



УДК 551.32

В. И. Андреев, Е. С. Кляпицкий

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский, 683 006;*

Взаимосвязь криолитозоны с извержениями вулканов и состоянием их окрестностей (Камчатка)

Исследована криолитозона преимущественно в районе Большого трещинного Толбачинского извержения 1975–76 гг. (БТТИ) в интервале высотных отметок 300–1800 м н. у. м. Показан разрез многолетнемерзлых толщ и захороненных льдов по скважине, пробуренной на высоте около 1000 м на глубину 55 м. Приведены сведения по обнаружению криолитозоны у подножий некоторых других действующих вулканов. Анализируются причины развития и особенности криолитозоны в исследованных районах. Рассмотрены некоторые аспекты связи криолитозоны с извержениями вулканов и их окрестностей.

Введение

В нашей работе представлены некоторые данные о многолетнемерзлых толщах или криолитозоне, которой на Камчатке уделялось пока мало внимания. Имеется общая схема криолитозоны, а так же сведения о заморозках на почве и её промерзании, наступающем раньше холодов осенью, и исчезающем позже схода снега и наступления тепла весной [7, 8].

Ледниковые эры на Земле известны с протерозоя (2,5 млрд. л. н.). Такие эры продолжительностью сотни млн. лет подразделяются на эпохи и периоды. Причины начала и окончания ледниковых эр, эпох и периодов дискусионны. Большинство исследователей считает главенствующим космический фактор [9]. В результате последней, ещё не закончившейся, Лавразийской ледниковой эры, начавшейся в южном полушарии 20–30 млн. л. н., а в северном — 3 млн. л. н., возникла криолитозона, сохраняющаяся в течение, по крайней мере, 10 тысяч лет после окончания последнего ледникового периода.

Криолитозона — верхний слой земной коры, характеризующийся низкой температурой, включающий в себя мёрзлые породы и подземные льды. Криолитозона включает мёрзлые, морозные и охлаждённые породы. По времени существования выделяют криолитозону: многолетнюю (от нескольких до тысяч лет) и сезонную (сезонное промерзание пород) [6]. Многолетнемерзлые породы (ММП) занимают 25% суши. В пределах Российской Федерации многолетняя криолитозона занимает порядка 65% территории, в ряде районов (в междуречье Лены и Енисея) её мощность достигает 1,5 км и простирается до 50° с. ш. и даже немного южнее [7, 11].

Начало последнего формирования многолетней криолитозоны на севере Евразии и в Северной Америке происходило 2–2,5 млн. л. н., а непрерывное существование этого образования на северо-востоке Российской Федерации документировано 600–800 тыс. л. н. Современный характер

криолитозоны обусловлен историей её развития в плиоцен-четвертичное время, региональными, зональными и высотно-поясными условиями. Наибольшего распространения по площади и максимальной мощности криолитозона достигла в позднем плейстоцене (40–10 тыс. л. н.). В голоценовый оптимум (8,5–4,5 тыс. л. н.) площадь её сократилась за счёт полного или частичного оттаивания многолетнемерзлых пород. В южных районах на периферии распространения криолитозоны сохранились реликтовые участки многолетнемерзлых пород. Так, в Забайкалье у южной границы РФ на широте 50° мощность реликтовой криолитозоны под чехлом вышележащих пород местами достигает 300 м [7].

На Камчатке и острове Парамушир распространение криолитозоны носит островной характер. В некоторых районах, например на Ключевской группе вулканов мощность криолитозоны достигает 150 м [6, 7].

Объекты работ и их исследования

Наши исследования проводились преимущественно в интервале высотных отметок 300–1800 м, в районе Большого трещинного Толбачинского извержения (БТТИ). Южный сектор работ у подножья Толбачинских вулканов, представляет собой полого наклонённую к югу равнину с множеством шлако-лавовых конусов относительной высотой до 200 м. На отметках более 1000 м на поверхности исследуемого района преобладают шлаки, ниже — лавы [4]. В районе исследований встречались трещины протяжённостью в первые сотни метров и шириной в пределах 10 м, (обычно не более 1 м). Большинство трещин было частично засыпано рыхлым материалом. Мелкие трещины, шириной в первые десятые доли метра иногда имели повышенную на 10–20%, по сравнению с окружающей местностью, гамма-активность. Во влажных рыхлых отложениях, заполняющих глубокие трещины-провалы, объёмная



Рис. 1. Провал у западного подножия горы Высокой.

