

*Н.Н. РОМАНОВСКИЙ*

### О ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАЛЕДЕЙ

Наледи как мерзлотно-гидрогеологическое явление изучены в настоящее время достаточно полно. Наледям посвящена весьма обширная литература, большая часть которой пошла в библиографический указатель сборника «Наледи Сибири» [1969]. Основное количество работ касается региональных исследований наледей, их распространения, условий и причин образования, воздействия на инженерные сооружения, мер борьбы с вредными воздействиями, оценка наледей как гидрогеологического фактора. Начаты широкие гидрохимические исследования наледных льдов. Работы Н.И. Толстихина, П.Ф. Швецова, А.И. Калабина, А.С. Симакова, посвященные исследованию наледообразовательных явлений, стали классическими. Значительным шагом в изучении наледей в последние годы явилась работа О.Н. Толстихина «Наледи Северо-Востока СССР» [1970]. Между тем в литературе, посвященной явлениям наледообразования, мало разработанными оказались вопросы геологической деятельности наледей. Влияние наледей на рельеф рассматривалось П.Ф. Швецовым и В.П. Седовым [1941], А.С. Симаковым [1959], С.М. Фотиевым [1965] и другими, показавшими, что наледи определяют своеобразную эрозионную деятельность рек в долинах, способствуют развитию боковой и ослаблению донной эрозии.

По возникающим при этом наледным формам рельефа: «наледным полянам», «наледным долинам» - оцениваются максимальные площади наледей и консервирующиеся в них запасы наледообразующих вод. Наледи в современных условиях наиболее развиты в горно-складчатых областях с суровым резко континентальным климатом, обычно с широким распространением мерзлых толщ. На платформах, в условиях равнинного рельефа, их развитие крайне невелико. Однако наблюдения последних лет, проведенные в Польше, показали, что в предледниковой зоне материковых оледенений были широко развиты наледи. Они оставили отчетливые следы в рельефе и повлияли на состав перигляциального аллювия и, видимо, флювиогляциальных отложений. Появление их было связано с существенным изменением мерзлотно-гидрогеологической обстановки на равнинах Европы в периоды оледенений. Ранее наличие наледообразовательных процессов на равнинах в период их оледенений в литературе не отмечалось. В системе палеогеографических факторов, влиявших на формирование перигляциального рельефа и отложений, оказался пропущенным палеогидрогеологический, точнее мерзлотно-палеогидрогеологический фактор. Для восполнения этого пробела потребовалось обобщить и конкретизировать существующие представления о геологической деятельности наледей.

Анализ имеющихся многочисленных материалов показал, что эта деятельность существенно зависит как от региональных гидрогеологических, так и от зональных

мерзлотно-температурных условий. Наледи, их особенность и геологическая деятельность оказались связанными с характером распространения мерзлых толщ и с типами водоносных таликов.

В основу настоящей работы положены многолетние исследования, проводившиеся кафедрой мерзлотоведения МГУ на Сибирской платформе в пределах Ангаро-Ленского междуречья, в бассейне р. Вилюя, в среднем ее течении, в Витимо-Патомской горно-складчатой области и в северной части Верхояно-Колымской горно-складчатой области.

### **Влияние наледей на форму долин и особенности аллювиальных отложений**

Типы наледей по условиям их питания, приуроченности к определенным элементам рельефа, по площади и объемам наледного льда весьма различны и многочисленны. Наибольшее значение в формировании рельефа и особенностей отложений имеют налееди, расположенные в днищах долин рек и ручьев и связанные по своему происхождению с поверхностными, аллювиальными, грунтовыми водами и подземными водами глубокой (часто подмерзлотной) циркуляции.

Наледи, образуемые в днищах долин, оказывают влияние на растительный покров, состав отложений, залегающих в их основании, особенности аккумуляции и денудации отложений, морфологию долины. Рассмотрим характер этих воздействий.



Рис. 1. Бугристая поверхность гигантской наледи на р. Сакындже (Уяндинская впадина)

Форма и размеры наледи зависят от морфологии дна, от дебита источника питающих ее вод, климатических условий, что уже достаточно полно описано в литературе. Наледи, приуроченные к русловой и прирусловой (пойменной) части долины, имеют обычно плосковыпуклую форму и максимальную мощность на наиболее низких элементах рельефа. Толщина льда уменьшается от более высоких поверхностей, покрытых наледью, к ее периферии и нижнему по долине концу. Поверхность наледного тела обычно бывает неровная, осложненная буграми, причем микрорельеф этой поверхности ежегодно меняется (рис. 1). Весной наледи в долинах рек являются препятствием для пропуска полых вод. Воды ручья или реки, встречая на своем пути наледное тело, могут растекаться по нему, следуя микрорельефу поверхности наледи,

образовывать русла, часто многочисленные. Русла сначала проходят во льду наледи, а по мере таяния достигают минерального ложа и вырабатывают в нем свое «корыто». Число таких русел, их положение и водный режим каждый год различны. Они определяют динамичность и неустойчивость наносов в основании наледи. Если наледь покрывает пойменную поверхность, то такие русла приводят к размыву пойменной фации аллювия и выносу такого материала вниз по ручью или реке и переотложению его в другом месте. Полые воды, несущие взвешенный материал, могут откладывать его на лед наледи. При таянии последнего он переотлагается, а тонкие фракции частично выносятся (рис. 2). Все это приводит к тому, что состав аллювия в основании такой наледи меняется по сравнению с участками реки, где наледообразование отсутствует. Основным изменением является размыв пойменной фации аллювия и вынос тонкого пылевато-глинистого материала. В основании наледи частично остается русловой аллювий, формировавшийся при отсутствии воздействия этого явления, а частично формируется аллювий наледного поля. Характерным является развитие последнего под воздействием преимущественно небольших водотоков с коротким сроком существования и резко переменным гидрологическим режимом, часто с небольшими скоростями течения. Это обуславливает при общем его грубом песчано-гравийно-галечном составе определенную литологическую пестроту, наличие в нем линзочек и прослоев более тонких по составу отложений (тонкопесчаных, пылеватых, супесчаных и суглинистых). Одновременно с этим многочисленны прослойки и линзы крупного хорошо промытого материала, а также крупного с тонким заполнителем. Имеющийся материал, правда недостаточно полный, позволяет говорить о том, что на участках наледообразования в целом наиболее промыты приповерхностные слои аллювия.



Рис. 2. Аллювиальные наносы, отложенные весенним половодьем на лед наледи и перемывающиеся при ее таянии (для масштаба — ружье)

Микрорельеф наледных участков связан с дроблением русел, их фуркацией, он обычно крайне неустойчив и меняется из года в год.

Литологические особенности аллювия наледного поля различны в разных геологических условиях. Они зависят от общего состава аллювиальных отложений, близости коренных пород, их состава и т.д. Так, в долинах горных рек обычно преобладает валунно-гравийно-галечный материал, во впадинах, на равнинах превалирует

песчаный или гравийно-песчаный. Степень размыва отложений пойменных фаций и сортированности аллювия наледных полей в большей мере зависит от срока существования наледи на одном месте. Наледи, кратковременно существующие, часто меняющие свое положение, мигрирующие, способствуют накоплению менее промытого материала, длительно существующие - более промытого, лишенного тонких фракций.

Весьма часто наледь в днище долины отклоняет русло в сторону, к ее периферии, где мощность льда меньше. В этом случае может происходить подмыв бокового уступа высокого элемента рельефа, к которому «прислоняется» наледь, и днище долины на участке наледообразования расширяется. Именно такие расширения днищ создают своеобразие наледных долин, где относительно узкие участки с серией террас, имеющих нормальное строение аллювия, сменяются расширенными. На последних террасовые уровни часто размывы и остаются в виде небольших фрагментов или, напротив, развиты широко, чаще с одного борта долины. В этом случае они созданы под воздействием того же наледообразовательного процесса и обычно лишены пойменных фаций аллювия. В случае, когда наледь имеет вогнутую форму и мощность льда в средней ее части меньше, чем по периферии, активной боковой эрозии не происходит [Калабин, 1960].

