

УДК 550.34

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ВОДОХРАНИЛИЩА, ОЗЕРА, ВОДОЕМЫ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ

Ахмедов М.А., Салямова К.Дж.

На основе изучения причин природных явлений, таких как обвалы и оползни в горах в результате сильных землетрясений, произошедших в прошлые времена в разных странах земного шара, сделан анализ разрушения завальных дамб. Выполнен анализ последствий воздействия на гидротехнические сооружения этих природных бедствий, приводящих к разрушению плотин, наводнению, значительным повреждениям сети железных, шоссейных дорог и т. п. Это все влияет на масштаб ущерба от землетрясений.

Ключевые слова: землетрясение, оползни, обвалы, водохранилище, гидротехнические сооружения, баллы, горные породы.

(Поступила в редакцию 15 февраля 2017 г.)

Введение. Сейсмические толчки, внезапно вызывающие резкие временные перераспределения напряжений в массиве пород вблизи активных разрывов и крупных трещин, являются нередко непосредственным поводом обрушения значительных по объему масс горных пород. Так, около 300 лет тому назад на территории Киргизии во время землетрясения произошел обвал, перегородивший долину реки Тегирмоч. Возникло озеро Яшин куль глубиной до 250 м и объемом около 20 млн. м³. В июне 1966 года из-за продолжительных дождей озеро переполнилось, и 18 июня естественную плотину прорвало; образовался прорыв шириной по низу 50-60 м и поверху 280-340 м, глубиной 90 м. Максимальный расход воды составил 5000 м³/с. Ринувшаяся вниз по р. Тегирмоч вода влилась в русло р. Исфайрамсай, по которой в это время проходил дождевой паводок. Вал воды высотой 10-12 м с шумом и ревом устремился вниз по реке, неся с собой камни, деревья, обломки домов и др. Поток бушевал семь часов, причинив значительные разрушения. Крупные обвалы, как следствие землетрясений, отмечалось в плейстосейсмой области Чаткальского землетрясения 1946 года, обвалы склонов в долине р. Чангель при Маркайсайском землетрясении 1962 года и др. [1].

Основная часть. С 18 на 19 февраля 1911 года, после нескольких сильных толчков, продолжавшимися в течение двух минут, произошел обвал правого склона в нижнем течении реки Мургаб, перегородивший долину реки. Наибольшая ширина завала по дну долины была более 5 км, длина его русла около 1 км, наибольшая высота средней части 650-700 метров и объем составил 2,2-2,4 км³. В сентябре того же 1911 года аккумулятивные в горной котловине воды реки Мургаб затопили кишлак Сарез, образовалась Сарезское озеро – одно из самых больших завальных озер мира [2]. Каменная плотина, перекрывшая реку Мургаб, получила название Усойского завала по наименованию погребенного кишлака Усой, в котором погибли 57 жителей, а во всей Орошорской волости Памирского района, где находился и кишлак Усой, погибло 180 человек. Все примитивные пути общения между населенными пунктами района – горные тропы, овраги, насыпные балконы – были разрушены. Кроме долины реки Бартанг разрушение и жертвы были во всех крупных населенных пунктах, расположенных в долинах рек Гунт и Пяндж, Хоробе, Рушане, Шугнани, Иш-кашими, Мургабе. На территории Афганистана – в Кабуле, Ханабаде, Файзибаде было разрушено около 400 жилых построек, погибло и получило ранения более 700 человек. На озере Каракуль, в 120 км от Усайского завала, образовавшейся волной был взломан и выброшен на восточный берег ледяной покров, достигающий толщины 80 см. Когда волна схлынула, на берегу осталось полоса льда шириной 500 м. В зоне самого обвала обломки горных пород отлетали на 16 км, каменные глыбы объемом в несколько кубометров оказались отброшенными на расстояние 3-4 км от завала водохранилища [3].

В 1999 году у озера Сарез были следующие размеры: площадь водного зеркала

80 км², объем 17 км³, наибольшая глубина 505 м. Приток и отток воды в нем сбалансирован – это одно из самых больших завальных озер мира. Оно расположено в чрезвычайно сейсмоактивной зоне, на что указывают серии сильных землетрясений в этом районе Памира. За период с 1940 по 1980 гг. здесь было зафиксировано 25 землетрясений силой свыше 5 баллов и три силой 7 баллов и два силой 4 балла. В результате этих землетрясений в озере сошло большое количество обвалов.