активность радона достигала 10^4 Бк/м³, что превышало этот параметр в шлаках на 2 порядка.

В 1976–1977 гг. в бортах трещин-провалов к западу от г. Высокой, в 19 км к югу от Толбачинских вулканов, на высоте ~750 м, был обнаружен захороненный лёд мощностью 2,0–2,5 м, [3] (рис. 1), наблюдавшийся затем в течение ряда последующих лет. Захороненный снег и фирн мощностью до 1,5 м на дне некоторых провалов наблюдался в августе – сентябре 2003–2005 гг. В интервале высотных отметок 1000–600 м в последние годы фиксировались в рыхлых породах концентрические просадки диаметром 0,5–1,5 м, глубиной в пределах 1 м. В течение последних 30 лет продолжается углубление каньона, образованного лавовыми потоками Второго конуса БТТИ 1975–1976 г. у его западного подножия.

Скважина глубиной 55 м, пробурённая в 1978 г. на абсолютной высоте ~1000 м, у северо-западного подножия Третьего конуса Толбачинского извержения 1975 г., прошла два прослоя почти чистого льда мощностью примерно по 2 м на глубине около 20 м, мощный прослой литифицированных лёссовидных пеплов в интервале глубин 36–42 м и не вышла из криолитозоны [1, 3] (рис. 2).

По нашим наблюдениям у северного подножия Ключевского вулкана граница криолитозоны расположена заметно (примерно на 500 м) выше, чем у южного подножия Толбачинских вулканов, что связано с климатическими и литологическими факторами.

Взаимодействие лавового потока побочного прорыва Ключевского вулкана Белянкина 1953 г. с остатками ледника Сопочного (абсолютная высота около 1200 м) вызвало фреатический взрыв, оставивший воронку глубиной ~10 м и диаметром ~20 м. По нашим оценкам для образования такой воронки было необходимо испарить ~2 м³ льда. Подобные фреатические взрывы происходили при затекании лавовых потоков Северного прорыва БТТИ на небольшие компактные скопления снежников перелетков и фирна [3].

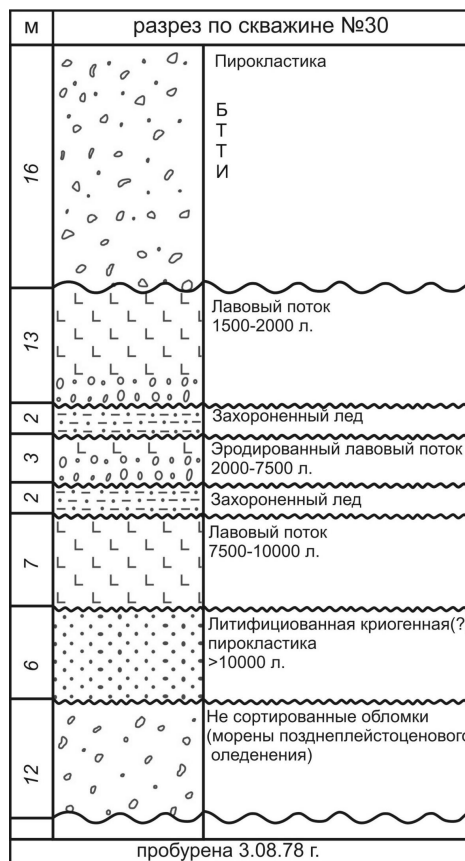


Рис. 2. Разрез скважины у третьего конуса БТТИ.



Рис. 3. Образование криолитозоны в кратере и у подножия первого конуса БТТИ.

