

*П.А. ШУМСКИЙ*

### **ГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКИЙ И ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК ОСТРОВА ГЕНРИЕТТЫ**

Остров Генриетты, наиболее северный из группы островов Де-Лонга, представляет собою в плане четырехугольник, слегка вытянутый в направлении с севера на юг. Короткие стороны его простираются с запада на восток. Наибольшая длина острова равна 4.2 км, а ширина - 3.6 км, площадь составляет около 10 км<sup>2</sup>.

Орографически он представляет собой плато, окаймленное крутыми неприступными склонами, обрывающимися в море. Поверхность плато имеет довольно значительный уклон на ССЗ: южный и юго-восточный края его достигают 200 м, а северный только 40-50 м над уровнем моря. Этот общий наклон плато нарушается двумя возвышенностями: на северо-западе горой Беннета и на северо-востоке горой Мельвиля. Обе они обладают очень характерной формой. В сторону моря они обращены почти отвесными обрывами, а со стороны острова имеют вид округленных увалов, заканчивающихся наверху горизонтальными площадками. Высота их около 160 м.

Глубины вокруг острова увеличиваются от 20 м у самого берега до 55 м на расстоянии 0.5-1 км. Дальше, на большом расстоянии вокруг, глубины меняются очень мало, в пределах от 55 до 70 м. Таким образом, плато острова круто возвышается над окружающей его равниной материковой отмели на 100-250 м.

Около половины площади перекрывает ледяной щит, вершина которого, достигающая высоты 315 м над ур. м., является высшей точкой острова. Ледник сдвинут к юго-восточному углу острова. На восточном и южном берегах он обрезан отвесными стенами, являющимися продолжением коренных склонов. На севере и западе край его полого спускается к поверхности плато, оставляя свободной полосу суши шириной от 0.8 до 1.2 км.

По характеру и генезису ландшафта остров можно разделить на две части, резко отличающиеся друг от друга: оледененную и свободную от оледенения. Ниже мы рассматриваем каждую из этих областей.

#### **I. ОЛЕДЕНЕНИЕ**

Оледенение острова представлено тремя типами ледниковых образований:

- 1) ледниковым щитом,
- 2) комплексными ледниками,
- 3) навейными ледниками.

## 1. Ледниковый щит

а) *Форма.* Ледниковый щит является типичным примером островной ледяной шапки (*ice-cap*) и представляет собой довольно правильный купол. Принимая во внимание незначительную мощность щита, мы вправе предполагать, что он лежит на более или менее ровной поверхности. Последняя имеет уклон на ССЗ; юго-восточный край щита находится на высоте около 200 м над ур. м., а северо-западный спускается до 106 м. Этим объясняется асимметрия щита: вершина его, имеющая высоту 315 м над ур. м., удалена от северо-западного края на 2 км, тогда как от юго-восточного только на 800 м.

Ледяной купол имеет склоны, необычайно крутые для этого типа оледенения. При очень малом горизонтальном протяжении мощность льда достигает, вероятно, 140-150 м, а превышение вершины над северо-западным краем - более 200 м.

Южный и восточный склоны щита на всем протяжении имеют выпуклый профиль. Уклон сначала очень медленно, потом все быстрее увеличивается по направлению к краю, где достигает  $21^\circ$ . В отличие от них западный и северный склоны, имеющие в общем такую же форму, образуют в своей самой нижней части вогнутый изгиб и постепенно сходят к поверхности плато. Таким образом на севере и западе купол кончается очень отлогим склоном. Наоборот, южные и восточные края купола образуют обрывы, мощность льда в которых достигает 40-50 м. На южном берегу острова такие ледяные стены чередуются с крутыми выпуклыми склонами. Последние можно наблюдать там, где щит не доходит до края плато.

На восточном берегу острова обрыв щита на всем протяжении от горы Чиппа до мыса Снежного прерывается только в одном месте, где из него вытекает ледник. Последний спускается в море чрезвычайно круто, под углом около  $50^\circ$ . Внизу он образует язык веерообразной формы, по-видимому, плавучий. При обходе острова с судна был виден второй небольшой ледник, спускающийся от края щита до уровня моря по очень узкой неглубокой долинке у мыса Снежного. Однако нет уверенности в том, что это действительно ледник, так как издали можно было принять, за него прикрытую снегом осыпь.

Ширина ледника около 150 м. Язык имеет выпуклый профиль и выдвигается в море на 30-40 м, заканчиваясь небольшим отвесом в 0.5-1 м высотой.

Над ледником поверхность щита образует впадину в форме амфитеатра - так называемый бассейн истечения. Верхний край его лежит на высоте около 230 м над ур. м. Средний угол склона бассейна истечения составляет  $26^\circ$ .

Описанный ледник является в настоящее время единственным рукавом ледникового щита, достигающим уровня моря. На южном берегу острова встречаются небольшие выпуклости края щита, спускающиеся в верховья долинок на склонах плато. Ширина их не более 40-50 м, длина еще меньше. В двух местах, метрах в 30 ниже таких языков, в долинках наблюдаются небольшие леднички, являющиеся, вероятно, остатками южных рукавов щита. Может быть, они относятся к типу комплексных ледников (см. ниже).

Из ледниковых форм, связанных со щитом, следует указать еще на небольшой возвышенный участок края щита, расположенный юго-западнее горы Мельвиля. Относительная высота, его около 20 м. Склон, обращенный к щиту, более крут, противоположный, обращенный к горе Мельвиля, имеет наклон, одинаковый со склоном щита. Эта возвышенность несомненно является останцом главного щита.

б) *Характер поверхности.* Микрорельеф ледникового щита летом обусловлен, главным образом, процессами таяния и размыва текучей водой. В нижней части склонов наблюдаются длинные валы, высотой до 0.5 м, разделенные бороздами и протягивающиеся более или менее горизонтально (*огивы*). Их образование происходит в результате неравномерного таяния различных слоев льда. По направлению к вершине щита высота огив постепенно уменьшается, и в средней части склонов они исчезают.

Вследствие усиленного таяния льда, а отчасти и эрозионной работы в руслах мелких ручейков, склоны щита изрезаны неглубокими (до 20 см глубиной) рытвинами. В нижней части склонов они глубже, большей частью совершенно прямые, и количество их больше. Выше, где склоны более отлоги, они иногда бывают извилистые, с меандрами, и расположены реже. Одна такая рытвина даже пересекает вершину щита с северо-запада на юго-восток.

