

Ф.Ф.Зияудинов, Л.А.Хамидов,  
Ф.Р.Артиков, Х.Л.Хамидов, Ж.Ф.Фахриддинов

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В ЗОНЕ ГИССАРАКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА



**Зияудинов  
Фатхидин Фахридинович** –  
зав. лабораторией  
ИС АН РУз,  
докт. физ.-мат. наук.



**Хамидов  
Лутфулла Абдуллаевич** –  
ведущий научный  
сотрудник ИС АН РУз,  
докт. физ.-мат. наук.  
E-mail: hamidov\_l@  
inbox.uz



**Артиков Фарход  
Рустамович** –  
начальник Притапкетской  
партии Комплексной  
сейсмологической  
экспедиции, младший  
научный сотрудник  
ИС АН РУз.



**Хамидов Хайрулла  
Лутфуллаевич** –  
младший научный  
сотрудник ИС АН РУз.



**Фахриддинов  
Жамшиддин  
Фатхиддинович** –  
младший научный  
сотрудник ИС АН РУз.

Инженерно-сейсмометрические наблюдения (ИСН) на плотине и основании на участке эксплуатации Гиссаракского водохранилища выполнены в соответствии с пунктом 5.11.СНиП 11-7-81 [1]. Плотина относится к сооружениям I класса капитальности и расположена в зоне высокой сейсмичности – 8 баллов [1]. Начиная с 2006 г. в соответствии с требованиями ШНК 2.06.11-04, пункт 1.13, для сооружений I, II классов в состав исследований включен раздел по организации инструментальных наблюдений за поведением сооружений, их оснований и береговых склонов при динамических воздействиях (землетрясения, взрывы и др.) [2]. ИСН в районе Гиссарак организованы по временной схеме расположения сейсмостанций [3]. Система по условиям регистрации варьировала в течении проведения измерений. Записи сейсмических событий анализированы в рамках вариации от измерительных точек (ИТ) 1 до ИТ 8. Составлена цифровая база инженерно-сейсмометрических данных по наблюдениям в зоне плотины Гиссаракского водохранилища.

Основной задачей инженерно-сейсмометрических наблюдений в период эксплуатации водохранилища является осуществление инженерного сейсмомониторинга, т. е. постоянный контроль за инженерно-сейсмологическим состоянием плотины при сильных землетрясениях, а также систематическое накопление фактического материала (данные о местных и транзитных землетрясениях с интенсивностью от 1 до 9 баллов).

ИСН для изучения поведения при колебании основания и гребня плотины осуществлялись с помощью сейсмостанций, установленных в ИТ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 8 (рис. 1). Исследования сводятся к изучению, сравнению и анализу амплитудно-частотных характеристик (АЧХ), инженерно-сейсмологических параметров зарегистрированных землетрясений в начальный и в последующие этапы эксплуатации водохранилища до 2015 г. Оценены изменения указанных выше параметров. Отметим, что в начале июня 2010 г. впервые была установлена одна цифровая сейсмостанция на месте сейсмо-

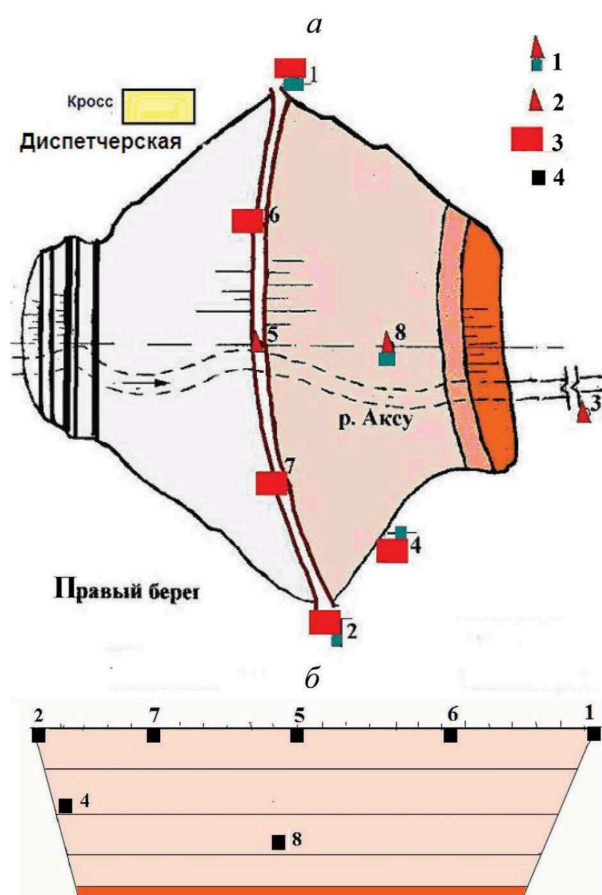


Рис. 1. Схема размещения измерительных точек на Гиссаракском водохранилище по временной схеме в 1988-1989 гг. (с ИТ 1, 2, 3 и 4); постоянной схеме в 1990-1993 гг. (с ИТ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 8) и цифровой в 2009-2015 гг.: а – план; б – сечение ствола. 1 – ИТ, установленные в штольнях; 2 – стационарные; 3 – нестационарные; 4 – гидропост.