Многие исследователи указывают, что крупные наледи являются своеобразными местными базами эрозии. Уклон русел рек на участках устойчивого наледообразования уменьшается.

Развитие наледей в долинах рек приводит к угнетению растительных покровов, вплоть до их полного уничтожения. Там, где наледь размывается полыми водами, растительные покровы уничтожаются вместе с пойменными фациями аллювия. Там, где размыва не происходит, а наледь стаивает под действием солнечного тепла, растительность испытывает угнетающее воздействие и тем больше, чем дольше срок ее существования. Последний в свою очередь продолжительнее при большей мощности наледного льда. В южных районах наледи с одинаковой мощностью льда растаивают полностью быстрее, чем в северных. Следовательно, в этом случае влияние наледей на растительность в определенной мере зонально. В первую очередь под действием наледей погибает обычно древесная растительность. Особенно легко это происходит, когда деревья растут на многолетнемерзлом субстрате. Развитие наледи приводит к тому, что сезонное оттаивание отложений, к которым приурочена корневая система растений, начинается существенно позже, уменьшается по мощности и имеет более суровый температурный режим. Период вегетации сокращается, это приводит к угнетению растительности и даже полной ее гибели.

Наледи, покрывающие участки с талым субстратом, действуют на растительность слабее. Корневая система деревьев в таликах уходит глубже слоя сезонного промерзания. Известны случаи, когда деревья на наледном поле в пределах талика покрывались листьями задолго до стаивания наледного льда даже в суровых условиях Северо-Востока СССР [Букаев, 1969].

При образовании наледей в тело последних часто включаются линзы и глыбы подстилающего их аллювия, приподнятые давлением наледообразующих вод. В ряде случаев грунт бывает выжат на поверхность наледи, в результате чего образуются грунтовые бугры, часто соседствующие и генетически связанные с ледяными буграми на наледях (рис. 3). На периферии наледного тела и в его обрамлении часто образуются многочисленные гидролакколиты, имеющие или торфяно-суглинистую кровлю, или перекрытые слоем песчаных и гравийно-галечных отложений. Описаны они многими исследователями, подчеркивающими генетическую связь наледей и гидролакколитов. Последние являются, как правило, образованиями недолгоживущими, протаивающими или ежегодно, или в течение ряда лет. В процессе вытаивания ледяного ядра кровля обычно разрушается, породы переоткладываются, частично перемываются, теряют первичную слоистость. Растительность на этих местах погибает. На месте

гидролакколитов часто образуются замкнутые провальные формы различных размеров, усложняющие рельеф аллювиальных поверхностей в обрамлении наледей.

Под наледями в слое сезонного оттаивания или в слое сезонного промерзания в одних случаях образуются линзы и прослойки инъекционных льдов, в других - слои породы бывают настолько обогащены инъекционным льдом, что приобретают базальную или атакситовую криогенную текстуру. При переходе в многолетнемерзлое состояние эти обогащенные льдом слои, особенно в суровых мерзлотных условиях, могут существовать достаточно долгое время. В пределах ложа наледных полей они развиты весьма широко, внешне часто не проявляясь в рельефе. Однако они хорошо устанавливаются при проведении электропрофилирования благодаря весьма высоким удельным сопротивлениям.



Рис. 3. Грунтовой и ледяной бугры в теле наледи. Лед бугра прозрачнее льда наледи, на снимке он выглядит более темным

При многолетнем оттаивании пород, залегающих в основании наледных полей, на месте линз инъекционных льдов возникают западины, тем более выразительные, чем больше размеры льдов. При этом первичный характер залегания пород в кровле нарушается.

Распученные, сильнольдистые отложения при оттаивании уплотняются, в них возникают системы мелких сбросов, сколов, трещин; иногда наблюдаются нарушения слоистости в отдельных линзах пород и другие явления, связанные с оседанием при вытаивании льда.

Поверхности, находившиеся под действием наледообразовательного процесса, лишенные растительности и отложений пойменных фаций, сложенные достаточно грубыми накоплениями, могут подвергаться воздействию криогенных процессов: морозной сортировке каменного материала, приводящей к образованию структурных грунтов, морозобойному растрескиванию и формированию повторно-жильных ледяных и грунтовых образований, морозному пучению и т.д. Эти процессы могут иметь место как на участках, уже покинутых наледями, так и там, где наледи имеют место. Во втором случае криогенные процессы дают заметный эффект только тогда, когда мощность льда невелика и появляется он достаточно поздно. Чаще всего они приурочены к периферии наледных тел, И.В. Климовским [1967] описано заливание морозобойных трещин водой,

образовывавшей наледь. Автор наблюдал формирование структурных форм на периферии наледной поляны крупной наледи на р. Тарынг-Юрэх в Селенняхском хребте. В этом же районе на р. Сакындже повсеместно были развиты полигонально-трещинные формы, возникшие на основе морозобойного растрескивания как с грунтовыми жилами, так и с повторно-жильными льдами на участках старых наледных полей, давно не покрывающихся наледями. Подчеркнем, что эти явления развиваются в грубообломочных отложениях, своеобразном русловом аллювии. Вне наледных полей такие отложения в процессе аккумуляции воздействию криогенных процессов не подвергаются, позднее они бывают перекрыты отложениями фаций пойменного аллювия, к которым и приурочены криогенные образования.

### **Связь наледей с таликами, причины и особенности их миграции**

Известно, что наледи мигрируют, т.е. меняют свое местоположение, форму, размеры; они могут появляться и исчезать вновь, оставляя следы своей деятельности. Причины и особенности миграции наледей различны. Геологический эффект наледообразовательной деятельности связан в значительной мере с особенностями их миграции. Он неодинаков в разных мерзлотных, гидрогеологических и климатических условиях и зависит как от общей мерзлотно-гидрогеологической обстановки в целом, так и от характера таликов, к которым приурочены наледи и воды которых идут на их образование. Важное значение для миграции наледей имеет соотношение разных категорий таликов, их устойчивость при изменении природных условий и динамика их развития [*Романовский, 1970, 1972*].

С этих позиций, используя конкретные примеры, постараемся рассмотреть вопрос о причинах и особенностях миграции наледей, начиная с более суровых мерзлотных условий и переходя к более мягким.

В условиях суровых низкотемпературных мерзлых толщ часто наледные формы в долинах горно-складчатых областей занимают несравненно большие площади, чем сами наледи, которые строго локализованы и приурочены к гидрогеогенным или подрусовым и пойменным напорно-фильтрационным таликам. Так, в северном Верхоянье наледи мигрируют по долинам в течение длительного отрезка времени в соответствии со смещениями таликов, изменением их характера в процессе неотектонического и мерзлотно-гидрогеологического развития территории [*Афанасенко и др., 1971*]. Это было установлено при мерзлотно-гидрогеологической съемке м-ба 1 : 500 000, охватывавшей значительную часть Селенняхского хребта и кряжа Полоусного, Уяндинскую наложенную впадину и южную часть приморской Яно-Индибирской низменности, включая ее сочленение с горным обрамлением на юге, так называемую (предгорную полигенетическую равнину [*Романовский и др., 1970; Хруцкий и др., 1972*].

