

Ахмедов М.А., канд. физ.-мат. наук, в. н. с.,
Салямова К.Д., д-р техн. наук, проф., в. н. с.

Институт сейсмостойкости сооружений Академии наук Республики Узбекистан

К ВОПРОСУ СЕЙСМОБЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ (ПЛОТИН)

Klara_51@mail.ru

Выполнен анализ степени сейсмообеспеченности грунтовых плотин Республики. Приведены данные повреждений и разрушений плотин после некоторых произошедших землетрясений, сделаны выводы и даны рекомендации, повышающие устойчивость и безопасное их функционирование.

Ключевые слова: землетрясения, плотины, разрушения, повреждения, устойчивость.

Введение. В странах, которые большей частью является сельскохозяйственными, ирригационные сооружения, многие системы энергетики и коммунальной инфраструктуры связаны со строительством различных плотин, дамб и заградений. Они являются важнейшими объектами экономики этих стран, и в особенности стран, где водные ресурсы ограничены и реки имеют переменные течения, временами с весьма низким уровнем воды. Поэтому для удовлетворения нужд отраслей экономики этих стран необходимо соответственное накопление воды. И в этом плане водохранилища играют важную роль для производства электроэнергии, для равномерного удовлетворения водой нужды сельского хозяйства (в настоящее время водохранилища Республики Узбекистан обеспечивают водой около 90 % сельскохозяйственного производства, ГЭС дают 40 % электроэнергии), снабжения питьевой водой населения и в целом для устойчивого функционирования других отраслей экономики, главное – безопасность порядка 50 % населения проживающего в регионе.. С другой стороны они могут быть разрушены (например, при землетрясениях). Даже их частичное разрушение или повреждение может привести к прорыву водохранилища и почти мгновенному затоплению населенных пунктов, промышленных объектов и сельскохозяйственных угодий. Тем самым наносится огромный экономический ущерб с многочисленными человеческими жертвами, происходит нарушение экологии окружающей среды.

Методология. На основе опыта изучения последствий ряда землетрясений для г. Ташкента разработана методология и концепция оценки сейсмического риска с целью составления планов мероприятий по его снижению, которые вполне приемлемы для плотин и других гидротехнических сооружений с учетом корректировки отдельных положений, учитывающих их специфику.

Основная часть. Вся территория Республики Узбекистан в большей или меньшей степе-

ни подвержена землетрясениям, но не строить плотины с их гидроэнергетическими узлами означало бы ограничить развитие многих естественных ресурсов, необходимых для развития экономики и жизнедеятельности населения.

В связи с этим в Республике плотины начали строить еще сначала прошлого века, они создавались даже на территориях, где раньше отмечались землетрясения. Например, в районе в недалеком прошлом отмечались ряд землетрясений: Пскемское 73 г., с интенсивностью 8 баллов, магнитудой $M=6$ и глубиной гипоцентра $h=20$ км; Бричмуллинское с интенсивностью в 7 баллов, магнитудой $M=6$ и глубиной очага $h=15$ км; Таваксайское 1977 г., с интенсивностью 7 баллов, магнитудой $M=5$ и др. [1].

По технико-экономическим показателям, технологии строительства, здесь наибольшее распространение получили грунтовые плотины и из эксплуатируемых в настоящее время 55 плотин: 29 – земляные однородные; 17 – земляные (каменно-земляные) с ядром; 6 – земляные с экраном.

Наибольшее число подобных плотин эксплуатируются в Нидерландах (100 %), в Англии (67 %), наименьшее – в Норвегии (1 %) и в Австрии (12 %).

Но больше всех грунтовые плотины строятся в высоко сейсмических районах Японии, Китая и США. Они возводятся из доступных и дешевых местных материалов и практически на любых основаниях. Например, в Японии за последние 70 лет было построено 1852 плотины, из них 1227 – из грунтовых материалов, в том числе 43 – каменно-набросных. В США ежегодно строится 125 плотин, и почти все из грунтовых материалов.

В Центральной Азии из гравийно-галечниковых и каменно-земляных материалов построены Чарвакская, Нурекская, Ронгунская и др. плотины.

Но плотины, как и другие гидротехнические сооружения, могут разрушаться при воздействии

на них землетрясений. Статистика свидетельствует, что вызванные повреждением подпорных сооружений в связи с сейсмическим фактором начитывает десятки, а с учётом земляных дамб – многие сотни случаев, включая высокие плотины различных конструкций [2]. Выход их из строя чреват серьезными экономическими потерями, связанными с частичным или полным прекращением снабжения потребителей водой, электрической энергией и теплом.