Причиной высокой сейсмичности является близость крупного Рушан-Пшартского регионального тектонического разлома, от которого отходит большое количество мелких разломов. Сейсмологическая структура разлома относится к категории наиболее опасных с возможным возникновением глубинных землетрясений с магнитудой 7-9. Это обуславливает происхождение на поверхности землетрясений силой более 9 баллов. С учетом этого учеными и специалистами Академии наук Республики Таджикистан просчитаны возможные варианты обрушения горных масс с объемом породы от 20 до 2000 млн.м³. Если принять средний для условий Сареза правобережный обвал в 1000 млн. м³, то плотину перелестнет волна высотой 80-120 м, за какие-то 1-2 минуты через нее перельется около 100 млн. м³ воды. При развитии событий по худшему сценарию – прорыв завала или выплеск грандиозной разрушительной волны, когда разрушительный каменный поток ринется в нижерасположенные долины, сметая населенные пункты и инфраструктуру, а в равнинных частях своего пути вызовет наводнения. По приведенным цифрам на международном семинаре, посвященном проблемам Аральского моря (г. Вашингтон, 1993 г.), зона поражения от прорыва плотины Сарезского озера составляет 52 тыс. км², в которую входят значительные территории Таджикистана, Узбекистана и в меньшей степени, Афганистана и Туркмении, и проживают примерно 5 млн. человек. В связи с этим складывающаяся ситуация прямо затрагивает интересы безопасности как национального, так и регионального уровней [4].

Опасность для объектов народного хозяйства состоит не столько в самих сейсмических воздействиях, сколько в образующихся после землетрясения оползнях и обвалах. Как и при Сарезском 1911 года землетрясении, Каратегинское (1907 г.), Файзабадское (1943 г.), Хайитское (1949 г.), Гиссарское (1989 г.) сотрясения также сопровождалось смещением склонов больших масс горных пород. Помимо механического воздействия, роль землетрясения как фактора формирования оползней зависит от «чувствительности» самого склона. Поскольку степень устойчивости склонов в течение даже одного года изменяется в широких пределах, то сила воздействия землетрясений на ее склоны также не одинакова. Часты случаи, когда землетрясения силой 8-9 баллов не вызывали деформации склонов, а небольшие толчки в 3-4 балла способствовали образованию крупных оползневых смещений. Сочетание интенсивности землетрясений, частоты повторяемости толчков с другими факторами – обводненность, состав, состояние и свойства грунтов, условия рельефа, тектоники и др. создают различные показатели устойчивости горных склонов. Так, при значительных удалениях от эпицентральных зон сейсмодислокации возникают только в наиболее податливых и крутых склонах (круче 40-45°), преимущественно в условиях значительного увлажнения грунтов. Так, например, при Гиссарском землетрясении 23 января 1989 года с магнитудой $M = 5,2$, глубиной очага 5-7 км и интенсивностью 7 баллов возникли крупные оползни и оплывуны, которые обрушились на кишлаки Шарора, Оккули-Боло, Оккули-Поев. В районе кишлака Шарора склон лессового массива был подрезан дорожной магистралью. Высота вертикальной стенки оставляла более 10 метров. Водонасыщенная толща испытывала давление от сухой толщи лессовых пород мощностью 10-12 м. Вся эта масса ко времени землетрясения находилась в состоянии неустойчивого равновесия. Во время землетрясения в лессовом массиве произошли крупные оползни, оплывуны, обвалы и другие виды остаточных деформаций. Под многометровым слоем земли оказались около ста домов, административных и социальных объектов, животноводческих помещений. Оползни, образуя ступенчатые перекосы, обрушились на часть кишлака Шарора. Под телом

оползня остались более 50 дворов, в которых погибло около 200 человек. Из домов, расположенных вблизи от лессового массива, никто из жителей не смог спастись. Из домов, расположенных у нижнего края оползня спасся только один человек. Все это свидетельствует о том, что скорость движения оползня в начале процесса была очень большой, затем начала замедляться. Оползень, разрушивший кишлак Оккули-Поен, произошел на другой стороне холма Уртабоз. Интенсивность землетрясения такая же, как и в кишлаке Шарора – 7 баллов. Оползнем была унесена часть площади под хлопчатник, яблони и виноградники в западном направлении по склону, имеющему незначительный уклон. В зоне оползня оказалась часть кишлака Оккули-Боло. В итоге, в спящих кишлаках погибло 274 человека, погибли тысячи голов скота, были разрушены дороги, оросительные сети, линии электропередач. Таким образом, в пределах орошаемого массива образовался «подвешенный» техногенный переувлажненный грунт, который стал основной причиной образования катастрофического сейсмо-оползневого явления [5].