В описываемых условиях наледи, связанные с гидрогеогенными напорно-фильтрационными таликами, образуются исключительно за счет вод глубокой (подмерзлотной) циркуляции, а с подрусовыми и пойменными напорно-фильтрационными сквозными таликами - за счет вод глубокой циркуляции и грунтовых аллювиальных вод. При этом доля последних в крупных наледях больше, чем в небольших. Воды рек в этом районе не принимают участия в наледообразовании в силу того, что поверхностный сток прекращается ко времени начала этого процесса. Деятельность человека, как правило, не оказывает влияния на образование крупных наледей.

Проведенные многолетние исследования дают основание утверждать, что в пределах Селенняхского хребта и Уяндинской впадины изменения размеров и формы наледных тел, объемов наледного льда на изученных наледях больших и гигантских - минимальны. Это связано с тем, что ниже сквозных напорно-фильтрационных таликов отсутствуют подрусовые грунтово-фильтрационные талики и вся вода, выходящая зимой

на поверхность, фиксируется в наледи. В течение осени, пока под руслами имеется сезонно-талый слой, очаги наледообразования находятся ниже по долине от основных источников, питающих наледь. Постепенно они смещаются вверх до тех пор, пока наледь не начинает формироваться непосредственно ниже талика или даже над местами разгрузки вод глубокой подмерзлотной циркуляции.

Изменения объемов наледного льда могут быть связаны только с началом и концом наледообразования, поскольку режим источников вод глубокой подмерзлотной циркуляции, питающих эти наледи, не испытывает из года в год существенных изменений. Форма и площади наледей в большей степени подвержены ежегодным колебаниям, так как связаны с изменением положения русел водотоков из года в год, глубин сезонного оттаивания под ними, а следовательно, и направления, формы размеров водоносных трактов на площади наледообразования, сроков их существования во время зимы и т.д. Эта особенность была подмечена раньше М.М. Корейшей [1972] для района Сунтар-Хаята.

Многочисленные следы древней наледообразовательной деятельности устанавливаются при анализе аэрофотоснимков и в пределах Селенняхской впадины, на сочленении ее с хребтом Тас-Хаяхта. Гигантские наледи - тарыны этого района, изученные П.Ф. Швецовым и В.П. Седовым [1941], видимо, сходны по происхождению и мерзлотно-гидрогеологическим условиям их формирования с наледями Уяндинской впадины.

П.Ф. Швецов, А.С. Симаков, А.И. Калабин, О.Н. Толстихин и другие неоднократно писали, что с новейшими или омоложенными разломами связываются напорно-фильтрационные талики, часто образующие линии в горных массивах, по периферии наложенных впадин и т.д. В свете рассматриваемого вопроса весьма важно то, что новейшие подвижки блокового характера оказывают решающее воздействие на изменения положения таликов. Было установлено несколько вариантов такого воздействия.

На р. Чук в результате поднятия блока произошло врезание русла реки и образование каньона, прорезающего обширную плоскую террасовую поверхность, имеющую в плане овальную форму и характерные черты наледной поляны, преобразованной последующими процессами морозобойного трещинообразования и развития повторно-жильных льдов. Сквозной напорно-фильтрационный талик, через который происходит разгрузка вод палеозойского водоносного комплекса, локализован в настоящее время в днище каньона, в его верхней по реке части (рис. 4). Зимой ниже источника образуется наледь, заполняющая каньон. Видимо, в прошлом, до врезания русла, талик имел более обширные размеры и занимал русло и пойму р. Чук, формируя ниже себя наледь, образовавшую наледную поляну. Врезание реки, связанное с новейшими подвижками, привело к смещению талика, уменьшению его площади и локализации выхода вод в днище каньона.

В другом случае, в месте выхода из гор в Уяндинскую впадину р. Тарынг-Юрэх, новейшая подвижка обусловила врезание реки и образование террасы. Она привела также к расчленению в прошлом единого по площади сквозного напорно-фильтрационного талика, приуроченного к разлому, который разделяет впадину и горный массив Селенняхского хребта на два самостоятельных талика (рис. 5). Один из них оказался локализованным на террасе. Он относится к типу гидрогеогенных напорно-фильтрационных сквозных, имеет в плане вид окна диаметром около 100 м, а в разрезе расширяющейся книзу «трубы». Выходящие по нему воды образуют источники, дающие зимой наледь овальной формы, лежащую на террасе. Второй талик сейчас приурочен к днищу р. Тарынг-Юрэх и относится к числу гидрогенных русловых напорно-фильтрационных сквозных. Ниже него в русле и на пойме образуется крупная наледь, занимающая долину от коренного борта до уступа террасы и интенсивно расширяющаяся в этом месте днище долины.

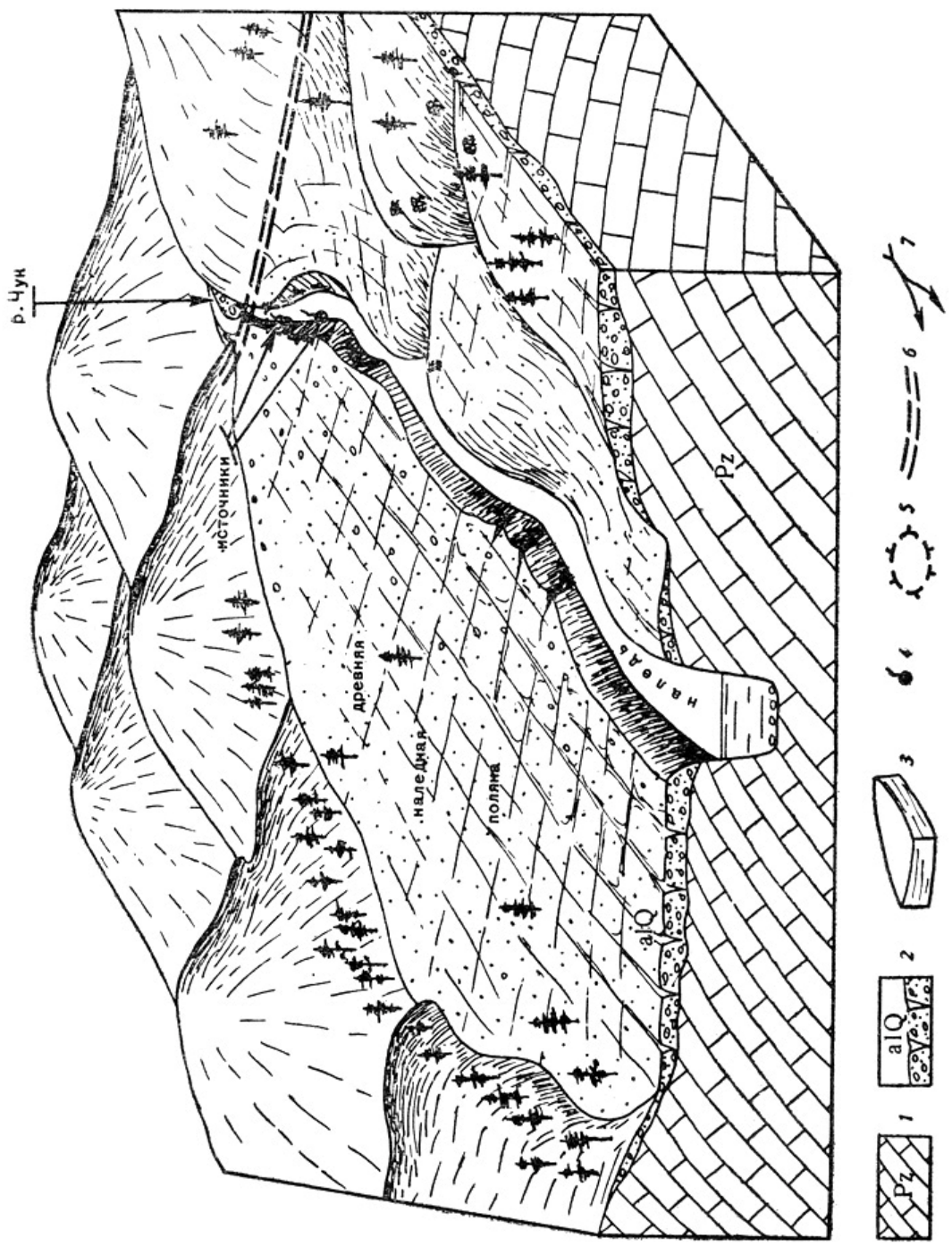


Рис. 4. Блок-диаграмма долины р. Чуик (Селеняхский хребет). Показаны древняя наледная поляна, врезанный в нее каньон, глубиной до 7—8 м, заполненный наледью, и источники, приуроченные к гидрогенному напорно-фильтрационному сквозному талику в борту и дне каньона: 1 — известняки палеозоя; 2 — песчано-гравийно-галечниковые четвертичные отложения с маломощными повторно-жильными льдами; 3 — наледный лед; 4 — восходящие источники подземных вод глубокой (подмерзлотной) циркуляции; 5 — граница талых и мерзлых пород; 6 — линии тектонических нарушений, по которым произошла новейшая подвигка; 7 — направление движения вод в реке



