

## МОНИТОРИНГ

УДК 550.34; 531/534; 627.8

### МОНИТОРИНГ – СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА ТОКТОГУЛЬСКОЙ ГЭС

*В.И. Довгань*

### МОНИТОРИНГ – ТОКТОГУЛ ГЭСИНДЕГИ СЕЙСМОМЕТРИКАЛЫК БАЙКООЛОР

### SEISMOMETRIC SUPERVISIONS ON TOKTOGUL HYDROELECTRIC POWER STATION

*V.I. Dovgan*

За период с января по октябрь 2018 года на плотине было зарегистрировано 19 землетрясений (таблица 1). Эпицентры девяти из них находились за пределами республики, остальные – в непосредственной близости от плотины (рисунки 1, 2).

Все землетрясения на плотине имели колебания малой интенсивности и не вызвали разрушений, но есть некоторые особенности этих событий, на которых хотелось бы остановиться. Землетрясение 11 июля 2018 г., произошедшее в 21<sup>h</sup>33<sup>m</sup>51<sup>s</sup> по

Таблица 1 – Каталог землетрясений

№ п/п	Дата, время	Широта	Долгота	Класс, <i>Kp</i>	Расстояние от плотины, км	Балл по шкале MSK-64 в опорной точке	Максимальный балл по шкале MSK-64 в теле плотины
1	31.01.2018 13:08:00.000	36.39	71.35	14.1	275	2.55	3.06
2	14.02.2018 20:21:59.000	41.7	72.686	10	7	0.45	1.73
3	25.03.2018 04:18:03.000	36.99	71.04	13.4	540	0.74	1.78
4	31.03.2018 00:46:21.000	37.34	71.65	12.2	492	0.38	0.83
5	03.04.2018 14:14:47.000	40.18	74.52	12.3	258	1.0	1.65
6	10.04.2018 23:12:18.000	41.70	73.04	8.7	35	0.4	1.25
7	17.04.2018 12:33:00.000	41.66	72.13	9.3	45	0.37	1.60
8	04.05.2018 19:19:05.000	41.74	72.713	7.1	14.6	0.06	0.16
9	06.05.2018 09:18:36.000	39.4	73.48	11.9	258	0.34	0.45
10	09.05.2018 16:41:43.000	37.97	72.14	14.5	482	1.02	2.63
11	10.05.2018 20:10:50.000	38.59	70.37	13	655	0.25	0.61
12	11.07.2018 21:33:51.000	41.65	72.98	10	3	2.43	3.77
13	13.07.2018 01:47:10.000	39.31	72.39	11.2	263	0.33	0.78
14	18.07.2018 00:04:48.000	41.54	72.42	7.6	22	0.11	0.63
15	18.07.2018 02:23:37.000	41.65	72.43	6.47	18	0.25	0.8
16	18.07.2018 03:03:36.000	41.66	72.49	8.2	13	0.45	1.2
17	02.08.2018 15:13:26.000	41.58	72.79	9.7	15	2.41	4.8
18	07.08.2018 23:16:11.000	41.55	72.90	11.4	26	2.07	2.9
19	10.08.2018 13:17:49.000	41.66	72.58	7.6	5	0.32	0.47

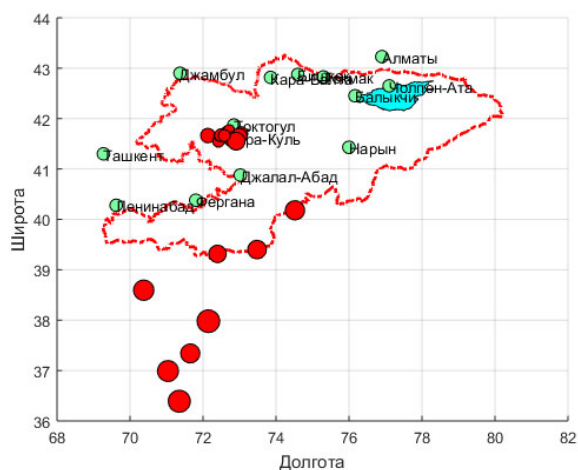


Рисунок 1 – Эпицентры землетрясений, зарегистрированных на плотине за первое и второе полугодие 2018 г.

