

УДК 550.34

DOI: 10.23671/VNC.2013.2.55546

ОПЫТ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИНЖЕНЕРНО- СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ АРМЕНИИ

© 2013 С. М. Оганесян¹, член-корр. НАН РА, д.ф.-м.н. профессор,
С. С. Карапетян¹, к.г.-м.н., Э. Г. Геодакян¹, к.ф.-м.н., Дж. К. Карапетян¹,
к.г.-м.н., Ж. М. Аукажиева², к.т.н., А. С. Гаспарян¹, Г. А. Мкртчян¹, н.с.

¹Институт геофизики и инженерной сейсмологии им. А. Назарова НАН РА, Республика Армения, 3115 г. Гюмри, ул. В. Саргсяна, 5, e-mail: iges@mail.ru.

²Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Казахстан, 010000, г. Астана, пр. Победы, 62, e-mail: agun.katu@gmail.com.

В работе приводятся результаты мониторинга системы инженерно-сейсмологического наблюдения, разработанных ИГИС НАН РА, для грунтовых плотин.

Ключевые слова: система мониторинга, сейсмологическая обсерватория, плотина, водохранилище, строительные нормы.

Для богатой водными ресурсами территории Армении, создание сети водохранилищ и на их основе широкоразветвленных ирригационных систем орошения, является важной народнохозяйственной задачей.

К настоящему времени на территории республики сосредоточено более 70 водохранилищ с общим объемом 1,4 млрд.м³, и планируются построение еще 13 водохранилищ, с общим объемом порядка 800 млн.м³. Более 75% вышеуказанного объема воды сконцентрировано в 22 водохранилищах, которые по своим техническим характеристикам, классу гидротехнического сооружения (плотин) считаются основными и отнесены к особо ответственным гидротехническим сооружениям (таблица 1, рис. 1).

Таблица 1.

	Название водохранилищ	Высота плотины (м)	Объем (млн.м ³)	Класс гидротехнического сооружения (плотины) *	Количество населения ниже уровня водохранилища (тыс.чел.)	Категория ответственности
1	Арпиличское	16	105	1	6,2	I
2	Айгедзорское	36	3,55	1	0,4	I
3	Алаварское	31	5,5	1	1,9	I
4	Азатское	77	70	1	88,2	I
5	Вардакарское	16,2	5	1	11,6	I
6	Тавшутское	37	6	1	1,6	I
7	Советашенское	42	1,4	1	0,6	I
8	Давид-Бекское	41,2	3,2	1	0,7	I
9	Севабердское	42	6	2	8,4	I
10	Апаранское	50,6	90	1	185,6	I
11	Карнутское	34,5	22,62	1	11,5	I

12	Манташское	30,4	8,2	1	14,6	I
13	Сарнахпюрское	29,2	5	1	7,7	I
14	Акумское	46	12	1	0,3	II
15	Тавшутское	42,4	5	1	0,2	II
16	Гегардаличское	13,8	3,4	1	2,7	I
17	Какавадзор 2	33,4	590	1	0,7	I
18	Ахурянское	70,0	520	1		I
19	Гер-герское	71,5	26	1	8,0	I
20	Спандарянское	63	257	1		I
21	Толорское	69	96,8	1		I
22	Шамбское	41,0	13,6	1		I

Преобладающее большинство плотин этих водохранилищ построены из местных материалов, за исключением плотин Ахурянской и Спандарянской водохранилищ.

Следует отметить, что практически все плотины расположены в высокогорных районах республики, со сложными геологическими и сейсмотектоническими условиями. Руководствуясь требованиями СНиП к строительству в сейсмоактивных областях в период инженерно-геологических изысканий, проводились также работы по сейсмомикрорайонированию строительных площадок. При этом выдавались расчетные вероятностные оценки возможных сейсмических воздействий на основе