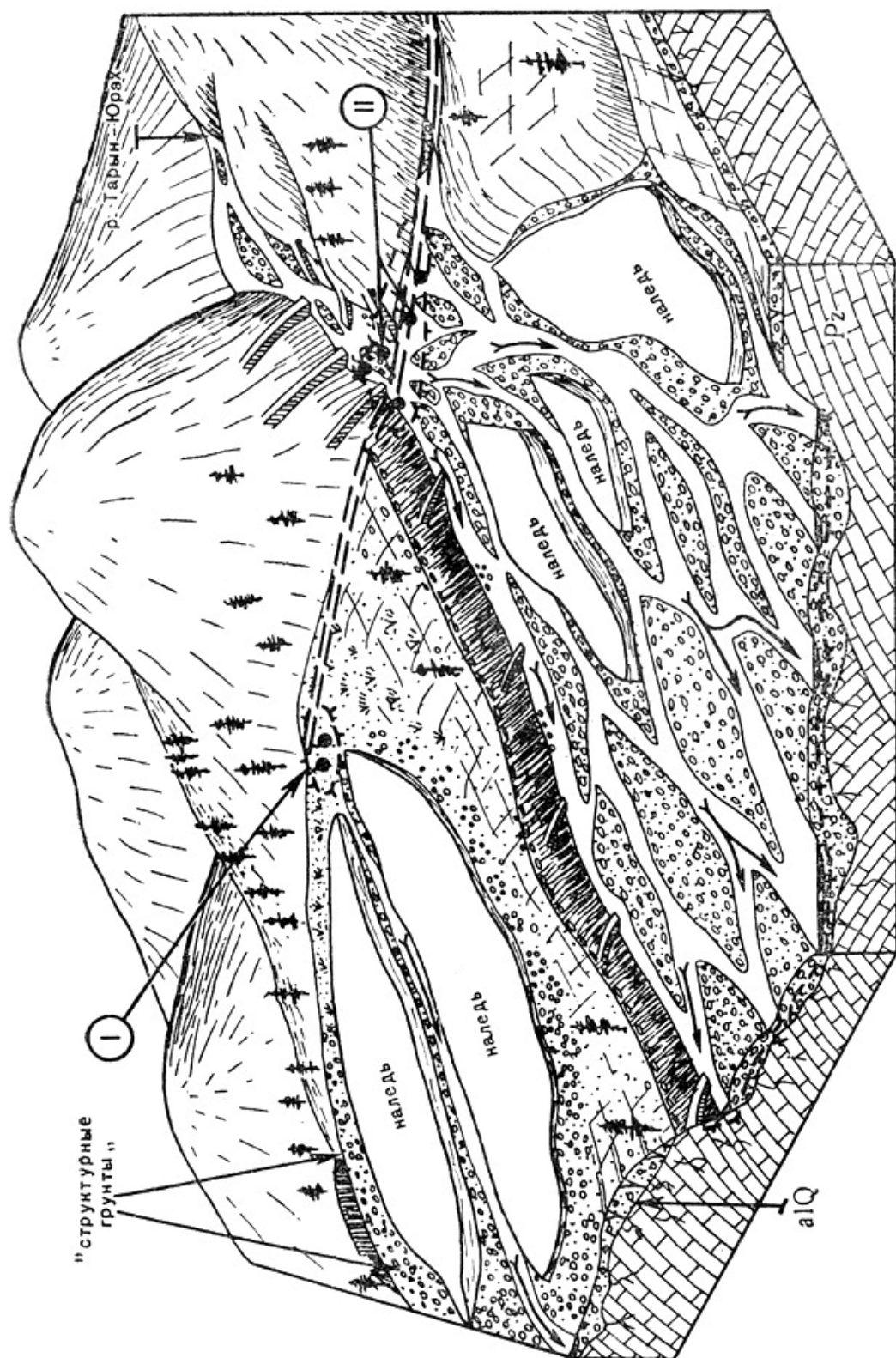


Рис. 5. Блок-диаграмма долины р. Тарынг-Юрэх в месте ее выхода из Селенныхского хребта. Показаны гидрогенный напорно-фильтрационный талик, источники (I) и многолетняя наледь, лежащая на террасе, гидрогенный подрусловой напорно-фильтрационный талик и источники (II) в днище реки и остатки летующей наледь. Условные обозначения те же, что и на рис. 4

В пределах Уяндинской впадины было установлено закономерное смещение подруслых и пойменных напорно-фильтрационных таликов, лежащих, видимо, на одном крупном разрывном нарушении, примерно параллельно ее борту, в сторону правого борта долин рек Сакынджи, Инача, Тарынг-Юрэха. Аналогичным образом смещаются и наледи, находящиеся ниже таликов. Они оставляют по левому борту обширную полосу древних террасированных поверхностей наледных полей. В долине р. Сакынджа смещение фиксируется ступенчатым увеличением мощности мерзлых толщ от таликов в сторону левого борта долины. Мощность многолетнемерзлых пород на границе с таликом не достигает 100 м, а в тыловой части террас, подвергшихся воздействию наледей в прошлом, составляет 300 и более метров. У правого борта долины, на 1-й надпойменной террасе, в непосредственной близости к талику мощность мерзлой толщи составляет 200-250 м. Смещение талика мы связываем с неравномерными новейшими подвижками крупных блоков, оконтуренных разломами (к которым и приурочены талики). Такие подвижки приподнимают с перекосом один борт долины, приводят в зоне подвижек к повышению трещиноватости пород, а следовательно, к увеличению их водно-фильтрационных свойств. В эту же сторону смещается и русло реки. В результате в правой части талика условия для интенсивного движения подземных вод становятся более благоприятными, в более приподнятой левой - менее. Поток восходящих вод как бы подтаивает мерзлый массив, ограничивающий талик. Левая же часть талика в суровых условиях этого района, где температура пород у подошвы слоя сезонного оттаивания достигает  $-8$   $-10^{\circ}$  [Гарагуля и др., 1970], при ослаблении напорной фильтрации подвергается многолетнему промерзанию.



Рис. 6. Поверхность древней наледной поляны на р. Нучча. На переднем плане фрагмент маломощной наледи и гидролакколит, на заднем — хр. Полоусный

Подчеркнем, что влияние новейших движений на смещение напорно-фильтрационных таликов и миграцию наледей в рассматриваемом районе имеет яркое выражение в морфологии днища долин, в фациальных особенностях аллювия наледных полей, ландшафтах и характере мерзлых толщ. Происходит это потому, что изменение геологической, гидрогеологической и гидрологической обстановки приводит к быстрому

многолетнему промерзанию пород в тех частях талика, где ослабляется отепляющее воздействие подземных или поверхностных вод. В результате талик не увеличивается в размерах, не «расплывается» в плане, а перемещается или делится на два (или несколько) строго очерченных, достаточно однородных по условиям существования талика.

