

Искусственные водохранилища – бомбы замедленного действия!?

Расчеты, выполненные для тектонического разлома Сан-Андреас в Калифорнии в США (рис. 1- 2), показывают, что в прибрежной зоне континента от вертикального давления и циклического горизонтального движения водных масс Атлантического океана возникает знакопеременный цикл растягивающих и сжимающих напряжений. Усталость гранитов

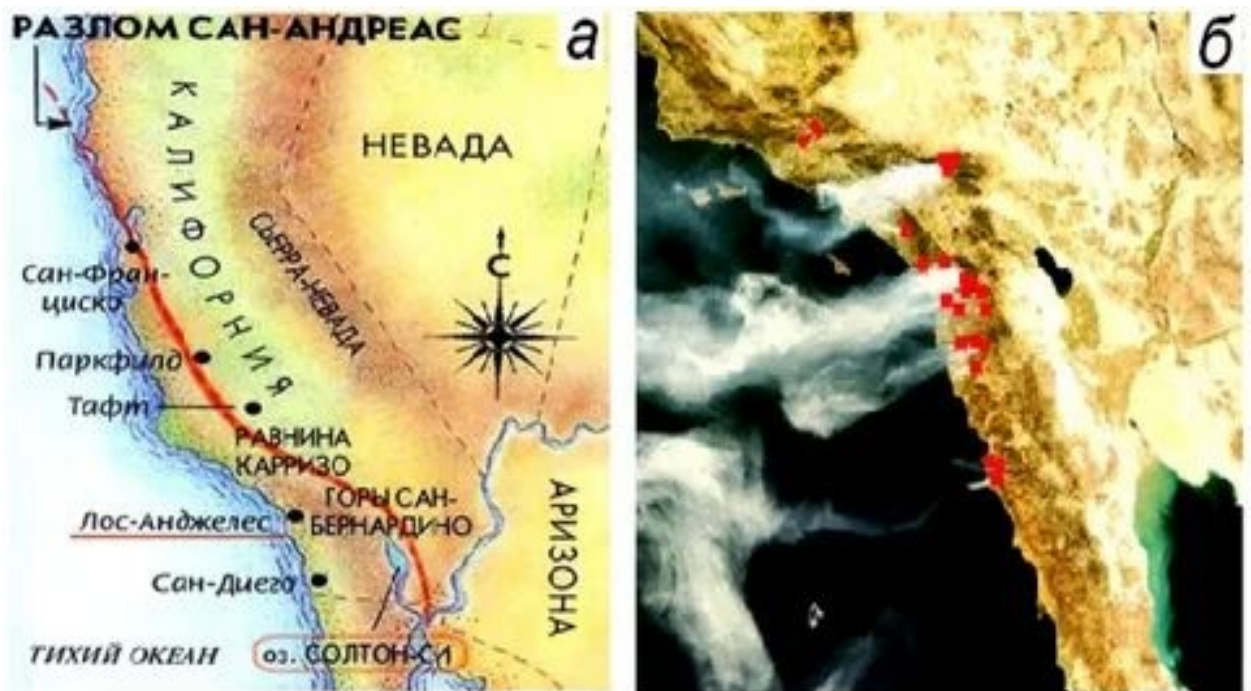


Рис. 1. Тектонический разлом Сан-Андреас

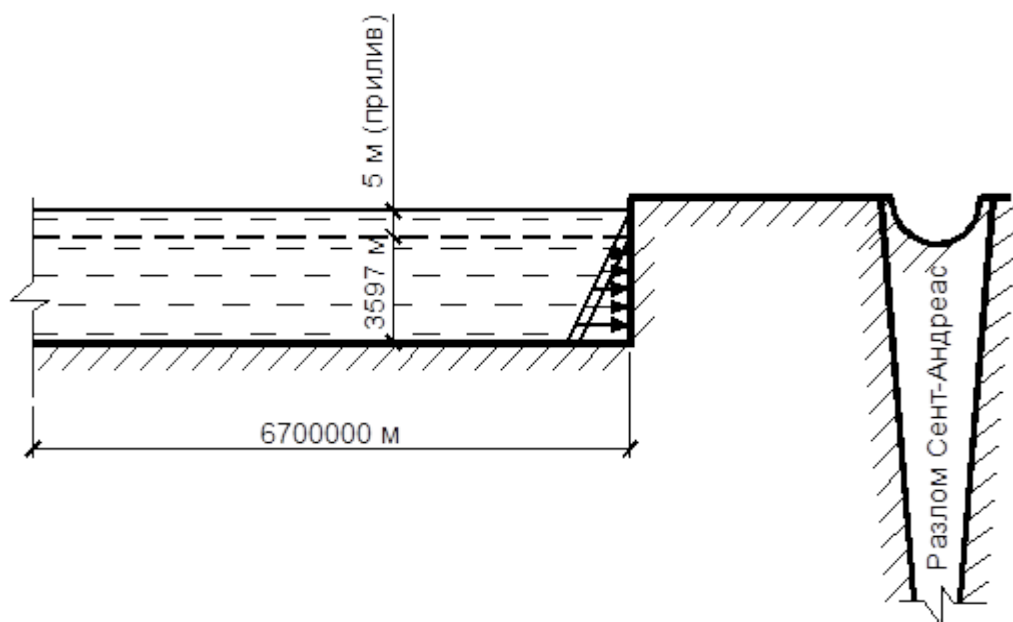


Рис.2. Схема нагрузок водной массы океана на территории вблизи разлома Сан-Андреас

континентальной зоны от знакопеременного цикла напряжений приводит в образованию трещин в гранитах, что вызывает землетрясения различной мощности. Повторяющееся образование трещин приводит к образованию и росту тектонического разлома. Обобщая результаты выполненных расчетов, можно сделать вывод, что **любой крупный водоем (океан, море, река, озеро и искусственное водохранилище) способен инициировать землетрясения на примыкающих к нему участках земной коры.** И, чем больше водоемов окружают участок земной коры, тем чаще там будут происходить землетрясения. Например, Турция, окруженная Средиземным, Эгейским и Черным морями, является очень сейсмоопасной зоной.

Инициаторами землетрясений могут являться и такие крупные водоемы как искусственные водохранилища. Самым ранним известным случаем землетрясений, вызванных созданием водохранилища, считаются землетрясения в Греции в районе водохранилища Марафон (рис. 3) на реке Чарадрос. Водоохранилище было построено в 1926-1929 