станции «Шабда» – ИТ 3 с переводом сейсмоприемников на участок Гидропоста, т. е. ИТ «Основание» производились записи частично в аналоговом и цифровом режимах.

#### Цифровая регистрация колебаний плотины Гиссаракского водохранилища

Гиссаракское водохранилище (Кашкадарьинская область) находится в среднем течении р. Аксу. Долина реки, где расположено водохранилище, характеризуется крутыми бортами, большими уклонами русел, сравнительно малым сохранением террасовых поверхностей, слабым распространением молодых четвертичных отложений. Основание плотины водохранилища расположено в едином тектоническом блоке, в зонах с сейсмичностью 7 и 8 баллов. Поэтому расстановка 24-х сейсмоприемников в этом районе спроектирована таким образом,

чтобы обеспечить трехмерное окружение объема пород, представляющего интерес в плане оценки устойчивости. Для достижения этого сейсмоприемники размещены на поверхности, площадках уступов карьера и в скважинах глубиной 5-10 м, пробуренных за верхним контуром грунтово-насыпной плотины. Расстояние между сейсмоприемниками 100-200 м. Наблюдениями охватывается объем пород с максимальным поперечным размером 400-1100 м.

С июня 2014 по август 2015 г. в теле плотины работали 8 ИТ. Основание ИТ 3 находилось в режиме непрерывной записи до августа. Составлена база цифровых записей до конца октября 2015 г. ИТ 8 находится в третьей берме в штольне. Она тоже работала в непрерывном режиме. Отдельные записи в период вегетации (июнь-июль 2014 и 2015 гг.) проведены в ИТ 4 по левому борту плотины. ИТ 3 и ИТ 4 работали для локализации местных колебаний.

По этим ИТ произведено более 450 записей, из которых 34 относились к высокочастотным от землетрясений. Синхронная запись проведена на ИТ 5 на гребне. Вариация ИТ 5 с переводом по установленной временной шкале на ИТ 7, ИТ 2, ИТ 6 и ИТ 1 проведена при участии в обработке ИТ 8 и ИТ 3 основания. С июля по сентябрь вертикальная компонента записи в ИТ 2 и ИТ 1 приостановлены для отбора горизонтальной. Калибровка при этом осталась прежней. На рис. 1, а, б показано распределение ИТ по телу плотины.

Электрические сигналы с сейсмических датчиков поступают на регистрирующие модули, центральный кросс и преобразованные цифровые записи предварительно очищаются и записываются на флеш-память сеймостанции с параллельной передачей массива данных в память компьютера. Здесь происходит их дальнейшая фильтрация, оцифровка и предварительная обработка.

В 2015 г. осуществлено обеспечение работы всех ИТ с 1 по 8. ИТ 3 и ИТ 8 работали в непрерывном режиме, а ИТ 4, ИТ 2, ИТ 7, ИТ 6 и ИТ 1 – в нестационарном режиме в рамках градиента трехмесячного трафика полей 3-компонентной записи с обеспечением перевода каналов в центральный кроссе. Временным переносом станций ИТ 5 в боковые части плотины и в центральную часть одной бермы продолжены, как и в прошлые годы, локальные оценки сейсмических колебаний по отношению к ИТ 3 и ИТ 8, что дало возможность определить спек-

тры колебаний, как в центральной части гребня, так и по бортам плотины [4-6].

Цифровой сейсмический мониторинг основан на представительной регистрации сейсмических колебаний от небольших актов хрупкого разрушения при бортовом породном массиве [8-10].

Инженерно-сейсмометрические оценки по временной схеме определены цифровыми записями в 8 ИТ. При переходе на нестационарную схему ИСН количество ИТ дискретизацией от 2 до 3; от 4 до 6 и т. д., до 8 трехканальных. Из них две ИТ в противоположных бортах и в основании остались в прежнем положении. Чувствительность регистрационных каналов сейсмостанции в ждущем режиме установлена, как и ранее для записи скорости слабых колебаний грунта от 1 до 5 баллов ( $V_x = 10$  с) и для более сильных – от 5 до 9 баллов ( $V_x = 1$  с). На сейсмограммах выделены максимальные амплитуды скорости колебаний –  $A_{max}$  (мм/с) и соответствующие им периоды колебаний, длительность колебаний. Произведен также расчет относительного изменения интенсивности колебаний  $\delta_i = A_{max(i)}/A_{ma}$ , где  $i$  – номер ИТ. Записью слабых транзитных землетрясений изучены спектральные характеристики грунтов, анализируя микросейсмы. Для обработки данных использованы программы JSESAME и GEOPSY (в среде MATLAB 8.0).

