

УДК 550.34:504.53.06

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЗАПИСЕЙ ОПОЛЗНЕЙ НА СЕЙСМОГРАММАХ

¹Соколова И.Н., ²Шепелев О.М.¹Институт геофизических исследований НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан²Научно-производственный комплекс «Прогноз» ГУ «Казселзащита» МЧС РК, Алматы, Казахстан

По записям сейсмической станции Талгар, расположенной в Северном Тянь-Шане, выявлены однозначные критерии для идентификации на сейсмограммах оползневых явлений, происходящих в предгорьях Заилийского Алатау. Рассмотрены динамические характеристики сейсмических записей оползней. Исследованы факторы, обусловившие резкое увеличение числа оползней весной 2004 г

Экзогенные геологические процессы, в том числе, оползни (рисунок 1), отражают развитие приповерхностной части литосферы, обусловленное как тектоническими процессами, геологическими, геоморфологическими, гидрогеологическими условиями, так и воздействием комплекса антропогенных факторов. Проявления оползневых процессов наносят значительный ущерб экономике, приводят к разрушениям на большой территории и человеческим жертвам. Так, в результате схода оползня в ущелье Талды-Булак 13 марта 2004 г. погибло 29 человек. В последние годы в предгорьях Заилийского Алатау оползневые процессы заметно активизировались [1]. Поэтому изучение факторов, определяющих формирование и развитие оползней, а также исследование сейсмического эффекта этих явлений представляет большой интерес.



Стрелками показаны трещины, обычно являющиеся предвестниками схода оползня

Рисунок 1. Оползни 8 мая (левый след) и 9 мая 2004 (правый след) [1]

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОПОЛЗНЕЙ В РАЙОНЕ ЗАИЛИЙСКОГО АЛАТАУ

В предгорьях Заилийского Алатау оползневые явления регистрируются повсеместно с различной периодичностью активизации. В период с 1997 г. до 2004 г. самое большое количество оползней наблюдалось в бассейнах рек Малая Алматинка, Талгар, Каскелен и Иссык. На рисунке 2 приведена сейсмическая запись оползня 13.03.2004 г, который повлек за собой человеческие жертвы. На рисунке 3 дано распределение по годам ежемесячного количества оползней за период с 1997 г. по 2004 г. В 2000-2001 г. сведения о сошедших оползнях отсутствуют (возможно, из-за небольшого количества и незначительности они остались вне сферы наблюдений [1]). Как видно из рисунка 3, максимальное количество оползней наблюдалось в мае 2004 г.

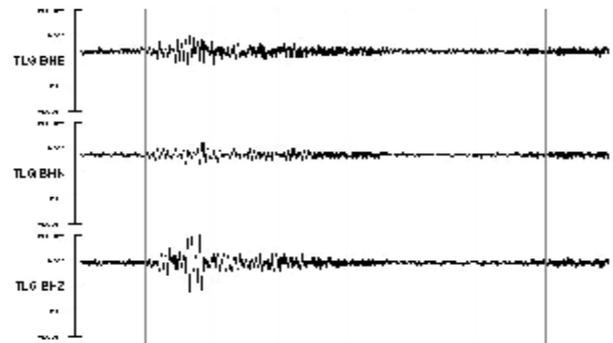
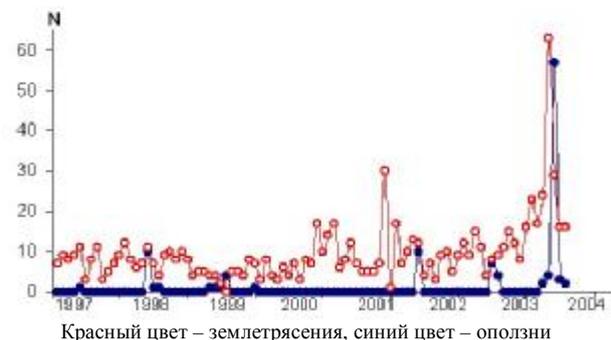