годах для водоснабжения Афин. Уже во время заполнения водохранилища наблюдалась сейсмическая активность на прилегающих территориях. Все эпицентры слабых землетрясений находились в пределах 15 км от плотины. Землетрясения фиксировались и в 1931 году, а в 1938 году произошли два землетрясения интенсивностью более 5 баллов. Землетрясения недалеко от водохранилища Марафон фиксируются и в настоящее время.



Рис. 3. Водохранилище Марафон

Проанализируем текущую ситуацию с землетрясениями на территориях вблизи водохранилищ крупнейших ГЭС России (рис. 4). Основной рассматриваемой информацией является год ввода ГЭС в эксплуатацию (заполнения водохранилища) и последующие землетрясения рядом с водохранилищем.



Рис. 4. Крупнейшие ГЭС России

Камское водохранилище и ГЭС: первые два гидроагрегата дали ток 18 сентября 1954 года. В 2021 году сообщалось, что учёные-сейсмологи добивались у властей средств для размещения сети сейсмических станций рядом с селом Таборы в Добрянском районе Пермского края из-за ежегодных

аномально частых слабых землетрясений в этом месте. Землетрясения магнитудой до 3 фиксировались на участке размером примерно 10x30 км.

Жигулевская ГЭС: Куйбышевское водохранилище (рис. 5) создано в 1955–1957 годах в результате завершения строительства плотины Волжской ГЭС имени В. И. Ленина (ныне Жигулёвская ГЭС), перегородившей долину реки у города Ставрополя-на-Волге (ныне Тольятти). В 2023 году специалисты отмечали, что слабые техногенные землетрясения интенсивностью до 3 баллов регулярно наблюдаются в весеннее время в районе плотины Жигулёвской ГЭС.

