

Б.П. ЛЮБИМОВ

О МЕХАНИЗМЕ НИВАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

Впервые описанный русским геологом И.П. Толмачевым [1899] геоморфологический процесс создания цирков не под действием ледниковой экзарации, а под влиянием снежников с описанием возможного механизма этого процесса сначала не получил своего специального названия. Введенное в литературу в 1900 г. американским геологом Франсуа Мэттессом (F. Matthes) понятие «нивация» («nivation» от латинской основы «nix» - снег) этим автором, аналогично Толмачеву, понималось как геоморфологический процесс образования кароподобных ниш на склонах в местах залегания снежников в результате разрушения пород по краям снежников под действием физического выветривания и последующего удаления материала при помощи мелких струек талой воды. Впоследствии понятие процесса не претерпело каких-либо больших изменений, однако исследователям становилось все более очевидным, что механизм нивации не так прост и однообразен. Не только одни процессы физического выветривания содействуют разрушению породы, не только каровые воронки создаются в результате этих процессов, а сами процессы имеют не только геоморфологический эффект.

Теперь при определении нивации следует, по всей очевидности, подразумевать совокупность процессов генетически связанных с особыми ландшафтными, климатическими, мерзлотными и гидрогеологическими условиями, образующимися вблизи снежников, в результате которых создаются специфичные отложения и формы рельефа.

Расшифровывая подробнее определение процессов нивации, необходимо разграничить две основные группы процессов.

Первая объединяет процессы разрыва связности пород и активной подготовки материала к перемещению. Это еще не специфичные нивальные отложения, но уже продукт выветривания, обязанный присутствию снежника, хотя сходные процессы не в подобном комплексе, а по отдельности могут иметь место и без участия снежника.

В первую группу входят следующие процессы: 1) *микrokлиматические*: создание низкотемпературной зоны под снежником с консервацией слоя сезонной мерзлоты и поднятием кровли вечномерзлых пород; появление зон частых переходов через 0° в краевых частях тающего снежника; увеличение суточной амплитуды температуры воздуха у края снежника по сравнению с окружающими участками; сохранение отрицательных температур внутри и под снежником весной и летом при общем преобладании положительных температур и оттаивании поверхности самого снежника и деятельного слоя; 2) *биологические*: при задержке стаивания снежников происходит подавление прежних растительных ассоциаций, запаздывание фенологических фаз развития, появление новых холодолюбивых и более влаголюбивых ассоциаций; при долголетнем снеговом покрове и снежниках-перелетках происходит полное исчезновение растительного покрова под телом снежника и у его краев либо выживают очень

холододлюбивые ассоциации тундрового типа с сильно разреженным растительным покровом; 3) *мерзлотные*: активное морозное выветривание горных пород у края снежника при циклическом суточном промерзании и протаивании; морозобойное трещинообразование, проникновение льда в горные породы, расклинивание их и дезинтеграция; морозное пучение промерзающих тонкодисперсных пород; появление тиксотропного плавунного состояния у оттаявших тонкодисперсных рыхлых пород; температурное физическое выветривание монолитных скальных пород вследствие большей амплитуды температур по краям снежников, чем на открытых местах; 4) *химического выветривания*: вынос солей талыми водами; подтягивание растворов солей вместе с водой к фронту промерзания; растворение талыми водами податливых пород в карстовых областях (гипс, мел, известняк, доломит); 5) *гидрогеологические*: обильное смачивание и водонасыщение пород при снеготаянии, особенно в тыловой части снежника; скопление талых вод около снежника и частично под телом снежника; фильтрация вод и дренаж в зоне ниже снежника с выносом вод либо по единому каналу стока (руслу), либо отдельными маленькими струйками и ручейками.

Вторая группа процессов объединяет *процессы транспортировки и отложения материала*, в результате которых и образуются нивальные отложения и нивальные формы рельефа. В сумме они и дают специфику нивации, но эти процессы неразрывно связаны с первой группой процессов, хотя также каждый в отдельности из этих процессов может существовать в природной обстановке и самостоятельно, независимо от существования снежников. В эту группу включаются следующие процессы: 1) *мерзлотные*: медленное перемещение вниз по склону грубообломочного материала и мелкозема при пучении замерзающего и просадках оттаивающего грунта по краям снежника (*мерзлотный крип*); медленное течение и оплывание водонасыщенного материала при оттаивании в зоне активной режелации у крутой верхней стенки снежника и ниже его края (*солифлюкция*); 2) *гравитационные*: быстрые оплывины и оползни, обвалы и камнепады с верхней крутой стенки, подъедаемой снежником; гравитационный материал либо сгружается по крутой стенке, либо скатывается по поверхности снежника, либо аккумулируется у нижнего конца снежника; 3) *флювиальные*: смыв и вынос тонкого мелкоземистого материала талыми водами по поверхности под телом снежника и по его краям мелкими струйками без единого канала стока, либо с ним ниже края снежника.

