

УДК 551.324

Омуралиева А., Мамбетова Г., Мамбетсадыкова А.,
Калысова Ж., Мураталиева Ж.
Институт сейсмологии НАН КР,
г. Бишкек, Кыргызстан

ЛЕДНИКИ ЗААЛАЙСКОГО И КУНГЕЙСКОГО ПОДНЯТИЙ

Аннотация. В работе отмечено, что ледники Заалайского и Кунгейского мегаантиклинальных поднятий формировались в течение длительного времени. В ледниках по мере их движения образуются системы трещин и разрывов, которые, очевидно, сопровождаются акустической эмиссией, сейсмическими волнами и сотрясениями – ледотрясениями, с сейсмическими энергиями около $8.1 \cdot 10^5 - 1.8 \cdot 10^9$ Дж. Сложная система трещин и разрывов на ледниках, например, Кунгейского поднятия, является следствием крупных палео- и исторических землетрясений, как Чиликское (1889, $M=8.3$), Кеминское (1911, $M=8.2$). Периодическое проявление землетрясений и «ледотрясений» изменяли движения ледников.

Ключевые слова: ледник, разрывы и трещины в ледниках, ледотрясение, землетрясение, сейсмическое воздействие на ледники, динамика ледников.

ЗААЛАЙ ЖАНА КУНГӨЙ МЕГААНТИКЛИНАЛДЫК КӨТӨРҮЛҮҮЛӨРДҮН МӨҢГҮЛӨРҮ

Кыскача мазмуну. Макалада Заалай жана Кунгөй мегаантиклиналдык көтөрүлүүлөрдүн мөңгүлөрү узак убакыттын ичинде пайда болгондугу белгиленген. Мөңгүлөрдүн кыймылы менен алардын ичинде үзүлүштөр жана сыныштардын системасы пайда болгондугу айтылган. Калыбы, алар акустикалык эмиссияны, сеймикалык толкундарды жана сеймикалык энергиясы $8.1 \cdot 10^5 - 1.8 \cdot 10^9$ Дж силкилдөөлөрдү - мөңгүлүк титирөөлөрдү пайда кылат. Мөңгүлөрдөгү, мисалы Кунгөй Ала Тоодогу, үзүлүштөр жана сыныштардын татаал системасы чоң палео- жана тарыхый жер титирөөлөрдүн (Чилик, 1889, $M=8.3$, Кемин, 1911, $M=8.2$) кесепетинен келип чыккан. Мезгил-мезгили менен болгон жер титирөөлөр жана «мөңгүлүк титирөөлөр» мөңгүлөрдүн кыймыл динамикасын өзгөртүшкөн.

Негизги сөздөр: мөңгү, мөңгүлөрдөгү үзүлүштөр жана сыныштар, мөңгүлүк титирөө, жер титирөө, мөңгүлөргө болгон сеймикалык таасир, мөңгүлөрдүн динамикасы.

GLACIERS OF THE ZAALAI RANGE AND KUNGEI RANGE

Abstract. It is noted in the paper that the glaciers of the Zaalai Range and Kungei Range have been forming over a long time. Systems of ruptures and cracks form in glaciers as they move, which are obviously accompanied by acoustic emission, seismic waves and tremors — icequakes, with seismic energies of about $8.1 \cdot 10^5 - 1.8 \cdot 10^9$ J. A complex system of ruptures and cracks on glaciers, for example of the Kungei Range, is the result of major paleo- and historical earthquakes, such as the Chilik (1889, $M = 8.3$), Kemin (1911, $M = 8.2$). The periodic manifestation of earthquakes and icequakes changed the dynamics of glaciers movements.

Keywords: glacier, ruptures and cracks in glaciers, icequake, earthquake, seismic impact on glaciers, dynamics of glaciers.

Введение

Цель работы – изучение динамики ледников Заалайского (пик Манаса) и Кунгейского хребтов, возможности процесса ледотрясений и вероятности воздействия землетрясений на Тянь-Шане. Методика работы заключалась в оценки повторяемости землетрясений с различными пиковыми ускорениями и магнитудами в пределах активных разломов и картировании разрывов (трещин) ледников по данным космических снимков.