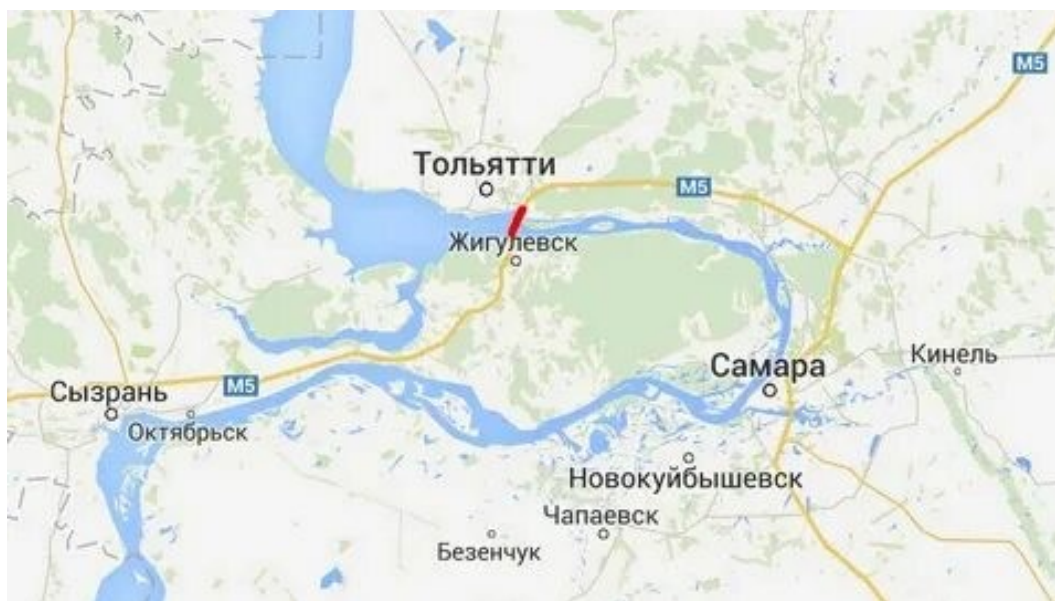


Рис. 5. Куйбышевское водохранилище и Жигулевская ГЭС

Новосибирская ГЭС: ввод агрегатов в эксплуатацию 1957–1959 годы. В настоящее время рядом с водохранилищем фиксируется большое количество слабых землетрясений.

Братская ГЭС: Наполнение водохранилища завершено в 1967 году (рис. 6). В 1996 году произошло землетрясение интенсивностью 6 баллов с эпицентром на берегу реки Оки, где она впадает в Братское водохранилище. 9 августа 2002 года произошло землетрясение интенсивностью около 6 баллов, эпицентр находился в 120 км восточнее Братска и в 65 км южнее Железногорска. В Братске ощущались подземные толчки интенсивностью до 3 баллов.

Саратовская ГЭС: 14 октября 1967 года выполнено затопление котлована Саратовской ГЭС. В 2000 году было зарегистрировано два землетрясения, 25 ноября и 6 декабря, интенсивность которых достигала в отдельных местностях 6 баллов. На стенах некоторых домов в Саратове образовались трещины. Для мониторинга сейсмической обстановки в 2012 году специалисты Геофизической службы Российской академии наук

(РАН) установили систему сейсмического мониторинга. Сейсмостанции расположены в четырёх пунктах: на территории пожарной части №15, на выезде из города по Вольской трассе, в селе Белогорное Вольского района и в плотине Саратовской ГЭС.

Красноярская ГЭС: введена в эксплуатацию в 1971 году (рис. 7). В 2011 году произошло землетрясение в 78 км от Саяно-Шушенской ГЭС. В эпицентре интенсивность составила 7 баллов. На Красноярской ГЭС зафиксировали интенсивность 4,5 балла. В октябре 2025 года произошли два землетрясения вблизи ГЭС: первое магнитудой 4,2 произошло в Бейском районе, интенсивность в эпицентре составила около 5,2 балла; **второе** магнитудой 4,3 зарегистрировано в районе села Калы в 15 км от Саяногорска.