Необходимо отметить, что в радиусе до 100 км в этом районе происходили сильные и разрушительные землетрясения: Карагагское (1907 г) силой 9-10 баллов ( $M \geq 7$ , эпицентр расположен в 70 км), Байсунское 8-9 баллов (в 40-60 км к югу от водохранилища) и Чуянчинское (в 90-100 км к востоку от водохранилища) с  $M \geq 6$ . Сейсмические исследования 1973-1981 гг. и последующих годов показали, что территория характеризуется высокой сейсмичностью, где могут происходить землетрясения силой 8 баллов ( $M \geq 7$ ). При вводе в систему сейсмометрических исследований цифровой автоматической регистрации землетрясений учтены параметры и характеристики сейсмических станций, которые функционировали в различные периоды времени. Станция оборудована высокочувствительным сейсмографом для записи местных и близких землетрясений типа СКМ-3 и СМ-3 с увеличением каналов в зависимости от фона помех 1-го рода. Диапазон периодов полосы пропускания 0,2-1,2 с амплитудно-частотных характеристик каналов соответствует главной

части спектра сейсмических волн слабых местных землетрясений.

В настоящем сейсмостанция «Гидропост» участвует в системе оперативной оценки сейсмичности зоны влияния Гиссаракского водохранилища. По его цифровым записям для нужд Государственных служб с июля 2014 по июль 2015 г. оперативно определены 6 землетрясений на территории Узбекистана, 4 – в Афганистане и более 5 – Таджикистане (включая мелко- и глубокофокусные).

В непрерывном режиме эксплуатируется совместно работающая система сейсмических каналов (короткопериодная, модернизированная, регистрация скорости, съемная флеш-память) CPC-KM/V-F (рис. 2) с энергопотреблением 60 WA. Система способна работать в энергонезависимом режиме до 5 суток.



**Рис. 2. Сейсмическая станция CPC-KM/V-F.**

Для обеспечения динамического диапазона, необходимого для регистрации сильных землетрясений, использован канал регистрации с увеличением в 25 раз меньше, чем обычные каналы. Для регистрации применена программа WinSDR, позволяющая в реальном времени фильтровать сигнал. Формат событийных файлов – SAC, PSN или MiniSEED.

Наибольшая плотность сейсмических событий, влияющих на устойчивую эксплуатацию водохранилища, наблюдалась в 2015 г. в его юго-восточной части. Частично они есть и в Североафганском геодинамическом полигоне. Наименьшая плотность в западной части территории, где были сосредоточены всего две сейсмические станции: Зарабаг (ЗРБ), Пачкамар (ПЧК), которые «контролируют» сейсмическую обстановку в южных нефтегазодобывающих районах, что недостаточно для детального изучения сейсмичности на этой территории, а также проведения работ по изучению влияния



техногенных факторов на общий уровень сейсмичности [10, 11].

Амплитудно-частотные характеристики сейсмометрических каналов станции полностью определяются параметрами сейсмодатчиков – чувствительностью рабочих катушек и постоянными периодом собственных колебаний и затуханием сейсмоприемников, которые выбираются в зависимости от фона помех и возможностей аппаратуры. Переопределение постоянных, т.е. настройка на заданные величины периодов и затуханий, является основным этапом работ по калибровке каналов. Ранее сейсмические рабочие станции СРС–КМ/V-F со съемной флеш-памятью были установлены в пунктах наблюдения «Китаб», «Агалык» и «Пачкамар» [11].

В табл. 1 приведены пороги обнаружения станции, включая дату их открытия в различных пунктах наблюдения. Для каждого сейсмометрического канала станции также показаны пороги обнаружения в мВ (милливольты). Превышение любого из них под действием сейсмических колебаний переводит СРС из ждущего режима в режим «запись землетрясения».

Аппаратура СРС «Гидропост» продолжала устойчиво регистрировать сейсмические события. Группа станций «Гиссарак» как одна из высокочувствительных в юго-западном Узбекистане и, согласно своему расположению и высоким разрешающим способностям, регистрировала землетрясения полигона низких энергетических классов (с  $K = 7$ ). Поэтому приняты меры для обеспечения ее устойчивого функционирования.

#### Сейсмичность зоны Гиссаракского водохранилища

Для изучения сейсмичности предварительно определены параметры сейсмических источников: время в очаге, координаты эпицентров, глубины гипоцентров и магнитуды, а также пополнение местного каталога о землетрясениях в ближних зонах Гиссаракского водохранилища за 2015 г. (табл. 2). На основе распределения землетрясений, оценки

их параметров (сейсмической активности, максимальной магнитуды землетрясения) можно оконтурить сейсмогенные зоны и оценить уровень сейсмического риска. Как и ранее, в мониторинг параметров сейсмичности локальных участков и ближних зон Гиссаракского водохранилища включены: оценка уровня региональной сейсмичности по действующей шкале; построение схем площадного распределения местных и региональных землетрясений; активность  $A_{10}$ ; наклон графика повторяемости землетрясений.