В период таяния в нижних частях склонов щита поверхность настолько изъедена мельчайшими «ледниковыми стаканами» (*dust holes*), что напоминает губку. Мощность этого ноздреватого слоя достигает 10-15 см. На дне каждого углубления находится небольшой слой черных пылеватых частиц, во время таяния непрерывно вращающихся водой.

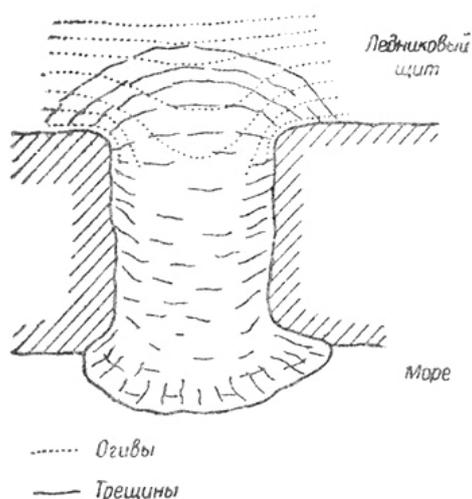


Рис. 1. Схема расположения трещин и огив на рукаве ледникового щита.

Вследствие ровности подстилающей поверхности и слабого движения трещин на щите очень мало. Они большей частью расположены радиально и образуются от растекания льда по мере движения от центра к периферии щита. Все они замкнутые. Северные и западные края щита, где профиль склонов вогнутый, разбиты узкими (замкнутыми) трещинами по всем направлениям. В этом отношении рукав щита, равно как и его бассейн истечения, резко отличается от самого щита. Бассейн истечения расцелен глубокими раскрытыми поперечными трещинами, достигающими ширины 20-30 см. Их направление во всех точках перпендикулярно направлению движения льда. На самом леднике наблюдаются поперечные и косые трещины, а на языке его - продольные (радиальные) и, реже, поперечные (рис. 1).

в) *Структура и текстура льда.* Структура льда крупно-гранулярная. На вершине щита размеры зерен, вообще довольно разнообразные, достигают 3 x 1.8 x 1.5 см, в нижних частях - 22.5 x 20 x 15 см. Такие огромные размеры приведены не только на основании рассмотрения видимых глазом границ зерен. Исследование в поляризованном свете показало, что части льда, заключенные в эти видимые границы, действительно представляют собой монокристаллы с одинаковым положением оптической оси в различных точках. При таянии зерна разбиваются параллельными плоскостями. В них наблюдались хорошо выраженные тиндалевские фигуры таяния, достигавшие 15 мм в диаметре.

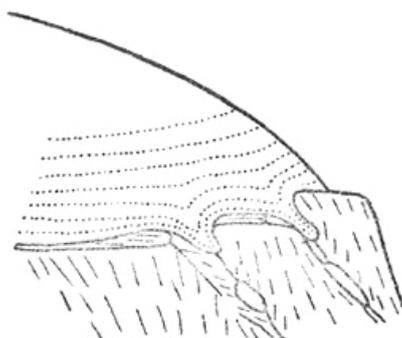


Рис. 2. Схема расположения огив на южном краю щита.

Лед состоит из чередующихся более и менее плотных слоев. Слоистость является наследием естественной фирновой слоистости. Слои лежат более или менее горизонтально (параллельно подстилающей поверхности), а по краям щита несколько изгибаются вверх. Это хорошо видно в обрывах льда и по расположению огив.

В истоках ледника, вытекающего из щита и небольших языков на южном берегу, слоистость нарушена: огивы образуют кривые, выпуклые книзу (рис. 2).

На ледяном останце слоистость является непосредственным продолжением слоистости главного щита. В разрезе более крутого склона

останца, обращенного к щиту, наблюдается очень интересный случай диагональной слоистости льда, к объяснению чего мы вернемся ниже, рассматривая историю оледенения (рис. 3).

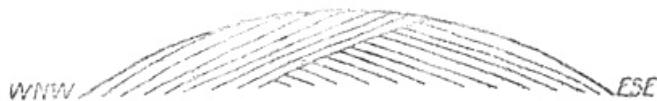


Рис. 3. Диагональная слоистость льда в разрезе ледникового останца.

г) *Движение льда.* Измерений скорости движения льда в различных частях щита нами произведено не было, и говорить о движении льда можно, основываясь только на косвенных признаках.

По-видимому, очень медленное движение от центра к периферии щита существует, главным образом, в средней части склонов, рассеченной радиальными трещинами. Судя по форме профиля, восточный и южный края щита состоят из активного движущегося льда. Но на севере и западе движение у краев щита затухает, и лед стаивает на месте, разбитый трещинами на неправильной формы глыбы. Эта узкая зона мертвого льда по северной и западной перифериям щита и создает вогнутый профиль нижней части склона.

Рукав щита, вероятно, отличается довольно значительной скоростью движения, так как его язык выдвигается в море, и поверхность изрезана трещинами.

д) *Питание и абляция.* Щит целиком лежит ниже климатической снеговой границы. Даже на самой вершине, под небольшим слоем изморози (менее 10 см в период таяния), лежит крупнозернистый глетчерный лед. По-видимому, снеговая граница проходит лишь немного выше вершины купола, так как интенсивность таяния вверху заметно уменьшается.

По всей вероятности количество осадков, и в частности твердых, выпадающих на острове, невелико. В питании щита, видимо, большую, если не главную, роль играет изморозь. Во время нашего пребывания на острове (конец августа - начало сентября) вся верхняя часть купола была покрыта слоем изморози мощностью в несколько сантиметров. На вершине с поверхности  $0.25 \text{ м}^2$  была собрана изморозь, которая при таянии дала  $2140 \text{ см}^3$  воды, что равно 8 мм осадков. При этом образование изморози идет довольно быстро, так как через два дня очищенная площадка вновь покрылась тонким слоем ее. Поверхность купола является конденсатором атмосферной влаги. Почти все время, даже в ясную погоду, вершина щита бывает окутана туманом. Нижняя граница тумана очень постоянна. На северо-западном склоне она проходит на высоте примерно в 200-220 м. Характерно, что она совпадает с довольно хорошо выраженной при рассмотрении издали границей в характере поверхности льда, которая снизу была принята нами за снеговую линию. Это граница между более темной губчатой поверхностью нижней части склонов щита и более светлой, покрытой изморозью, верхней поверхностью. Однако, когда находишься на самом склоне, уловить ее очень трудно, так как этот переход совершается постепенно.