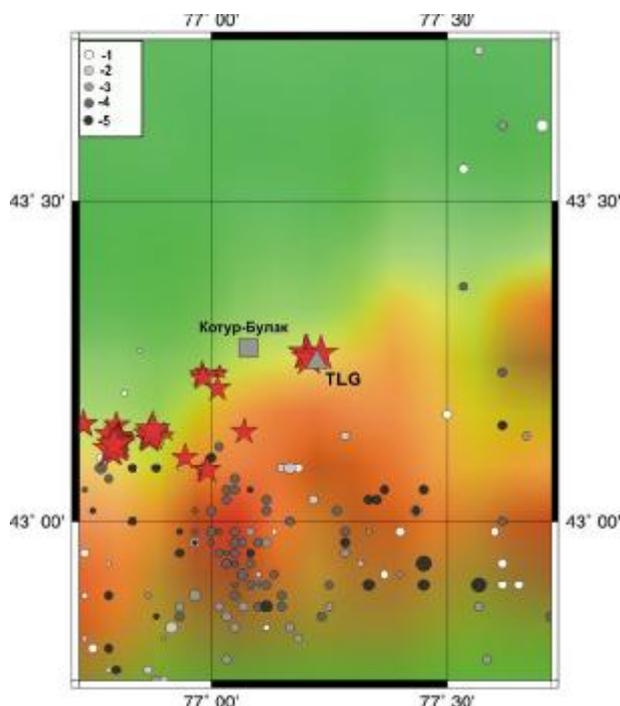
Рисунок 2. Сейсмическая запись оползня 13.03.2004 19:22 (GMT), $j = 43.2894^\circ$, $l = 77.1611^\circ$. Станция TLG



Красный цвет – землетрясения, синий цвет – оползни

Рисунок 3. Количество землетрясений и оползней в период с 1997 г. по 2004 г в изучаемом районе

Известно [1], что сейсмогенные напряжения земной коры, сеймотектонические деформации подготавливают и вызывают смещение горных масс, нарушая их устойчивость. На рисунке 3 одновременно с количеством оползней показан временной ход количества землетрясений в районе, ограниченном координатами 42.75°-43.75° с.ш. 76.72°-77.72° в.д. Видно, что в апреле-мае 2004 г. имел место резкий рост количества регистрируемых слабых землетрясений. Следует отметить, что увеличение количества землетрясений в первой половине 2004 г. произошло не только в рассматриваемом районе, но и на территории всего Северного Тянь-Шаня. Площадное распределение оползней и землетрясений за январь-май 2004 г. показано на рисунке 4.



Звездочки – места схода оползней. Кружки – эпицентры землетрясений, произошедших за: 1 - январь; 2 - февраль; 3 - март; 4 - апрель; 5 – май 2005 г. Треугольник – сейсмическая станция Талгар. Квадрат – карьер Котур-Булак. Размеры значков пропорциональны энергии события.

Рисунок 4. Карта исследуемого района

Места возникновения некоторых оползней совпадают с эпицентрами землетрясений (в пределах расстояний до 400 м). Диапазон магнитуд зарегистрированных землетрясений m_{pva} - 1.4~4.2.

АНАЛИЗ ЗАПИСЕЙ ОПОЛЗНЕЙ, ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ СЕЙСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИЕЙ ТАЛГАР

Сейсмическая станция Талгар (рисунок 4) начала регистрацию сейсмических событий с 1961 г. В 1994 г. здесь вместо аналоговой аппаратуры была установлена трёхкомпонентная цифровая станция. Анализ сейсмограмм, полученных на станции, проведен с целью создания методик идентификации событий различной природы и внедрения в практику мониторинга опасных природных явлений. В этой связи отобраны сейсмические записи событий, которые были проассоциированы с оползнями, произошедшими на небольших расстояниях от станции Талгар. Для цифровых записей проведена узкополосная частотная фильтрация. Использовались фильтры с центральными частотами 0.6, 1.25, 2.5, 5.0 Гц и шириной 2/3 октавы по уровню -3 дБ от максимума, аналогичные соответствующим ЧИСС – фильтрам [2]. Были исследованы также динамические характеристики сейсмограмм серии оползней, основные параметры которых представлены в таблице 1.