Таблица 1

Сравнение порогов обнаружения полезного сигнала для инженерно-сейсмометрических каналов цифровых СРС ИС АН РУз (при Гиндукушских и местных землетрясениях с  $M = 3,2-4,5$  по Каталогу IRIS Energy)

| Пункт наблюдения | Код | Дата открытия станции | Порог обнаружения, мВ |     |     |     |     |     |
|------------------|-----|-----------------------|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                  |     |                       | N-S                   | N-S | E-W | E-W | Z   | Z   |
| Гиссарак         | ГСП | 26.10.2014 г.         | 4,0                   | 3,9 | 1,3 | 1,4 | 0,5 | 0,4 |
| Пачкамар         | ПЧК | 06.03.2015 г.         | 3,8                   | 3,7 | 4,0 | 3,9 | 0,3 | 0,3 |

Таблица 2

Каталог землетрясений в радиусе 100 км от Гиссаракского водохранилища с января по июль 2015 г.

| Дата, время (Гринвич) | Широта | Долгота | Расстояние от Гиссарака R, км | M    | Регион                   |
|-----------------------|--------|---------|-------------------------------|------|--------------------------|
| 07.01, 8:57           | 39,69  | 67,17   | 50,00                         | 3,00 | Юго-Восточный Узбекистан |
| 19.01, 7:42           | 38,69  | 67,52   | 50,00                         | 3,00 |                          |
| 19.01, 8:27           | 39,95  | 67,85   | 100,00                        | 2,80 |                          |
| 30.01, 13:04          | 39,15  | 67,58   | 30,00                         | 3,10 |                          |
| 03.02, 12:58          | 39,54  | 67,32   | 30,00                         | 3,40 |                          |
| 06.02, 12:34          | 39,35  | 67,77   | 60,00                         | 3,10 |                          |
| 07.02, 7:46           | 39,73  | 67,29   | 50,00                         | 2,60 |                          |
| 10.02, 13:18          | 39,51  | 67,51   | 40,00                         | 2,90 |                          |
| 13.02, 12:55          | 40,03  | 68,06   | 100,00                        | 3,10 |                          |
| 18.02, 7:39           | 39,67  | 67,90   | 75,00                         | 2,80 |                          |
| 24.02, 13:01          | 39,61  | 67,56   | 50,00                         | 3,30 |                          |
| 03.03, 12:56          | 39,21  | 68,16   | 75,00                         | 3,10 | Таджикистан              |
| 12.03, 13:30          | 39,47  | 67,52   | 50,00                         | 2,90 | Юго-Восточный Узбекистан |
| 22.03, 18:38          | 39,15  | 68,24   | 100,00                        | 2,70 | Таджикистан              |
| 23.03, 14:38          | 38,89  | 67,24   | 30,00                         | 2,70 | Юго-Восточный Узбекистан |
| 26.03, 7:38           | 39,11  | 66,73   | 30,00                         | 3,20 |                          |
| 30.03, 13:22          | 39,32  | 68,03   | 75,00                         | 3,10 | Таджикистан              |
| 14.04, 4:51           | 39,88  | 68,19   | 100,00                        | 3,40 |                          |
| 16.04, 15:21          | 38,08  | 67,60   | 50,00                         | 3,30 | Юго-Восточный Узбекистан |
| 17.04, 3:54           | 38,73  | 67,99   | 80,00                         | 3,60 |                          |
| 21.04, 13:27          | 40,11  | 68,11   | 100,00                        | 2,80 | Таджикистан              |
| 21.04, 20:03          | 38,88  | 68,37   | 100,00                        | 2,70 |                          |
| 27.04, 19:30          | 39,81  | 67,78   | 80,00                         | 3,60 | Юго-Восточный Узбекистан |
| 27.04, 13:41          | 39,53  | 67,95   | 75,00                         | 2,90 |                          |
| 26.05, 9:15           | 38,53  | 68,63   | 75,00                         | 3,40 | Таджикистан              |
| 14.06, 23:14          | 39,69  | 67,57   | 60,00                         | 3,00 | Юго-Восточный Узбекистан |
| 24.06, 8:17           | 39,15  | 68,50   | 100,00                        | 3,10 | Таджикистан              |



Определение вариации сейсмической активности  $A_{10}$  и наклона графика повторяемости  $g$  основано на повторяемости землетрясений как фундаментальном свойстве сейсмического процесса. Их использование связано, в частности, с наблюдаемым иногда уменьшением наклона графика повторяемости перед сильными событиями [3].