Участки, представляющие в прошлом наледяные поляны, были обнаружены в северных предгорьях кряжа Полоусного на сочленении его с полигенетической равниной, в долинах рек Нуччи, Тенкели и др. В долине р. Нуччи протяженность такого участка долины около 10 км при ширине 1-2 км. Сейчас здесь образуются только небольшие наледи, площадью до нескольких тысяч квадратных метров, и гидролакколиты (рис. 6). Под частью поймы и руслом этих рек существуют грунтово-фильтрационные несквозные талики, оканчивающиеся сквозными инфильтрационными. Продолжения в сторону низменности эти талики не имеют. Через сквозные талики идет питание вод глубокой (подмерзлотной) циркуляции Приполоусненского адартезианского криогенного бассейна. При этом расход некоторых из них достигает 40 тыс. м<sup>3</sup>/сут [Афанасенко и Романовский, 1971].

Весьма вероятно, что в прошлом через эти талики, находящиеся на сочленении двух гидрогеологических структур, в зоне перелива подземных вод из гидрогеологической горноскладчатой области в артезианский бассейн, осуществлялось не только нисходящее движение вод. Часть вод из мощного грунтово-фильтрационного талика «выбрасывалась» на поверхность зимой, образуя наледи. Следы деятельности этих наледей и остались в виде древних наледных полей, свидетельствуя о существенных изменениях мерзлотно-гидрогеологических условий. Сейчас площади этих таликов в горной части в результате многолетнего промерзания сократились и вся вода из них в водно-критический период идет на питание вод глубокой циркуляции. Только местами создаются временные напоры, приводящие к образованию небольших наледей. Возможно, что наледообразование в прошлом шло не только за счет вод грунтово-фильтрационных таликов, но и за счет вод глубокой подмерзлотной циркуляции, запасы которых пополнялись в горах через подрусловые инфильтрационные сквозные талики.

Сокращение наледообразования в предгорной зоне, видимо, в любом случае связано с промерзанием водоносных трактов в горной части. Однако причины их промерзания не установлены. Возможно, они связаны с общим похолоданием после климатического оптимума в голоцене или с изменением гидрологического режима рек в связи с поднятием горного сооружения, увеличения уклонов и т.д.

Наледи, питающиеся водами, выходящими на поверхность по гидрогеогенным напорно-фильтрационным таликам, расположенных на склонах долин или в пределах их днища на террасе, разрушаются главным образом под действием солнечного тепла. Размыв их полыми водами отсутствует, и только водоток от питающего источника может эродировать отложения в ложе наледи, да гидролакколиты разрушать покров тонких отложений и растительно-дерновый слой. В результате геологическая деятельность этих наледей ослаблена.

Можно выделить, видимо, две разновидности таких таликов и связанных с ними наледей. Первая включает гидрогеогенные талики, обособившиеся в процессе мерзлотно-геологического развития территории от подрусловых и пойменных напорно-фильтрационных таликов. Этот случай описан выше для долины р. Тарынг-Юрэх. Такие талики обычно бывают развиты только в условиях суровых мощных низкотемпературных мерзлых толщ. В этом случае наледь ниже талика занимает обычно часть древней более крупной наледной поляны и поддерживает ее «свежий» облик. Вторая разновидность включает гидрогеогенные талики, возникшие по разломам, омоложенным новейшими движениями, по которым произошел прорыв высоконапорных вод. Такие талики достоверно известны не были, и возможность их возникновения ставилась под сомнение большинством исследователей, в том числе и автором.

Летом 1971 г. В.Е. Афанасенко, А.Б. Чижовым и автором был обследован талик, расположенный на борту долины ручья в районе хребта Улахан-Сис, объяснить происхождение которого удастся только, допустив прорыв высоконапорных солоноватых вод по омоложенной и раскрытой тектонической зоне под воздействием сейсмических явлений. Наледь ниже этого талика слабо воздействует на рельеф и изменение характера отложений ложа и приводит только к гибели древесной растительности.

В мерзлотно-гидрогеологических условиях менее суровых, чем описанные ранее, ниже по долине, от гидрогеогенных напорно-фильтрационных сквозных таликов и ниже подрусовых и пойменных напорно-фильтрационных сквозных таликов существуют грунтово-фильтрационные несквозные или сквозные талики. В этом случае картина наледообразования усложняется. Особенности этого процесса связаны не только с выходом вод глубокой подмерзлотной циркуляции на поверхность, но и с частичным их стоком по грунтово-фильтрационному талику. Вдоль последнего также может идти наледообразование. Размеры и форма наледей, обычно вытянутых вдоль полосы этого талика, изменяются ежегодно. Анализ материалов показывает, что чем больше размеры водопроводящей части этого талика, тем меньше фиксируется вод в наледях и тем больше стекает в виде подрусового потока. В этом случае существеннее становится зависимость наледообразования от климатических и погодных условий, от глубин сезонного промерзания водоносного тракта, их распространения по площади, т.е. факторов, меняющихся из года в год.

Изменения объемов наледного льда, площади и формы наледей могут быть различными. Для Анмангындинской наледи, находящейся в верховьях р. Колымы, Н.А. Букаевым [1969] ежегодные изменения объема льда оцениваются в 10-8%. Так, зимой 1961/62 г. объем льда этой наледи составил 8,1 млн. м<sup>3</sup>, зимой 1962/63 г. - 10,3 млн. м<sup>3</sup>, а зимой 1963/64 г. - 9,3 млн. м<sup>3</sup>. В Южной Якутии при сходном строении таликов ежегодные изменения объемов наледного льда могут быть еще значительно больше. Так, на р. Джеконе к весне 1961 г. объем наледи составлял 1 200 000 м<sup>3</sup>, а к весне 1962 г. - всего 160 000 м<sup>3</sup> [Толстихин и Обидин, 1936].

Миграция наледей, связанных своим образованием с гидрогенными напорно-фильтрационными таликами, ниже которых существуют подрусовые грунтово-фильтрационные талики, в более длительном аспекте времени изучена крайне недостаточно. Имеются сведения [Спрингис, 1961], что на южном склоне хр. Черского в устьевой части прекратилась образовываться крупная наледь, приуроченная к разлому. Причиной этого послужила, видимо, новейшая тектоническая подвижка, которая привела к повышению трещиноватости пород и повышению размеров грунтово-фильтрационного талика. Можно представить и обратную ситуацию, когда в результате уменьшения сечения последнего, например, за счет его многолетнего промерзания при повышении суровости мерзлотно-температурных условий, наледь будет образовываться в днище долины, непосредственно ниже напорно-фильтрационного талика. Она станет менее растянутой по длине и сдвинется вверх по долине к питающему ее источнику подземных вод. Здесь и будет формироваться максимальная по ширине наледная поляна. При смещении вверх по долине наледь может оставить ниже себя полосу аллювиальных поверхностей, подвергшихся наледной обработке - наледную долину. Смещение русла водотока и связанного с ним грунтово-фильтрационного талика в сторону будет приводить также и к смещению наледей, т.е. обуславливать их боковую миграцию и расширение за счет этого ширины наледного днища.

С.М. Фотиев [1965], Н.А. Букаев [1969] указывают, что если под телом наледи имеется талик, то весной, по мере ослабления морозов, идущие по талику воды постепенно оттаивают наледь снизу, образуя подледный канал. В период половодья именно по этому каналу происходит в первую очередь разрушение наледи речными водами. Они прокладывают свое русло на участке наледообразования, используя этот канал как ослабленное место, взламывая лед наледи снизу. Русло из года в год здесь

тяготеет к полосе грунтово-фильтрационного талика и не подвержено частому перемещению. Это ослабляет эрозионную деятельность весенних вод на участке наледообразования.