18 мая 1998 г. в бассейне реки Талгар на расстоянии около 100 м от сейсмической станции по азимуту 81.4° произошел оползень (п. 1 таблицы 1) с ориентировочным объемом сместившейся массы 1.3-1.5 тыс. м³ [1]. На рисунке 5 приведены сейсмические записи этого оползня на 4-х частотах, полученные станцией Талгар (вертикальная компонента), с использованием ЧИСС-фильтров [2]. Обращает на себя внимание необычность формы записи - быстрое затухание амплитуды, широкая полоса частот. На рисунке 6 приведен характер поляризации сейсмических волн: а - в течение первых пяти секунд записи; б - цуга, соответствующего максимуму амплитуды (5с) для фильтра 0.6 Гц. Как видно из рисунка, поляризация сейсмического сигнала коррелируется с направлением схода оползня.

Таблица 1. Основные параметры оползней, зарегистрированных станцией Талгар

N	Дата	Время GMT	Объем V, м ³	Широта	Долгота	Высота, h, м	Расстояние, км	Азимут	Амплитуда, нм, фильтр 0.6 Гц	Длительность записи, с	t _{max} фильтр 0.6 Гц
1	18.05.1998	22:02	1300	43.2486	77.2228	1200	0.1	81.4	258.3	65.9	28.8
2	13.03.2004	19:19	300000	43.2894	77.1611	1075	6.8	131.6	56.7	90	20.8
3	13.03.2004	19:22	700000	43.2894	77.1611	1075	6.8	131.6	107.3	74	13.1
4	08.05.2004	21:54	2200	43.255	77.2069	1540	1.5	117.2	224.5	84.5	17.4
5	09.05.2004	4:59	800	43.2625	77.2319	1500	1.7	203.6	55.8	73.6	22.8
6	24.05.2004	6:25	1200	43.2639	77.2	1520	2.6	131.3	26.5	51.5	8.3
7	25.05.2004	0:30	2800	43.2633	77.2033	1525	2.3	134.4	64.2	40	9.8
8	25.05.2004	3:35	2800	43.2633	77.2033	1525	2.3	134.4	83.9	59	20.2

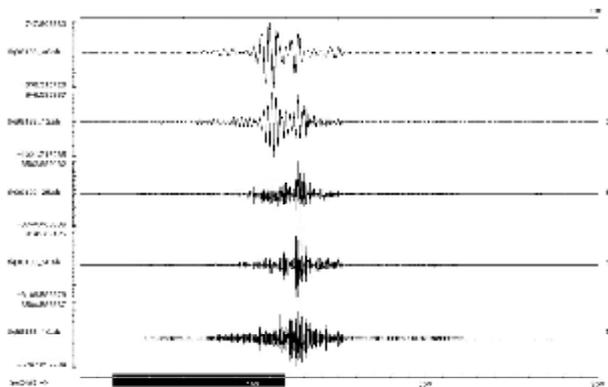
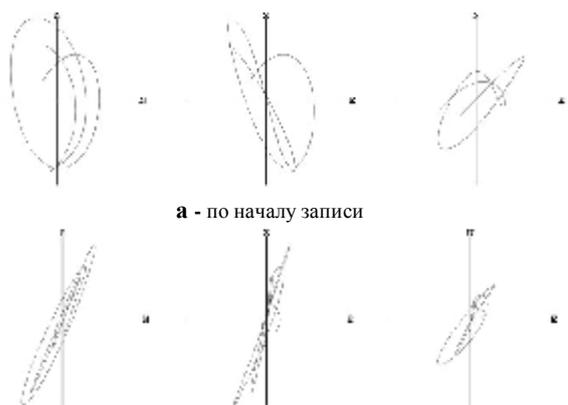


Рисунок 5. Записи оползня 18.05.1998, полученные станцией Талгар. Вертикальная компонента. Каналы (сверху вниз): 0.6, 1.25, 2.5, 5 Г, 10 Гц.