Наклон графика повторяемости рассчитывается, исходя из непрерывного экспоненциального распределения землетрясений по классам. Используется формула [10], по Aki, 1965:

$$\nu = \log_{10} e \frac{1}{\sum_{i=1}^N K_i / N - K_0}$$

Среднеквадратичная ошибка в определении  $g$  определяется по формуле [3, 11]:

$$S_g = \frac{\nu}{\sqrt{N}}$$

Анализ вариаций возможен лишь при достаточно большом количестве землетрясений. Например, при  $g = 0,4$  и  $N = 150$  среднеквадратичное отклонение  $S_g$  составляет 0,04, т. е. 9%.

Активность  $A_{10}$  рассчитывается из числа землетрясений  $N$  и наклона графика повторяемости  $g$  и приводится к площади  $10^3 \text{ км}^2$  (для ближней зоны водохранилища по площади зоны влияния) и временному интервалу 1 год. Расчет проведен по формуле:

$$A_{10} = \frac{1000 \cdot N \cdot (1 - 10^{-7}) \cdot 10^{-\nu(9,5 - K_0)}}{S \cdot T}$$

здесь  $S$  – площадь поверхности выбранной области ( $[S] = \text{км}^2$ ),  $T$  – ее длительность ( $[T] = \text{годы}$ ). Среднеквадратичное уклонение активности рассчитывается по формуле:

$$S_{A_{10}} = \left| \frac{\partial A_{10}}{\partial \nu} \right| \cdot S_\nu = \left| \frac{1000 \cdot N \cdot 10^{-\nu(9,5 - K_0)}}{S \cdot T} - (9,5 - K_0) \cdot A_{10} \right| \cdot \ln 10 \cdot S_\nu$$

В табл. 2 показаны зарегистрированные сейсмические события.

При изучении сейсмичности зоны Гиссаракского водохранилища отделены слабые местные землетрясения с  $K = 7$ . На рис. 3 показано распределение очагов близких землетрясений в радиусе 100 км от водохранилища Гиссарак.

Как ранее показано, проявление сотрясений увеличилось с 2008 г. на записях сейсмических станций, работающих в ждущем режиме, и с 2010 г. – на цифровых записях. Данные слабые

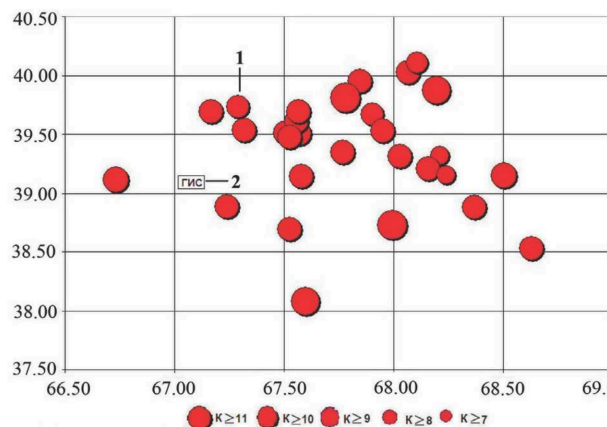


Рис. 3. Распределение очагов близких землетрясений в радиусе 100 км от водохранилища Гиссарак. 1 – эпицентры землетрясений; 2 – водохранилище усл.

сейсмические толчки активизировались в 2011 г. и к середине 2013 г. и 2014 г., когда уровень воды в водохранилище поднялся выше отметки  $H = 80 \text{ м}$  [11]. С конца 2014 по август 2015 г. зарегистрированы более 30 сейсмических событий.

По наклону графика повторяемости  $\gamma$  расхождение в значениях  $\gamma$  – в пределах ошибок. За среднедолговременное значение угла наклона графика повторяемости для Гиссаракского района следует оставить  $\gamma = 0,57 \pm 0,07$ . Для последних двух интервалов значение  $\gamma$  графика повторяемости резко уменьшилось, в данный период началось заполнение водохранилища и его вырабатываемость (табл. 3).

Таблица 3  
Значение параметров графика повторяемости Гиссаракского района  $K=8 \div 12$

| Период наблюдения | Значение $\gamma$ | Примечание                                 |
|-------------------|-------------------|--------------------------------------------|
| 1985-1987 гг.     | $0,42 \pm 0,06$   | Период начала заполнения водохранилища     |
| 1987-2014 гг.     | $0,44 \pm 0,07$   | Период режимной эксплуатации водохранилища |
| 2014-2015 гг.     | $0,57 \pm 0,07$   | Исследуемый период                         |

Сопоставление значений параметров графика повторяемости за отдельные временные интервалы – 1966-1973 гг. (до строительства в районе водохранилища), 1973-1983 гг. (в период строительства и начала заполнения водохранилища) и 1987-2010 гг. (в период эксплуатации) показывает, что последний характеризуется уменьшением параметра с  $\gamma = 0,57$  до  $\gamma = 0,34$ .