Ежегодно в мире происходят повреждения, отказы и аварии около 15 % всех построенных плотин. Порядка 70–75 % этих событий связана с грунтовыми плотинами. Широко известны крупные аварии национального масштаба таких плотин с человеческими жертвами, с большим, социальным и экологическим ущербом: Мачху-11 (Индия); Буффало Крик, Каньон-Лейк и Титон (США); Тоус (Испания); Тоухоу (Китай); Орос (Бразилия); Хаюкори (Южная Корея) и другие.

По этому вопросу безопасности плотин приобретает особую актуальность, так как в настоящее время во многих государствах имеется значительное число плотин, повреждение или разрушение которых может повлечь за собой серьезные социальные, экономические и экологические последствия. Например, разрушение плотин Сарезского озера грозит потоплением городов Узбекистана, Таджикистана, Афганистана и в меньшей степени Туркменистана [3], от Чарвакского водохранилища исходит потенциальная опасность наводнения г. Ташкента и его пригородов [1].

В республике, где помимо водохранилищ, имеются 23 речных водозаборных гидроузла и 180 селехранилищ. Особую опасность представляют участки обвальных перекрытий, способствующих возникновению озер. Сейчас в горноскладчатых областях Узбекистана и смежных территориях Киргизии и Туркменистана наблюдаются около 43 горных завальных озер. Из них 11 – находится в Узбекистане, 119 – в Киргизии, 12 – в Туркменистане.

Многие водохозяйственные объекты были построены уже давно. Так, Асакинский гидроузел и Саларская ГЭС были построены в 1926 году. Раватходжинский гидроузел был построен в 1929 году. Большой Ферганский канал был построен в 1939 году, а последняя реконструкция канала Даргом – в 1930 году, Каттакурганское водохранилище было построено в 1941 году. К 2000 году были проведены капитальные ремонты только на 6 водохранилищах. Остальные объекты нуждаются в ремонте или замене оборудования металлоконструкции, укрепления нижних бьефов и т.п. Наблюдение за селехрани-

лищами ведутся на недостаточном уровне, поэтому об их техническом состоянии судить трудно [4].

За последние 100 лет воздействие землетрясений различной интенсивности от 4–6 баллов и выше испытали около 400 грунтовых плотин, дамб и насыпей [5]. При этом количество повреждений и аварий этих сооружений, вызванных землетрясениями, составило в разных странах от 1 до 6 % по сравнению с числом таких случаев от воздействия других причин. По статистическим данным 1966 г. например, из 1226 плотин Японии, 90 % которых имели высоту более 15 м, получили деформации и повреждения, в 6 % случаях их причины были связаны с землетрясениями.

В табл. 1 приведены данные о поведении некоторых гидросооружений из грунтовых материалов при некоторых произошедших землетрясениях с интенсивностью свыше 6 баллов. Дамба Тарбела – это одна из крупнейших электростанций в стране (мощность – 3478 МВт), расположена в 50 км от Исламабада. Строительство ГЭС началось в 1968 г., окончание строительства произошло в 1977 году. Поскольку главным источником Инда является таяние ледниковых вод Гималаев, река несёт огромное количество седиментации. Ежегодно количество наносов составляет около 430 млн. тонн. Это означает, что с течением времени, водохранилище будет переполнено. Срок полезного использования данной плотины – около пятидесяти лет, после завершения строительства дамбы в 1977 году, резервуар был бы заполнен к 2030 году.

Однако, сейчас седиментация значительно ниже, чем прогнозировалась ранее. В настоящее время, по предварительным оценкам, срок эксплуатации плотины будет до 2060 года [10].

Выводы. Анализ последствий от воздействия землетрясений на грунтовые плотины еще раз подтверждают, что вопрос безопасности их приобретает особое значение и актуальность тем, что во многих государствах имеется значительное число плотин, повреждение или разрушение которых может повлечь за собой серьезные социальные, экономические и экологические последствия. Отсюда возникает необходимость в обеспечении безопасности каждой плотины, для этого необходимо принять все меры к тому, чтобы данное сооружение не представляло угрозы для жизни людей, их здоровья, имущества, а также для окружающей среды.