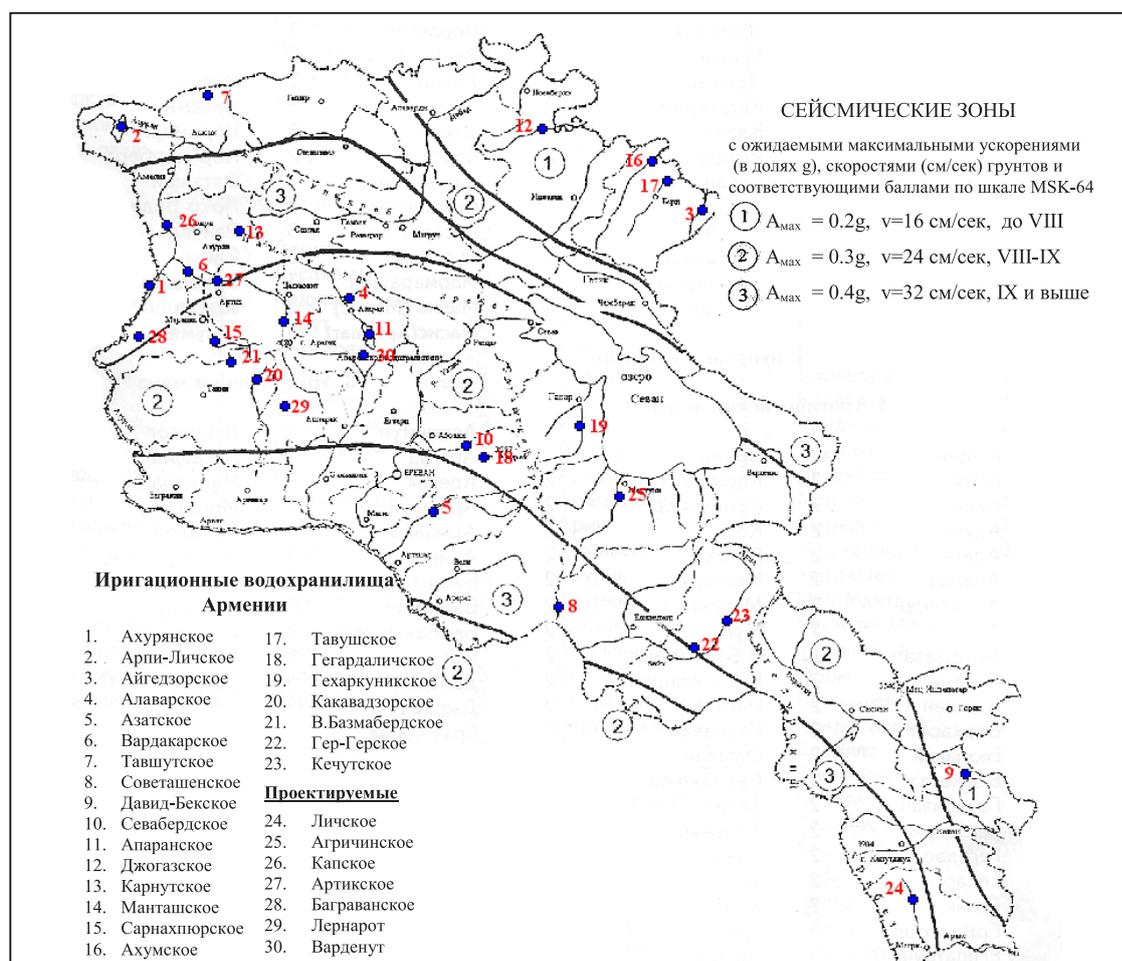


Рис. 1. Карта сейсмической опасности и места расположения наиболее крупных водохранилищ

карт ОСР-68 и ОСР-78. Эти исследования для всех плотин проводились специалистами ИГИС НАН РА. Построенные в советские времена (1960-1980 гг.) по нормам и стандартам СНиП-66÷86 гг. и эксплуатируемые по настоящее время, эти водохранилища подвергались техногенным, природным экзогенным и неоднократным сейсמודинамическим воздействиям.

Вследствие сейсмического воздействия разрушительного Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 года значительно снизились заложенные в проектах расчетные уровни сейсмоустойчивости грунтовых плотин водохранилищ, расположенных в Северной Армении.

В результате вышеуказанных воздействий в телах грунтовых плотин происходят непрерывные процессы изменения физико-механических и прочностных свойств грунтов приводящих в ряде случаев к аварийным ситуациям. В таблице 2. приводится перечень и причины ряда характерных аварийных ситуаций, возникавших в ходе эксплуатаций водохранилищ Армении.

После Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 года по постановлению Совета Министров РА был разработан новый кодекс СНиП РА 1994-2006 гг., (строительные нормы). Согласно новой карте ОСР-94 уровень сейсмической опасности практически по всей территории РА повысился на 1 балл, а по ряду зон на 2 балла по шкале MSK-64 [СНРА II-6.02-2006].

Таблица 2.

№	Плотина	Год аварии	Причины аварии и последствия
1	Агарак	1974	Фильтрация, сползание, осадка гребня и перелив. Затоплена одна деревня.
2	Мармарик	1978	Черезмерное давление пор. Пустое водохранилище.
3	Советашен	1989	Сильная фильтрация из тела плотины на высоком уровне.
4	Сарнахбюр	1991	Эрозия тела плотины внутри водовода.
5	Спандарян	1991	Прорыв воды >50 м ³ /сек. Город Сисиан частично затоплен.
6	Карнут	1993	Осадка гребня на 1,2 м. Понижение уровня водохранилища.
7	Апаран	1994	Нарушение метал.облицовки вследствие плохого контакта метал-бетон.
8	Артик	1994	Постепенное ухудшение верхних откосов и последующий перелив. Затоплены деревни, 2 жертвы, много ущерба.
9	Джогаз	1996	Эрозия тела плотины внутри водовода.
10	Давид-Бек	1997	Разрушение водовыпускного клапана вследствие накопления льда внутри метал. трубопровода.
11	Азат	1998	Эрозия манолитного грунта внутри тоннеля, местами разрушена облицовка.
12	Советашен	1998	Эрозия грунта в дренажной галлерее под водосливным руслом. Постепенная осадка облицовки русла (канал) на глиняной основе.
13	Айгадзор	1998	Эрозия тела плотины внутри водовода.
14	Иллис (НКР, рис.2)	2009	Эрозия тела в районе катастрофического водосброса

Соответственно изменились также принятые при проектировании и строительстве водохранилищ, значения исходной балльности ожидаемых на территории строительства водохранилищ. Учитывая это обстоятельство, а также низкое техническое состояние эксплуатируемых водохранилищ Правительством РА было принято решение о модернизации 8-ми первоочередных крупных водохранилищ республики, имеющих важное народнохозяйственное значение и 1-категорию ответственности



Рис. 2. Авария плотины (Иллис), пунктирная линия показывает существовавший до аварии уровень гребня.

гидротехнических сооружений. В технические проекты модернизации этих водохранилищ, по предложению ИГИС НАН РА, были включены обязательные условия организации на плотинах системы инженерно-сейсмометрических наблюдений.

Руководствуясь этим решением, в ИГИС НАН РА был разработан проект организации инженерно-сейсмометрической службы на плотинах водохранилищ. В этот проект входили: план размещения аппаратуры и автономная многоканальная система инженерно-сейсмометрических наблюдений (в дальнейшем система) с собственным программным обеспечением (рис.3, 4).