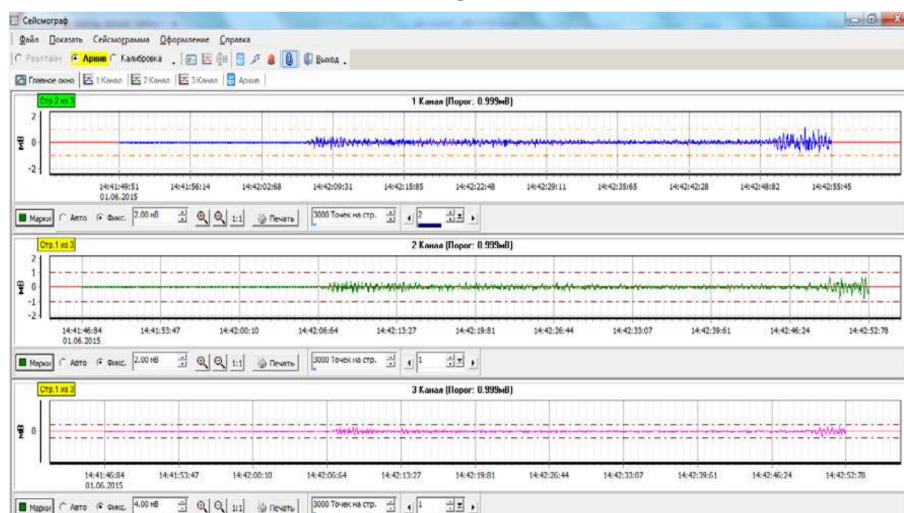
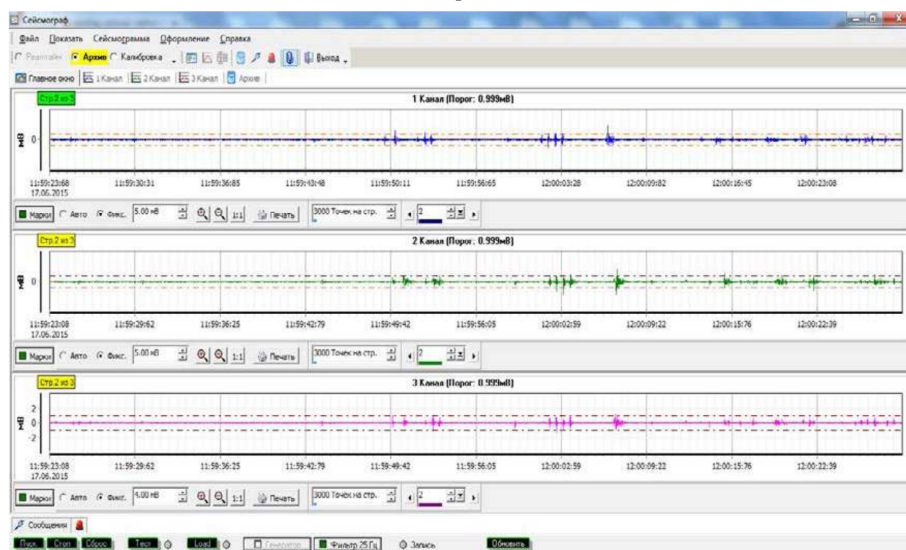
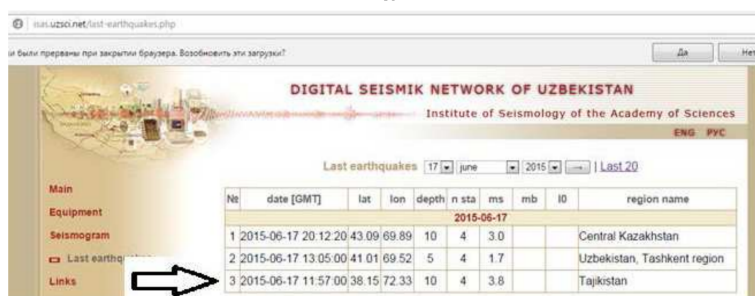
Значения параметра  $\gamma$ , полученные для различных сроков осреднения, показывают, что

сейсмический режим в период, включающий первый цикл начала строительства водохранилища (1972-1983 гг.), отличается от второго цикла начала заполнения водохранилища (1985-1987 гг.) и третьего цикла эксплуатации водохранилища (1987-2015 гг.) [3, 11].