Значение снега в питании щита уменьшается тем, что сильные ветры сносят его с поверхности купола в море.

Таяние щита происходит исключительно с поверхности. Об этом свидетельствует отсутствие талых вод, вытекающих из-под него. По-видимому, ложе ледникового щита, как и свободная ото льда поверхность острова, сковано вечной мерзлотой.

В таянии большую роль играет, видимо, лучистая энергия. Особенно это касается нижней части склонов щита, изъеденных *dust holes*. Период таяния на острове очень краток, вероятно, не более 1-1.5 месяцев. Зато в немногочисленные теплые дни таяние происходит чрезвычайно бурно. Поверхность щита как бы оживает - везде слышно

журчание миллионов струек воды, сливающихся в более крупные ручьи. Со щита стекает огромное количество воды, промывающей глубокие рытвины в его склонах и заливающей всю равнину у его подножья.

## 2. Комплексные ледники

Под комплексными ледниками мы понимаем ледники сложного генезиса: нижняя часть их является реликтовой, т.е. остатком древнего оледенения, верхняя же (обычно несогласно налегающая) - более молодая, сложенная фирновым мелкогранулярным льдом наваянного происхождения (рис. 6).

К этому типу относятся четыре ледника: один на западном берегу острова и три - на северном. Ледники этого типа имеют громадное значение для человека. Только благодаря им остров доступен с моря. Если бы они растаяли, то не только постройка радиостанции, но и вообще высадка на остров была бы невозможна.

На первый взгляд комплексные ледники отличаются от наваянных только своими размерами. Особенно это касается ледника Денбар. Он тянется вдоль побережья острова от мыса Денбар до острова Муханова, т.е. имеет ширину 1.5 км, и спускается в море от бровки плато, имеющей высоту около 50 м над ур. м., заканчиваясь обрывом в 1-4 м высоты. Длина в среднем 90 м при наклоне поверхности в 15°. Край лежит на дне моря (проверено водолазом), на глубине 21 м, и обрыв кромки льда имеет высоту до 25 м. Следовательно, мощность ледника равна более  $\frac{1}{4}$  его длины.

Остальные комплексные ледники острова отличаются тем, что только небольшие их части лежат на склонах плато; главная же масса льда залегает в глубоких доледниковых долинах.

Северный ледник достигает в длину около 1 км и в ширину 100 м. Обогнув с запада гору Мельвиля, он сужается до 70 м и обрывается к берегу моря отвесной стеной около 40 м высоты. Отличительной особенностью северного ледника является то, что он еще находится в стадии отчленения от ледникового щита: он до сих пор соединен с краем последнего несколько западнее ледникового останца.

Северо-западный ледник имеет длину около 750 м, при ширине 50-70 м. Во всю длину он прорезан высоким туннелем, промытым талыми водами, стекающими по дну долины. Туннель кончается обширным ледяным гротом, выходящим в море. Наклон поверхности обоих ледников, Северного и Северо-западного, очень небольшой - около 3-4°. Поперечный профиль их вогнутый, это относится также и к верховьям Западного ледника.

Западный ледник состоит из двух крупных ветвей. Общая их длина достигает 2 км; ширина нижней кромки льда - 600 м. Северная часть нижней кромки образует выдающийся в море широкий язык. Южнее ледник кончается на суше длинным в 20 м обрывом, огибающим трехгранный скалистый пик. Подобные же обрывы, но меньших размеров, образовавшиеся вследствие усиленного таяния льда на границе с темной горной породой, наблюдаются и вдоль правого берега северной ветви Западного ледника. Более интенсивное таяние льда в этих местах обусловлено большим нагреванием солнечными лучами самой коренной породы и падающего на поверхность ледника осыпного материала. Кроме того, здесь происходит сток талых вод, усиливающих таяние и размывающих край ледника.

Если сток талых вод происходит по средней части ледника, как, например, на Северном, Северо-западном и южной ветви Западного ледника, то здесь образуются глубокие, часто извилистые эрозионные борозды.

Кроме русел ручейков, на ровной поверхности комплексных ледников наблюдаются и положительные формы рельефа. Это так называемые байджерахи - небольшие, высотой до 1.5 м, куполообразные ледяные холмики, покрытые тонким слоем щебня, гальки и гравия. Они расположены вблизи верхнего края ледника или вдоль русел

ручейков. В сущности это те же ледниковые столы, но роль предохраняющих от таяния камней здесь играет принесенный ручейками щебень. Их наличие указывает на интенсивную абляцию, протекающую даже в самых высоких точках этих ледников. Трещин на ледниках этого типа очень мало. Раскрытые трещины шириной около 20-30 см только на леднике Денбар. Это аналогичная бергшунду трещина, пересекающая ледник у верхнего края во всю его ширину и кое-где встречающиеся поперечные трещины.

Скорость движения льда, вероятно, очень невелика, а в некоторых случаях (Северный ледник, верхняя половина Северо-западного ледника) движение, может быть, и совсем отсутствует. Все комплексные ледники, как и навейные, лежат ниже снеговой границы. В настоящее время питание первых происходит, главным образом, за счет снега, приносимого ветром с поверхности плато. В этом отношении они не отличаются от навейных ледников. Вогнутый поперечный профиль этих долинных по своей форме ледников в области абляции, необычный для долинных ледников другого типа, свидетельствует именно об исключительно большом значении навейного снега в их питании. Несмотря на усиление абляции у краев ледника, последние возвышаются над срединной частью, так как условия накопления снега здесь, в «ветровой тени» склонов долины, более благоприятны.

Выше уже отмечалось, что отличительной особенностью комплексных ледников, заставляющей выделить их в особый тип, являются их строение и генезис. В вертикальном разрезе они состоят из двух генетически различных горизонтов: нижний - плотный, голубой, прозрачный лед с зернами огромного размера (до 22.5 см в поперечнике) - несомненно является остатком ледяного щита; верхний - пористый, белый, мелкозернистый фирновый лед, с резко выраженной тонкой слоистостью - типичный лед навейных ледников. Кроме того, в строении некоторых комплексных ледников (например, ледника Денбар) может принимать участие и морской лед, выдавленный на их поверхности при торошении.

В обрывах нижнего края Западного ледника мощность фирнового льда равна 3-4 м, древнего - около 15 м. В обрывах вдоль правого берега северной ветви того же ледника древний лед выходит линзами мощностью до 6-8 м, а фирновый имеет мощность от 3 до 5 м. В верхней части Западного ледника мощность фирнового льда 1 м, древнего - 2 м. Почти везде эти горизонты льда разделены тонкой прослойкой щебня песчаников, в 2-3 см, тогда как ни в нижнем, ни в верхнем горизонте льда крупных минеральных включений нет.