Заалайское устойчивое поднятие формируется на сочленении областей горообразования Памира (с юга) и Тянь-Шаня (на севере). А на сопряжении Тянь-Шаня и Казахского щита формируются Заилийское и Кунгейское устойчивые поднятия. Моренные отложения четвертичного времени, имеющиеся в этих поднятиях, позволяют сказать, что ледники здесь формировались на протяжении долгого времени. Следует отметить, что в зонах сочленения рассматриваемых хребтов проявляется основная часть землетрясений Тянь-Шаньского региона, в том числе и катастрофических сейсмособытий. Имеются следы крупных палео- и исторических землетрясений: сдвиги по разломам, оползни в массивах горных пород, сейсморвы. Однако, сейсмические воздействия на ледники пока мало изучены, хотя они по физическим характеристикам являются более чувствительными к землетрясениям, чем горные массивы в идентичных условиях.

Ледники Кунгейского хребта

В качестве примера рассмотрим ледники центральной части Кунгейского хребта. Кунгейское устойчивое поднятие (до 4500 м) формируется на сочленении Тянь-Шаня и Казахского щита и обрамлено Кемино-Чиликской (с севера) и Иссык-Кульской (с юга) впадинами [1]. Общая площадь ледников Кунгейского хребта составляет около 400 км², наиболее крупными являются Аксуйский, Сютбулакский, Чон-Аксуйский и Чоктальский. В данном регионе произошли такие катастрофические землетрясения, как Чиликское (1889 г., Mw=8.3, K=18.5, I=10 баллов) и Кеминское (1911 г., Mw=7.0, K=17.8, I=10-11 баллов). Пиковое ускорение этих землетрясений превышало 981 см/с². Соответственно, сила воздействия данных сейсмособытий на ледники превышала 981 дин. Повторяемость землетрясений (например, с 1960 г.) по закону Гутенберга-Рихтера выражается формулой:

$$\lg N = -0.40182 \lg E + 4.2957, R^2 = 0.96,$$

где N – средняя годовая частота, E - сейсмическая энергия (Дж), R²- достоверность аппроксимации. Время повторения землетрясений разной силы и соответствующих пиковых ускорений приведено в таблице 1. При этом землетрясение с пиковым ускорением, например, около 215 см/с² повторяется через полгода, а землетрясение с пиковым ускорением порядка 297 см/с² - через 8.4 года. Катастрофические землетрясения с пиковыми ускорениями более 981 см/с², вероятно, могут повториться через 865 и более лет. Соответственно, ледники периодически испытывают сейсмические воздействия различной силы.

Таблица 1. Вероятное время повторения пикового ускорения землетрясений с энергетическим классом $K \geq 8.0$ в пределах Кунгейского хребта, воздействующие на ледники поднятия.

Энергетический класс землетрясения, $K = \lg E$, Дж	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Пиковое ускорение (осреднённое), $\text{см}/\text{с}^2$	173	193	215	239	267	297	331	369	412	459	511
Время повторения, год	0.1	0.2	0.5	1.3	3.4	8.4	21.3	53.9	135	242	865

В ледниках поэтапно развиты системы краевых, продольных и поперечных разрывов (рисунок 1), образование которых, вероятно, есть следствие сильных палео- и исторических землетрясений, как Чиликское и Кеминское. Образования этих разрывов, достигающих 200-800 м, очевидно, сопровождалось «ледотрясениями» с сейсмическими энергиями около $2.6 \cdot 10^6$ - $7.8 \cdot 10^8$ Дж и пиковыми ускорениями до 143-187 $\text{см}/\text{с}^2$. Периодические проявления землетрясений и ледотрясений могли изменять движения ледников и вызывать своеобразные пульсации.



Рисунок 1. Сложная система разрывов в леднике на северном склоне Восточно-Кунгейского поднятия севернее высоты Ишенбулак (4647 м), которая, вероятно, образовалась вследствие сильных палео- и исторических землетрясений, как Чиликское (1889 г., $M=8.3$) и Кеминское (1911 г., $M=8.2$).

Ледники Заалайского хребта

В качестве примера рассмотрим ледники центральной части Заалайского хребта. Площадь ледников Заалайского хребта составляет около 1329 км^2 и большая часть их находится в его центральной, наиболее высоко поднятой (до 7200 м) части, где

формировались крупные ледники, как Манас (Ленина), Большая Саукдара, Корженевского и др. Имеющиеся четвертичные ледниковые отложения [2] в верховьях долин рек позволяют отметить, что ледники формировались в течение длительного времени. Активизация образования ледников происходила в голоцене. По ходу процесса горообразования и проявления землетрясений происходили изменения в динамике формирования ледников.