Есть много примеров возникновения очень крупных оползней и обвалов с высокими скоростями, связанные с воздействием сильных землетрясений в других частях земного шара. К примеру – оползни Мэдисон (США, 1959 г.), Шерман-Глейшер (Аляска, США, 1964 г.), Юнгай (Перу, 1970 г.) были обусловлены землетрясениями и вызванными ими разжижениями грунта, например, Ганьсу (Китай, 1920 г.) [1, 3].

Другим примером подобного природного явления является катастрофа 9 октября 1963 года в водохранилище Вайонт (Италия). Одна из высочайших в мире арочных плотин (высотой 265,5 м, толщиной 3,4 м в верхней части и 22,7 м в нижней части, длиной гребня 105,5 м, глубиной до 250 м) была построена в 1960 году на южном склоне Альп в узком ущелье реки Вайонт (Рис.1) [6].



Рисунок 1. – Плотина Вайонт, современный вид. С этого ракурса видны верхние 60-70 м бетонной кладки плотины. При аварии слой перелива воды доходил до верхней части фотографии [1]

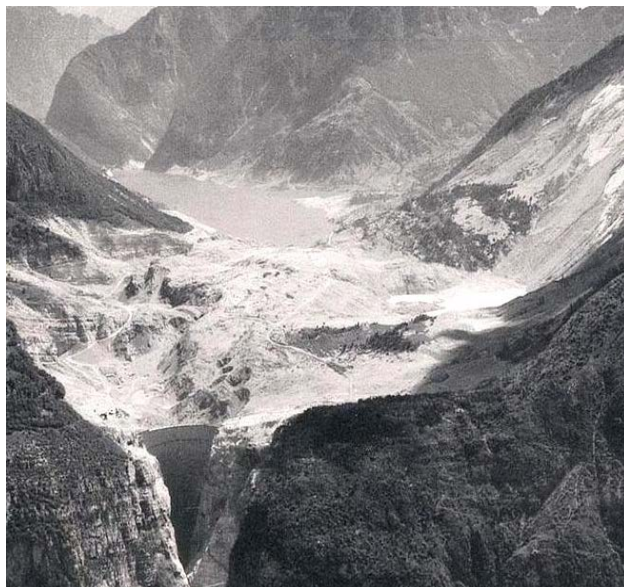


Рисунок 2. – Заполнение водохранилища оползневой массой, спустившейся с горы Маунт-Ток с правой стороны [7]

За три года с момента завершения строительства гидроузла подпруженная река создала Вайонтское водохранилище в 90 км к северу от Венеции. В злополучный день 9 октября 1963 года, с левого борта водохранилища с высоты 1200 м над дном долины обрушился со скоростью 15-30,5 м/с громадный оползень-обвал объемом до 360 млн. м³ скальных пород. Он перелетел через ущелье Вайонт, не коснувшись его дна, и поднялся на правый берег на высоту до 140 м. Оползень вызвал гигантский выплеск и почти полностью вытеснил воду из водохранилища. 114 млн. м³ воды выметнулась над гребнем плотины чудовищной волной высотой 264 м. Она поднялась над гребнем плотины почти на 100 м. Об-

разовавшая волна высотой 70 м ринулась вниз по долине реки Вайонт, сметая все на своем пути. Она смыла расположенные в ущелье Вайонт служебные помещения обсерватории, где велись тщательные наблюдения за динамикой развития оползня со всем обслуживающим персоналом, и вырвавшись в главную долину реки Пьява, уничтожила города Ложероне, Пираго, Вилданова, Ривальта и Фас (рисунки 2 и 3) [1, 8,9]. Жертвами стихии, стали около 3000 человек, погибли 350 семей. Примечательно, что сама 262-метровая плотина устояла. Однако с тех пор водохранилище больше не наполняется. На рисунках 3 и 4 приведены последствия катастрофы [10,11].

Анализ последствий катастрофы показал, что она была вызвана неблагоприятными геологическими условиями, усугубившимися в связи с изменением уровня грунтовых вод из-за обильных дождей (с 28 сентября по 9 октября) и увеличения поверхностного стока. От гидравлического удара было зарегистрировано сейсмическое сотрясение в городах Вене и Брюсселе, однако землетрясения, которое могло бы послужить толчком для возникновения оползня, не было.