Итак, вышеперечисленный довольно сложный комплекс процессов и объединяется в понятие «*нивация*». Если же пытаться рассматривать это явление лишь узко, как один процесс, то процесса нивации как такового не существует. Комплекс процессов нивации всегда протекает при обязательном присутствии снежников или их производных стадий (каровых ледничков), всегда образует специфичные формы рельефа и отложения, поэтому является самостоятельным объектом геолого-геоморфологического изучения и объединяется под одним названием.

Аккумулируемый материал, как выносимый мелкозем, так и валы из грубообломочного материала, объединяются в понятие «*нивальные отложения*». В пространственном расположении нивального материала обнаруживается определенная закономерность: валы из грубых обломков имеются либо ниже верхней стенки, либо у нижнего конца снежника. Конусы и шлейфы нивального мелкозема лежат у нижнего конца снежников, либо на выходе каналов стока, приуроченных к определенным базисам аккумуляции в озерных депрессиях, речных долинах, у подножия вогнутых и выпуклых склонов.

Образованные *нивальные формы рельефа* могут быть не только отрицательными (каровые воронки, террасовые уступы, различные типы нивально-эрозионных долин: асимметричные, ящико- и трогообразные), но и положительными (конусы выноса, валики, останцово-нивальные сопки и конусообразные холмы типа карлингов).

Процесс нивации находится в тесной генетической связи с процессом ледниковой экзарации, так как снежники и ледники находятся в одном генетическом ряду [[Солнцев](#),

1949], и в обоих случаях действенными агентами разрушения являются мерзлотные процессы. Можно говорить о *нивальном цикле* развития этих процессов, когда в результате перехода снежников в леднички происходит смыкание и переход процесса нивации в процесс ледниковой экзарации. Мерзлотный механизм морозного выветривания в обоих случаях будет почти одинаков, а в краевых зонах тождествен. От ледниковой экзарации процесс нивации отличается отсутствием механического воздействия самого тела снежника, так как снежник как геологическое тело неподвижен и никакой механической работы не совершает.

Процесс *морозного выветривания* нельзя отождествлять с процессом нивации потому, что морозное выветривание протекает в арктических пустынях и гольцовой зоне высокогорий без участия снежников [Чигир, 1965], а в других зонах является лишь составной частью процесса нивации. Оно особенно характерно для участков со скальными твердыми породами. Плоскостная планация и создание так называемых «нагорных террас» в гольцовой зоне может протекать как с участием снежников, так и без них, лишь под воздействием морозного выветривания сверху и солифлюкции. Неверно связывать нивальный процесс с областями распространения лишь монолитных скальных пород и приписывать нивальный генезис лишь скульптурным формам, искусственно отделяя области распространения рыхлых пород и формы аккумулятивные. Для рыхлых отложений при положительных температурах в весенний и летний периоды процесс нивации может протекать и без морозного выветривания. Механизм нивации здесь будет осуществляться лишь при посредстве талых вод, поставляемых снежником.

Процесс *солифлюкции* также находится в тесной связи с процессом нивации, сопутствуя последнему при таянии снежников. В рыхлых породах процесс нивации, как правило, всегда сочетается с процессом солифлюкции, но нельзя употреблять названия этих процессов как синонимы.

Обязательна ли в процессе нивации *боковая эрозия снежников*, наличие так называемого «*снежного забоя*» и обязательно ли вырабатывается при этом *нивальная площадка*, так называемый *базис* или *уровень нивации*?

Общие закономерности нивального процесса, как будет показано ниже, позволяют ответить на этот вопрос утвердительно, но с известными оговорками и с исключениями.

Ход нивальных процессов обычно идет следующим образом (рис. 1). Снежник, залегающий в какой-либо неровности первичного рельефа на склоне, под бровкой или у подножия склона, создает особые условия температурно-мерзлотного режима вокруг себя и под собой. При этом под снежником создается низкотемпературная зона с консервацией слоя сезонной мерзлоты. Сам сезонномерзлый слой имеет сокращенную мощность вследствие того, что снежник экранирует воздействие положительных температур в период оттаивания и отрицательных температур в период промерзания сверху. В результате кровля слоя вечномерзлых пород под снежником при близком ее залегании оказывается приподнятой. Если же вечномерзлые грунты на склоне залегают на большой глубине, то поднимается кровля сезонномерзлого слоя, которая может сомкнуться с подошвой тела снежника. Под снежником создается как бы бронированная поверхность с сохранением первоначальных уклонов. Она и является первичным базисом (уровнем) нивации. В процессе развития нивальной формы во времени положение базиса нивации не остается постоянным, оно постепенно понижается.

На основании наблюдений над снежниками в Большеземельской тундре мы присоединяемся к мнению В.Ф. Перова [1958], возражающего против термина С.Г. Боча [1946] «подснежная эрозия» и утверждающего на основании собранных материалов о снежниках в Хибинах, что под весенними и летними снежниками сохраняется сезонная мерзлота в течение всего периода их существования, а по периферии снежника кровля слоя сезонномерзлых грунтов погружается.