б - по кругу с максимальными амплитудами Канал 0.6 Гц

Рисунок 6. Характер поляризации сигнала по записям оползня 18.05.1998, полученным станцией Талгар

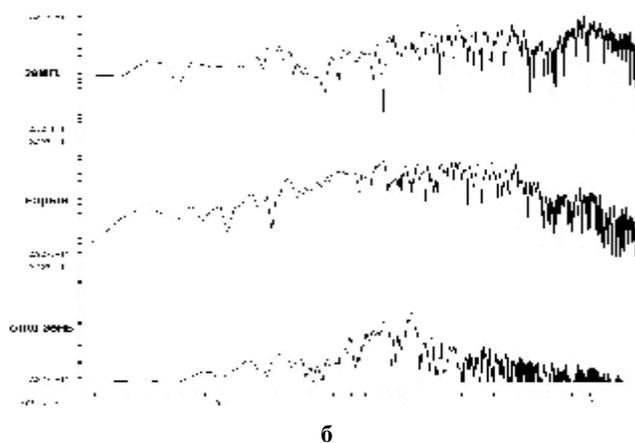
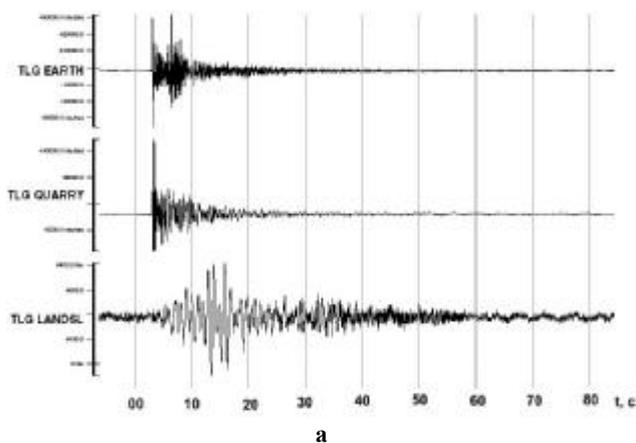


Рисунок 7. Сравнение сейсмических записей (а) и спектров (б) событий разной природы: верхняя - землетрясение 20 июня 1997г. ($t_0=20:07:05.6$, $j=43.1^\circ$, $I=77.1^\circ$); средняя - карьерный взрыв 23 июля 1997 г. ($t_0=4:56:51.0$); нижняя - оползень 13 марта 2004 г. ($t_0=19:22$). Z-компонента. Станция Талгар

На рисунке 7а сравниваются сейсмические записи событий разной природы, произошедшие примерно на одинаковом эпицентральной расстоянии относительно станции Талгар. Верхняя сейсмограмма – землетрясение 20 июня 1997 г., средняя сейсмограмма - химический взрыв 23 июля 1997 г., произведенный на карьере Котур-Булак (рисунок 4), нижняя сейсмограмма – оползень 13 марта 2004 г. Сравнительные характеристики этих сейсмических записей - период максимальной амплитуды, время нарастания амплитуды, - приведены в таблице 2.

Таблица 2. Сравнительные характеристики сейсмических записей различных типов источников. Станция TLG. Z-компонента

Тип источника	Период максимальной амплитуды, сек	Время нарастания максимума, сек
Оползень	0.5	10.9
Карьерный взрыв	0.075	0.4
Землетрясение	0.075	4

В отличие от записей взрыва и землетрясения, где максимум амплитуды достигается на первых секундах события, запись оползня не имеет четкого первого вступления, характеризуется медленным нарастанием амплитуды и является самой низкочастотной.

На рисунке 7б приведены спектры сейсмических колебаний вертикальной компоненты сейсмического сигнала для тех же трех событий.

Спектр оползня существенным образом отличается от двух других. Он имеет 2 локальных максимума в районе 0.6-0.8 Гц и 1 Гц. Сейсмические записи взрывов и землетрясений являются гораздо более высокочастотными.