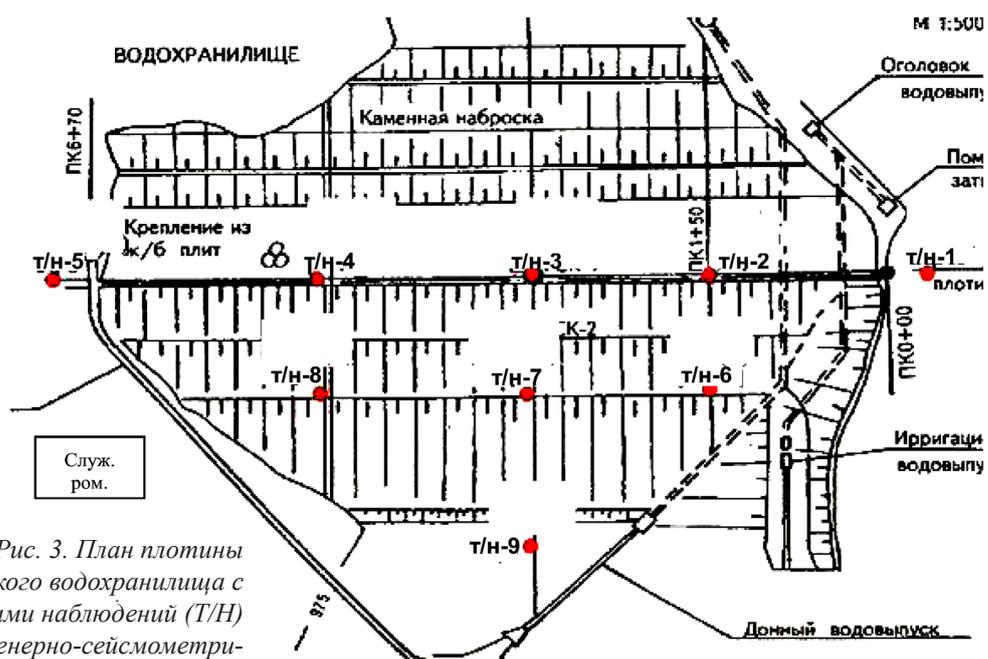


Рис. 3. План плотины Азатского водохранилища с точками наблюдений (Т/Н) инженерно-сейсмометрической службы.

Наиболее ответственной задачей являлась разработка схемы установки сейсмодатчиков в теле гидротехнического сооружения, позволяющая обеспечить представительную и достоверную информацию.

Руководствуясь рекомендациями, приведенными в работе [Напетваризе, 1968], а также современными нормами и требованиями по проведению мониторинга и оценки технического состояния гидротехнического сооружения, принятого в ряде ведущих стран мира [Нормы и требования, 2009; Дениэл и др., 2003], нами для каждой из реконструируемых плотин, исходя из геометрических параметров (высота плотины и ее протяженность), разрабатывалась индивидуальная схема размещения сейсмодатчиков. Разрабатываемая схема должна была обеспечивать следующие критерии:

- сейсмодатчики должны быть размещены в нескольких характерных сечениях (вертикальных и горизонтальных) именуемых измерительными сечениями;
- сейсмодатчики должны располагаться вдоль измерительных створов, включающих несколько измерительных точек;
- количество измерительных створов по высоте плотины должны быть от 3 до 5;
- количество точек в измерительном створе должно быть не менее 3-5, и установлены в наиболее «чувствительных» к нагрузкам и напряженным точкам таким образом, чтобы получить численные величины наиболее опасных сейсмических воздействий, возникающих в теле плотины при землетрясениях.

Автономные системы инженерно-сейсмометрических наблюдений включали в себе трехкомпонентные скважинные акселерометры, велосиметры типа СМ-3 и акселерометры типа ОСП для наземных наблюдений, коммуникации (кабельные) и