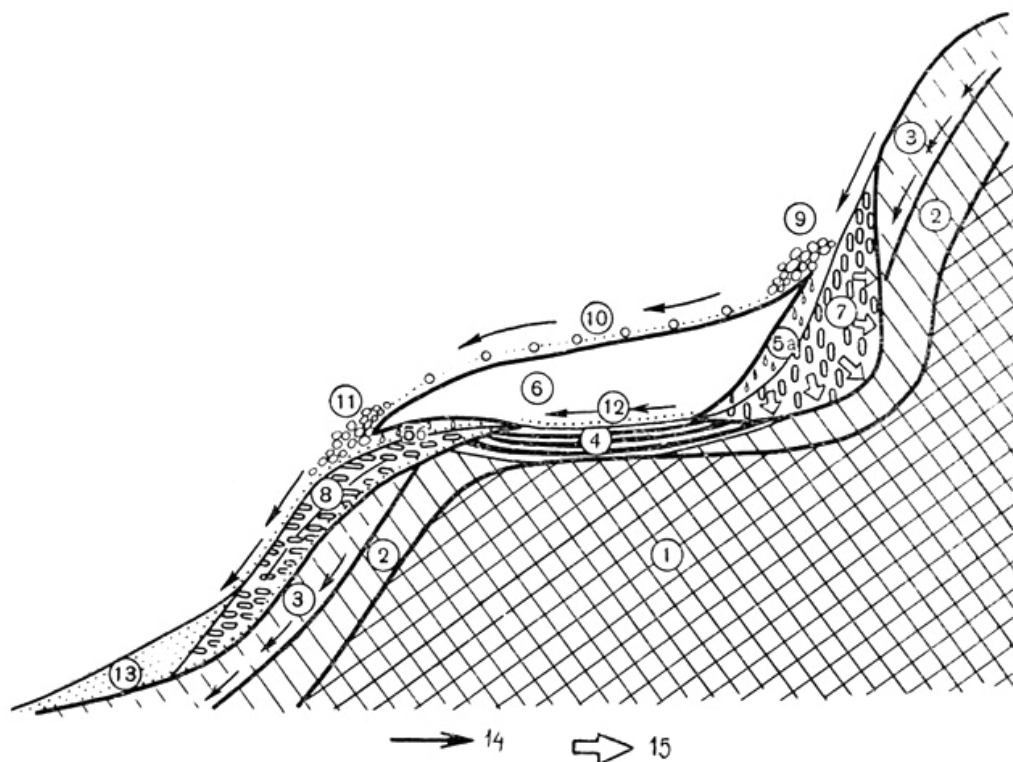


Рис. 1. Схема проявления нивальных процессов в различных зонах при залегании снежников в первичных неровностях на склонах. Условные обозначения: 1 — вечномёрзлые грунты; 2 — сезонномёрзлые грунты; 3 — оттаявшие грунты; 4 — зона консервации сезонной мерзлоты и сохранения уклонов, временный базис (уровень) нивации; 5 — зоны интенсивного стока талых вод снежника: а — верхняя, с сильным водонасыщением грунтов и слабым оттоком вод; б — нижняя, с русловым и нерусловым стоком вод; 6 — тело самого снежника; 7 — зона максимального выветривания, активной режеляции и увеличения уклонов (зона «снежного забоя»); 8 — зона фильтрации и дренажа с выработкой лотка стока или плоскостным стоком и солифлюкцией; 9 — подсклоновый вал грубообломочных отложений на поверхности снежника у его тылового шва; 10 — отдельные валуны и рассеянный мелкозем на поверхности снежника; 11 — приснежниковый вал грубообломочных отложений у нижнего конца снежника (псевдоморена); 12 — локальные маргинальные каналы стока под телом снежника и в трещинах по краям, по которым выносятся мелкозем; 13 — нивально-солифлюкционный мелкозем в шлейфах и конусах выноса (зона уменьшения уклонов); 14 — направление сноса и выноса нивального материала; 15 — направление интенсивного выветривания и попятного отступления склона

В краевых зонах снежника в деятельном слое происходит более глубокое протаивание. Оттаявшие в весенний или летний периоды грунты подвергаются суточным колебаниям температур: промерзанию ночью и протаиванию днем. Зоны активной режеляции в принципе располагаются во всех краевых участках снежника, но при распределении зон максимального выветривания большое влияние оказывает не только температурный режим, но и характер проявления гидрогеологических процессов, а именно распределение зон водонасыщения и зон фильтрации. Нижняя зона, где выносятся талые воды, из-за интенсивного дренажа в меньшей степени подвержена процессам выветривания. Верхняя и краевые зоны, где талые воды медленно насыщают грунты, смачивают все частицы породы в приповерхностном слое и скапливаются в трещинах или