Заалайское поднятие расположено в зоне сочленения областей горообразования Памира (с юга) и Тянь-Шаня (с севера) [3]. Данный регион является одним из сейсмоактивных регионов Центральной Азии. Здесь широко развиты следы сильных доисторических (около более 8000 лет) землетрясений [4]. Современные сейсмособытия разного класса здесь случаются регулярно, а значить их воздействия на ледники происходит регулярно. Например, величины пиковых ускорений в пределах вершины Манас (Ленина) сильных землетрясений, как Маркансу (1974 г., магнитуда $M_w=7.0$, $\varphi =39.4^\circ$ $\lambda=72.6^\circ$), Дараут-Курган (1978 г., $M_w=6.9$, $\varphi =39.4^\circ$ $\lambda=72.6^\circ$) и Нура (2008 г., $M_w=6.7$, $\varphi =39.6^\circ$ $\lambda=73.6^\circ$) составляли более 200 м/с². При этом сейсмические воздействия на ледники (с юго-востока, северо-запада и северо-востока, соответственно) составляли ≥ 200 дин. Следует напомнить, что снежно-ледниковый обвал, унёсший жизнь 43 человека в 1990 г., произошёл вследствие землетрясения ($M_w=5.5$, $\varphi =38.7^\circ$ $\lambda=74.3^\circ$) в горах Памира.

Повторяемость землетрясений данного региона по закону Гутенберга-Рихтера выражается формулой:

$$\lg N = -0.4662 \lg E + 6.1034, R^2 = 0.99,$$

где N – средняя годовая частота, E – сейсмическая энергия (Дж), R^2 – достоверность аппроксимации. Время повторения землетрясений разной силы и соответствующих пиковых ускорений приведено в таблице 2. При этом землетрясение с пиковым ускорением, например, около 215 см/с² повторяется через 15-16 дней, а землетрясение с пиковым ускорением порядка 297 см/с² – почти через год и т.д. Соответственно, ледники периодически испытывают сейсмические воздействия. Следует отметить, что при сильных землетрясениях под ледниками в водонасыщенных грунтах могут происходить процесс разжижения, что способствует повышению скорости движения части ледника. В ледниках широко развиты своеобразные системы разломов (разрывы) и трещин (рисунки 2, 3, 4).

Таблица 2. Вероятное время повторение пикового ускорения землетрясений с энергетическим классом $K \geq 8.0$ в пределах Заалайского хребта, воздействующие на ледники поднятия

Энергетический класс землетрясения, $K = \lg E$ Дж	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Пиковое ускорение (среднённое), см/с ²	173	193	215	239	267	297	331	369	412	459
Время повторения землетрясения, год	0.004	0.012	0.04	0.13	0.3	0.9	2.6	7.7	22	66



Рисунок 2. Система разрывов ледника Большой Саукдара (южнее пика Манас).

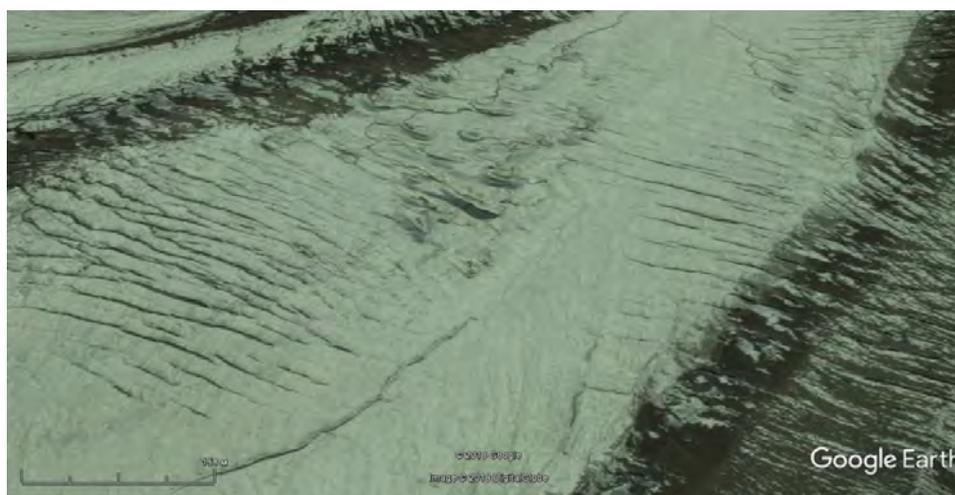


Рисунок 3. Система разрывов ледника Ленина (севернее пика Манас).

