

- Аветисов Г. П.* Сейсмичность моря Лаптевых и ее связь с сейсмичностью Евразийского бассейна. В кн. «Тектоника Арктики», вып. 1. Л., 1975.
- Виноградов В. А., Гапоненко Г. И., Русаков И. М., Шимараев В. Н.* Тектоника Восточно-Арктического шельфа СССР. Л., «Недра», 1974.
- Гапоненко Г. И.* Глубинное строение земной коры и мощность койлогенного чехла Восточно-Сибирского — Аляскинского шельфа по гравиметрическим данным. В сб. «Геофизические методы разведки в Арктике», вып. 8. Л., 1973.
- Гзовский М. В.* Основы тектонофизики. М., «Наука», 1975.
- Егизаров Б. Х.* Геологическое строение Аляски и Алеутских островов. Л., «Недра», 1969.
- Ласточкин А. Н.* Структурно-геоморфологические исследования на шельфе. Л., «Недра», 1968.
- Леонтьев О. К.* Дно океана. М., «Мысль», 1968.
- Ляцкий В. Б.* Теоретические основы геологического изучения и картирования шельфа. В сб. «Картирование шельфов». Л., 1974.
- Наймарк А. А.* Поверхности выравнивания и кайнозойская история Северной Аляски. «Изв. вузов. Геология и разведка», № 4, 1977.
- Полькин Я. И.* Особенности аномального магнитного поля и тектонического развития шельфа Чукотского моря и прилегающей суши. В сб. «Тектоника Арктики», вып. 1. Л., 1975.
- Creager J. S., McManus D. A.* Pleistocene drainage patterns on the floor of the Chukchi Sea. «Marine Geology», v. 3, 1965.
- Holmes M. L., Creager J. S.* Holocene History of the Laptev Continental Shelf. «Marine Geology and Oceanography of the Arctic Seas». Berlin, e. a., 1974.

Московский государственный  
университет  
Географический факультет

Поступила в редакцию  
19.II.1979

## NEW DATA ON STRUCTURAL GEOMORPHOLOGY OF COASTAL PLAINS AND SHELF OF THE EAST ARCTIC SEAS OF THE USSR

N. G. PATYK-KARA, L. N. MOROZOVA, V. Ya. BIRYUKOV, V. N. NOVIKOV

### Summary

A detailed structural-geomorphological analysis of coastal plains and shelf at East Arctic sector of the USSR allows to distinguish four group of structures, including: arch-dome uplifts inherited from late orogenous stage; structures due to differentiated down-warping of the shelf; block structures at the zone of shear stress; rift structures. The delineated system of circumpolar faults shows similarity of submerged and emerged parts of the arctic margin of the continent, the system itself being a structure of planetary rank. Its special features and contacts with more ancient continental structures indicate that besides the shelf down-warping lateral shear movements were of importance.

УДК 551.435.55(575.2)

А. Г. ТАРАКАНОВ

## КАМЕННЫЕ СОЛИФЛЮКЦИОННЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА НА ТЯНЬ-ШАНЕ

С явлением солифлюкции в перигляциальных условиях связано образование и развитие многих форм рельефа. Однако в отечественной и зарубежной литературе наибольшее внимание традиционно уделялось мелкоземистым задернованным формам рельефа. О каменных солифлюкционных образованиях (КСО) встречаются лишь отрывочные све-

дения (Ян, 1958; Каплина, 1965; Перов, 1968); при этом относительно хорошо изучены каменные полосы, вытянутые каменные многоугольники, ступени. На основании наших наблюдений в Тянь-Шане в данной статье характеризуются строение, некоторые особенности распространения, условия и механизм развития каменных ступеней, языков, гирлянд и переходных форм между ними.

По внешнему облику КСО напоминают мелкоземистые задернованные, исключая лишь каменные, гирлянды, морфология которых и их внутреннее строение сильно отличаются от грунтовых. Каменные ступени, языки, гирлянды в высокогорье Тянь-Шаня имеют широкое распространение, однако по сравнению с мелкоземистыми формами площадь, занятая ими, значительно меньше. КСО наблюдаются в интервале высот 3200—4300 м. На склонах, лишенных летом снега, они могут встречаться в пределах нивального пояса. Такие формы отмечались на высотах около 4000—4300 м у фирновых полей в междуречье Учемчек-Тоссор, у перевала Қалча (хр. Терской-Алатау), в бассейне р. Сары-Чат (хребты Терской-Алатау, Ак-Шийрак) и др. Они развиты на каменистых склонах крутизной 10—35°. Их поверхности задернованы очень слабо, а иногда растительный покров отсутствует полностью.