полости протаивания, в большей степени подвержена мерзлотным процессам. Накапливающаяся вода здесь чаще подвергается цикличной режеляции и тем самым способствует интенсивному выветриванию. В верхней и краевых зонах создается эффект активной краевой эрозии (боковой эрозии снежников), в то время как в зоне под снежником преобладает эффект консервации, а в зоне ниже конца снежника - эффект денудации и еще ниже - эффект аккумуляции нивально-солифлюкционного материала. В геоморфологическом отношении эта поясность в распределении нивальных процессов приводит к следующему: в верхней и краевых зонах снежника стенки склонов увеличивают уклоны, в зоне под снежником уклоны сохраняются, в нижней зоне - уклоны уменьшаются благодаря аккумуляции выносимого материала. В конечном итоге образуются следующие типичные навалы: 1) при точечных снежниках в нишах и других точечных неровностях склонов в ходе нивальных процессов вырабатываются крутые стенки и плоские днища каров, ниже них - лотки выноса и еще ниже конусы выноса нивального материала (рис. 2); 2) при поперечных склонам снежников у их тыловых швов образуются крутые стенки, а под снежниками - террасоподобные площадки, ниже которых располагаются шлейфы нивально-солифлюкционных отложений (рис. 3). Если нивальные формы закладываются на эрозионном рельефе, то выносимый материал может транспортироваться рекой и удаляться и в зависимости от экспозиции склонов долины мы будем иметь дело или с асимметричными, или с ящикообразными и трогоподобными долинами, или с переуглубленными каньонообразными долинами. Во всех этих случаях отсутствуют средние и нижние геоморфологические пояса - зоны выноса и аккумуляции, так как эти функции выполняет сам русловый поток. Однако при больших длинных склонах в речных долинах или при молодых, недавно заложившихся нивальных формах трехчленная геоморфологическая поясность будет иметь место.

«Снежный забой» - обязательный и характерный элемент нивальных форм. Нивальная площадка - также наиболее частое явление. Исключение составляют асимметричные речные долины и речные долины-каньоны, где площадки не вырабатываются благодаря самой реке или транзитному потоку, интенсивно эродирующим снежник снизу. Только для продольных снежников, заложенных в эрозионных формах, оказывается справедлив термин «подснежная эрозия», который, как видим, в природной обстановке является скорее исключением, чем правилом.

Нивальная площадка характеризует положение тела снежника и границу между процессами разрушения верхнего склона и процессами накопления материала ниже снежника. Но вынос материала может и почти всегда идет гораздо ниже снежника, при этом вырабатываются нивально-эрозионные лотки выноса. Нивальная площадка во времени перемещается также все ниже и ниже по мере выноса материала. Поэтому положение нивальной площадки можно признать лишь *временным уровнем (базисом) нивации*. Истинным базисом нивации и пределом развития нивальных процессов может служить лишь самое подножие склона, на котором развиты снежинки. Теоретически положение снежников в зоне снеговой границы между положительным и отрицательным балансом снега в горных районах оправдывает понятие *общего уровня (базиса) нивации*. Но практически в тех же горах гравитационное перемещение лавинного снега и перевывание приводят к выработке многочисленных *местных уровней (базисов) нивации* как выше, так и ниже снеговой границы. Вероятно, следует разграничить понятия «нивальный уровень» и «базис нивации», ведь нивальные площадки характеризуют лишь временный базис, а истинный, как уже говорилось, лежит гораздо ниже. В рыхлых породах, как справедливо отмечает Н.А. Солнцев [1949], навальная площадка закладывается на уровне основания холма (имеется в виду зрелая нивальная форма, конечная стадия развития). В скальных породах положение базиса нивации будет изменяться медленнее, так как процесс разрушения связности пород проходит не так интенсивно, но предел, по всей вероятности, будет теоретически тот же - подножие склона. Однако нивальные процессы чаще всего не эродуют рельеф полностью.



Рис. 2. Зарождающийся нивальный кар и нивальные поперечные полосы на склоне (район Большеземельской тундры; фото Ю. В. Мудрова)



Рис. 3. Нивально-солифлюкционная площадка — псевдотерраса у подножья склона вблизи озера. Фото Ю. В. Мудрова

Если бы нивальная планация действительно в конечной стадии приводила к выравниванию, то в высоких горных массивах всегда имел бы место этот повсеместный уровень. Вместо этого мы видим так называемый «альпийский тип рельефа» - резко расчлененный, с останцами нивально-ледниковой обработки в виде пирамидальных карлингов. Может быть, существует и для нивальных процессов свой предельный поперечный профиль подобно продольному профилю равновесия для речной эрозии? Мы не можем пока полностью ответить на этот вопрос, но имеются определенные основания предполагать такой предельный поперечный профиль нивации соответственно для каждого конкретного случая (в зависимости от литологии, высоты склона и т.д.), а не наличие какого-то общего уровня нивации. Нивальные процессы, так же как и флювиальные процессы, больше эродировать и создают отрицательные формы, нежели осуществляют выравнивание (планацию). Это фактор расчленения рельефа. И существует, очевидно, предельная степень расчленения, когда нивальные процессы затухают и уступают место другим процессам. Этот предел создают себе сами снежники, моделируя рельеф и уничтожая первичные благоприятные условия своего существования. Изменение геоморфологических условий сочетается с изменением микроклиматических, мерзлотных и гидрогеологических условий.