Краснодарская ГЭС: официальное открытие водохранилища в ноябре 1975 года. Два землетрясения, интенсивностью 4-5 баллов, произошли в Краснодаре в 1978 и 2002 годах. 24 января 2024 года под Краснодаром произошло землетрясение интенсивностью 4,5 балла

Усть-Илимская ГЭС: водохранилище заполнено в 1977 году (рис. 6). 17 января 2014 года в районе реки Ангары, между Усть-Илимской и Богучанской гидроэлектростанциями, произошло землетрясение магнитудой 4,7. Эпицентр находился в 499 км восточнее Лесосибирска и в 106 км северо-западнее Усть-Илимска. Учёные считают, что причиной землетрясения стало близкое к завершению заполнение водохранилища Богучанской ГЭС. Территории, где случаются землетрясения, входят в зону сейсмической активности. По мнению исследователей, природа землетрясений в этом районе носит техногенный характер и связана с работой водохранилищ и ГЭС.



Рис. 6. Усть-Илимская ГЭС

Чебоксарская ГЭС: в 1981 году введены в работу два гидроагрегата, при этом водохранилище было заполнено только до отметки 63 м. 26 декабря 2012 года жители Чебоксар сообщали о подземных толчках в районе Речного порта. В здании Речного порта были обнаружены трещины в стёклах, жертв и разрушений не было. Для контроля сейсмической ситуации в окрестностях Чебоксарской ГЭС в 2019 году была внедрена локальная сейсмологическая сеть из четырёх сейсмостанций. Две станции расположены в Чувашии — в селе Ямбарусово и на территории пожарной части ГЭС, ещё две — в Республике Марий Эл (у села Замятино и в районе озера Чёрного). Каждая станция контролирует сейсмологическую ситуацию в радиусе 60 километров от плотины.

Саяно-Шушенская ГЭС: введена в эксплуатацию в 2000 году (рис. 7). В окрестностях станции слабые землетрясения происходят практически непрерывно. В октябре 2003 года произошло землетрясение интенсивностью 4 балла. 10 февраля 2011 года произошло землетрясение интенсивностью около 8 баллов, эпицентр находился в 78 км от ГЭС. В районе плотины ГЭС интенсивность землетрясения составила около 5 баллов. В октябре 2025 года произошли два землетрясения вблизи ГЭС: первое магнитудой 4,2 произошло в Бейском районе, интенсивность в эпицентре составила около 5,2 балла; **второе** магнитудой 4,3 зарегистрировано в районе села Калы в 15 км от Саяногорска.



Рис. 7. Саяно-Шушенская ГЭС

Зейская ГЭС: принята в эксплуатацию в 2002 году. 18 июня 2008 года сейсмостанциями Зейской ГЭС зарегистрировано землетрясение магнитудой 3–4. Эпицентр находился в 30–45 километрах от гидроузла. 11 сентября 2016 года зарегистрировано землетрясение магнитудой 4,5, гипоцентр которого залегал на глубине 12 км. В ГЭС интенсивность землетрясения достигала 2 баллов. Землетрясения в районе реки Зeya фиксировались и до строительства ГЭС.

Бурейская ГЭС: первый гидроагрегат станции пущен 9 июля 2003 года. В марте 2007 года произошло землетрясение интенсивностью около 4 баллов. Эпицентр находился в шести километрах севернее плотины вверх по течению реки Буреи на глубине около 10 км. Толчок ощутили жители посёлка гидроэнергетиков Талакан, который находится в 6 км от плотины.