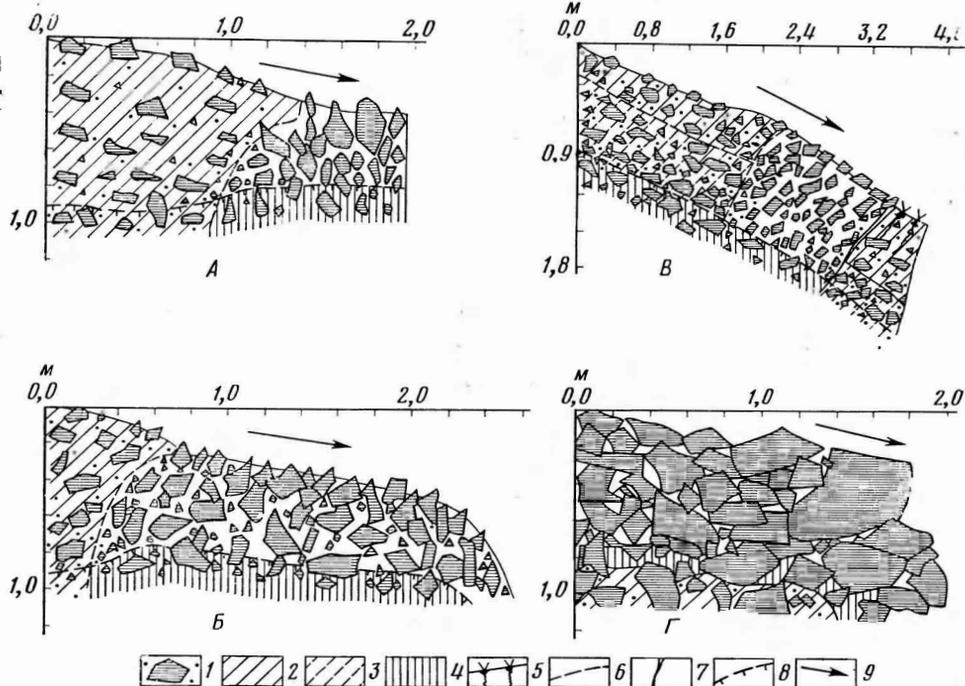
До высоты 3500—3700 м КСО на разных склонах развиты неодинаково. На склонах южной экспозиции они отсутствуют или встречаются редко. На склонах других экспозиций такие образования имеют достаточно широкое распространение выше 3200—3300 м.

КСО чаще встречаются на породах осадочного комплекса (исключая слабо литифицированные неогеновые), реже на интрузивных и сильно метаморфизованных породах. Наибольшее развитие они получили на глинистых, хлоритовых, слюдяных сланцах, известняках, тонких песчаниках. Особенно это касается ступеней, гирлянд. Развитие КСО приурочено к участкам распространения сплошной многолетней мерзлоты.

Исходя из показаний суммарных осадкомеров и метеостанций, расположенных в высокогорье, среднее годовое количество осадков в поясе распространения КСО может колебаться в широких пределах от 400 до 1300 мм. Средняя годовая температура в нижней части пояса составляет около  $-2 \div -3^\circ$ . В вершинном поясе гор она понижается до  $-10^\circ$ . Температура июля соответственно колеблется в пределах  $0 \div +6-7^\circ$ .

Существующие в высокогорье Тянь-Шаня каменные ступени, языки, гирлянды имеют единую солифлюкционную природу. В их формировании и развитии наблюдается определенная последовательность: морозобойное растрескивание и возникновение трещинных полигонов, затем морозная сортировка и образование каменных многоугольников, деформация последних солифлюкцией и превращение их в каменные ступени, гирлянды, а затем в каменные языки. Таким образом, эти каменные образования представляют собой единый генетический ряд. При благоприятных условиях каменные языки далее могут переходить в мелкоземистые задернованные солифлюкционные языки. КСО отсутствуют на осыпных, курумовых, лавинных склонах. Причина этого, во-первых, недостаточное содержание мелкозема в отложениях рыхлой толщи, незначительная их увлажненность, во-вторых, высокая динамика глыбового материала под действием гравитации или снежных лавин на склонах. Движение глыб под действием гравитации подавляет все другие склоноформирующие процессы.