Мерзлотные явления - основа нивальных процессов. Благодаря им происходит основная подготовка материала к перемещению и дезинтеграции как рыхлых, так и скальных пород, и благодаря им в значительной степени происходит перемещение и транспортировка материала. Другие процессы (микроклиматические, биологические, гидрогеологические, химическое выветривание, гравитационные и флювиально-эрозионные) также входят в нивальный комплекс, но не являются определяющими. Мерзлотные явления, связанные с особым положением тел снежников и ледников и особым мерзлотным режимом вблизи них, являются основным специфичным моментом нивации, отличающим ее от других природных явлений.

А.И. Попов [1960] предложил решение вопроса *мерзлотного происхождения первичных неровностей*, в которых могут впоследствии закладываться снежники и вырабатываться площадки типа нагорных террас, на пологих склонах разной литологии вследствие полигонального морозобойного трещинообразования при суровых климатических условиях и низких температурах, проникновения льда, расклинивания, неравномерного выветривания в трещинах и на поверхности полигонов и последующей обработки другими экзогенными процессами, в результате чего создается так называемый «блочный» рельеф. Это, разумеется, не всеобщая закономерность образования первичных неровностей, потому что существует много других типов рельефа с отрицательными формами иного генезиса, где затем закладываются снежники. Однако и этот вариант вполне реален. Для полярной и арктической зон, для сравнительно ровных денудированных поверхностей он является характерным и преобладающим вне зависимости от первичного генезиса рельефа.

Для уже заложившихся снежников *морозобойное трещинообразование*, происходящее вследствие резких температур при длительном охлаждении в зимние периоды, уже в меньших масштабах, как бы порядком ниже, имеет место в краевых зонах снежника, особенно в *зоне активной режеляции*. Здесь трещинообразование сочетается с морозным расклиниванием, в результате чего происходит дезинтеграция пород, образуется обломочный материал различных размеров, начиная с крупных скальных отдельностей и глыб и кончая тонкими мелкоземистыми и пылеватыми частицами. Именно у края снежников и ледников и создаются оптимальные условия для современного морозного выветривания благодаря наличию влаги и частых циклов замерзания и таяния. Активная режеляция при циклических сменах положительных и отрицательных температур - основной фактор мерзлотных процессов в приснежниковых участках. Кроме морозного трещинообразования и режеляции в морозном выветривании пород и их размельчении при низких температурах играет определенную роль и процесс

морозного пучения промерзающих тонкодисперсных пород. При увеличении их объема может происходить скалывание и дезинтеграция целых блоков промерзающей массы. Измельченные в результате морозного выветривания грунты приобретают *тиксотропные свойства*, теряют связность и становятся текучими даже без резкого увеличения влаги в результате механического воздействия собственной силы тяжести лишь за счет освобождения воды гидратных оболочек тонких коллоидных частиц и в результате внутрисистемного сжатия при промерзании.

Таким образом, тиксотропные грунты способны терять устойчивость и переходить в плавунное состояние, усиливая солифлюкционные процессы. Свойства тиксотропных грунтов разжижаться при механических нагрузках способствуют транспортировке этих грунтов вниз по склону [Григорьева, 1961].

Участие мерзлотных процессов в транспортировке выветриваемого материала не ограничивается процессами течения тиксотропных грунтов и солифлюкции влагонасыщенных грунтов. Даже при отрицательных температурах материал морозного низкотемпературного выветривания может медленно перемещаться вниз по уклону в ледяном цементе при процессе *мерзлотного крипа* [Чигир, 1964]. Грубообломочный материал с мелкоземистым заполнителем и без него, обволакиваемый ледяным цементом, при мерзлотном пучении и последующем оттаивании смещается вниз. Этот процесс особенно интенсивен там, где отток талой воды затруднен, т.е. при пологих (не более 5-15°) склонах и при начальных фазах развития нивальных форм («снежного забоя»).

По мере увеличения уклона большое значение приобретает процесс *солифлюкции*. Оптимальные условия для этого процесса возникают при уклоне 18-23° (но процесс протекает и при уклонах 2-3°), рыхлых грунтах, сложенных мелкоземом, обильном водонасыщении талыми водами, отсутствии растительного покрова, скрепляющего поверхность. Всем этим условиям отвечает приснежниковая зона, поэтому солифлюкция генетически и процессуально тесно связана с нивацией. Процесс солифлюкции относится к мерзлотной группе процессов, так как он протекает при оттаивании мерзлых грунтов, а также при водонасыщении талыми водами снежника слоя сезонного протаивания. Талые воды, насыщая деятельный слой в зоне активной режеляции и в зоне ниже конца снежника, способствуют течению и оплыванию нивального материала вниз по склону. Солифлюкционное медленное течение способствует удалению материала из зоны активной режеляции. Солифлюкционное течение с гораздо большими скоростями типа грязекаменных потоков происходит при обильном водонасыщении в зоне фильтрации ниже конца снежника. При выработанном лотке стока течение локализуется лишь в нем. При отсутствии лотка оплывание может происходить целыми участками, но всегда стремится сосредоточиться в едином русле, и лишь у подножия склона материал растекается в конусе выноса. В результате нивально-солифлюкционные процессы вырабатывают формы рельефа, похожие на чисто эрозионные: каровая ниша, похожая на водосборную воронку в верхней части склона; лоток в средней части склона и внизу - конус выноса, где аккумуляруется нивальный мелкозем.