### Сейсмические колебания плотины от транзитных землетрясений

Изучение сейсмических колебаний плотины Гиссаракского водохранилища, по данным ИСН, проводилось путем организации и проведения

инженерно-сейсмометрических измерений и наблюдений на участке самой плотины. Основной задачей ИСН в данный период эксплуатации водохранилища является осуществление инженерного сейсмомониторинга, т. е. проведение на инструментальной основе постоянного учета, слежения и контроля инженерно-сейсмологического состояния основания гидроузла, бортов каньона и, по возможности, тела плотины при землетрясениях, а также систематическое накопление качественного фактического материала (регистрацией землетрясений до 9 баллов) [2, 3]. На рис. 4 показаны результаты измерения



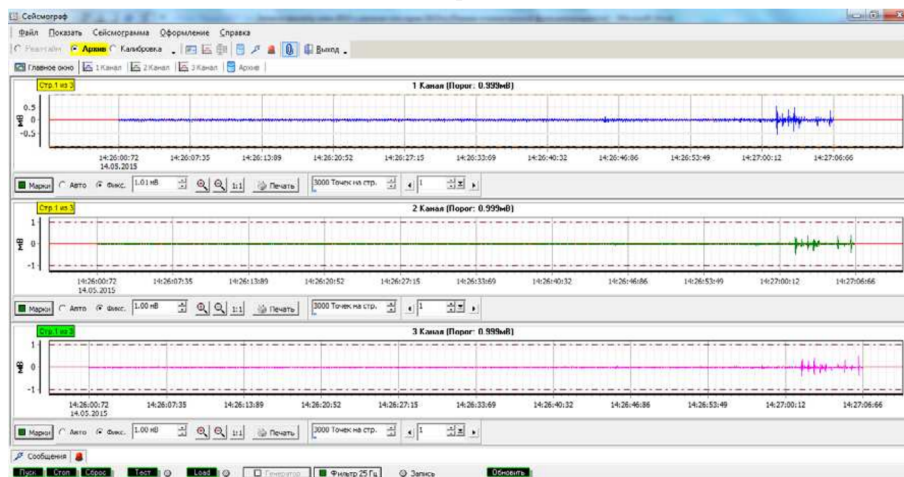


Рис. 4. Результаты измерения в среде CPC KM/V-F по сравнению с каталогами, составленными для территории Узбекистана (а); б – ИТ 5; в – ИТ 8; г – ИТ 3.

в среде CPC KM/V-F по сравнению с каталогами, составленными для территории Узбекистана.

Амплитудный уровень воздействий или оценка динамических параметров колебаний в пунктах наблюдений производились частично по записям, полученным сейсмостанциями, работающими в ждущем режиме. Из отобранных записей землетрясений, в первую очередь, определялась длина анализируемого участка сейсмограммы.

Изучение колебаний и их параметров показывает, что кривые волновых форм для левого и правого бортов однородны по форме, и выделяются один или два четко выраженных максимума  $S$ . С увеличением эпицентрального расстояния положение максимума  $S_{max}$  на всех компонентах перемещается в область низких частот.

Расчет соотношений  $S_{max(np)}/S_{max(лв)}$  по 12 данным по компоненте «х» составляет в среднем 3,3, а по компоненте «у», в среднем 3,6, т.е. амплитудный уровень и ордината  $S_{max}$  на правом борту выше, чем на левом. Эти значения в обоих бортах по сравнению с основанием составляют от 1,32 до 2,25, т.е. в бортах происходит усиление сигнала. Резонансные частоты на бортах каньона ниже, чем в основании. Возможно, это связано с гипсометрической отметкой и формой рельефа.

26 октября 2015 г. в 9.12 ч. по Гринвичу произошло сильное землетрясение в более чем 300 км к юго-востоку от водохранилища с магнитудой  $M = 7,5$ , по данным региональной сети сейсмологических наблюдений. В районе Гиссаракского водохранилища оно сопровождалось  $J = 5$ -балльным сотрясением с увели-

чением по бермам в среднем  $DJ = 1,1$  баллов. Особенности колебания плотины по ускорению при данном низкочастотном колебании будет представлено отдельно. Начальная форма ускорения колебания основания плотины, по нашим расчетам, отражена на рис. 5.

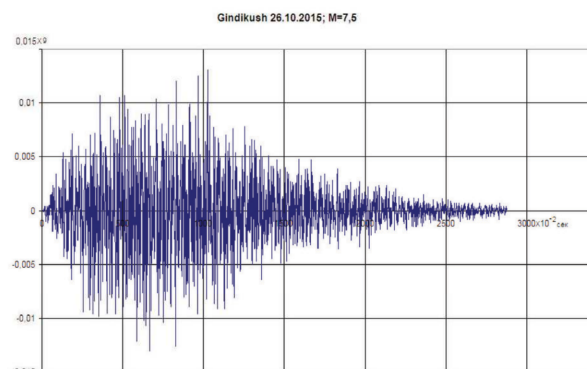


Рис. 5. Начальная расчетная форма ускорения колебания основания плотины Гиссаракского водохранилища при транзитном землетрясении 26.10.2015 г. с  $M = 7,5$  (Гиндикуш-Афганистан).