Деформированные каменные многоугольники — переходные формы к каменным ступеням описаны нами на склоне длины р. Сары-Чат, под уступом нивационной ниши. Крутизна составляет 10—25°. Многоугольники имеют поперечники 1,5—4,5 м. Середина их нередко выпуклая и возвышается над бордюром на 0,2 м. Ширина одного из многоугольни-



Строение наиболее типичных каменных солифлюкционных форм

*А* — деформирующийся каменный многоугольник (начало перехода его в каменную ступень); *Б* — каменная ступень; *В* — каменная гирлянда; *Г* — каменный солифлюкционный язык. 1 — глыбы, щебень, дресва; 2 — суглинок; 3 — супесь; 4 — лед; 5 — почва; 6 — границы горизонтов; 7 — трещина; 8 — граница мерзлоты; 9 — направление падения склона

ков составляет 3,1, длина 4,3 м. Ширина бордюра колеблется от 0,6 до 1,5 м (рисунок, *А*). Бордюры сложены глыбами и щебнем. Длинные оси обломков чаще ориентированы вдоль по бордюру, уплощенностью они расположены перпендикулярно поверхности склона или с некоторым наклоном. Внутренняя часть многоугольника состоит из суглинка со значительной примесью глыб и щебня. Обломки длинной осью вытянуты преимущественно вниз по склону. Мелкозем внутренней части бордюра наплывает на бордюр. В пространстве, ограниченном бордюрами, имеются, таким образом, все признаки течения грунта.

Наиболее распространенными КСО в высокогорье Тянь-Шаня являются ступени и языки. Типичные каменные ступени развиты в бассейне р. Сары-Чат (хр. Терсей-Алатау) на склоне южной экспозиции крутизной 15—17°. Абсолютная высота участка около 4000—4100 м. Породы представлены преимущественно сланцами. Каменные ступени здесь сохраняют еще контуры многоугольников. Их поперечники равны 1,5—3,0 м. Бордюры сложены глыбами, щебнем. Площадки ступеней представляют собой слабо наклонные вниз по склону поверхности. Бордюры таких деформированных многоугольников, относительно расположенных ниже по склону площадок, имеют вид уступов высотой 0,3—0,5 м и несколько надвинуты на площадки. Одна из исследованных ступеней имеет поперечник 1,6, длину 2,4, высоту уступа 0,3 м. Бордюр, или уступ, сложен глыбами, щебнем (рисунок, *Б*). Уплощенностью обломки ориентированы перпендикулярно поверхности склона. В нижней части рыхлой толщи лед заполняет пространство между обломками. Площадка ступени сложена суглинком и глыбами. В сред-

ней части ступени содержание обломков в приповерхностном горизонте уменьшается, а вниз по разрезу возрастает.

На пологих склонах (7—15°) каменные ступени имеют менее четкие очертания, чем на сравнительно крутых (15—25°). Так, в окрестностях ледника Сарытор (северный склон хр. Ак-Шийрак) в верхней пологой части склона (5—10°) встречаются слабо выраженные морфологически каменные ступени и многоугольники. Ниже по склону в связи с некоторым увеличением его крутизны и повышенным содержанием в рыхлом покрове мелкозема многоугольники все более деформируются и несколько вытягиваются, образуются ступени с высотой уступов 0,15—0,4 м. Такие образования нередко напоминают солифлюкционные языки.

Склоны с каменными гирляндами представляют собой поверхности, осложненные неровными, террасоподобными образованиями и имеющие невысокие расплывчатые уступы и площадки. Высота уступов колеблется от 0,1 до 0,4 м. Расстояние между ними составляет 2—15 м. Уступы сложены глыбовым и щебнистым материалом, площадки — щебнем и мелкоземом. На первый взгляд гирлянды на склоне расположены хаотически. При внимательном наблюдении с уверенностью можно выделить контуры языков. Уступы таких форм, смыкаясь между собой, образуют длинные неровные или разорванные короткие зигзагообразные каменные полосы (линии), идущие поперек падения склона. Каменные гирлянды отмечались на склонах хребтов Терскей-Алатау, Джетым-Бель, Суек, Кара-Джорго, Бауралбас и др. Так, на одном из участков северного склона хр. Бауралбас (южное обрамление Сонкельской котловины) встречаются каменные гирлянды, похожие на описанные. Крутизна склона здесь 28—30°. В целом поверхность склона представляет собой сочетание неровных зигзагообразных каменных полос (уступов), ориентированных поперек падения склона; пространства между ними сложены мелкоземисто-щебнистым материалом. Ширина каменных полос колеблется от 0,3—0,4 до 5 м, расстояние между ними по линии падения склона достигает 10 м и более. Крутизна поверхностей каменных полос достигает 50°, мелкоземисто-щебнистых поверхностей 15—30°. Каменные полосы образуют уступы гирлянд, а мелкоземисто-щебнистые поверхности — их площадки. Одна из гирлянд вскрыта шурфом (рисунок, В). Каменную полосу гирлянды образуют сочлененные бордюры рядом расположенных сильно деформированных каменных многоугольников. Ширина каменной полосы (бордюра) в гирлянде равна 1,5—2,0 м. Она сложена мелкими глыбами, щебнем. На глубине около 0,9 м пространство между обломками занимает лед. Выше и ниже по склону от каменной полосы рыхлые отложения представлены мелкоземом, щебнем и глыбами. Вниз по разрезу содержание грубообломочного материала возрастает. Граница каменной полосы с мелкоземистыми скоплениями площадки, расположенной ниже по склону, четкая и подчеркивается трещиной; граница с расположенной выше площадкой расплывчатая и глубже по разрезу выражена еще хуже.