Процессы транспортировки и аккумуляции грубообломочного материала происходят под воздействием сил *гравитации* и при пассивном участии самих снежников. Крупные глыбы, возникшие в результате морозного выветривания скальных пород, а также валуны, заключенные в выветриваемой зоне рыхлых отложений, при морозном выталкивании и просто под действием силы тяжести скатываются по верхней стенке. Аккумуляция происходит либо тут же под верхней стенкой, если поверхность снежника очень пологая, или валуны и глыбы соскальзывают по телу снежника вниз и аккумулируются у его нижнего выводного края. При асимметричном строении снежника материал скатывается не только вниз, но и на склон южной экспозиции. Именно в этих трех возможных местах можно наблюдать валы грубообломочных отложений, которые после полного стаивания каровых снежников иногда принимают за небольшие морены. Эти псевдоморены можно назвать *нивальными валами* и по месту их расположения делить

на верхние, боковые и нижние. Камни и валуны могут находиться и на самом снежнике, если он имеет небольшие уклоны поверхности и еще не растаял. Тогда эти россыпи валунов напоминают каменные глетчеры на ледниках, но отличаются от них тем, что в данном случае не происходит механического перемещения льда, снег статичен, а камни могут медленно смещаться вниз лишь при циклическом подтаивании снизу. В нивальных карах и на крутых стенках продольных снежников очень часто можно наблюдать обвалы этих стенок, оползание целых участков, происходящее в рыхлых суглинистых отложениях. Для оползней в верхней краевой зоне снежника, как можно видеть на рис. 1 и четко представить по гидрогеологическим условиям, возникают самые благоприятные условия. И, как правило, в природной обстановке при инженерно-геологических исследованиях оползни наблюдаются всегда там, где склоны сложены суглинистыми отложениями или имеется вечная мерзлота и где на склонах были или имеются снежники. Суглинистый материал, сгужаемый с верхней стенки на снежник при обильном водонасыщении, может течь вниз наподобие струй и потоков (рис. 4). Отложение песчаного материала может происходить не только под действием сил гравитации, но и при эоловом ветровом выдувании из верхней стенки или с более удаленных участков и при аккумуляции на поверхности снежника. При протаивании поверхности снежника супесчаный материал может либо осаждаться в виде покрова, либо согласно протаивающим полигональным проседаниям аккумуляроваться в виде выпуклых валиков (рис. 5). При этом тонкие частицы выносятся с талой водой, а более крупные галечки оседают в нишах вытаивания.

Снежникам, как фактору возникновения оползней и селей пока уделялось мало внимания при инженерно-геологических исследованиях. Мы же склонны считать снежники потенциальным источником динамического неравновесия в инженерно-геологическом природном комплексе. Нам кажется бесспорным, что кроме гляциальных селей можно выделять и *нивальные сели*, вкладывая в это название тот смысл, что именно благодаря снежникам возникает масса тиксотропного материала, правда, небольшой мощности, порядка 1-3 метров, способного при механических нагрузках к быстрому оплыванию и солифлюкционному течению с большими скоростями. Из-за небольших перепадов высот мы не наблюдали крупных нивальных селей на севере Большеземельской тундры, но микроселей можно было видеть много. В горах, сложенных рыхлыми породами, очевидно, можно ожидать и более крупные нивальные сели. То же самое можно сказать и о *нивальных оползнях*, которые следует, по всей очевидности, выделять при генетической классификации оползней.

Механизм выноса нивального материала *флювиальными процессами* наиболее изучен и описан многими исследователями, начиная с И.П. Толмачева [1899], Ф. Мэттесса [1900]. Механизм выноса тонкого мелкоземистого материала из зоны активного выветривания талыми водами по краям снежника и частично по его поверхности очевиден. Более спорен вопрос с подснежниковым эрозионным стоком. Такой транзитный сток имеет место, как указывалось выше, лишь в одном типе снежников - в продольных, заложившихся в эрозионных формах. В поперечных снежниках, как указывает В.Г. Чигир [1964], тело снежника, наоборот, является плотиной для надмерзлотных вод. Мы считаем, что даже неруслового просачивания талых вод под снежником не существует, так как здесь сохраняется сезонная мерзлота. Сток по всей полости под телом снежника - совершенно нереальное представление. Чаще всего можно наблюдать лишь отдельные маленькие каналы стока и сток по краевым трещинам, по которым и осуществляется вынос нивального мелкозема. Иногда, особенно на первых этапах развития, нивальная впадина не имеет стока талых вод и материал осаждается и накапливается в самой впадине.