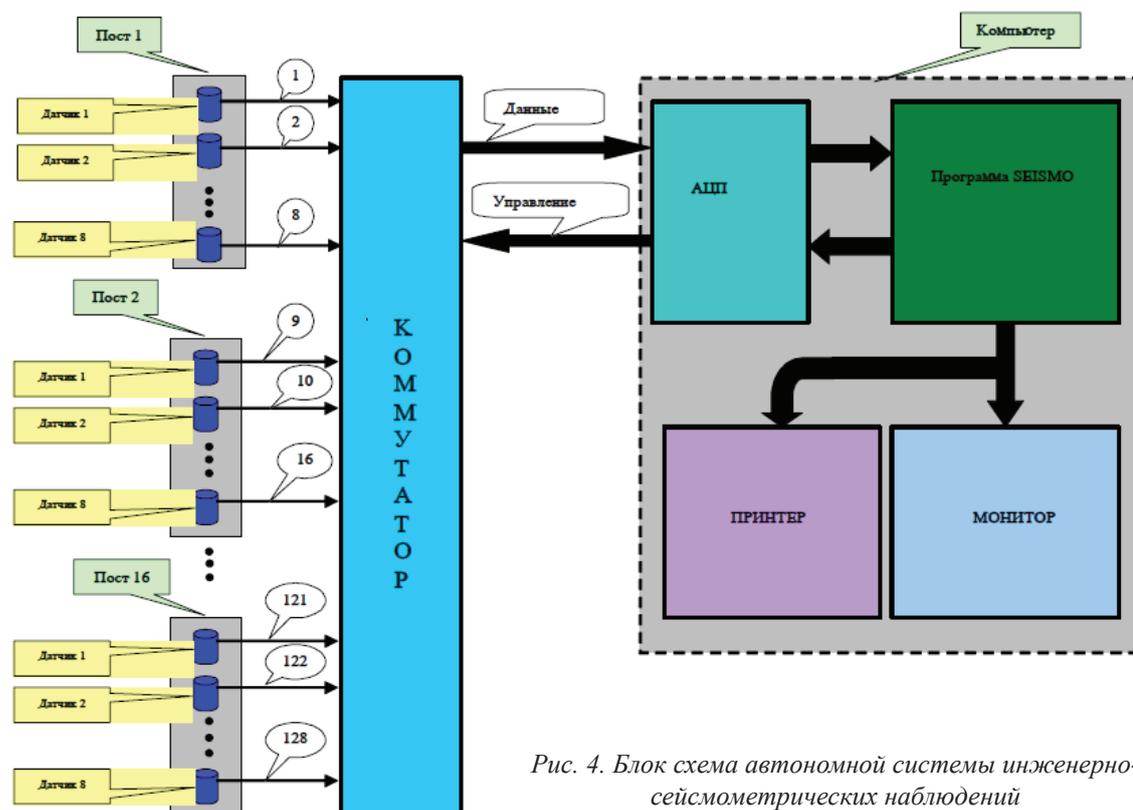


Рис. 4. Блок-схема автономной системы инженерно-сейсмометрических наблюдений

блока сбора и хранения информации (компьютер), находящегося в служебном помещении обслуживающего персонала.

Первые системы этой конструкции были изготовлены и установлены институтом на четырех плотинах водохранилищ (Азат, Тавшут, Советашенское и Гер-Гер, (рис.1)).

За период с 2005 г. по настоящее время системами ИСС (инженерно-сейсмометрическая сеть) были зарегистрированы более 7 землетрясений в магнитудном диапазоне $M=3,3\div 4,2$.

По цифровым инструментальным записям ускорений и скоростей (рис 5), полученных как на гребне плотины, так и по бьефу на разных уровнях, строились амплитудно-частотных спектры и проводились их сопоставительный анализ.