Через два года после окончания Толбачинского извержения в кратере Первого конуса Северного прорыва и у его южного подножия в августе – сентябре зафиксировано формирование мёрзлых пород на абсолютной высоте 850–950 м, продолжающееся в течение последующих 30 лет [3] (рис. 3).

Захоронение снежников превращающихся последовательно в фирн, затем в лёд наблюдалось при извержении Карымского вулкана продолжающегося с 1996 г. по настоящее время на абсолютной высоте от 800 м и выше. Снежники, перекрытые слоем пепла мощностью, превышающей 5 см, могут сохраняться сравнительно долго [5, 10] (рис. 4а, б). Поверхностные воды, просачиваясь сквозь пепловый чехол, могут наращивать захороненные снеж-



а)



б)

Рис. 4. а) Захороненный снежник у южного подножья вулкана Карымского на высоте 800м и б) переслаивание пирокластических отложений и захороненных снежников на юго-западном склоне вулкана Карымского.

ники, превращающиеся последовательно в фирн и лёд (рис. 5). Затем прослой захороненного льда становится водупором, а вышележащие отложения превращаются в мёрзлые породы.

Кроме тонких пеплов, способных, подобно глинам, удерживать воду, этими же свойствами обладают некоторые разновидности микропористых шлаков, объёмный вес которых меньше 1 г/см^3 [2].

При взаимодействии поднимающейся эруптивной колонны ($T \gtrsim 1000^\circ \text{C}$) с криолитозоной, вероятно, значительно увеличивается эксплозивность, по крайней мере, в начале извержений. В большинстве наблюдавшихся исторических и голоценовых извержений на высоких отметках, где присутствие криолитозоны очевидно, эксплозивная составляющая была повышена. Обычно эти извержения начинались с эксплозий. (рис. 6).

Обсуждение результатов и выводы

Низкое положение криолитозоны Толбачинского дола обусловлено его межгорным положением, минимальным для Камчатки количеством осадков (Карта Камчатской области), пересеченным рельефом, литологическими особенностями грунтов, способных удерживать воду. Перечисленные особенности в сочетании с низкой среднегодовой температурой оптимальны для образования криолитозоны. Возраст захороненных прослоев льда, судя

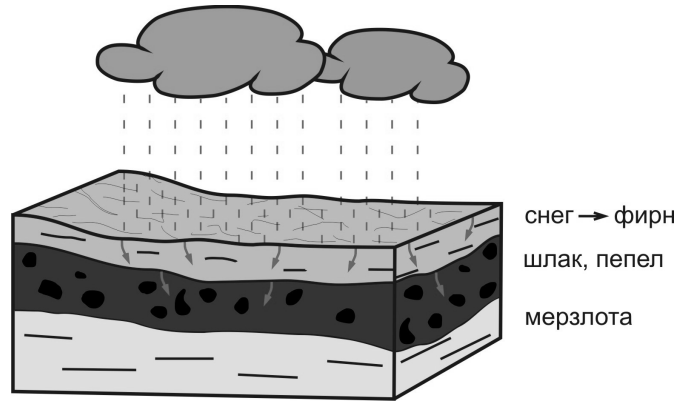
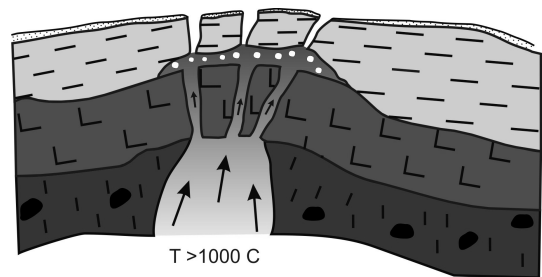
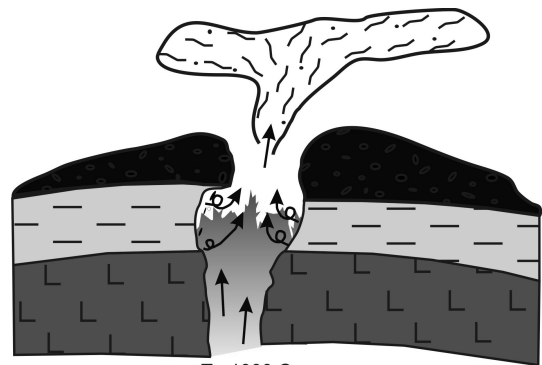


Рис. 5. Нарастание захороненных снежников под влиянием воды.