Рис. 4. Массовое струйное течение супесчано-суглинистого материала вниз по снежнику из верхних частей склона

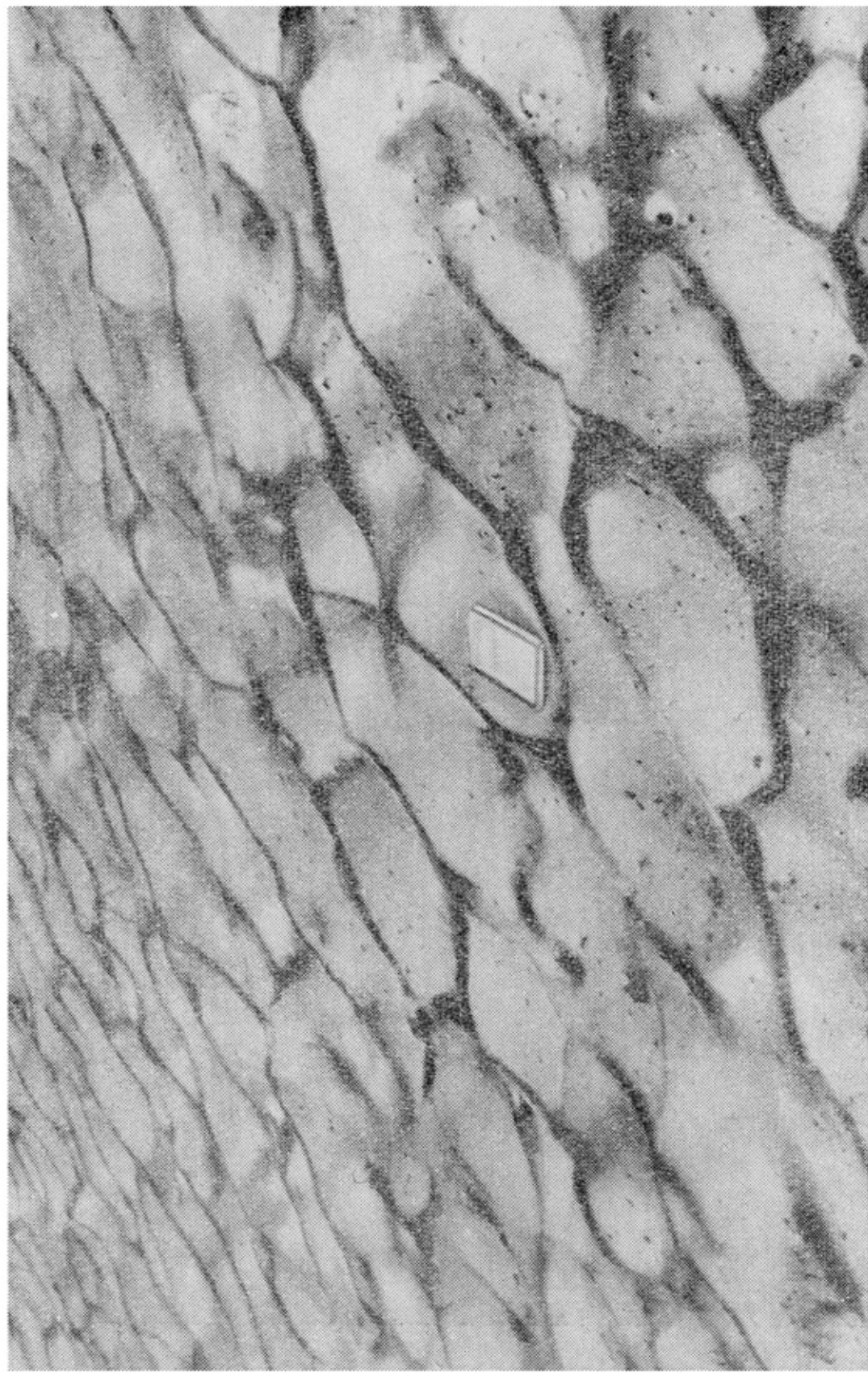


Рис. 5. Ячеисто-полигональное оседание песчаного материала при протаивании снежника. Галечники остаются и протаивают на месте

Последний вопрос, на который мы хотим обратить внимание, это выяснение механизма увеличения, консервации и уменьшения уклонов в приснежниковой зоне. Почему же снежник имеет тенденцию образовывать каровые впадины и продольные террасоподобные уступы?

И.П. Толмачев [1899] и Ф. Мэттесс [1900] дали почти полный ответ на этот вопрос, поэтому мы не будем останавливаться на их доказательствах. Приведем лишь наши соображения, уточняющие понимание этого процесса.

Консервация уклонов в средней зоне зависит не только от неподвижности самого снежника и не столько от отсутствия стока и неподвижности материала, сколько от смыкания подошвы снежника и законсервированного слоя сезонной мерзлоты и поднятия кровли вечномерзлых пород. Теплоизолирующая и бронирующая роль снежника - вот причина консервации подснежниковой поверхности и сохранения уклонов. Обработка подснежниковой поверхности происходит лишь после полного стаивания снежников, тогда же происходит понижение уровня нивальной площадки, обработка ее флювиальными процессами и преобразование в кароподобную воронку типа водосборной эрозионной ниши. Пока лежит снежник, площадка под ним сохраняет вид ровной поверхности. При стаивании снежника площадка преобразуется в воронку.