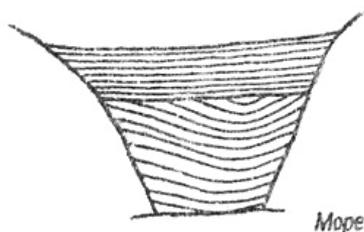


Рис. 4. Слоистость в обрыве Северного ледника.

В верховьях Северо-западного ледника глетчерный лед залегают в виде отдельных глыб на склонах древней долины. Глыбы имеют неровную поверхность вследствие размыва тальными водами и сверху перекрыты мощным слоем (около 8 м) грязного фирнового льда с многочисленными прослоями гальки и гравия. В сорокаметровом обрыве Северного ледника верхняя треть состоит из горизонтально-слоистого фирнового льда, а остальное - из древнего глетчерного, слоистость которого параллельна ложу ледника (рис. 4).

В леднике Денбар фирновый лед уходит под уровень моря; однако его мощность (25 м) несомненно указывает на наличие снизу древнего льда.

В заключение нужно отметить, что комплексные ледники раньше имели на острове гораздо большее распространение. Остатками их являются многочисленные глыбы льда, примерзшие ко дну моря; сверху они выглядят разорванной каймой изумрудного цвета, окружающей свободное от ледников побережье острова. Первоначально они были приняты нами за затопленный береговой припай, но впоследствии на острове Жаннетты нам удалось рассмотреть подобный же «припай» со шлюпки, и оказалось, что это лед,

лежащий на дне и обрывающийся в сторону моря отвесной стенкой до 8-10 м высоты; сверху он кончается ровной поверхностью на глубине 0.5-1 м под уровнем воды.

### 3. Навейные ледники

Навейные ледники (*snow-drift glaciers*) в большом количестве находятся на склонах плато острова. Морфологически их можно разделить на два подтипа. К первому относятся леднички, залегающие в небольших расширениях верховьев крутых эрозионных долин - в зачаточных карах (эти образования с равным правом можно было бы назвать и вырождающимися каррами, так как, не успев развиться, они, по мере сокращения заполняющих их ледничков, начинают разрушаться текучей водой). Их можно было бы условно назвать карровыми. Размеры их очень невелики - большей частью в длину не более 40-50 м, а в ширину и того меньше.

Ко второму подтипу принадлежат леднички, которые лежат в нижней части склонов плато, обрываясь в море или сливаясь с береговым припаем. Это так называемые навейные ледники подножий. В длину они не достигают крупных размеров, но ширина их иногда бывает очень большой. Так, вдоль подножья всего восточного склона плато, от рукава ледникового щита до горы Мельвиля, они тянутся непрерывной полосой. Они поднимаются выше по склону в небольших долинах и едва соприкасаются на разделяющих их гребнях, напоминая делювиальные шлейфы.

Мощность навейных ледников в большинстве случаев не превышает 4-5 м. Поверхность их, вообще довольно неровная, обычно бывает вогнута в продольном профиле, а у карровых ледничков и в поперечном. Наклон поверхности довольно большой, до 30-40°. Средняя вогнутая часть каррового ледника обычно прорезана эрозионной рытвиной, пересекающей его сверху донизу. Иногда русло проходит под ледником, в туннеле. На более крупных ледниках подножий иногда наблюдаются трещины, аналогичные бергшнудам, шириной до 10 см. Других трещин на навейных ледниках нет. Эти ледники состоят из белого фирнового льда; слоистость выражена очень хорошо. Слои тонкие, ненарушенные, залегают в общем параллельно подстилающей поверхности. Скорость движения ледников этого типа, по-видимому, еще меньше, чем у комплексных, а многие из них, вероятно, совсем неподвижны.

Как уже было указано, питание навейных ледников происходит, главным образом, за счет снега, приносимого ветром с поверхности ледяного щита и плато острова и отлагающегося в защищенных от ветра впадинах и у подножия склонов плато. Несмотря на то, что снеговая граница для подобных ледников (орографическая снеговая граница) несомненно лежит на много ниже климатической, главным образом, благодаря тому, что они образуются в «ветровой тени», все же они в настоящее время находятся ниже снеговой линии.

### История оледенения

На основании собранного материала история оледенения острова представляется в следующем виде.

Имеются неоспоримые доказательства только одного оледенения. На возможность существования более древнего оледенения указывают только хорошо округленные валуны гранита, встречающиеся на острове. Нигде в коренных выходах гранит не обнаружен, и можно предположить, что он принесен сюда былым, более древним оледенением, может быть синхронным с тем, остатком которого является ископаемый лед Новосибирских островов [*Геология...*, 1933]. Но с другой стороны возможно, что гранитные валуны принесены во время максимума единственного существовавшего здесь оледенения, покрывавшего обширный район современной континентальной платформы северо-

востока Азии, когда направление движения льда в меньшей степени зависело от подстилающего рельефа. Определенного ответа на этот вопрос дать нельзя.

Следы более позднего оледенения (если стать на точку зрения двух оледенений), вероятно, синхронного со вторым оледенением Таймыра и колымских гор [Геология..., 1933; Урванцев, 1931], в виде моренных отложений, имеются в изобилии на поверхности острова. Надо думать, что моренные отложения найдены нами и в море на расстоянии 1 км от современного берега. В монолите грунта, взятом на расстоянии 1 км к северо-востоку от мыса Денбар, на глубине 60 м, под слоем тонкого ила мощностью в 23.5 см был обнаружен сильно песчаный ил с гравием, галькой и небольшим валуном порфирита, распространенного на острове, т.е. по механическому составу это типичная морена. Возможно, что моренные отложения распространены и дальше, но прикрыты там более мощным слоем послеледниковых отложений, не дающих возможности обнаружить их с помощью трубки Экмана. Большое содержание илистых частиц указывает на отсутствие размыва морены текучей водой, т.е., что немедленно вслед за отступавшим краем щита следовало море.

При отступании ледникового щита у подножья склонов плато и в доледниковых долинах осталась полоса мертвого льда, почти везде потерявшего связь со щитом (стадия В). Впоследствии она распалась на отдельные глыбы, лучше всего сохранившиеся в долинах и на северных и западных берегах острова (рис. 5).