Рисунок 3. Обломочные отложения и спасательные работы в долине реки Пьяве после катастрофы [10]



Рисунок 4. – Поселок Лонгароне до и после трагедии [11]

При этом на интенсивность процесса волнообразования в водохранилище влияли следующие факторы: общий объем обрушившейся массы горных пород, общее время обрушения и его средняя скорость, протяженность фронта обрушения, характер вхождения обрушающихся пород в воду. Причем наибольший интерес представляет быстрое обрушение и оползание значительных объемов грунта. Предполагается, что время обрушения быстрых оползней лежит в интервале от десятков секунд до нескольких (1-5) минут, а скорости могут достигать десятков метров в секунду.

Обрушения плотин в результате землетрясений – страшная угроза для миллионов людей, живущих в потенциально затопляемых зонах ниже плотин. К примеру, в ближайших окрестностях Сан-Франциско расположены 226 плотин; более полумиллиона человек живет в зоне возможного затопления этих плотин. А именно:

- нижнее водохранилище Кристалл Сирингз может затопить большую территорию в городе Сан-Матео;
- водохранилище Лексингтон может затопить города Сан-Хосе;
- водохранилище Сан-Пабло может затопить г. Сан-Пабло и др. [9].

При землетрясении наблюдаются понижения больших участков суши. Из-за проседания грунта участки земли наклоняются, растрескиваются, разламываются, вызывая повреждение зданий, дорог, мостов и трубопроводов. Проседания особенно заметны на грунтах, легко поддающихся сжатию – это насыпные грунты. Во время землетрясения 1906 года в Сан-Франциско проседания произошли в районах, где грунт был подсыпан. Там, где проседание превысило метр, на улицах и в домах возникли большие трещины и были разрушены подземные коммуникации [9].

При Чилийском землетрясении 22 мая 1960 года – одного из сильнейших из когда-либо пережитых человечеством, огромная полоса земли шириной 20-30 км и протяженностью 500 км внезапно опустилась и площадь в 15 тыс. км² или 1,5 млн. га опустилась почти на 2 метра за какие-то 10 секунд. Землетрясение в той же Чили в 1906 году сопровождалось поднятием полосы Чилийского побережья, протяженностью 300 км почти на 1 метр [1, 12, 13]. При Тянь-Шанском землетрясении 1976 года в Китае, тяжелые повреждения получили системы ирригации, а одна прибрежная деревня, осевшая на 3 м метра ушла под воду [1].

В соответствии с этим в сейсмических районах при строительстве гидротехнических сооружений предъявлялись особые повышенные требования. Так как, во-первых, сооружения типа плотин чрезвычайно дороги, а во-вторых, даже частичное повреждение их может привести к прорыву водохранилища и почти мгновенному затоплению населенных пунктов, промышленных объектов и сельскохозяйственных угодий. Приведенные примеры и анализ воздействия других землетрясений на гидротехнические сооружения показывает, что от разрушения плотин и последующего наводнения могут получить значительные повреждения сети железных и шоссейных дорог, мосты, путепроводы, насыпи и др. [13]. Повреждения транспортной сети, существенно осложняет бедствия пострадавшего при землетрясении района, затрудняя переброску спасательных отрядов, борьбу с пожарами, доставку продовольствия и восстановительных работ. Наводнения, вызванные разрушением плотин, крупных резервуаров, как искусственного, так и природного происхождения и находящихся в наиболее сейсмоактивных зонах Центрально-Азиатского региона будут существенно влияют на масштабы ущерба от землетрясений [13].

В связи с этим, если от Чарвакского водохранилища исходит потенциальная опасность наводнения г. Ташкента и его пригородов, то разрушение плотины Сарезского озера грозит потоплением городов Узбекистана, Таджикистана, Афганистана и в меньшей степени Туркменистана [1, 4, 13].

Уровни повреждения объектов, подверженных действию высокоскоростного потока можно оценивать по данным таблицы 1, установленным для сооружений на поверхности земли, высотой меньше 10 метров [9].