Значительное число крупных наледей связано с аллювиальными водами подрусовых и пойменных грунтово-фильтрационных таликов как сквозных, так и несквозных. Наледи, приуроченные к несквозным таликам, для Северо-Востока СССР весьма подробно описаны А.И. Калабиным [1960], где он называет их наледями надмерзлотных вод. Их размеры, форма, места появления очень существенно зависят от размеров таликов, их геологического строения, запасов в них вод и т.д. Все они, видимо, подвержены как ежегодной, так и многолетней миграции. О последнем свидетельствует ряд поверхностей со следами наледной обработки, где в настоящее время наледи не обнаруживаются. Данных по ежегодным изменениям размеров наледей А.И. Калабин не приводит, но неоднократно подчеркивает, что судить о запасах надмерзлотных вод в таликах в днищах долин без проведения режимных наблюдений очень сложно. Несомненно, что одной из причин этого является неодинаковость проявления процесса наледообразования из года в год. Наиболее устойчиво образование наледей в местах, где подземный поток резко сужается благодаря наличию водонепроницаемых выступов коренных пород. Там, где таких барражей несколько, весь аллювиальный поток в воднокритический период выводится в наледи. Объем льда последних не подвержен заметным изменениям из года в год, хотя форма наледей, обычно расположенных цепочкой, и перераспределение объемов льда в каждой из них ежегодно меняются в связи с изменениями суровости зим.

В районах прерывистого распространения мерзлых толщ при мощностях последних от первых десятков метров до 100-200 м наледообразование в долинах часто связано с водами подрусовых и пойменных грунтово-фильтрационных сквозных таликов. В этом случае речные воды могут играть определенную роль в наледообразовании, но обычно только в его первый период, т.е. осенью и в начале зимы. Такого рода грунтово-фильтрационные талики и связанные с ними наледи были изучены в центральной части Патомского нагорья. Здесь в долинах рек, выполненных часто мощными толщами водопроницаемого аллювия и флювиогляциальных отложений и относительно слабопроницаемых гляциальных и озерно-гляциальных отложений, существуют сквозные грунтово-фильтрационные талики, в пределах которых и идет наледообразование [Романовский и др., 1966]. Возникновение наледей связано главным образом с появлением напора вод при сезонном промерзании отложений, создающим барражи на пути грунтового потока. Места наледообразования, формы и размеры наледных полей, объемы льдов в наледях существенно зависят от динамики сезонного промерзания отложений, которые в свою очередь зависят от погодных условий зим (сроков выпадения снега, его мощности, хода температур воздуха и т.д.). В результате наледи возникают в разных местах долин, ежегодно меняются их форма, размеры, мощности льда. Несомненно, что гидрогеологические условия существенно влияют на устойчивость мест интенсивного наледообразования. Выходы на поверхность вод глубокой циркуляции, сужения живого потока грунтовых вод в связи с уменьшением сечения водопроводящих пластов (особенно в переуглубленных древних долинах), «распластывание» этого потока при уменьшении мощности и увеличении ширины слоя водоносного аллювия и т.д. благоприятствуют наледообразованию и стабилизируют места его проявления. Но на этом фоне степень интенсивности этого процесса испытывает ежегодные изменения, наледи мигрируют. Геологическая деятельность наледей в таких условиях весьма существенна.

Наледные участки долин ярко выражены, пойменные поверхности встречаются мелкими фрагментами, заполнитель в грубообломочном аллювии весьма пестрый. Весьма существенно влияние человеческой деятельности на образование наледей. Так, дороги, проходящие через талики в долинах, служат часто мерзлотными поясами и около них

формируются наледи. Напротив, канавы, концентрирующие русловой поток для использования его при промывке золота, для заполнения котлованов, драг и других целей, препятствуют этому процессу.

Одновременно имеет место и многолетнее смещение мест устойчивого наледообразования, в частности, при изменении мерзлотных условий, связанных с самим процессом формирования наледей. Так, маломощные наледи (примерно до 1 м мощностью) уничтожают снег, ликвидируя его утепляющее воздействие. Их суммарное влияние на подстилающие горные породы охлаждающее, способствующее образованию под ними перелетков мерзлоты. Перелетки возникают и при смещении русел, когда ликвидируется их утепляющее воздействие, а с поверхности начинает накапливаться тонкий слабофильтрующий материал [Боярский и Максимова, 1970]. Перелетки в свою очередь препятствуют фильтрации грунтовых вод, уменьшают их утепляющее воздействие, способствуют более глубокому многолетнему промерзанию. Образование перелетка приводит к смещению в сторону грунтового потока - источника образования наледи.

Постепенно этот участок захватывается наледью все меньшей и меньшей мощности, а затем перестает покрываться совсем, а наледообразование более интенсивно начинает проявляться в другом месте. Гидролакколиты в обрамлении описываемых наледей не характерны. Если они и встречаются над участками новообразования мерзлых толщ, то невелики по размерам и имеют ясно выраженный сезонный характер.

В более суровых мерзлотных условиях, где под поймами рек, как правило, развиты мерзлые толщ, а под руслами - талики, с водами которых и связаны наледи, миграция последних происходит в связи со смещением русел и таликов под ними и новообразования мерзлых толщ под освободившимися от утепляющего воздействия речных вод участками.

Наледообразование в области прерывистого распространения мерзлых толщ часто приводит к тому, что террасы в долинах рек на местах наледообразования бывают размывы и сохраняются отдельными участками. Можно предположить, что это связано с отсутствием устойчивого направленного смещения таликов.

На участках, где идет наледообразование, на останцах древних террас редко видны следы деятельности наледей. Видимо, это связано с тем, что далеко не всегда вблизи южной окраины области многолетнемерзлых пород были условия для постоянного наледообразования, оставлявшего следы.

В районах Северного Забайкалья интенсивность наледообразования менялась в связи с общими изменениями природной обстановки, в частности, с развитием горных оледенений [Преображенский, 1963]. Это оставило свои следы в районах развития ледникового рельефа. По устному сообщению Т.Н. Каплиной и О.П. Павловой, в Чарской котловине формы рельефа, связанные с оледенением хребтов Удакан и Кодар, несут следы активной наледообразовательной деятельности. Представляется, что в районах, где изменения природной обстановки в плейстоцене и голоцене были существенны, развитие наледных явлений испытывало большие колебания. Менялся и эффект геологической деятельности наледей.

Наконец, в областях островного распространения многолетнемерзлых пород, где последние связаны главным образом с площадями, сложенными с поверхности слабоводопроницаемыми глинистыми и суглинистыми отложениями, наледообразование имеет существенно иной характер, весьма полно описанный в работах А.В. Львова [1916], Н.И. Толстихина и Н.И. Обидина [1936], В.Г. Петрова [1939], А.М. Чекотилло, А.А. Цвида и В.Н. Макарова [1960] и других (Южное Забайкалье, Амурская область, юг Средней Сибири).

Отметим особенности, наиболее существенные с позиций рассматриваемого вопроса.

Таликовые зоны имеют крайне неоднородный характер. В них входят площади радиационно-тепловых и гидрогенных таликов с различным характером подземных вод, безводные с застойным режимом, инфильтрационные, грунтово-фильтрационные, напорно-фильтрационные. Наледи связаны с водами двух последних классов таликов.