## ВЫВОДЫ

Выполнена выборка основных параметров состояния грунтовой плотины, по данным натурных наблюдений за сейсмичностью в 2015 г. Продолжены режимные инженерно-сейсмологические исследования и обработка сейсмических параметров в рамках зарегистрированных в 2015 г. землетрясений. Обеспечена режимная непрерывная работа предварительной автоматизированной системы сейсмометрических наблюдений (АССН) в 8 измерительных точках в теле плотины Гиссаракского водохранилища.



Цикл заполнения, соответствующий близко-му к уровню водохранилища  $H_{\max} = 100$  м, характеризуется значительным изменением средней сейсмической активности в районе. Это позволяет говорить о зависимости сейсмичности территории от режима заполнения водохранилища.

Выявлено, что в районе Гиссаракского водохранилища основной сброс сейсмической энергии происходит за счет землетрясений достаточно низких энергетических классов ( $K < 8$ ). Среднедолговременное значение тангенса угла наклона повторяемости, по нашим данным,  $\gamma = 0,57 \pm 0,07$ . Уровень сейсмической активности  $A_{10} = 0,09$ . Значение тангенса угла наклона повторяемости по  $K = 9-12$  равно  $\gamma = 0,57 \pm 0,07$  и наблюдается понижение значения  $\gamma$ . Можно предположить, что в последующем уровень сейсмической активности должен повыситься за счет землетрясений  $K = 9-10$ . По амплитудному и спектральному уровню воздействия землетрясения на участке плотины в 2015 г. в целом близки к значениям прошлых лет наблюдений.

P.S. В период редакционной подготовки статьи в 12 км западнее от Гиссарского водохранилища (в 14 км восточнее от г. Шахрисабз) 5 апреля 2016 г. произошло сильное землетрясение с магнитудой  $M = 4,9$  и с интенсивностью колебания на поверхности Земли в эпицентральной зоне  $I \sim 6-7$  баллов (<http://isas.uzsci.net/last-earthquakes.php?day=21&month=2&year=2016>).

|    |                     |       |       |    |   |     |  |  |  |
|----|---------------------|-------|-------|----|---|-----|--|--|--|
| 89 | 2016-04-05 12:12:07 | 39,06 | 67,24 | 10 | 8 | 4,9 |  |  |  |
|----|---------------------|-------|-------|----|---|-----|--|--|--|

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Строительство в сейсмических районах. Норма проектирования (СН и П-П-7-81). - М.: Стройиздат, 1982. - 49 с.
2. Градостроительные нормы и правила. Строительство в сейсмических районах. Гидротехнические сооружения. ШНК 2.06.11-04. Издание официальное. - Т.: Гос. Комитет РУз по архитектуре и строительству, 2006. - 103 с.
3. Hamidov L. Local Seismicity of Reservoir Areas Based on Digital Seismometric Observations // Problems of Cybernetics and Informatics. - Baku, 2012. - Vol. III. - P. 85-89.
4. Курилиш меъёрлари ва қоидалари. Зилзилавий ҳудудларда курилиш. (ҚМҚ 2.01.03-95). Расмий нашр / ЎзР Давархитектқурилишқум. - Т.: Ибн-Сино номли ТНМБ, 1995. - 59 с.
5. Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях единой системы сейсмических наблюдений СССР. - М.: Научка, 1981. - 272 с.
6. Местная сейсмичность зон водохранилищ / Зияудинов Ф.Ф., Хамидов Л.А., Артиков Ф.Р., Хамидов Х.Л., Фахриддинов Ж.Ф. // Проблемы сейсмологии в Узбекистане. - Т.: ИС АН РУз, 2015. - № 12. - С. 75-82.
7. Механизм дополнительного напряженно-деформированного состояния на основаниях водохранилищ / Хамидов Л.А., Фахриддинов Ж.Ф., Адиллов К.А., Ядигаров Э.М. // Там же. - С. 82-88.
8. Способ 2D численного моделирования квазистатических напряжений на структурированных основаниях крупных водохранилищ / Зияудинов Ф.Ф., Хамидов Л.А., Артиков Ф.Р., Хамидов Х.Л., Фахриддинов Ж.Ф. // Там же. - С. 103-106.
9. Исследование сейсмичности ближних зон водохранилищ / Хамидов Л.А., Артиков Ф.Р., Зияудинов Ф.Ф., Хамидов Х.Л., Фахриддинов Ж.Ф. // Тр. науч.-техн. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения Н.И.Кригера. - М.: ОАО «ПНИИИС», 2015. - С. 134-138.
10. Инженерные основы цифрового сейсмометрического наблюдения в зоне водохранилищ Узбекистана / Хамидов Л.А., Зияудинов Ф.Ф., Хамидов Х.Л., Артиков Ф.Р. // Девятая междунар. науч.-практ. конф. по проблемам снижения природных опасностей и рисков «ГЕОРИСК-2015». - М.: Институт геоэкологии им. Е.М.Сергеева РАН, 2015. - С. 211-217.

Статья представлена членом редколлегии докт. физ.-мат. наук, академиком К.Н.Абдуллабековым.