На рисунке 8 представлена зависимость отношения амплитуды смещения грунта (A) по сейсмическим записям, полученным станцией Талгар (фильтр 0.6 Гц), к объёму сошедшей оползневой массы (V) в зависимости от расстояния до оползней, включенных в таблицу 1. Как следует из рисунка 8, наблюдается ярко выраженная линейная зависимость параметра A/V от расстояния. Уравнение линейной регрессии, полученное для использованных исходных данных, имеет вид:

$$\lg(A/V) = -0.44042 - 0.48498 \Delta, R = -0.99465,$$

где A - амплитуда смещения грунта (нм), V - объём оползневой массы (м³), Δ - расстояние в км, R - коэффициент корреляции.

Полученный результат позволяет сделать важный практический вывод: существует принципиальная возможность быстрой оценки объема массы сошедшего оползня на основании анализа динамических характеристик сейсмограмм.

В целом анализ записей оползней на сейсмограммах показывает наличие однозначных критериев идентификации оползней, таких как отличие

спектра, времени нарастания максимума, периода максимальной амплитуды, а также длительности записи. Это открывает перспективы для создания аппаратурных систем мониторинга и предупреждения оползневых явлений с использованием записи обычных высокочувствительных сейсмостанций.

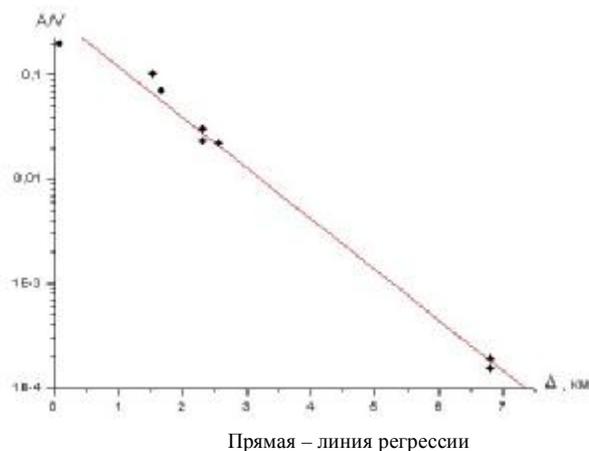


Рисунок 8. Зависимость параметра A/V от расстояния

ЛИТЕРАТУРА

1. Хайдаров М.С. и др. Методы и перспективы мониторинга оползневых явлений//Отчет ГУ «Казселезащита», - Алматы. - 2004.
2. Запольский К.К. Частотно-избирательные сейсмические станции ЧИСС//Экспериментальная сейсмология. - М.: Наука, 1971. - С. 20 - 36.

КӨШКІНДЕРДІҢ СЕЙСМИКАЛЫҚ ЖАЗБАЛАРЫН СӘЙКЕСТЕНДІРУ

¹Соколова И.Н., ²Шепелев О.М.

¹ҚР ҰЯО Геофизикалық зерттеулер институты, Қазқстан, Курчатов

²ҚР ТЖМ «Казселқорғау» ББ «Прогноз» ФӨК, Алматы, Қазақстан

Солтүстік Тянь-Шаньда орналасқан Талғар сейсмикалық станциясының жазбалры бойынша Алатау тауалдында өтетін көшкін құбылыстарын сәйкестендіру үшін бірімәнді критерийлер анықталған. Көшкіндердің сейсмикалық жазбаларының динамикалық сипаттамалары қаралған. 2004 ж. көктемде көшкіндер саны шұғыл өсуін шарттаған факторлер зерттелген.

IDENTIFICATION OF LANDSLIDE SEISMIC RECORDS

¹I.N. Sokolova, ²O.M. Shepelev

¹Institute of Geophysical Research NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

²Scientific Forecasting Center, Head Management "Kazselezaschita" Emergency Agency of RK, Almaty, Kazakhstan

Criteria for identification of landslides occurred in foothills of Zailiy Alatau were found using records of Talgar seismic station located in Northern Tien Shan. Dynamical characteristics of landslide seismic records were considered. Factors induced sharp increase of landslide numbers in spring of 2004 were studied.