Образования, переходные от каменных ступеней к языкам, описаны в верхней части склона долины р. Сары-Чат. Крутизна склона составляет 15—20°. Здесь еще сохранились контуры каменных многоугольников. Однако многие из них настолько деформированы, что напоминают каменные солифлюкционные языки. Одна из таких форм имеет длину 6,3, ширину 2,5 м. Ширина уступа составляет 1,2, высота 0,4 м. Ширина боковых бордюров равна 0,3—0,5 м. Обломки в них длинной осью ориентированы вниз по падению склона. Уступ сложен глыбами, щебнем. Ориентировка обломков в уступе аналогична их ориентировке в вышеприведенных случаях. Площадка языка сложена суглинком, супесью со значительной примесью глыб и щебня. Типич-

ные каменные солифлюкционные языки нередко находятся вблизи земляных задернованных солифлюкционных языков.

Участок склона с каменными языками расположен в бассейне р. Чичкан (северный склон хр. Терскей-Алатау). Языки развиты на стенке древнего кара и более всего в средней и нижней его частях. Крутизна стенки возрастает по направлению к гребню от 10—12 до 25°. Экспозиция склона западная, абс. высота 3400 м. Один из каменных языков имеет ширину около 10, длину 15, высоту уступа 2,0 м. До глубины 0,6 м уступ и площадка сложены глыбовым и щебнистым материалом, преобладают крупные и средней величины глыбы (рисунок, Г). Обломки находятся в очень неустойчивом положении. В нижней части уступа отмечаются клочья разорванной дернины, а перед уступом — небольшой валик из дернины. В интервале глубин 0,5—0,6 м пространство между глыбами занято льдом, а глубже мелкоземом. В настоящее время каменные солифлюкционные языки находятся в активном состоянии. Об этом свидетельствуют крутые уступы форм, разрывы дернины, неустойчивое положение обломков, а также валики из дернины перед уступами языков.

Между каменными солифлюкционными и грунтовыми мелкоземистыми языками существуют переходные формы. Подобные образования развиты в средней и верхней частях склонов долины р. Чон-Карагоман, а также в бассейнах рек Курумду, Чон-Казылсу (левые притоки р. Бухан), Тоссор, Тон, Тамга и др. (северный склон хр. Терскей-Алатау). У нижней окраины пояса с солифлюкционным рельефом распространены мелкоземистые задернованные языки шириной 6—8 и длиной 8—12 м и более. Вверх по склону во фронтальных их частях сначала появляются одна или несколько глыб, щебень. Далее языки более загромождаются глыбами. С приближением к курумам они переходят в слабоздернованные каменные языки, хотя пространство между ними еще хорошо задерновано. Непосредственно вблизи курумов языки с поверхности сплошь состоят из обломков. Таким образом, в расположении каменных и задернованных солифлюкционных форм на одном склоне четко проявляется вертикальная поясность. Наиболее ярко подобные образования представлены на правом склоне верхнего отрезка долины р. Калча на абс. высоте 3700—3900 м. Экспозиция склона южная. Обломочный материал преимущественно гранитный.