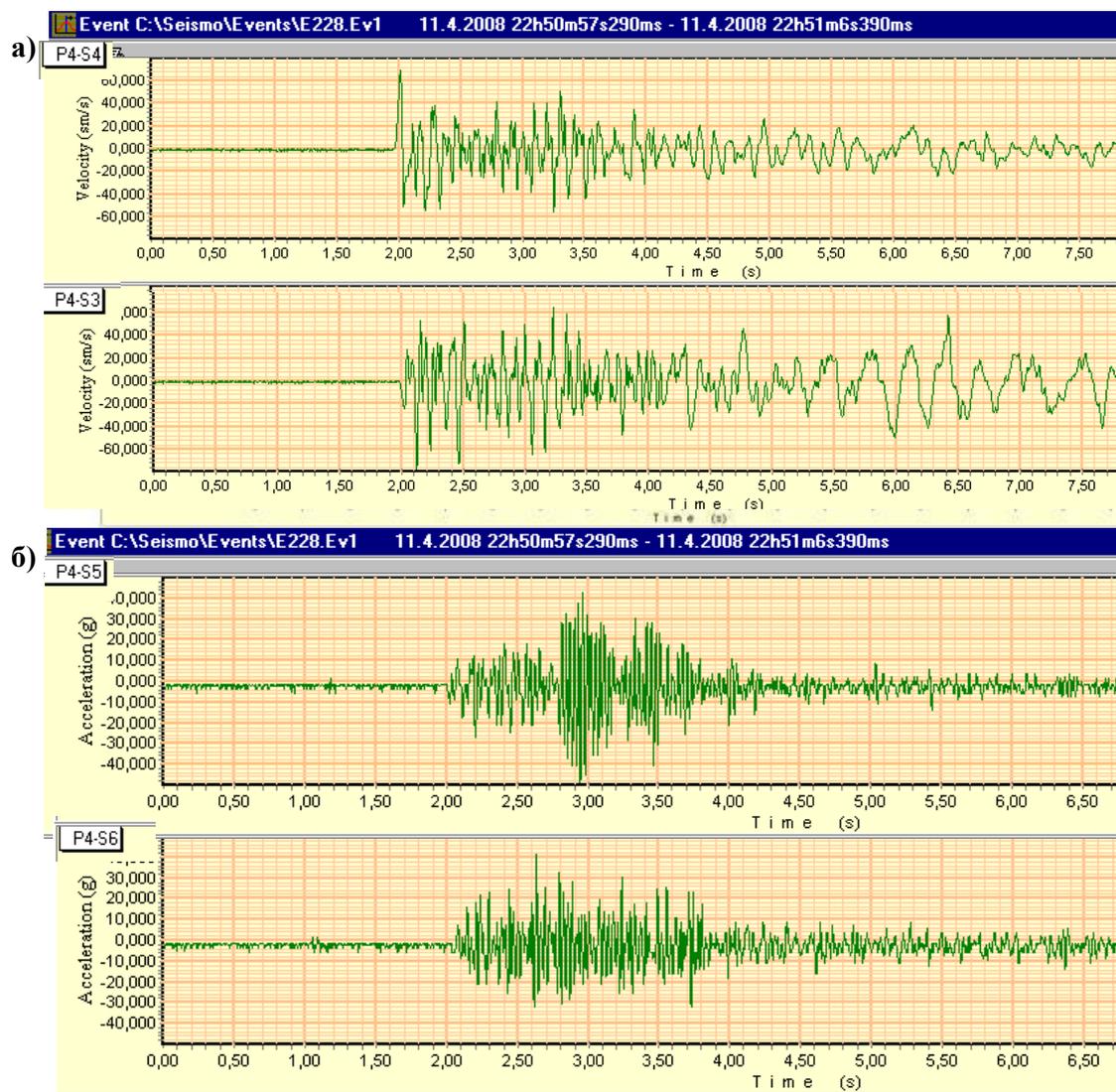


Рис. 5. Пример записи а)- велосиграмм и б)- акселерограмм на плотине Азатского водохранилища

На основе результатов спектрального анализа строились эпюры распределения максимальных значений ускорений и скоростей (рис.6). В процессе сопоставительного анализа выявлено, что наиболее опасными участками являются зоны стыковки тела плотины с бортами котловины водохранилища.