Богучанская ГЭС: в мае 2012 года началось наполнение водохранилища (рис. 6). Вывод ГЭС на полную мощность состоялся в июле 2015 года после

наполнения водохранилища до проектной отметки 208 метров. 17 января 2014 года в районе реки Ангары, между Усть-Илимской и Богучанской гидроэлектростанциями, произошло землетрясение магнитудой 5,9. Эпицентр находился примерно в 110–115 км от Богучанской ГЭС. Интенсивность землетрясения в эпицентре оценивалась в 7,7 баллов.

Следует отметить, что все рассмотренные водохранилища с ГЭС созданы на реках с достаточно стабильным сезонным уровнем воды. На таких реках слабые землетрясения, являющиеся следствием образования макротрещин на отдельных участках прилегающих территорий, происходят достаточно редко. В то же время имеется целый ряд случаев катастрофических землетрясений рядом с водохранилищами, построенными на горных реках с частым переменным сезонным уровнем воды. Так, сильнейшее землетрясение в районе водохранилища на горной реке Койна в западной Индии произошло 10 декабря 1967 года. Река Койна течет с севера на юг. До заполнения водохранилища в районе фиксировались землетрясения интенсивностью не более 4 баллов. После быстрого заполнения водохранилища в 1962 году уже на следующий год начался рост сейсмоактивности, а через пять лет произошло разрушительное землетрясение. Магнитуда землетрясения составила 6,3–6,6. Более 80% зданий в городке Койнагар были повреждены или разрушены. Погибло около 200 человек, более 2200 получили ранения. Плотина Койна избежала катастрофического разрушения, но получила повреждения: в её верхних монолитах образовались горизонтальные трещины, некоторые из которых прошли через всю ширину бетонных секций. В земле образовалась трещина шириной 10–15 сантиметров и длиной до 25 километров. С 1967 года в районе водохранилища происходили землетрясения меньшей магнитуды. За прошедшие десятилетия в районе Койна и Варна произошло более 20 землетрясений с магнитудой более 5 и тысячи небольших землетрясений. Прошедшие и происходящие землетрясения считаются классическим примером техногенной сейсмичности, связанной с созданием и эксплуатацией водохранилища Койна. Правда, механизмы, вызывающие сейсмичность в этом районе, сейсмологам до конца не ясны и сегодня.

12 мая 2008 года произошло землетрясение магнитудой 7,9 в китайской провинции Сычуань (рис. 8) недалеко от водохранилища Цзыпинпу. Погибло около 80 тысяч человек, полностью разрушено более 5 млн. зданий (рис.9). Водоохранилище Цзыпинпу расположено всего в 500 метрах от Бейчуаньского тектонического разлома и в 5,5 километрах от эпицентра Сычуаньского землетрясения. Водоохранилище построено на