В нижней части склона (крутизна около 15°) распространены мелкоземистые задернованные солифлюкционные языки. Рядом с ними, несколько выше по склону, находятся языки, на поверхности которых в большом количестве рассеяны глыбы. Это переходные формы от каменных языков к мелкоземистым задернованным. Травяной покров на них несплошной. По мере увеличения крутизны склона до 25° и с приближением к верхней его части травянистая растительность на них постепенно исчезает. На поверхности каменных языков развит лишь разреженный растительный покров. В средней части склона (крутизна 20—30°) преобладают каменные языки, гирлянды, ступени. Каменные языки морфологически здесь становятся менее четкими и нередко уступы их приобретают сложную конфигурацию. Они имеют удлиненную форму; рисунок их уступов часто зигзагообразный. Высота уступов в средней части склона по сравнению с нижней уменьшается от 1,5—2,0 до 1,0—1,5 м. В верхней и средней частях склона наряду с каменными языками встречаются также каменные ступени. Большая часть поверхности верхней половины пояса с солифлюкционным рельефом сильно «закурумлена».

Ход развития каменных солифлюкционных форм рельефа нам представляется следующим образом. В результате морозного растрескивания грунт сначала расчленяется на полигоны. Затем в результате вымораживания обломки концентрируются у стенок блоков. Проис-

ходит морозная сортировка частиц грунта, формирование и развитие каменных многоугольников. Внутренние их части состоят из мелкозема, дресвы, щебня, глыб; они окаймляются бордюрами, сложенными глыбами и щебнем. В бордюрах мелкозем отсутствует или же находится у их краев.

Блоковое расчленение грунта в результате морозного растрескивания (Попов, 1958, 1962; Израилев, 1962, и др.) присуще не только рыхлым породам равнинных территорий перигляциальных зон, но и горным склонам. Мы многократно наблюдали контуры полигонов в каменных россыпях и водораздельных пространствах гор Тянь-Шаня, Сибири, юга Дальнего Востока. О возможности формирования полигональных трещин на солифлюкционных склонах писали Т. Н. Каплина (1965), Г. Ф. Гравис (1969), Н. А. Шило (1971). В результате растрескивания и сортировки грунта в полигонах преобразуются. До морозной сортировки в связи с незначительной примесью мелкозема в грубообломочной толще они не смещаются по солифлюкционному типу. После сортировки рыхлые отложения полигонов имеют большую примесь тонких частиц. Переувлажненное состояние таких грунтов приводит к их солифлюкционному течению. На склонах мелкоземистый грунт внутренних частей многоугольников в процессе течения наплывает на бордюр. По сравнению с внутренними частями многоугольников бордюры их слабо динамичны. Они не только не способны смещаться по солифлюкционному типу, но препятствуют движению мелкозема вниз по склону. Нижние бордюры форм являются своеобразными плотинами, сдерживающими быстрое сплывание мелкоземистого грунта. От верхних бордюров мелкоземистый грунт при течении отстывает, возникают каменные уступы и выположенные мелкоземистые площадки. На этом этапе заканчивается развитие каменных ступеней. Наши представления о механизме формирования и развития ступеней в общем совпадают с точкой зрения А. Л. Уошберна (1958), Т. Н. Каплиной (1965) и др. В связи с тем что склон разбит сеткой таких многоугольников, при дальнейшем их развитии на крутых (свыше 25°) склонах под влиянием интенсивно протекающей солифлюкции, а также, по-видимому, под действием криогенной десерпции, возникает серия уступов. Такие формы рельефа вследствие высокой динамичности грунта имеют расплывчатые очертания. Уступы соседних форм могут соединяться, образуя длинный уступ. В результате разной интенсивности проявления солифлюкции на склонах деформация бордюров протекает неодинаково. Все это приводит к неупорядоченному положению линий каменных гирлянд. Развитие их вначале происходит в связи с блоками бывших многоугольников; позднее эти связи в результате глубокой трансформации последних могут быть потеряны.

Каменные гирлянды чаще всего образуются на склонах, сложенных сланцами, тонкозернистыми песчаниками, карбонатными породами. Слабая стойкость их к разрушению способствует формированию на склоне рыхлого покрова с большим содержанием мелкозема. Большая крутизна склонов приводит к энергичному неравномерному смещению рыхлого грунта, что обуславливает формирование и развитие каменных зигзагообразных уступов и крутых площадок.

Процесс перехода ступеней в каменные языки протекает следующим образом. Под напором мелкоземистого грунта на бордюр происходит его смещение и деформация. Боковые бордюры смещаются и деформируются слабее нижних. Последние могут вытягиваться и принимать линейные очертания, а нередко и разрываться. При наплывании грунта внутренних частей многоугольников на бордюры должно бы произойти их погребение. Этого не происходит в силу постоянно протекающего при замерзании грунта вымораживания обломков к

дневной поверхности. Таким образом возникают дугообразные каменные уступы довольно правильной формы, т. е. каменные языки.