Таблица 1. – Среднее значение повреждения территорий от наводнений

| Толщина слоя воды, м | Среднее значение повреждения от наводнения, % |
|----------------------|---|
| 1 | 10 |
| 2 | 20 |
| 3 | 50 |
| 4 | 80 |
| 5 | 100 |

Из статистики повреждений плотин можно видеть, что разрушение земляных, арочных и гравитационных плотин под влиянием даже более или менее значительных землетрясений (7-8 баллов по 12 балльной системе) происходит, как редкое явление. Факт сейсмостойкости плотин объясняется, во-первых, закладкой большинства больших сооружений на скалистых, не разбитых сбросами и сдвигами основаниях и во-вторых, своеобразными конструктивными особенностями плотин, а именно сосредоточенной массой материала в нижней части сооружения и малом числе отверстий и колонн или стоек в верхней части объекта в отличие мостами и гражданскими сооружениями. Поэтому менее благоприятной конструкцией в смысле сейсмостойкости представляют плотины мостового типа, при большом числе высоких бычков и глубоких отверстий, в особенности, если обоснование их производится на рыхлых, сыпучих и глинистых грунтах, каковыми, например, являются аллювиальные отложения [9].

Инструментальные наблюдения великого Японского землетрясения в 1923 г. в Токио, показали, что на твердых грунтах наибольшее ускорение, т. е. внезапность, с какой наступает движение, вдвое меньше, чем на грунтах рыхлых, а эта характеристика движения является главной причиной разрушения сооружения. По данным этого землетрясения степень сотрясения в мягком аллювии достигла 30 %, в плотном делювии – 10 % [6].

Заключение. В сейсмических районах в частности Центрально-Азиатском регионе необходимо знать силу и частоту землетрясений и установить, не угрожают ли месту расположения гидротехнического сооружения естественные нарушения в земной коре в виде сбросов, сдвигов, обвалов, оползней, пещер и подземных потоков. После возведения этих сооружений необходимо заботиться о безопасности населения, проживающего в районах ниже по течению, и не забывать о вероятности будущих разрушительных землетрясений. Несомненно, что геологические условия в районе строительства, в том числе условия образования оползней и разрывов, должны изучаться самым тщательным образом соответствующими организациями МЧС и местных органов власти. Постоянно анализировать результаты мониторинга ответственных сооружений и вовремя принимать меры по их укреплению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахмедов, М.А. Землетрясение, последствия, защита / М.А. Ахмедов. – Ташкент: ТГТУ, 2016. – 352 с.
2. Макиевский, П., Мухабатов, Х. Таджикистан: Сарезское озеро: геодинамические, технические и социальные аспекты проблемы / П. Макиевский, Х. Мухабатов // Центральная Азия и Кавказ, 1999. – № 2(3). – С. 187-195.
3. Колобков, Н.В. Катастрофические оползни / Н.В. Колобков // Природа, 1963. – № 12. С. 112-113.
4. Рысбеков, Ю.Х. Озеро Сарез как потенциальная угроза национальной и региональной безопасности / Ю.Х. Рысбеков // И.А. Каримов «Узбекистан, устремленный в XXI век», Актуальные проблемы защиты населения от чрезвычайных ситуаций: материалы Первой Республиканской научно-практической конференции. – Ташкент, 1999. – С. 29-31.
5. Джураев, А., Туйчиев, И.А. Последствия сильных землетрясений и вопросы защиты населения / А. Джураев, И.А. Туйчиев // И.А. Каримов «Узбекистан, устремленный в XXI век», Актуальные проблемы защиты населения от чрезвычайных ситуаций: материалы Первой Республиканской научно-практической конференции. – Ташкент, 1999. – С. 59-61.
6. Гир, Дж., Шах, Х. Зыбкая твердь / Дж. Гир, Х. Шах. – М.: МИР, 1988. – 219 с.

7. Техногенные катастрофы: Плотина Вайонт, Италия, 1963 // [Электронный ресурс]. – <http://industrial-disasters.ru/disasters/vajont-dam/>. – Дата доступа: 10.02.2017.
8. Мюллер, Л. Оползень в долине Вайонт / Л. Мюллер // Проблемы инженерной геологии, 1967. – № 4.
9. Анализ и оценка повреждений гидротехнических сооружений / М.А. Ахмедов, К.Дж. Салямова. – Ташкент: Фан ва технология, 2016. – 158 с.
10. Волна смерти: катастрофа на плотине Вайонт // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://realt.onliner.by/2015/04/22/vajont?clwjskumynkbjzjf>. – Дата доступа: 10.02.2017.
11. Плотина Вайонт 9 октября 1963 года // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://russos.livejournal.com/878767.html>. – Дата доступа: 10.02.2017.
12. Rojahn, C., Sharpe, R.L. Earthquake damage evaluation data for California // Applied Technology Council, Redwood City, California USA, 1985. – Vol. 13. – 492 p.
13. Робертс, Э. Когда сотрясается земля / Э. Робертс. – М.: МИР, 1966. – С. 26-29.

