. О. и др. Курумы гольцового пояса гор. – Новосибирск : Наука, СО, 1989. – 152 с.
- Смирнов В. Н., Галанин А. А., Глушкова О. Ю. Псевдосейсмодислокации в горах Примагаданья // Геоморфология. – 2001. – № 2. – С. 81–92.
- Смирнов В. Н., Галанин А. А., Глушкова О. Ю., Пахомов А. Ю. Ледниковые кары и псевдосейсмодислокации в горах Примагаданья // Берингия в четвертичный период. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2000. – С. 99–117.
- Титов Э. Э. Основные черты современного коллювиального морфогенеза в горах Северо-Востока СССР // Геоморфология. – 1976. – № 2. – С. 11–25.
- Томирдиаро С. В. Вечная мерзлота и освоение горных стран и низменностей. На примере Магаданской

области и Якутской АССР. – Магадан : Кн. изд-во, 1972. – 174 с.

*Троцкий Л. С.* О голоценовых стадиях оледенения на Шпицбергене // МГИ. – 1971. – Вып. 18. – С. 63–68.

*Турин А. И., Романовский Н. Н., Полтев Н. Ф.* Мерзлотно-фациальный анализ курумов. – М. : Наука, 1982. – 150 с.

*Черкасов П. А.* Динамика каменного глетчера Низкоморенного в Джунгарском Алатау за 35 лет // Ледники, снежный покров и лавины в горах Казахстана. – Алма-Ата : Наука, 1989. – С. 180–216.

*Чукотка:* Природно-экономический очерк / отв. ред. А. Н. Котов. – М. : Арт-Литэкс, 1995. – 370 с.

*Barsch D.* Nature and importance of mass-wasting by rock glaciers in Alpine permafrost environments // Earth surface processes. – 1977. – Vol. 2, No. 23. – P. 231–245.

*Barsch D.* Rock glaciers: an approach to their systematics // Rock glaciers / ed. J. R. Giardino, J. F. Shroder, J. D. Vitek. – L. : Allen & Unwin, 1987. – P. 41–44.

*Barsch D.* Rock glaciers // Advances in periglacial geomorphology. – 1988. – P. 69–90.

*Barsch D.* Permafrost creep and rockglaciers // Permafrost and Periglacial Processes. – 1992. – No. 3. – P. 175–188.

*Barsch D.* Rock glaciers: Indicators for the Present and Former Geocology in High Mountain Environments. – Berlin : Springer-Verlag, 1996. – 331 p.

*Blagbrough I. W., Farkas S. E.* Rock glaciers in the San-Mateo mountains, South-Central New Mexico // Am. J. Sci. – 1968. – Vol. 266, No. 9. – P. 812–823.

*Corte A. E.* Rock glaciers taxonomy // Rock glaciers / ed. J. R. Giardino, J. F. Shroder, J. D. Vitek. – L. : Allen & Unwin, 1987. – P. 27–39.

*Ewing R. C., Schenk P. M.* Formation of debris aprons on Mars // Lunar and Planetary Science XXIX. – Colorado, 2002. – 1543.pdf

*Giardino J. R., Vitek J. D.* Rock glaciers rheology: a preliminary assessment / V Intern. Conf. on Permafrost. – Tapir, Trondheim, Norway, 1989. – P. 744–748.

*Haeblerli W.* Creep of mountain permafrost: internal structure and flow of alpine rock glaciers. Mitteilungen der Versuchsanstalt fer Wasserbau // Hydrologie und Glaziologie. – Zurich, 1985. – Vol. 77. – 142 p.

*Johnson R. G.* Mass movement of ablation complexes and their relationship to rock glaciers // Geografiska Annaler. – 1974. – No. 56A. – P. 93–101.

*Johnson R. G.* Rock glaciers types and their drainage systems, Grizzly Creek, Yukon Territory // Canad. J. Earth Sci. – 1978. – Vol. 15, No. 9. – P. 1496–1507.

*Krainer K., Mostler W.* Aktive Blockgletscher als Transportsysteme für Schuttmassen im Hochgebirge // Geoforum Umhausen, 14–16 okt. – 1999. – P. 12–13.

*Krainer K., Mostler W.* Blockgletscher – Gefrorener Schutt im Hochgebirge // Mitteilungen des Oesterreichischen Alpenvereins. – 2000. – Vol. 55 (125), No. 2. – S. 25–26.

*Liestol O.* Talus terraces in Arctic regions // Norsk Polarinstittut Arbok. – Oslo, 1961. – P. 102–105.

*Martin H. E., Whalley W. B.* Rock glaciers. Part 1. Rock glaciers morphology; classification and distribution // Progress in Physical Geography. – 1987. – No. 11. – P. 260–282.

*Olyphant G. A.* Computer simulation of rock glacier development under viscous and pseudo-plastic flow // Geol. Soc. of Am. Bull. – 1983. – No. 94. – P. 499–505.

*Potter N. Jr.* Ice-cored rock glacier, Galena Creek, northern Absaroka Mountains, Wyoming // Geol. Soc. of Am. Bull. – 1972. – No. 83. – P. 3025–3057.

*Smith H. T. U.* Photogeologic study of periglacial talus glaciers in north-western Canada // Geogr. Ann. – 1973. – No. 55A (3). – P. 69–84.

*Tyrrell J. B.* «Rock glaciers» or chrystocrenes // J. Geol. – 1910. – Vol. 18, No. 6. – P. 549–553.

*Vitek J. D., Giardino J. R.* Rock glaciers: a review of the knowledge base // Rock glaciers. – L. : Allen & Unwin, 1987. – P. 1–26.

*Wahrhaftig C., Cox A.* Rock glaciers in the Alaska Range // Geol. Soc. of Am. Bull. – 1959. – No. 70. – P. 383–435.

*Whalley W. B.* Rock glaciers and their formation as part of a glacier debris-transport system // Geographical Papers, Univ. of Reading, Dept. of Geography. – 1974. – 24 p.

*Whalley W. B., Martin H. E.* Rock glaciers: II models and mechanisms // Progress in Physical Geography. – 1992. – No. 16. – P. 127–186.

*White S. E.* Rock glaciers studies in the Colorado Front Range, 1961–1968 // Arct. Alpine Res. – 1971. – No. 3. – P. 43–64.

Поступила в редакцию 30.10.2007 г.

## ROCK GLACIERS: THE STUDY HISTORY AND MODERN CONCEPTIONS

*A. A. Galanin*

This paper deals with both the history of studies of rock glaciers and their modern understanding as a peculiar glacial-cryogenic formation that can serve as an indication of periglacial conditions of rock morphogenesis in late Pleistocene and Holocene. The genesis of rock glaciers, their ages, rheological processes, taxonomy, terminology and study methods are discussed in this paper. Rock glaciers are assumed to be isomorphic with other glacial, slope and cryogenic morphosculpture types. Data about fault-related rock glaciers reported from tectonically active mountain areas of northeastern Asia are for the first time presented in this paper.

**Key words:** rock glacier, neoglaciation epoch, modern glaciation of northeastern Asia, fault-related rock glacier.