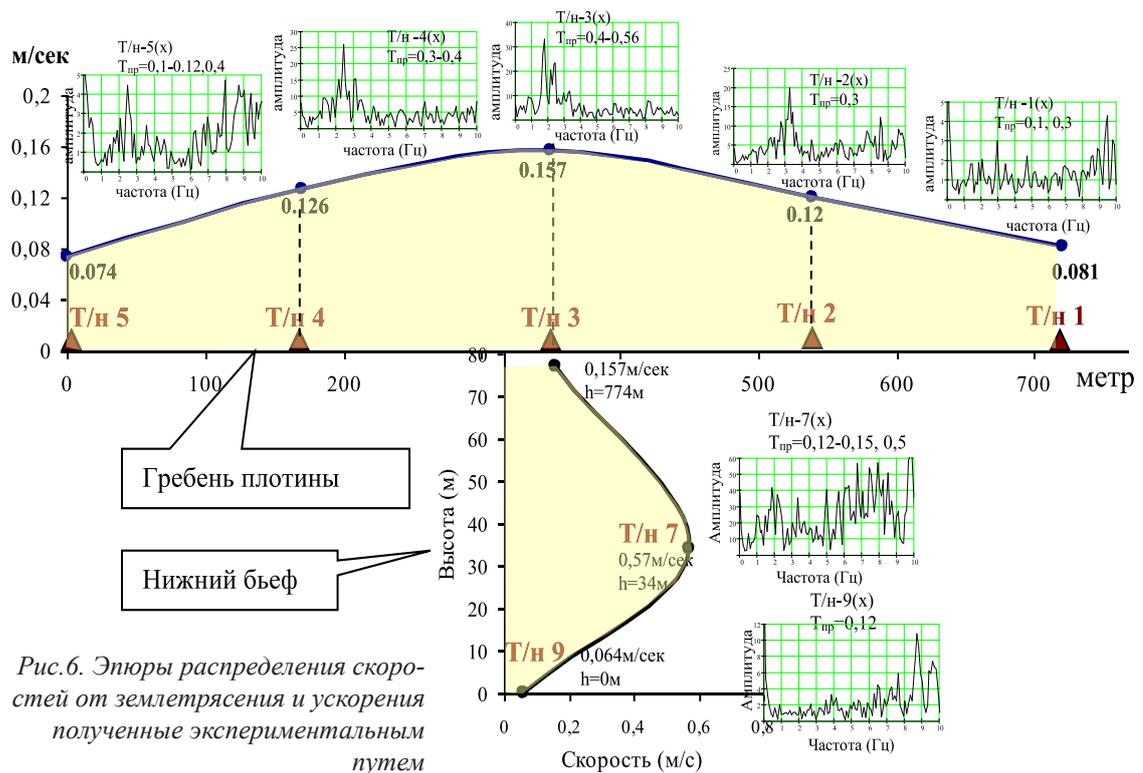


Рис.6. Эпюры распределения скоростей от землетрясения и ускорения полученные экспериментальным путем

В процессе эксплуатации системы ИСС проводились периодические (год) диагностические работы по оценке работоспособности системы ИСС и технического состояния плотин, состоящих из следующих мероприятий:

1. проверка работоспособности аппаратуры путем возбуждения искусственно-го импульса (удар, взрыв);
2. инженерно-геофизические исследования самого тела плотины и прилегающих к ней территорий с целью выявления зон фильтрации воды, а также участков на бортах котловины водохранилища, являющихся потенциально опасными для возникновения оползневых явлений.

Опыт эксплуатации системы ИСС позволил выявить присущие этой системе характерные недостатки, усложняющие ее автономную деятельность:

- кабельные коммуникации не имеют достаточной защиты от внешних воздействий и грызунов;
- применяемые в этой системе ИСС сейсмоприемники СМ-3 и акселерометры ОСП оказались уязвимыми к разным температурным переходам и тяжелым полевым условиям их эксплуатации.

Исходя из опыта и результатов эксплуатации ИСС на плотинах водохранилищ Армении в ИГИС НАН РА разработана и изготовлена новая автономная система инженерно-сейсмометрической наблюдений «Гюмри-01». В этой системе устранены выявленные недостатки и предусмотрены дополнительные порталы для подключения стандартных контрольно-измерительных аппаратур, позволяющих осуществить полную диагностику.

Литература

1. Гидроэлектростанции. Мониторинг и оценка технического состояния гидротехнических сооружений в процессе эксплуатации. Нормы и требования. Москва, 2009 г., с. 64.
2. Дениэл Д. Бренлоу, Алиссандро Пальмиери, Салмон М. А. Нормативно-правовая база безопасности плотин. Сравнительный аналитический обзор. «Всемирный банк». Из. «Весь Мир», Москва, 2003 г., 171 стр.
3. Напетваризе Ш.Г., Вопросы организации инженерно-сейсмометрической службы на плотинах из местных материалов. Из. «Дониш» Душанбе, 1968, с. 40.
4. Строительные нормы республики Армения СНРА II-6.02-2006.

DOI: 10.23671/VNC.2013.2.55546

THE EXPERIENCE AND THE RESULTS OF ENGINEER-SEISMOMETRIC MONITORING OF ARMENIAN HYDRAULIC STRUCTURES

S. M. Oganesyanyan¹, corresponding member of NAS of RA, Sc. Doctor (Phys.-math.), prof., S. S. Karapetyan¹, Sc. Candidate (Geol.), E. G. Geodakian¹, Sc. Candidate (Phys.-math.), J. K. Karapetyan¹, Sc. Candidate (Geol.), J. M. Aukazshieva², A. S. Gasparyan¹, H. A. Mkrtchyan¹, sci. work.

*¹Institute of geophysics and Engineering seismology.
A. Nazarova of NAS RA, Gyumri, 5 V. Sargsian Str.
e-mail: iges@mail.ru.*

*² S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, 62 Prospect Pobedy,
Astana, Republic of Kazakhstan,
e-mail: agun.katu@gmail.com.*

The results of the monitoring system of the engineering seismological observation of NAS RA IGIS for ground dams.

Keywords: monitoring system, seismological observation, dam, water storage, building codes.