а)



б)

Рис. 6. Взаимодействие эруптивной колонны с криолитозоной.

по обилию шлако-лавовых голоценовых конусов и их отложений, не более первых тысяч лет. Тонкие пеплы, подвергшиеся последующей литификации, могли образоваться в результате криогенного выветривания [11].

Исследуемый район в последнее время (~100 лет) испытывает растяжение, что не противоречит данным предыдущих исследователей [12].

Представленный авторами материал полевых наблюдений, скорректированный с исследованиями предшественников, позволяет сделать предварительные выводы.

1. Для образования криолитозоны необходимы два главных фактора: низкая среднегодовая температура и породы, способные удерживать воду

2. Нижняя граница криолитозоны на Камчатке расположена значительно ниже снеговой и фирновой границ. Её вариации достигают нескольких сотен метров и связаны с климатическими и литологическими факторами.

3. Мощный прослой лёссовидных литифицированных пород, вскрытых скважиной у подножья Третьего конуса БТТИ, очевидно — результат криолитолиза, климатическое и литологическое проявления которого были в этом районе оптимальны в течение сравнительно долгого времени.

4. Фреатические взрывы в поверхностных и приповерхностных условиях могут возникать в изолированных камерах, если давление образующегося пара превышает прочность пород, образующих эти камеры.

5. Современные (и прошлые) извержения и сопутствующая им сейсмотектоническая деятельность, могут формировать новую, и разрушать старую криолитозону.

6. Криолитозона может значительно усиливать эксплозивный эффект извержений.

Список литературы

1. Андреев В. И. Мёрзлые толщи в районе Толбачинского извержения. Вопросы географии Камчатки Вып. 8. 1982. С. 98–99.
2. Андреев В. И., Ковалёв Г. Н. Кристаллизация базальтовых стёкол (пирокластические материалы Толбачинского извержения 1975–1976 гг.). Вулканология и сейсмология №1. 1981. С. 37–51
3. Андреев В. И., Андреев А. В., Самкова Т. Ю., и др. Влияние Большого трещинного Толбачинского извержения (БТТИ) 1975–1976 гг. на некоторые параметры окружающей среды в течение 30 лет // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2007. № 8. С. 163–176.
4. Брайтцева О. А., Мелекесцев И. В., Флёров Г. Б., Пономарева В. В., Сулержицкий Л. Д., Литасова С. Н. Голоценовый вулканизм Толбачинской региональной зоны шлаковых конусов. Сб. Большое трещинное Толбачинское извержение М. «Наука» С. 177–209.
5. Виноградов В. Н. Современное оледенение районов активного вулканизма. М. «Наука». 1975. 103 с.
6. Горная энциклопедия. М. «Советская энциклопедия» 1987. Том. 3. С. 135–137
7. Горная энциклопедия. М. «Советская энциклопедия» 1987. Том. 5. С. 128–129.
8. Кондратьев В. И. Климат Камчатки. М. Гидрометиздат. 1974. 206 с.
9. Котляков В. М., Гросвальд М. Г., Кренке А. Н. Климат Земли: прошлое, настоящее, будущее. М. «Знание». 1985. 49 с.
10. Муравьев Я. Д. Снежный покров горных районов Камчатки. Вопросы географии Камчатки. № 9. 1985. С. 30–41
11. Попов А. И., Розенбаум Г. Э., Тумель Н. В. Криолито-логия Изд. МГУ, 1985. 237 с.
12. Федотов С. А., Энман В. Б., Никитенко Ю. П., Магуськин М. А., Левин В. Е., Жаринов Н. А., Энман С. В. Геодезические исследования. Сб. Большое трещинное Толбачинское извержение Камчатка. М. «Наука» С. 472–514.