LANDSLIDE PROCESSES AND THEIR EFFECT ON WATER RESERVOIRS, LAKES, PONDS DURING SEVERE EARTHQUAKES

Mashrap Akhmedov, Candidate of Physical and Mathematical Sciences

Klara Salyamova, Doctor of Technical Sciences

Institute of Seismic Stability of Structures of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

Purpose. The purpose of the article is an assessment of the hazard and the causes of natural phenomena such as avalanches and landslides in the mountains during severe earthquakes occurred in the past in different countries of the world (United States, Peru, China, Italy, Tajikistan, Uzbekistan). The aim of this study is to assess the hazards and their consequences on hydro-technical structures.

Methods. Statistical data on the effect on hydro-technical structures of the consequences of natural disasters and severe earthquakes occurred in the world are analyzed. The factors of their initiation are given.

Findings. Cases when the earthquakes cause the damage of dams and large reservoirs of both man-made and natural origin, located in seismically active areas of the Central Asian region and their influence on the consequences (avalanches, landslides, displacement of rock masses), i.e. on the extent of the damage are given.

Application field of research. The obtained results should be considered in design, construction and operation of important structures in seismic regions in order to reduce the after-effects.

Conclusions. A number of recommendations for safe and reliable operation of hydro-technical structures in seismic regions are offered.

Keywords: earthquake, landslides, avalanches, reservoir, hydro-technical structures, seismic intensity, rock mass.

(The date of submitting: February 15, 2017)

REFERENCES

1. Akhmedov M.A. *Zemletryasenie, posledstviya, zashchita*. Tashkent.: TGTU, 2016. 352 p.
2. Makievskiy P., Mukhabatov H. Tadzhikistan: Sarezskoe ozero: geodinamicheskie, tekhnicheskie i sotsial'nye aspekty problemy. *Tsentral'naya Aziya i Kavkaz*, 1999. No. 2 (3). Pp. 187-195.
3. Kolobkov N.V. Katastroficheskie opolzni. *Priroda*, 1963. No. 12. Pp. 112-113.
4. Rysbekov Yu. Kh., Ozero Sarez kak potentsial'naya ugroza natsional'noy i regional'noy bezopasnosti. I.A. Karimov «Uzbekistan, ustremlyennyy v XXI vek», *Aktual'nye problemy zashchity naseleniya ot chrezvychaynykh situatsiy: materialy Pervoy Respublikanskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Tashkent. 1999. Pp. 29-31.
5. Dzhuraev A., Tuychiev I.A. Posledstviya sil'nykh zemletryaseniy i voprosy zashchity naseleniya I.A. Karimov «Uzbekistan, ustremlyennyy v XXI vek», *Aktual'nye problemy zashchity naseleniya ot chrezvychaynykh situatsiy: materialy Pervoy Respublikanskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Tashkent. 1999. Pp. 59-61.
6. Gir Dzh., Shakh H. *Zybka tverd'*. Moscow: MIR. 1988. 219 p.
7. *Tekhnogennye katastrofy: Plotina Vajont, Italiya, 1963*, available at: <http://industrial-disasters.ru/disasters/vajont-dam/> (accessed: February 10, 2017) (rus)
8. Mjuller L. Opolzen' v doline Vajont. *Problemy inzhenernoj geologii*, 1967. No 4.
9. Akhmedov M.A., Salyamova K.Dzh. *Analiz i otsenka povrezhdeniy gidrotekhnicheskikh sooruzheniy*. Tashkent: Fan va tekhnologiya, 2016. 158 p.
10. *Volna smerti: katastrofa na plotine Vajont*, available at : <https://realt.onliner.by/2015/04/22/vajont?clwjskumynkbjzjz> (accessed: February 10, 2017) (rus)
11. *Plotina Vajont 9 oktyabrya 1963 goda*, available at : <http://russos.livejournal.com/878767.html> (accessed: February 10, 2017) (rus)
12. Rojahn C., Sharpe R.L. Earthquake damage evaluation data for California. *Applied Technology Council*, Redwood City, California USA, 1985. V. 13. 492 p.
13. Roberts E. *Kogda sotryasaetsya zemlya*. Moscow: MIR, 1966. Pp. 26-29.