Для повышения устойчивости гидротехнических сооружений и их безопасного функционирования, необходимо, на наш взгляд, периодическое контрольное инспектирование и пери-

одическое проведение оценки прочности, надежности ГТС с привлечением соответствующих специалистов из научных организаций, обеспечение каждого сооружения организацией регулярных ремонтных и восстановительно – укрепительных работ, как это делается на строительных объектах жилищного и промышленного

направления. Это касается всех водохозяйственных объектов Республики, многие из которых уже выработали или близки к выработке 40–50 летнего срока эксплуатации, запасы прочности их исчерпываются и нуждаются в капитальном ремонте.

Таблица 1

Данные о повреждениях и разрушениях некоторых грунтовых гидротехнических сооружений от воздействия произошедших землетрясений в прошлом

№ п.п.	Плотина (страна)	Год постройки	Размеры плотины (высота : длина по гребню : ширина по гребню), м	Заложение откосов		Противо-фильтрационное устройство	Геологические условия основания	Возраст плотины до землетрясения, лет	Данные о землетрясении	Характер деформаций и повреждений
				верхового	низового					
1	Сан-Андреас (США)	1870	29,0 : 272 : 7,5	3,5	3,0	центральное ядро из уплотненной глины	деловий 12,2, подстилаемый скалой	5	1875г.	Разрушена
								28	1898г.	Разрушена
								36	18.04.1906г. Сан-Франциско, М=8,3, ускорение-0,25g, разрыв через плотину	сдвиг гребня на 2,0 м; продольные трещины по гребню шириной 7,5 см, длиной 45 м, имели место так же поперечные трещины (рис. 1) [6]
2	Сан-Фернандо нижняя (США)	1912-1930	43,3 : - : -	-	-	однородная из несвязанных грунтов	слой аллювиальных отложений, подстилаемый скалой	58 после укрепления-47	7.11.1971г. Лос-Анже-лес (Калифорния, США); М=6,6; баллов, R=14км, а=0,4-0,5g,	оползень берега и верховой призмы длиной 305 м из-за разжижения грунта (рис. 2) [6]
3	Бхудж (Индия)	В результате землетрясения 26.01.2001г. М=7,9 и J=8 баллов повреждения различной тяжести получили 245 небольших земляных плотин и дамб. Погибло 80 тыс. человек (рис.6) [7].								
4	Роджерс (США)	В результате землетрясения 23.08.1954г. в г. Фэллон с М=6,6; J=7 б., R=57км, а=0,07g полностью разрушена земляная плотина Роджерс Дам [9] (рис.3)								
5	Сычуань (Китай)	12.05.2008г. произошло землетрясение в г. Сычуань с М=7,9-8,0 и J=11 баллов. В результате подземных толчков разной степени повреждения получили 1583 плотины самых разных типов, в том числе несколько крупных. Погибли 69 тыс. человек, несколько миллионов остались без крова (рис.7) [7].								
6	Тарбела Пакистан	1968-1977	147,9 : 2700 : -	1:2,65	1:1,8 при полной высоте 1:1,7	наклонное ядро из гравелистого материала	аллювиальные отложения 60-120 м подстилаемые скалой	-	31.06.1974г. Два сейсмических толчка с М=6,5 баллов, R=0 км	разрушение туннеля длиной 60 м, вынос материала верховой призмы, размыв скалы в нижнем бьефе
7	Чирюрская (Россия)	1964	37,5 : 540 : 9,5	2,5-3,5	2,0-2,5	центральное сутлинистое ядро	переслаивающиеся пласти плотных глин, песчаника и известняк	6	14.05.1970г. Кумторкалла (Дагестан, Россия); М=6,6; J=8 баллов, R=30км, а>0,10g, глубина очага h=12км	продольные трещины шириной до 40 см, глубиной 1,5 м и длиной по всей плотине с вертикальными смещениями по трещинам верхового клина до 20 см. Поперечные трещины в береговом примыкании и облицовки плотин.
										Наклон парапета в сторону верхового бьефа на 10-15 градусов (рис.5)
8	Озеро Яшинкуль (Киргизия)	В результате Ташкентского землетрясения 26 апреля 1966 г. с М=5,3, J=8,2, произошло проседание гребня плотины озера Яшинкуль и в июне 1966 г. из-за продолжительных дождей озеро переполнилось и 18 июня естественную плотину прорвало. В 1,5 от плотины веледствие размыва около 3 млн. м ³ грунта сформировался водокаменный сель высотой 12 м, обрушившийся в долину реки Тегирмоч [1].								