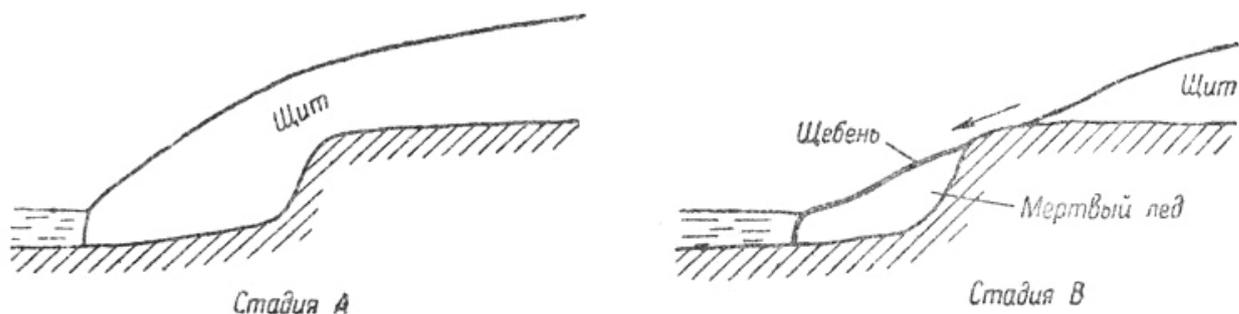


Рис. 5. Стадия отступления ледникового щита и образования комплексных ледников.

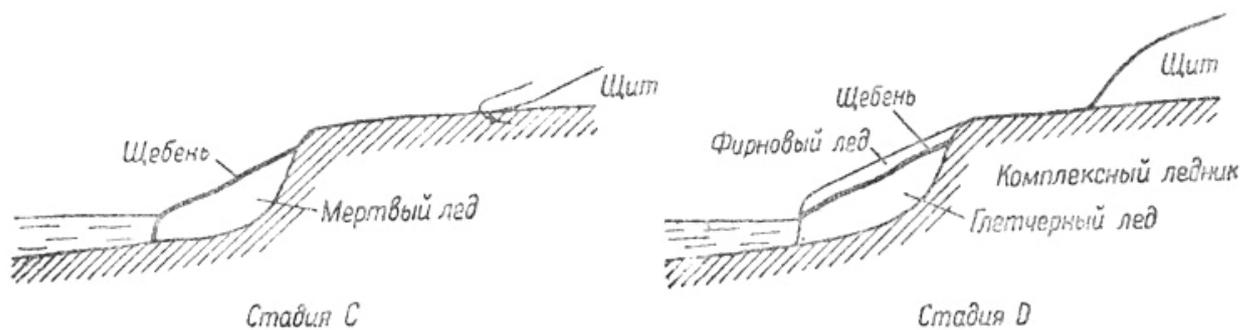


Рис. 6. Стадии отступления ледникового щита и образования комплексных ледников.

Воды, стекавшие со щита, размывали вытаявшие из-под льда бровки плато и древних долин и отлагали продукты размыва на поверхности лежащего ниже мертвого льда. Таким путем образовалась прослойка щебня, разделяющего два горизонта льда в комплексных ледниках. Небольшая мощность этой прослойки и слабая окатанность материала свидетельствуют о том, что отступление края щита происходило очень быстро: через некоторое время он отступил настолько, что талые воды, прежде чем достигнуть бровки плато, успевали сливаться в крупные потоки и стекали по определенному руслу,

размывая мертвый лед (стадия С). Одно из таких русел проходило по Северо-западному леднику, в результате чего от древнего глетчерного льда остались только отдельные глыбы на склонах долины. В таких руслах отлагался уже более окатанный материал - гравий и галька (рис. 6).

Причиной отступления щита являлось, по-видимому, главным образом, уменьшение количества осадков. На это указывает хорошая сохранность мертвого льда. В условиях усиленной инсоляции, при тонком покрове щебня, способствующем таянию, мертвый лед не мог бы доходить почти до-бровки плато, как это наблюдается в Западном леднике.

Вслед затем наступили условия, благоприятствующие оледенению. Край ледникового щита наступил на освобожденную поверхность плато, однако не достиг его бровки на северных и западных берегах острова. При этом край щита перекрыл отчленившийся от него ледниковый останец у горы Мельвиля. Одновременно вдоль склонов плато и в древних долинах произошло образование навешанных ледников, похоронивших под собою мертвый лед (стадия D). Это наступание ледников, по-видимому, синхронизируется с отступанием древесной растительности на севере Сибири [Геология..., 1933].

Впоследствии началось новое отступление оледенения, продолжающееся вплоть до настоящего времени. При этом снова начал отделяться описанный выше останец ледникового щита. О довольно быстром отступании ледников за последнее время свидетельствует зона свежих, не успевших зарости лишайниками валунов, наблюдающаяся вдоль края ледникового щита и всех комплексных я навешанных ледников. Ширина этой зоны варьирует в зависимости, главным образом, от величины угла пересечения подстилающей и верхней поверхностей ледника, в пределах оси 4-5 м (вдоль большинства навешанных ледников) до 50-60 м (вдоль северо-западного края ледникового щита).

## II. НЕОЛЕДЕНЕННАЯ ОБЛАСТЬ

Основными факторами, обусловившими образование современного рельефа острова, являются следующие (расположенные по степени их значения):

- 1) доледниковый рельеф,
- 2) оледенение,
- 3) термические факторы (выветривание, таяние льда, образование полигональных почв),
- 4) текучие воды,
- 5) море,
- 6) озера.

Эти факторы и результаты их воздействия на свободную от оледенения поверхность острова мы и рассмотрим.

### 1. Долоедниковый рельеф

Долоедниковый рельеф острова в своих крупных чертах мало отличался от современного. В доледниковое время в края плато были врезаны короткие и глубокие долины, заполненные сейчас почти доверху комплексными ледниками.

Единственной более или менее доступной наблюдению является долина Северо-западного ледника, прорезанного во всю длину туннелем. Дно ее узкое, склоны довольно крутые (в среднем около 30°) и имеют слегка вогнутую форму: нижние их части менее круты, чем верхние. Таким образом поперечный профиль ее близок к U-образному. Падение русла долины большое, и продольный профиль ее далек от кривой равновесия. Дно и нижние части склонов долины сложены валунами и галькой речного и ледникового

происхождения; примесь угловатого обломочного материала невелика. Самые же верхние части склонов, не закрытые льдом, завалены осыпями, состоящими из крупных обломков.