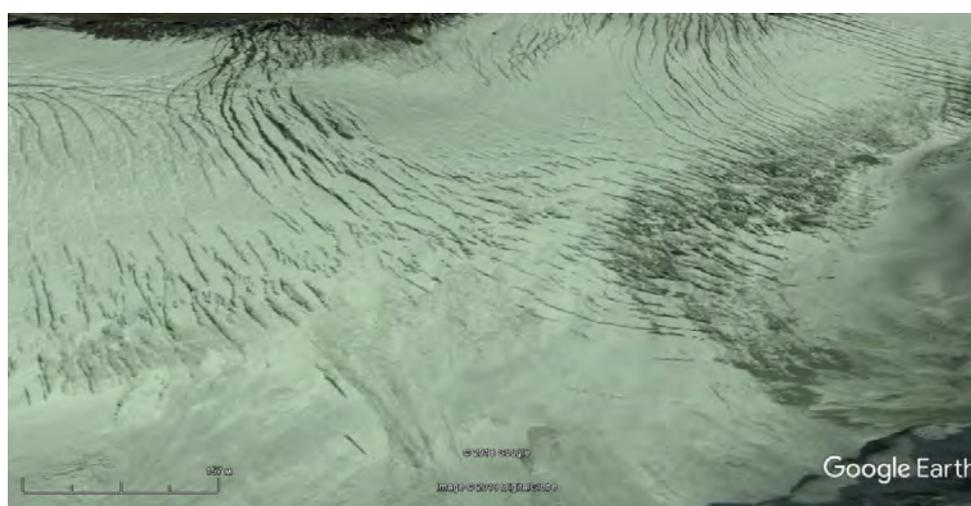


Рисунок 4. Система разрывов ледника Корженевского (северо-восточнее пика Манас).

Выделяются краевые, продольные и поперечные разрывы и трещины. Длина разрывов ледников изменяется в пределах от 150 м до 900 м. Образование каждого разрыва ледника, очевидно, сопровождалось излучением сейсмических волн и ледотрясением. Сейсмическая энергия ледотрясения составляет около $8.1 \cdot 10^5 - 1.8 \cdot 10^9$ Дж, колебания имеют пиковые ускорения в порядке 135-191 см/с².

Южнее пика Манас (Ленина) находится крупный ледниковый оползень, который передвигался с северного склона Заалайского хребта до правого борта реки Кызылсуу - на расстояние около 25 км (рисунок 5). Образование данного оползня, предположительно, связано с крупным палеоземлетрясением, которое произошло в верхнечетвертичное время.



Рисунок 5. Головная часть ледникового оползня в Алайской впадине, который сошёл с северного склона пика Манас (Ленина) вследствие проявления сильного палеоземлетрясения в верхнечетвертичное время. Белой линией оконтурены следы ледникового оползня.

Заключение

- На протяжении длительного времени (с конца плиоцена) на Кунгейском и Заалайском хребтах формировались многочисленные ледники, которые временами подвергались сотрясениям.
- В ледниках по мере их сотрясений образовывались системы трещин и разрывов, которые, очевидно, сопровождалось акустической эмиссией, сейсмическими волнами и ледотрясениями с сейсмическими энергиями около $8.1 \cdot 10^5 - 1.8 \cdot 10^9$ Дж.
- Сложная система трещин и разрывов на ледниках, например, Кунгейского поднятия, является следствием крупных палео- и исторических землетрясений, как Чиликское (1889, $M=8.3$), Кеминское (1911, $M=8.2$).

— Периодическое проявление землетрясений, ледотрясений и снежно–ледовых обвалов изменяли движения и размеры ледников.

Литература

1. Омуралиева А. - Динамика сейсмических процессов на сочленении области горообразования Тянь-Шаня и Казахского щита. // Вестник Института сейсмологии НАН КР, №2(10), 2017, С. 89-109.
2. Чедия О. К. - Юг Средней Азии в новейшую эпоху горообразования. Фрунзе: Илим, 1972, - 226 с.
3. Омуралиева А., Омуралиев М. - Динамика сейсмических процессов на сопряжении областей горообразования Памира и Тянь-Шаня: Заалайского поднятия и Алайской впадины // Вестник института сейсмологии НАН КР, №1, 2018, 57-78 с.
4. Никонов А.А., Ваков А.В., Веселов И.А.- Сейсмоструктура и землетрясения зоны сближения Памира и Тянь-Шаня. М.: Наука, 1983, 240 с.

Рецензент: к.г.-м.н., ВНС А. Б. Джумабаева