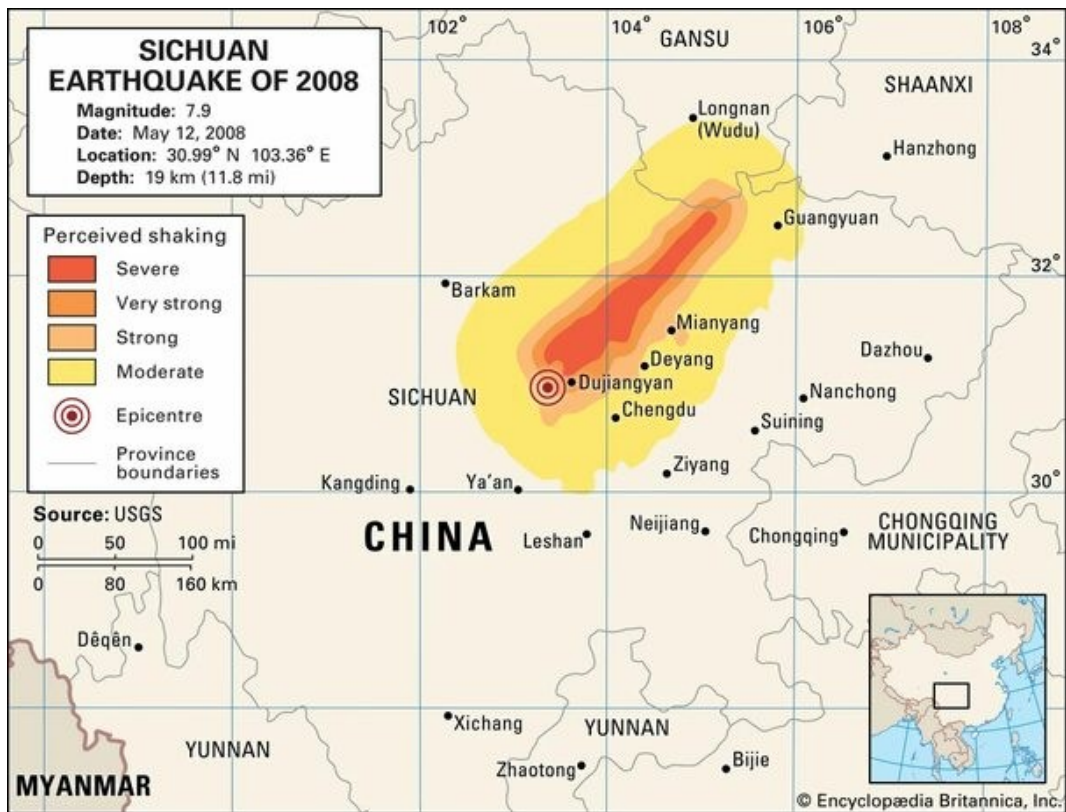


Рис. 8. Землетрясение в провинции Сычуань

горной реке Миньцзян (приток Янцзы). Питание Миньцзян преимущественно дождевое, характерны летние паводки и низкий сток зимой. Следует обратить внимание на то, что река Миньцзян течёт с севера на юг, как и горная река Койна в Индии. Водохранилище начало заполняться в декабре 2004 года. За два года уровень воды поднялся на 120 метров. Строительство было завершено в конце 2006 года.



Рис. 9. Последствия землетрясения в провинции Сычуань

Напрашивается вывод, что водохранилища на горных реках и участках рек в горной местности являются наиболее опасными с точки зрения инициирования сильных землетрясений на прилегающей местности. Особенно опасны случаи, когда горные реки текут под острым углом к направлению орбиты Луны – река Койна в Индии и река Миньцзян в Китае. Очевидно, что макротрещины в грунтах на отдельных участках прилегающим к рекам территорий активно формировались при переменном уровне воды на протяжении длительных периодов. Слабые землетрясения на таких участках происходили и до строительства водохранилищ. В этом случае сроки между вводом водохранилища в эксплуатацию и последующим сильным землетрясением могут составлять всего несколько лет (Индия, Китай, Замбия). Там, где реки спокойные, первые землетрясения фиксируются через 30-40 лет после ввода ГЭС с водохранилищами в эксплуатацию. А приблизительно через 70 лет рядом с такими водохранилищами наблюдаются частые землетрясения магнитудой до 3 (Камская, Жигулевская и Новосибирская ГЭС). Частые слабые землетрясения с магнитудой от 1 до 3, связанные с образованием многочисленных макротрещин в грунтах около водохранилищ, могут являться предупреждением о надвигающемся сильном землетрясении, когда произойдет слияние многочисленных макротрещин в глобальную многокилометровую трещину. В связи с этим, достаточно комично выглядит «успокаивающая» информация о том, что в США по данным на 1976 год только для 4% из 500 обследованных крупных плотин (читай – водохранилищ) имелись сведения о землетрясениях с магнитудой более 3 (на расстоянии до 16 км от плотины). А с магнитудой менее 3?

Вместо эпилога

По данным на 2025 год, в России построено более 2600 водохранилищ объёмом от миллиона кубометров. Всего в мире насчитывается около 850 тысяч водохранилищ. Массовый и повсеместный характер создание водохранилищ приобрело за последние 50 лет, когда их число на земном шаре возросло в 4 раза, а суммарный объём воды в них увеличился в 10 раз. За этот период были построены все самые крупные водохранилища нашей планеты. Бомбы замедленного действия подготовлены по всей планете...