Остальные доледниковые долины своим характером, по-видимому, мало отличаются от вышеописанной. Это подтверждается близкими горизонтальными размерами их.

В расположении долин наблюдается ясно выраженная закономерность. Во-первых, все они находятся на северном и западном, побережьях острова, т.е. врезаны в наиболее сниженные края плато, куда стекают воды со всей поверхности острова. Их направление в каждом отдельном случае соответствует наклону поверхности плато. Во-вторых, их положение и направление обусловлены геологическими структурами острова: долина Северного ледника вытянута по простиранию свиты песчаников ( $SZ : 340^\circ$ ), долина Северо-западного ледника - по контакту песчаников с порфиритами и долина Западного ледника - частично по контакту порфиритов с роговиками, частично вдоль направления наиболее развитых трещин отдельности в порфиритах, совпадающих с направлением крупных жил. Следовательно, все эти долины являются долинами консеквентными.

Наличие этих долин дает основание предполагать, что остров, вероятно, уже в доледниковое время (по отношению к установленному последнему оледенению) не был соединен с материком и имел современные очертания или, во всяком случае, представлял собой значительную возвышенность среди окружающей его равнины, если она не была залита морем.

Интенсивная эрозионная деятельность, в результате которой происходило образование долин, была возможна только в условиях более умеренного климата, чем современный. Однако развитие долин было прервано в стадии юности наступлением оледенения. Возможно, что вогнутый профиль их склонов является отчасти следствием затухания эрозионных процессов перед началом оледенения, происходившего из-за уменьшения стока и образования вечной мерзлоты.

## **2. Ледниковые формы рельефа**

Преобразование древнего рельефа ледниковым щитом выразилось, главным образом, в сглаживании поверхности плато. Она приобрела вид волнистой наклонной равнины с мягкими округленными очертаниями небольших возвышенностей и понижений. Этот характер нарушается только отдельными выходами коренных пород, имеющими форму бараньих лбов: отлогие проксимальные и крутые, часто отвесные дистальные склоны, обращенные к морю. Последнее обстоятельство свидетельствует о том, что окончательная моделировка ледниковых форм рельефа происходила под воздействием уже самостоятельной островной ледяной шапки, в которой движение льда было направлено от центральной части острова к побережью. Высота бараньих лбов большей частью не превышает 10-15 м. Однако их поверхность обычно настолько разрушена выветриванием, что непосредственных следов работы льда не остается. Только изредка, в местах, недавно вытаявших из-под льда, видна округленная, сглаженная поверхность скал. Такие «курчавые скалы» наблюдаются вдоль правого берега северной ветви Западного ледника и на гребне, разделяющем северную и южную его ветви.

Возвышенности гор Мельвиля и Беннета и мыса Южного представляют собой тоже крупные бараньи лбы, но они образовались еще в доледниковое время, вероятно, одновременно с образованием самого плато острова, и в дальнейшем были только слегка сглажены ледниковым щитом.

Воздействие рукавов ледникового щита на древние долины в период отступления оледенения слабо заметно (незначительная вогнутость склонов долин). Это подтверждает большую скорость отступления оледенения: рукава щита в течение непродолжительного времени отчленяются от него и превращаются в неподвижный мертвый лед.

Комплексные ледники в формировании рельефа играют, главным образом, пассивную консервирующую роль. Они защищают погребенные под ними древние долины от дальнейшего размыва. Навейные ледники, в особенности карровые, наоборот, являются активным фактором. Наряду с многочисленными снежниками, стаивающими к концу лета, они, посредством снегового выветривания, врезаются во вмещающие их углубления склонов плато, расширяя их и придавая им форму миниатюрных зачаточных карров.

Чрезвычайно характерным для острова является полное отсутствие аккумулятивных ледниковых форм и вообще бедность ледниковыми отложениями. Вероятно, в период максимума оледенения, когда ледниковый щит был в состоянии эродировать, хотя и очень слабо, подстилающую его поверхность плато, почти весь моренный материал сносился в море. При отступании щита его мощность и способность к выпахиванию сильно уменьшились; соответственно уменьшилось и количество материала в донной морене; вследствие этого на поверхности плато он оставил очень тонкий моренный покров, вероятно, даже во впадинах не превышающий по мощности 1-2 м. Во многих местах этот покров был настолько тонок, что не защищал поверхности коренных пород от разрушающей работы выветривания. Кроме того, происходило интенсивное разрушение самого моренного материала.

В результате мы имеем не моренный, в собственном смысле слова, а моренно-элювиальный покров. Для него характерны небольшой процент округленных валунов и гальки и очень малое содержание мелкозема. Преобладают крупные угловатые обломки и щебень местных пород.

Интересно, что в настоящее время даже вплотную прилегающие к ложу горизонты льда совершенно не содержат моренного материала, за исключением пылеватых частиц. Естественно, что при таких условиях даже во время наступания щита не может образоваться краевая морена, и количество обработанного льдом материала в донной морене будет очень небольшим.

### **3. Формы, созданные термическими факторами**

Выветривание в настоящее время является несомненно наиболее интенсивным фактором образования рельефа острова. Первое, что бросается в глаза при высадке, это обилие каменных россыпей.

Обрывистые склоны плато особенно сильно разрушаются под влиянием выветривания. При этом образуются фигуры самой разнообразной формы, которая зависит от характера отдельности. Обычно это «столбы», достигающие огромной высоты, метров до 30-40. Больше всего их на юго-западном побережье острова, где выходят круто падающие роговики и порфириды. Наиболее интенсивное выветривание происходит у краев ледников и снежников.

Нижние части склонов в местах, где они не совсем отвесны и не заняты навейными ледниками, завалены осыпями, состоящими большей частью из крупных обломков. Часто берега настолько обрывисты, что материал осыпей падает непосредственно в воду, погребая затопленные глыбы льда, примерзшие ко дну.

На поверхности плато происходит интенсивное выветривание выступов коренных пород. У подножия дистальных склонов бараньих лбов обычно расположены снежники, а иногда и небольшие навейные леднички. Они посредством снегового выветривания врезаются в породу, и к концу лета, после стаивания снежников, здесь наблюдаются ровные, почти горизонтальные площадки, граничащие с отвесными склонами. Так как пересечение их происходит по прямой, то получается впечатление хорошо выраженной террасы. Это так называемые нагорные террасы, всецело обязанные своим происхождением снеговому выветриванию. Подобные же террасы наблюдаются и на склонах многих возвышенностей, особенно более крупных (мысы Беннета и Южный), но

здесь снеговому выветриванию принадлежит второстепенная роль: оно только углубляет уже сформировавшиеся уступы.