Наибольшее количество наледей имеют относительно небольшие размеры и ни по объему льда, ни по их площади не достигают обычно очень больших или гигантских. Наледи имеют различные источники питания. Широко развиты наледи речные, ключевые, грунтовых вод и смешанного питания. Наиболее стабильно положение ключевых наледей, но их размеры, объемы льда, форма наледи подвержены весьма сильным изменениям из года в год. Обычно на местах выхода вод глубокой циркуляции образуются полыньи, а наледь находится ниже по долине ручья или реки и тем дальше, чем больше дебит источника и выше его температура. В суровые зимы верхняя часть наледи располагается ближе к источнику, в теплые - дальше, т.е. наледь как бы мигрирует вверх и вниз по долине в зависимости от суровости зим. Наледи грунтовых вод, речные наледи образуются во многих местах далеко не ежегодно. Места их возникновения часто меняются. Однако необходимо отметить, что влияние климатического фактора на образование наледей весьма велико [Петров, 1939].

Существенное воздействие на наледообразование оказывает изменение естественных условий, хозяйственная деятельность человека, меняющая глубины сезонного промерзания отложений, создающая неблагоприятные условия для стока поверхностных вод зимой и т.д. Поэтому наледи чаще всего возникают в этих районах в местах производственной деятельности человека. Гидролакколиты для этих районов не характерны [Петров, 1939].

Наледи речных вод часто ложатся на речной лед, взламываются половодьем и уносятся им. На всех участках наледообразования в долинах под наледными телами зимой продолжается сток вод, наиболее интенсивный под основным руслом. В результате весной при ослаблении морозов подо льдом наледи образуется канал. Мощность наледного льда над ним уменьшается. В период половодья поток вод в первую очередь следует по этому каналу. В результате русло реки в таких условиях относительно стабильно и боковая эрозия на участках наледообразования существенно ослаблена.

Таким образом, в южных районах области многолетнемерзлых пород и районов глубокого сезонного промерзания геологическая деятельность наледей ослаблена. Это связано с частым смещением мест наледообразования, с меньшими размерами наледей, относительно кратковременным периодом их существования на одном месте и т.д. Наледи меньше, чем на севере, воздействуют на рельеф и отложения своего ложа.

### **Заключение**

Наледообразовательный процесс, зависящий от комплекса мерзлотно-гидрогеологических и климатических условий, испытывает ежегодные и многолетние (иногда многовековые) изменения. В связи с этим наблюдается миграция наледей, т.е. изменение мест наледообразования, их формы и размеров, объемов наледного льда. Целесообразно выделять ежегодную и многолетнюю (вековую) миграцию.

Ежегодная миграция наледей в большей степени характерна для территорий с достаточно мягкими мерзлотно-гидрогеологическими условиями и резко континентальным климатом. Она присуща наледям, связанным своим образованием с водами,двигающимися по грунтово-фильтрационным таликам или таликовым зонам, в которые входят талики различных категорий. Ежегодная миграция наледей связана с ежегодными изменениями климатических и погодных условий, таких, как ход зимних температур, количество выпадающего снега, его перераспределение, и как следствие этого изменение характера глубин сезонного промерзания таликов и особенностей замерзания изливающихся на поверхность вод.

Многолетняя (вековая) миграция в большей степени присуща наледям территорий с суровыми мерзлотными условиями и интенсивным водообменом. К числу таких территорий относятся гидрогеологические горно-складчатые области, испытывающие активные новейшие движения, например Верхояно-Колымская криогенная гидрогеологическая горно-складчатая область. Видимо, условия, благоприятные для многолетней миграции наледей, существовали в предледниковой зоне покровных оледенений, покрывавших в плейстоцене Европу, а возможно, и другие равнинные территории, такие, как Западная Сибирь.

Многолетняя миграция наледей связана с длительными изменениями мерзлотно-гидрогеологических условий территории и вековыми климатическими колебаниями. Динамика мерзлотно-гидрогеологических условий выражается в изменении характера водоносных таликов, их размеров, формы, положения, водопропускной способности, режима и температуры вод, а в ряде случаев и типов таликов, перехода их из одной категории в другую. В связи с этим изменяются особенности и интенсивность наледообразования в таликах.

Колебания климата, главным образом таких его составляющих, как среднегодовые температуры воздуха, континентальность, количество атмосферных осадков, ветровой режим зимой и др., обуславливают, с одной стороны, особенности сезонного промерзания пород таликов, с другой, - характер замерзания изливающихся на поверхность наледообразующих вод.

Вопрос о соотношении ежегодной и многолетней (вековой) миграции наледей и о результатах их геологической деятельности в первом приближении представляется следующим образом. В южных районах области многолетнемерзлых пород с обширными таликовыми зонами формируются главным образом наледи, имеющие относительно небольшие размеры, малую мощность и объем льда. Они стаивают весной или в начале лета. Ежегодным изменениям подвержены не только размеры, форма, объем наледного льда, но часто и места их появления. На одном и том же месте они существуют короткое время и их воздействие на рельеф и отложения ложа весьма невелико. Многолетние (средне- и короткопериодные) изменения климатических и мерзлотных условий приводят главным образом к промерзанию таликов радиационно-теплого типа. Они мало влияют на размеры и форму гидрогеогенных и гидрогенных таликов, с которыми связано образование наледей в долинах.

С юга на север, а в горно-складчатых областях с повышением высоты, увеличивается суровость мерзлотных условий и уменьшается площадь, занятая таликами. Они локализуются в долинах рек или приурочиваются к обводненным зонам тектонических нарушений. В связи с этим ограничиваются, локализуются и места возможного развития наледей. С другой стороны, со сосредоточением мест движения подземных вод увеличивается дебит источников, удельные расходы потоков, питающих наледи. Возрастают их размеры, места наледообразования становятся более устойчивыми. Они связаны с выходами вод глубокой (подмерзлотной) циркуляции на поверхность, местами разгрузки этих вод в грунтово-фильтрационные талики, участками, где сечение последних уменьшается, а поток грунтовых вод переходит частично в поверхностный и т.д. Наледи по размерам значительны и «обрабатывают» большие площади в днищах долин рек. Размеры наледей, их форма, объемы льда подвержены существенным ежегодным изменениям. Но уже и наиболее длительные (коротко-, средне- и длинно-периодные) климатические колебания приводят к уменьшению или увеличению сечения грунтово-фильтрационных таликов и изменению активности наледообразовательных процессов. На последнее, видимо, оказывают заметное воздействие и такие геологические процессы, как новейшие тектонические подвижки.

Наконец, на севере в условиях развития низкотемпературных мерзлых толщ, в связи с обособленностью гидрогеогенных и ряда подрусловых и пойменных напорно-фильтрационных таликов, отсутствием непрерывно выдержанных грунтово-



фильтрационных таликов под долинами рек наледи имеют строго фиксированное место образования, практически не меняющийся из года в год объем льда. Подвержены изменениям только их размеры и форма. В этих условиях многолетняя миграция происходит или под действием длительных климатических изменений или под воздействием мощных геологических факторов, таких, как новейшие тектонические подвижки, или коренных изменений гидрогеологической обстановки, например, в результате промерзания водоносных трактов и выключения их из системы водообмена. В этих условиях следы многолетней миграции наледей, существующих на одном месте долго, смещающихся достаточно медленно и обычно глубоко преобразующих рельеф и отложения, фиксируются наиболее отчетливо. Подчеркнем, что в относительно мягких мерзлотно-гидрогеологических условиях обычно бывает весьма сложно определить следы деятельности наледей, возникающие в процессе их длительной многолетней миграции, от результатов ежегодной миграции.

Наиболее существенные изменения в интенсивности наледообразовательных процессов, наиболее значительная многолетняя миграция наледей и наибольшее их воздействие на рельеф и отложения происходили, видимо, в районах, где имели место кардинальные изменения климатических условий и проявлялись активные геологические процессы большого масштаба. К числу их можно отнести контрастные новейшие тектонические движения, появление горных ледников, развитие покровных материковых оледенений и др. В районах с однонаправленным, относительно монотонным развитием природы в плейстоцене следов миграции и изменения интенсивности геологической деятельности наледей в геологическом прошлом существенно меньше.