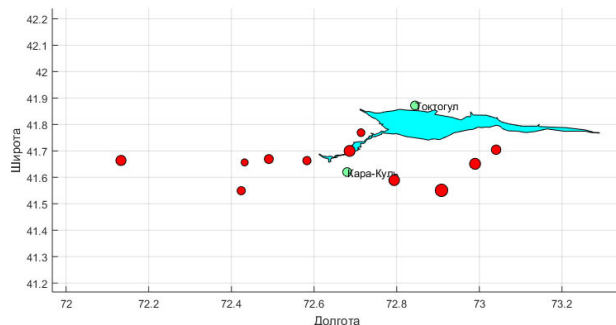


Рисунок 2 – Карта эпицентров землетрясений в районе Токтогульской ГЭС

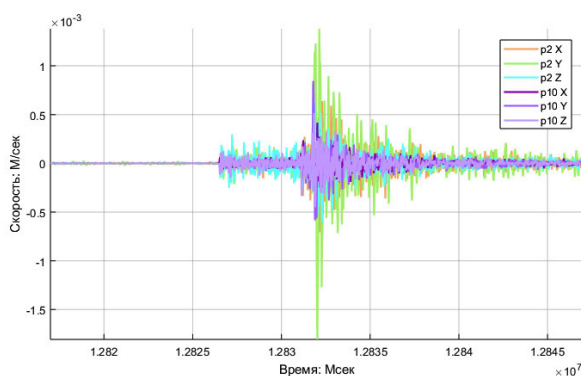


Рисунок 3 – Запись землетрясения в 10-й и 2-й точках

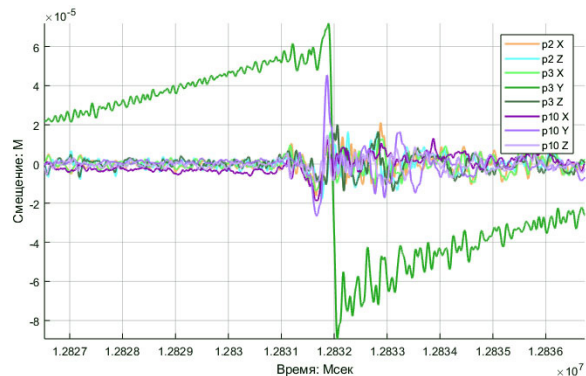


Рисунок 4 – Смещение 3-й точки. Сброс напряжений между 2 и 3 точками по Y (по течению)

Таблица 2 – Относительные смещения по шву

Относительное смещение по шву (мм).			
	X	Y	Z
Точки 1 и 2: Макс.	0.01114	0.035551	0.010801
Точки 1 и 2: Мин.	-0.01272	-0.04364	-0.01208
Точки 1 и 2: Сумм.	0.023856	0.079189	0.022877
Точки 2 и 3: Макс.	0.017003	0.133399	0.015566
Точки 2 и 3: Мин.	-0.02985	-0.1057	-0.02572
Точки 2 и 3: Сумм.	0.046849	0.239104	0.041285
Точки 5 и 6: Макс.	0.008631	0.016834	0.008408
Точки 5 и 6: Мин.	-0.01132	-0.02876	-0.00913
Точки 5 и 6: Сумм.	0.019949	0.045597	0.017534
Точки 6 и 7: Макс.	0.006217	0.016473	0.006665
Точки 6 и 7: Мин.	-0.00657	-0.01589	-0.00975
Точки 6 и 7: Сумм.	0.012788	0.032366	0.01642