Все возвышенные участки поверхности плато, а также и края его, где моренный покров наиболее тонок, покрыты элювиальными россыпями. Они состоят преимущественно из крупных угловатых обломков, сантиметров 20-30 в поперечнике. В непосредственной близости от выходов коренных пород материал россыпей еще более укрупняется; иногда это целые глыбы, размерами более метра, хаотически наваленные друг на друга. Склоны крупных возвышенностей также сплошь покрыты россыпями.

Верхняя граница вечной мерзлоты на поверхности плато в конце августа, т.е. к концу периода таяния, проходит на глубине 20-30 см. Благодаря этому на острове имеют большое распространение полигональные грунты.

Размеры и форма полигональных образований очень разнообразны. Большой частью они круглые или овальные. Мелкие полигоны с диаметром от 20 до 40-50 см состоят чаще всего из небольших валунов и щебня, расположенного на периферии, и слегка выпуклой средней части, сложенной суглинком с большим содержанием песка и гравия. Более крупные полигоны достигают в диаметре 1-2 м. Внешнее кольцо их обычно состоит из валунов, до 30 см длиной, а средняя часть - из сравнительно однородного суглинка, с меньшим количеством включений гравия. Граница между сердцевинной и внешней каймой по механическому составу более резкая. Средние части полигонов возвышаются над внешними на 15-20 см.

Другой разновидностью этих образований являются полосатые грунты. Они представляют собой чередование полос, состоящих из щебня и валунов с суглинистыми полосами. Такие грунты большей частью встречаются на склонах и вытянуты сверху вниз, тогда как замкнутые полигоны - преимущественно на более ровных местах. Однако из этого правила существует довольно много исключений. Часто на ровном месте наблюдаются полосатые грунты, а рядом на склоне - полигональные. По-видимому, их расположение определяется не только наклоном поверхности, но и другими причинами, установить которые нам не удалось. На участках, сложенных песчаниками, внешние части полигонов и соответствующие им полосы в полосатых грунтах состоят из плоских плиток песчаника, поставленных на ребро в средней части такой полосы и все более и более наклоненных наружу по направлению к краям.

#### **4. Формы, созданные текучими водами**

Вследствие кратковременности летнего периода и неглубокого оттаивания вечной мерзлоты работа текучей воды играет сравнительно небольшую роль в формировании рельефа.

##### **а) Формы, созданные флювиогляциальными водами**

1. На склонах высоких возвышенностей наблюдаются террасовидные уступы. Особенно хорошо выражены они на южном и восточном склонах горы Беннета. Верхний уступ южного склона расположен на высоте около 105 м над ур. м., нижний - около 90-95 м. В длину каждый из уступов достигает 300 м при ширине от 3 до 10-15 м. Их ровные поверхности имеют небольшой равномерный, но различный у соседних террас наклон в направлении, параллельном простирацию склона. Поверхность верхней террасы восточного склона параллельна линии пересечения пластов песчаника, слагающего возвышенность, с плоскостью склона. Характерно, что в месте пересечения южного и восточного склонов высота расположенных на них террас различна (рис. 7).

На склоне Южного мыса сейчас можно наблюдать процесс образования такой террасы. В небольшом углублении склона залегает навесный ледничок. Стекающий сверху ручей, достигая его верхнего края, продолжается вдоль него и промывает на склоне

небольшую, но хорошо выраженную террасу, наполовину закрытую нависающим подмытым краем ледника (рис. 8).

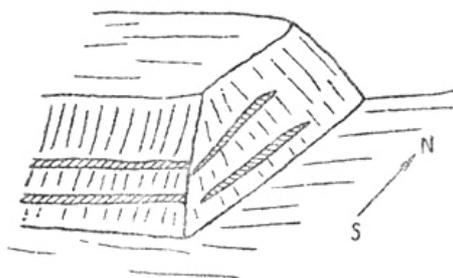


Рис. 7. Схема расположения маргинальных террас на горе Беннета.

Восточном склоне горы Беннета, благоприятствует образованию террасы, но является совершенно случайным.

В дальнейшем, после отступления края льда, в углублениях некоторых маргинальных террас образовались снежники, и снеговое выветривание продолжало работу, начатую потоками талых вод.

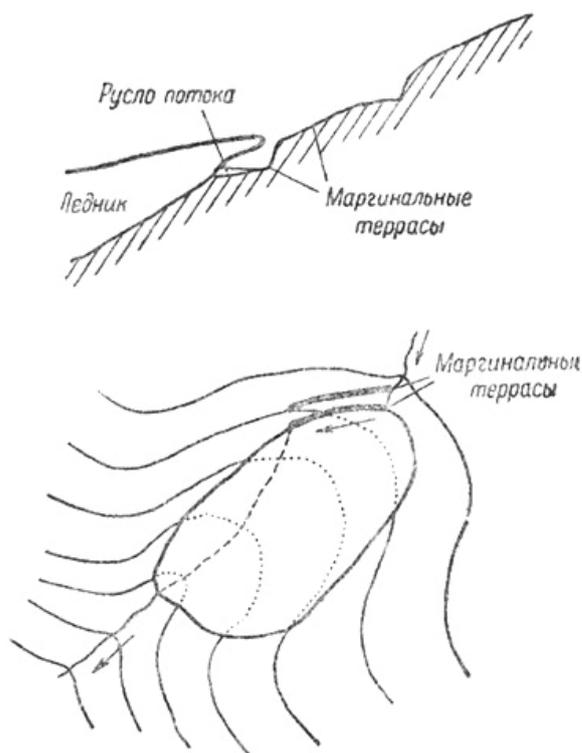


Рис. 8. Схема образования маргинальных террас.

холмиками и грядами.