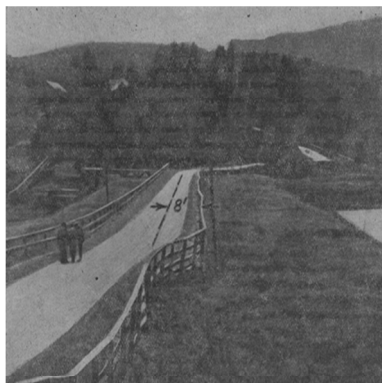


Рис. 1. Сдвиг в земляной плотине Сан-Андреас от воздействия землетрясения силой в 10 баллов в 1906г. [8]



Рис. 2. Вид на плотину Сан-Фернандо (нижняя) после землетрясения [6]



Рис. 3. Разрушение земляной плотины Роджерс Дам [9]



Рис. 4. Дамба Тарбела - действующая ГЭС в Пакистане на реке Инд

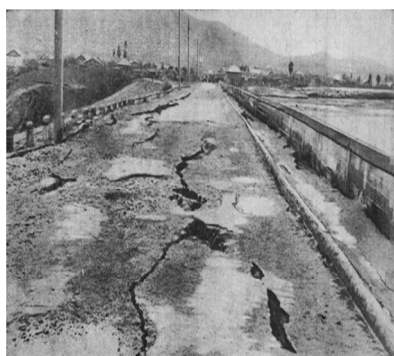


Рис. 5. Повреждения плотины Чирчюртской ГЭС при Дагестанском землетрясении 14.05.1976 г. [6]



Рис. 6. Продольные трещины на верховой грани плотины Фейтигахдх (Индия), вызванные землетрясением Бхудж 26.01.2001 г. [7]



Рис. 7. Фрагменты повреждения плотины «Зипингпу» во время землетрясения в г. Сичуань [7]

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ахмедов М.А. О повреждениях и сейсмостойкости водохозяйственных объектов // Водохранилища, чрезвычайные ситуации и проблемы устойчивости. Ташкент: НУУ. 2004. С. 15–31.
2. Бредлоу Д.Д., Пальмиери А., Салман М.А. Нормативно-правовая база безопасности плотин (сравнительно-аналитический обзор). М.: Весь мир, 2002. 173с.
3. Рысбеков Ю.Х. Озеро Сарез – как потенциальная угроза национальной и региональной безопасности // Материалы Первой республи-

канской научно-практической конференции. Ташкент. 1999. С. 29–31.

4. Антонов В.И. Водные ресурсы Узбекистана как часть общих водных ресурсов бассейна Аральского моря и их использование в современных условиях и в перспективе // Водные ресурсы, проблемы Арала, окружающая среда. Ташкент: «Университет», 2000. С. 19–39.

5. Савинов О.А., Сумченко Е.И. Сейсмические воздействия на гидротехнические сооружения // Повреждения плотин при землетрясениях (обзор). Вып.1. М., 1976. 30с.

6. Красников Н. Д. Сейсмостойкость гидротехнических сооружений из грунтовых материалов. М.: Энергоиздат, 1991. 240с.

7. Бронштейн В.И. Повреждения плотин при землетрясениях и методы их сейсмоусиления [Электронный ресурс]. URL: http://www/nasha_ucheba.ru (Дата обращения 10.09.2015 г.)

8. Гельфер А.А. Причины и формы разрушения гидротехнических сооружений. М., 1936. 319с.

9. Штейнбругге К.В., Моран Д.Ф. Повреждения, вызванные землетрясениями 6 июля и 23 августа 1954г. // Инженерный анализ последствий землетрясений в Японии и США. М.: Госстройиздат, 1961. С. 186–193.

10. Lorrain, C and Pasche, N. 'Tarbela Dam-Case Study' Swiss Federal Institute of Technology Zurich: April 2007.

Akhmedov M.A., Salyamova K.D.

ON THE PROBLEM OF SEISMIC SAFETY OF HYDRO-TECHNICAL STRUCTURES (DAMS)

An analysis of the degree of seismic provision in the Republic of Uzbekistan with earth dams is carried out in the paper. The data on dam damage and destruction caused by several earthquakes are given; the conclusions are drawn and the recommendations to increase the strength and safe operation of the dams are given.

Key words: earthquakes, dams, destruction, damage, strength.

Ахмедов Махраб Абдукадырович, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник.

Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз.

Адрес: Узбекистан, 100125, Ташкент, ул. Дурмон йули 31.

Салямова Клара Джаббаровна, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник.

Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз.

Адрес: Узбекистан, 100125, Ташкент, ул. Дурмон йули 31.

E-mail: Klara_51@mail.ru