Солифлюкционные каменные языки распространены на сравнительно пологих склонах (10—25°). Подвижность рыхлого грунта на таких склонах значительно слабее, чем на крутых. Поэтому каменные языки, террасы могут развиваться и на сильно метаморфизованных сланцах, гранитах. Медленное течение грунта на сравнительно пологих склонах благоприятствует формированию и развитию правильной формы языков.

При благоприятных условиях каменные языки переходят в задернованные мелкоземистые. По мере приближения каменных образований к мелкоземистым языкам строение их значительно меняется — уменьшается содержание глыб, возрастает степень задернованности. По мере трансформации каменных языков глыбы все более концентрируются в пределах уступов, затем они становятся редкими и здесь. Меняется сама форма языка. Задернованные языки по сравнению с каменными становятся все более вытянутыми, их площадки выложены. В целом размеры форм увеличиваются. С одной стороны, это обусловлено изменением грунта в самих языках и окружающих их пространствах, с другой — частым выколаживанием склонов к их основаниям.

Возможно, что формирование и развитие КСО, главным образом языков, осуществляется за счет мелкозема, сконцентрированного в результате пучения грунта, флювиальных процессов, более интенсивного выветривания пород в отдельных участках, нивации и др. Во всех случаях на общем фоне каменных россыпей вначале должны возникнуть локальные участки, насыщенные мелкоземом. В остальном процесс развития каменных солифлюкционных языков протекает по вышеописанному типу. Результатом такого развития является их разновеликость. Роль мелкозема в формировании и развитии каменных солифлюкционных форм, по-видимому, так же велика, как и при трансформации каменных многоугольников. КСО обычно соразмерны каменным многоугольникам. В свою очередь размеры последних зависят от крупности обломков, слагающих толщу каменистых отложений. По мере увеличения размера обломков увеличиваются и размеры солифлюкционных форм рельефа.

Таким образом, анализ полевого материала свидетельствует о развитии солифлюкционных каменных и задернованных мелкоземистых форм в определенной последовательности: каменные многоугольники — каменные ступени и гирлянды, далее каменные языки. Последние при благоприятных условиях переходят в задернованные мелкоземистые языки.

Автор статьи не претендует на полноту раскрытия природы каменных солифлюкционных форм. По результатам работ в ряде районов Тянь-Шаня им были сделаны лишь некоторые выводы, требующие в дальнейшем уточнения многих деталей в строении и механизме развития КСО.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Гривис Г. Ф. Склоновые отложения Якутии. М., «Наука», 1969.
- Израилев В. М. О строении и классификации форм полигонального рельефа Воркутинского района. В сб. «Вопросы географического мерзлотоведения и перигляциальной морфологии». Изд-во МГУ, 1962.
- Каплина Т. Н. Криогенные склоновые процессы. М., «Наука», 1965.
- Перов В. Ф. Снежные, ледники и мерзлотный рельеф Хибинских гор. М., «Наука», 1968.
- Попов А. И. Блочный рельеф на севере Западной Сибири и в Большеземельской тундре. В сб. «Вопросы физической географии полярных стран», вып. 1. М., 1958.
- Попов А. И. Покровные суглинки и полигональный рельеф Большеземельской тундры. В сб. «Вопросы географического мерзлотоведения и перигляциальной морфологии». Изд-во МГУ, 1962.
- Уошберн А. Л. Классификация структурных грунтов и обзор теорий их происхождения. В сб. «Мерзлые горные породы Аляски и Канады». М., Изд-во иностр. лит., 1958.

Ян А. Перигляциальный микрорельеф Татр и Бабьей горы. «Bull. perigl.», № 6, 1958.  
Шило Н. А. Перигляциальный литогенез в общей схеме процессов континентального поро-  
одообразования. В кн. «Перигляциальные процессы». Магадан, 1971.

Тянь-Шаньская физико-географическая  
станция  
АН КиргССР

Поступила в редакцию  
27.II.1978

---

## ROCK SOLIFLUNCTIONAL LANDFORMS AT THE TIEN SHAN

A. G. TARAKANOV

### Summary

Into the group of rock solifluctional forms the author includes stone steps, garlands, tongues and some transitional forms. The structure, distribution, conditions and mechanism of evolution of the forms are described. A single genetic sequence is shown: stone polygons — stone steps and garlands — stone tongues — turf — covered solifluction tongues.

---