#### б) Формы, созданные текучими водами в послеледниковый период

В настоящее время наиболее сильному воздействию водной эрозии подвергаются склоны плато. Они изрезаны неглубокими долинками и бороздами, по которым стекают ручейки, питающиеся талыми водами снегового покрова, ледникового щита и многочисленных навесных ледничков и снежников. Особенно заметное влияние на

На расстоянии 2 м выше в склон врезана вторая терраса, шириной около 2 м, с совершенно ровным дном и крутой задней стенкой, имеющая наклон вдоль склона, параллельно первой. Несомненно, она возникла совсем недавно, когда край ледника находился несколько выше. Таким образом террасы этого рода образовались в результате размыва склона потоками талых вод, стекавшими вдоль края ледникового щита или другого типа ледника. Поэтому их можно было бы назвать маргинальными (краевыми) террасами. Совпадение бывшего русла потока со структурными линиями, как это наблюдается на

2. Вдоль бровки плато у верхнего края Западного ледника расположена полоса очень своеобразного рельефа. Поверхность плато здесь прорезана короткими и глубокими рывтинами. Между ними расположены хаотически разбросанные холмики, чередующиеся с воронками и впадинами. Иногда встречаются короткие маргинальные террасы. Вся поверхность представляет собой сплошную каменистую россыпь, чрезвычайно бедную мелкоземом. Ширина этой полосы нигде не превышает 70-80 м, а обычно она еще меньше.

Своим происхождением она обязана размыву бровки плато водами, стекавшими с ледникового щита после вытаявания ее из-под льда. Кроме того, вода проникала в моренно-элювиальный покров и вымывала весь мелкозем. В результате происходили неравномерное оседание оставшихся на месте валунов и образование воронок, борозд и впадин, разделенных неправильной формы

характер склона они оказывают в восточной части южного берега острова. Плато здесь сложено толщей песчаников, залегающей почти горизонтально. Поэтому береговой обрыв имеет очень характерный вид: это ряд небольших мысов, очень похожих друг на друга, разделенных через одинаковые промежутки небольшими долинками.

Вследствие высокого положения верхней границы вечной мерзлоты и обилия талых вод характер стока по поверхности плато весьма своеобразен. Как уже указывалось, таяние продолжается очень недолго, но зато протекает чрезвычайно бурно. Талые воды не могут эродировать мерзлую почву и только частично сливаются в определенные русла, главная же их масса растекается по всей поверхности плато. Происходит заболачивание всех более или менее ровных его участков, где вода не может быстро стекать. Благодаря этому болотистая тундра очень распространена на острове. На более крутых поверхностях, где талые воды стекают быстро, происходит интенсивное вымывание мелкозема. Поэтому за исключением заболоченных и занятых полигональными образованиями участков моренно-элювиальный покров очень беден мелкими фракциями.

Только у самого края плато талые воды сливаются в постоянные русла. Такими руслами являются большей частью древние доледниковые долины, занятые комплексными ледниками. Потоки стекают или по верху ледника (Северный ледник) или под ним, по дну долины, промывая туннель во льду (Северо-западный ледник). В последнем случае происходит углубление доледниковой долины и продвижение ее верховьев вглубь острова.

Из аккумулятивных форм на острове наблюдается только небольшая, но очень типичная дельта, расположенная при впадении ручья в небольшое озеро у западного края плато.

## 5. Формы, созданные морем

На острове совершенно отсутствуют какие-либо признаки более высокого стояния уровня моря. Единственным исключением является необыкновенно ровный характер верхних поверхностей гор Мельвиля и Беннета, расположенных приблизительно на одинаковой высоте - около 160 м. Может быть, они являются остатками древней доледниковой абразионной поверхности; однако нет достаточных оснований это утверждать. Они могли образоваться и в результате процессов планации, т.е. выравнивания физическим выветриванием [*Эдельштейн, 1936*]. В настоящее время, по-видимому, происходит положительное перемещение береговой черты, или, во всяком случае, оно происходило в послеледниковое время. Об этом свидетельствует затопление морем льда как глетчерного, так и наваянного происхождения.

Разрушающее воздействие моря на берега острова очень невелико. Море почти круглый год покрыто льдом. Берег защищен и от плавучих льдов и от прибоя ледяным припаем. Только на короткий срок к концу лета последний разрушается и открывает берег ударам волн. Действие моря на ледники, спускающиеся с берега, тоже незначительно вследствие того, что температура морской воды даже в конце августа - начале сентября не поднимается до 0°C. Во время нашего пребывания на острове температура поверхностного слоя воды у берегов была -1.45°C. Таяние льда от соприкосновения с ней хотя и происходит, но очень медленно - медленнее, чем разрушение под действием прибоя. Поэтому лед дольше всего сохраняется под водой, тогда как верхняя часть, до глубины одного метра, разрушается раньше.

Берега острова везде совершенно отвесны. Только на южном берегу, вблизи Южного (Юго-западного) мыса, на протяжении около 200 м крутой склон плато в нижней части сменяется узким отлогим пляжем из гальки, песка и гравия. Это единственное место на острове, где проявляется созидательная деятельность моря.

## 6. Формы, созданные озерами

На острове имеются только два небольших озера. Оба они принадлежат к типу подпружных озер. Это результат подпруживания ручьев, стекающих в древнюю доледниковую долину, комплексным ледником. Оба озера расположены у края Западного ледника. Более крупное из них, по-видимому, довольно древнее, так как вытекающий из него ручей успел прорезать глубокую V-образную долинку в гряде коренных пород, отделяющей его от склона плато. На склонах озерной котловины, на высоте около 0.8 и 1 м над поверхностью воды, наблюдаются более высокие озерные уровни. Они, вероятно, соответствуют весеннему уровню воды в озере, когда долинка, по которой происходит сток, завалена сугробами снега.

### ВЫВОДЫ

1. Современный рельеф острова, в своих главных крупных чертах, сформировался в доледниковое время.
2. Ледниковый покров, даже в период максимума оледенения, не производил больших изменений в рельефе. Его роль свелась, главным образом, к выравниванию и сглаживанию поверхности плато острова.
3. При отступании ледникового щита по его краям происходили размыв флювиогляциальными водами и образование маргинальных террас.
4. После отступления края ледникового щита окончательная моделировка рельефа происходит, главным образом, под влиянием процессов морозного выветривания и, отчасти, эрозии.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Геология и полезные ископаемые Новосибирского архипелага // Труды СОПС Акад. Наук. Якутская АССР, 1933, вып. 2.
2. [Урванцев Н.Н. Четвертичное оледенение Таймыра](#) // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 1931. № 3. С. 23-42.
3. *Эдельштейн Я.С.* Инструкция для геоморфологического изучения и картирования Урала. Изд. Главсевморпути. Л., 1936.

*Ссылка на статью:*



*Шумский П.А. Гляциологический и геоморфологический очерк острова Генриетты // Известия Государственного Географического общества. 1939. Том 71. Выпуск 9. С. 1352-1365.*