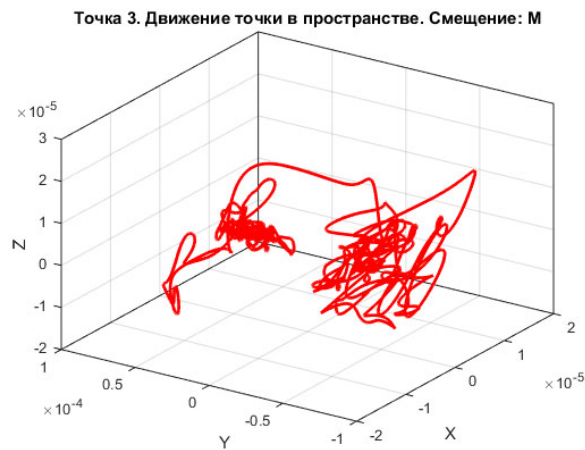


Рисунок 5 – Движение третьей точки в пространстве при сбросе напряжений

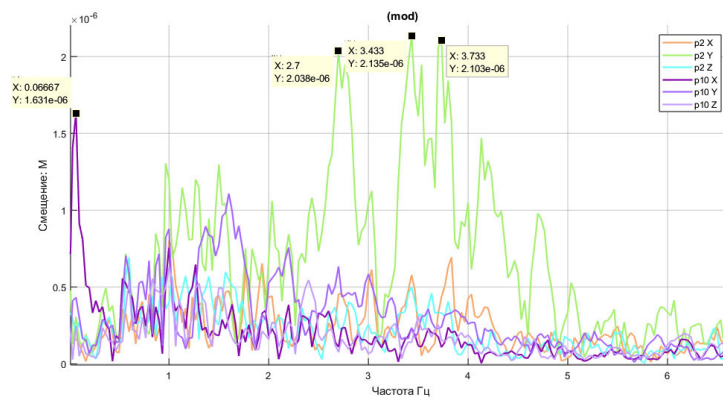


Рисунок 6 – Спектры по записям землетрясения в верхней – 2-й и опорной – 10-й точках наблюдений по трём компонентам

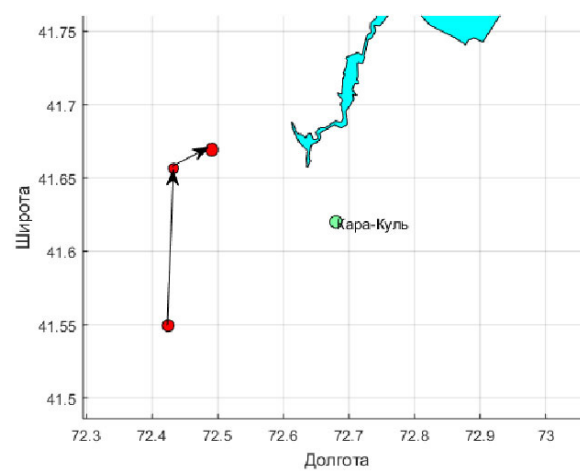


Рисунок 7 – Карта движения эпицентров землетрясения

местному времени в 3-х километрах от гидроузла, вызвало сброс накопившегося напряжения в теле плотины. По данным Института сейсмологии НАН КР интенсивность колебаний в эпицентре составила 3.5 балла, энергетический класс землетрясения  $K_p = 10$ . На плотине землетрясение отозвалось с максимальной интенсивностью 3.8 балла и спектральной магнитудой  $M_d = 4$ .

Землетрясение вызвало сброс накопившихся напряжений между 2 и 3 точками по течению реки (рисунок 4).

На рисунке 5 показано движение третьей точки в пространстве при сбросе напряжений, в таблице 2 – относительные смещения по шву между парами соседних точек. Максимальное суммарное смещение составило 0.24 мм.

Спектральный состав колебаний при этом землетрясении оказался более низкочастотным (полоса 5 Гц), чем следовало ожидать от местного несильного толчка. Если не учитывать сброс напряжений в 3-й точке, то плотина прореагировала

на землетрясение на своих собственных частотах с усилением в 4–5 раз (рисунок 6).

Низкочастотные колебания при этом землетрясении не были опасными для плотины.

18 июля 2018 года в 00<sup>h</sup>04<sup>m</sup>53<sup>s</sup>, 02<sup>h</sup>24<sup>m</sup>15<sup>s</sup> и 03<sup>h</sup>04<sup>m</sup>20<sup>s</sup> была зарегистрирована серия из трёх землетрясений малой интенсивности. Все они произошли вблизи плотины и связаны с одним и тем же процессом, происходящим в недрах Земли.

На рисунке 7 показан процесс развития очагов землетрясений в этот день: очаги землетрясений на карте перемещались снизу вверх. Это говорит о том, что с юга на север существует давление, вызывающее движение горных пород в этом направлении и приводящее к землетрясениям. Это давление находится в районе Токтогульского гидроузла и ведет к росту напряжений.

В заключение следует отметить увеличение сейсмичности и рост напряжённости вблизи плотины.