Увеличение уклонов выше по склону мы объясняем не только усиленным морозным выветриванием и удалением продуктов выветривания талыми водами, но и целой группой других процессов, о которых говорилось выше. Основной момент в мерзлотной обстановке этой зоны заключается, по нашему мнению, в том, что здесь в деятельном слое создаются дополнительно, во-первых, протаявшая воздушная приснежниковая полость, способствующая проникновению талых вод и атмосферного теплого воздуха, а во-вторых, зона активной режеляции и максимального выветривания. Эта зона при выносе материала и создает «снежный забой». Именно здесь и происходит увеличение уклонов. Граница оттаявших грунтов будет продвигаться все далее вглубь склона, а граница слоя сезонной и вечной мерзлоты все далее будет отодвигаться с тенденцией образовывать все более крутой контакт. По этому крутому контакту оттаявших и мерзлых грунтов возникают оползни. Гравитационное смещение материала делает стенку еще круче. Происходит дальнейшее протаивание стенки и ее отодвигание вглубь склона. Положение границ мерзлотных зон и зоны активной режеляции - вот главные и определяющие моменты при увеличении уклонов по периферии верхнего конца снежника.

При уменьшении уклонов в нижней зоне, которое происходит лишь при отсутствии руслового лотка выноса нивального материала, участие мерзлотных процессов сводится к солифлюкционному оплыванию протаявшего деятельного слоя и выносу из-под снежника нивального мелкозема вниз по склону и по поверхности сезонно-талого или вечномерзлого слоя. Последний вид транспортировки материала до сих пор почему-то ускользал от внимания исследователей нивальных процессов, а он имеет вполне определенное значение.

Итак, при описании нивации мы постарались обратить внимание, на то, что здесь участвует *множество процессов*, которые связаны в едином природном комплексе. Во-вторых, мы акцентировали внимание на *мерзлотных процессах*, которые во многом определяют весь характер нивации. В-третьих, в статье дана качественная картина механизма тех нивальных процессов, которые до сих пор не учитывались и не описывались исследователями. Эти материалы основаны на конкретных полевых наблюдениях автора в Большеземельской тундре, Кавказе и Тянь-Шане, но, безусловно, требуют специальных уточнений и количественных характеристик. Исследование нивации как процесса, несмотря на более чем пятидесятилетнюю историю, находится в стадии разработки методов изучения, поэтому попытка описания нивальных процессов с точки зрения *мерзлотоведческой и геологической* должна представлять интерес.

Наши наблюдения позволяют сделать вывод о большом *инженерно-геологическом значении* подобных исследований. В обратной связи следует подчеркнуть, что практическая значимость изучения нивальных явлений, в особенности таких, как создание *нивального мелкозема*, появление *тиксотропного разжиженного состояния*, *солифлюкционное течение*, *нивальные сели* и *нивальные оползни*, должна способствовать еще более интенсивному изучению нивации. Ведь ранее подобные исследования всегда были ограничены тем, что велись попутно из-за кажущейся практической их неприменимости.

Кроме инженерно-геологических исследований сведения о нивальных явлениях необходимы для целей геоморфологического, ландшафтного, мерзлотоведческого и геологического картирования. Ведь до сих пор съемщики проходят мимо нивальных отложений и нивальных форм, либо ошибочно приписывают их генезис действию ледниковой экзарации. Очевидно, требуется большее внимание исследователей - географов, геологов и мерзлотоведов, к изучению процессов нивации при съемочных работах и при инженерно-геологических изысканиях. Более детально изучить механизм нивальных процессов - вот основная задача при всех этих исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

Боч С.Г. Снежники и снежная эрозия в северных частях Урала. Изв. ВГО, 1946, № 2.

Григорьева В.Г. Исследования тиксотропных и структурно-механических свойств пылеватых воркутских суглинков. В сб.: Исслед. по физике и механике мерзлых грунтов. М., Изд-во АН СССР, 1961.

Перов В.Ф. К вопросу о так называемой «подснежной эрозии». В сб.: Вопросы физ. географии полярных стран, вып. 1. Изд-во МГУ, 1958.

Попов А.И. Перигляциальные образования северной Евразии и их генетические типы. В сб.: Перигляциальные явления на территории СССР. Изд-во МГУ, 1960.

Солнцев Н.А. Снежники как геоморфологический фактор. М., Географгиз, 1949.

Толмачев И.П. К вопросу о происхождении цирков. Тр. СПб. о-ва естествоиспыт., т. 30, № 1, 1906.

Чигир В.Г. О механизме воздействия снежников на их ложе. Вестник Московского ун-та, сер. геогр., № 1, 1964.

Чигир В.Г. Мерзлотно-геологические процессы в полярной пустыне как следствие сезонного льдообразования в деятельном слое. Вестник Московского ун-та, сер. геогр., № 2, 1965.

Matthes F.E. Glacial sculpture of the Bighorn Mountains Wyoming. Twenty-first annual report of the United States Geological survey, part 11, Washington, 1900.

Ссылка на статью:



Любимов Б.П. О механизме нивальных процессов // Подземный лед. Выпуск III. М.: Изд-во МГУ. 1967. С. 158-175.