Вопрос о геологической деятельности наледей имеет не только теоретическое, но и практическое значение. Так, в последние годы О.Н. Толстихиным [1970] была произведена оценка ресурсов подземных вод Северо-Востока СССР, основанная главным образом на оценке площадей наледей и объемов наледного льда. При подсчете площадей широко использовались аэрофотоснимки и картографические материалы, так как на огромных безлюдных, мало исследованных территориях натуральных съемок площадей наледей не проводилось. Аэрофотоснимки обычно сделаны для разного времени, чаще всего для середины или второй половины лета. Поэтому для подсчета площади наледи часто принималось, что размер наледи соответствует размеру наледной поляны. В действительности это положение соблюдается далеко не всегда, о чем говорилось выше. Кроме того, из изложенного очевидно, что для наледей, связанных с таликами, имеющими различный характер, соотношение наледообразующих вод и вод, стекающих под наледями транзитом, изменяется в огромных пределах. Это несомненно сказывается на точности оценки ресурсов и возможности применения метода в других регионах.

Поверхности в долинах рек, подвергшиеся обработке наледями, имеют существенно иной характер строения, чем обычные террасы. Лишенные покрова тонкозернистого пылеватого пойменного аллювия, они обладают более высокими температурами песчано-галечных отложений, для которых характерна в целом относительно небольшая льдистость. Поверхность их обычно более сухая. Степень развития таких криогенных процессов, как морозобойное растрескивание, образование повторно-жильных льдов и других, меньше, чем на обычных террасах. В ряде случаев древние наледные поляны - наиболее благоприятные в инженерно-геологическом отношении участки.

Различные мерзлотно-фациальные особенности обычного сингенетически промерзающего, аллювия и аллювия наледных полей в ряде случаев затрудняют корреляцию разновозрастных террасовых уровней. Существование таких различий должно учитываться при геоморфологическом картировании и стратификации четвертичных отложений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Афанасенко В.Е., Романовский Н.Н.* Водоносные долинные талики в пределах территории с мощными многолетнемерзлыми толщами (на примере северо-восточной Якутии). «Тезисы докл. 6-й научн. конференц. геологич. ф-та МГУ» (ротапринт). Изд-во МГУ, 1971.
2. *Афанасенко В.Е., Романовский Н.Н., Зайцев В.Н., Чижов А.Б.* Наледи восточной части Селенняхского хребта и Уяндинской впадины, особенности их формирования и оценка по ним ресурсов подземных вод. «Вестн. Моск. ун-та», сер. геол., 1971, № 3.
3. *Боярский О.Г., Бударин Ю.М. и др.* Мерзлотно-гидрогеологические условия Витимо-Патомского нагорья. «Мат-лы VIII Всесоюзн. совещ. по геофизиологии», вып. 3. Якутск, 1966.
4. *Боярский О.Г., Максимова Л.Н.* О «перелетках» и кратковременно существующих многолетнемерзлых породах. Сб. «Мерзлотные исследования», вып. X. Изд-во МГУ, 1970.
5. *Букаев Н.А.* Основные закономерности режима гигантских наледей в верховьях р. Колымы (на примере Антангындинской наледи). Сб. «Наледи Сибири». М., «Наука», 1969.
6. *Гарагуля Л.С., Кудрявцев В.А. и др.* Влияние геолого-географических факторов на температурный режим пород слоя сезонного протаивания в северной части Яно-Индибирского междуречья. Сб. «Мерзлотные исследования», вып. X. Изд-во МГУ, 1970.
7. *Калабин А.И.* Вечная мерзлота и гидрогеология Северо-Востока СССР. Магадан, 1960.
8. *Климовский И.В.* Повторно-жильные льды Забайкалья и положение южной границы их распространения. Сб. «Геофизиологические условия Забайкалья и Прибайкалья». М., «Наука», 1967.
9. *Корейша М.М.* Наледи в горах Сунтар-Хаята. Мат-лы гляциологич. исслед. (хроника обсуждения). «Тр. Ин-та географии АН СССР», № 19 (ротапринт). М., 1972.
10. *Львов А.В.* Поиски и испытания водоисточников водоснабжения на западной части Амурской железной дороги в условиях «вечной» мерзлоты почвы. Иркутск, 1916.
11. Наледи Сибири. М., «Наука», 1969.
12. *Некрасов Н.А.* Наледи восточной части Станового нагорья. Сб. «Наледи Сибири». М., «Наука», 1969.
13. *Петров В.Г.* Наледи на Амуро-Якутской магистрали. М., Дориздат, 1939.
14. *Преображенский В.С.* Наледи и древнее оледенение Станового нагорья. Чита, 1963.
15. *Романовский Н.Н.* Зональная и региональная приуроченность таликов. Тезисы докл. Всесоюзн. совещ. по мерзлотоведению 1970 г. Изд-во МГУ, 1970.
16. *Романовский Н.Н.* [Талики в области многолетнемерзлых пород и схема их подразделения](#). «Вестн. Моск. ун-та», сер. геол., 1972, № 1.
17. *Романовский Н.Н., Кондратьева К.А. и др.* Мерзлотные и гидрогеологические особенности района Депутатского рудного узла. Сб. «Мерзлотные исследования», вып. X. Изд-во МГУ, 1970.
18. *Романовский Н.Н., Полтев Н.Ф., Бударин Ю.М.* Влияние мерзлотных физико-геологических явлений на формирование рельефа Патомского нагорья. «Мат-лы VIII Всесоюзн. совещ. по геофизиологии», вып. 6. Якутск, 1966.
19. *Симаков А.С.* О некоторых особенностях развития тарынов на Северо-Востоке СССР и вероятном строении криолитозоны. Сб. «Мат-лы VII междувед. совещ. по мерзлотоведению». М., Изд-во АН СССР, 1959.
20. *Спрингис К.Я.* Некоторые признаки проявления новейших тектонических движений в Верхояно-Колымской складчатой области. «Неотектоника СССР». Рига, Изд-во АН ЛатвССР, 1961.

21. Толстихи Н.И., Обидин Н.И. Наледи Восточного Забайкалья. «Изв. Гос. географ, о-ва», т. 68, вып. 8. М.-Л., 1936.
22. Толстихин О.Н. Наледи Северо-Востока СССР. Автореферат на соискание ученой степени доктора геол.-минералогич. наук. Иркутск, 1970.
23. Фотиев С.М. К вопросу о роли наледей в формировании морфологии наледных участков речных долин. Сб. «Геокриологические условия Западной Сибири Якутии и Чукотки». М., «Наука», 1965.
24. Хруцкий С.Ф., Афанасенко В.Е. и др. Новые данные по мерзлотно-гидрогеологическому строению северной части Яно-Индигирского междуречья. Сб. «Мерзлотные исследования», вып. XII. Изд-во МГУ, 1972.
25. Чекотилло А.М., Цвид А.А., Макаров В.Н. Наледи на территории СССР и борьба с ними. Благовещенск, Амурское книжное изд-во, 1960.
26. Чиждова Н.И. Изучение наледей подземных вод при гидрогеологической съемке и оценке подземного стока в области распространения многолетнемерзлых пород на примере Южной Якутии. Сб. «Мерзлотные исследования», вып. V. Изд-во МГУ, 1966.
27. Швецов П.Ф., Седов В.П. Гигантские наледы и подземные воды хребта Тас-Хаяхта. М., Изд-во АН СССР, 1941.

**Ссылка на статью:**



*Романовский Н.Н. О геологической деятельности наледей. Мерзлотные исследования. Выпуск XIII. Изд-во МГУ, 1973, с. 66-89.*