

ГЕОЛОГИ И ГЕОТЕХНИКИ ВИНОВАТЫ ВСЕГДА. ИЗ ЗАРУБЕЖНОЙ ПРАКТИКИ. ЧАСТЬ 2. ДЕСЯТЬ ПРИМЕРОВ



Во второй части обзора доклада Дэвида Каммингса и Фрэнка Дж. Кентона, сделанного на Пятой международной конференции «Инженерная геология – случаи из практики» в 2004 году в Нью-Йорке, описаны 10 происшествий на строительных площадках, связанных с действиями или бездействием инженеров, экспертов, заказчиков работ и других лиц. Все примеры были взяты авторами из открытых источников. Они условно разделены на геотехнические, геологические и геофизические на основании преобладающей дисциплины. Кавычками выделены прямые цитаты из статей, архивов суда и лицензионных заключений.

Космиади Петр Валерьевич

ОШИБКИ ГЕОТЕХНИКОВ

Первый пример

Инженер-геотехник исследовал площадку строительства типовых домов (*в районе массовой застройки, аналог термина жилой массив или микрорайон*), на которой находится активный разлом. Грунтовые условия характеризовались трехметровой толщей аллювия, перекрывающей коренные породы. Разлом был нанесен на карту, описан в свободно доступной литературе, а также описан в отчетах по примыкающим участкам. Финальный технический отчет, переданный в экспертизу,

гласил: «Разлом не проявлен в дневной поверхности, следовательно, на площадке нет разломов». Разведочные каналы или траншеи не были сделаны. Ответ экспертизы был таков, что вся имеющаяся информация свидетельствует о наличии разлома на этом участке и при этом консультанту были предоставлены карты и отчеты по примыкающим участкам и ссылки на других специалистов. Экспертиза рекомендовала сделать разведочную канаву (траншею) поперек простирания разлома. Геотехник отказался, заявив, что изыскания полностью завершены. Экспертиза настаивала, и геотехник согласился **только** потому, что экспертиза не принимала отчет без документального подтверждения существования или отсутствия разлома (*т.е. без задокументированной, выполненной канавы*).

Была осуществлена проходка канавы (траншеи) глубиной 4 м. Стенки канавы не были зафиксированы крепью. Техник-геолог (консультант) спустился в канаву, выявил разлом в коренных породах и проследил его через перекрывающую толщу аллювия до поверхности земли. В тот момент, когда он начал фотографировать и документировать разлом, стенка канавы обвалилась и техник погиб. Работы прекратились, инженер не выполнил проект.

Изначально изыскания не выявили разлом, так как он «не был явно виден на поверхности земли», покрытый травой и кустами. Решение инженера-геотехника не проводить изучение разреза толщи до коренных пород не соответствовало стандартам практики для проведения изысканий в зоне активных разломов. Активный разлом был действующим неблагоприятным фактором и представлял реальную опасность. Экспертиза правильно запросила дополнительные работы и отказалась предоставить разрешение на основании информации, содержащейся в первоначальном отчете.

Как отмечают авторы доклада, смерть человека привела к уголовному преследованию в отношении инженера. На суде последний списывал обрушение стенки канавы на «испарение влаги в почве, из-за чего поверхностное натяжение поровой воды уменьшилось и больше не удерживало зерна грунта вместе». Этот аргумент был отклонен судом как не имеющий отношения к делу, стенка канавы рухнула, потому что не была применена крепь. Кроме того, инженер нарушил федеральные законы и законы штата, не укрепляя траншею. Суд вернул технический отчет инженера в Лицензионный совет. Действия Совета не были преданы гласности.

Экспертиза действовала правильно. Инженер-геотехник не следовал стандартам практики: (а) не исследовал геологический разрез в зоне известного активного разлома и (б) не крепил стенки разведочной траншеи. Его аргумент о том, что испарение влаги в почве приводит к обрушению траншеи, был несостоятельным. Если бы он следовал федеральным законам и законам штата, и крепил стенки траншеи, смерти человека можно было бы избежать.

Второй пример

Второй пример в докладе Дэвида Каммингса и Фрэнка Дж. Кентона касается серьезной ошибки геотехника, пропущенной экспертизой. После нескольких дней сильных дождей под жилым массивом произошел оползень. Геотехнический отчет, подготовленный для девелопера и представленный в экспертизу, утверждал, что склон был стабильным, и массив не содержал потенциальных плоскостей скольжения. Разрешение на строительство было предоставлено на основе

информации, содержащейся в отчете. После оползня домовладельцы подали иск и как инженер, так и экспертиза были названы обвиняемыми.

Инженер-геотехник, нанятый в качестве эксперта-свидетеля адвокатом, представляющим домовладельцев, пробурил несколько скважин через тело оползня и определил базовую плоскость скольжения и несколько вышележащих плоскостей смещения. Они были представлены бентонитом, все слои которого имели неблагоприятные ориентации и должны были вскрываться при запланированной подрезке склона.

Во время разбирательства инженер, который работал на девелопера, причиной оползня называл дожди, связанный с этим подъем уровня грунтовых вод и увеличение порового давления. При изъятии документации во время расследования были обнаружены буровые журналы текущих изысканий (для девелопера). Журналы выявили наличие тех же самых слоев бентонита, которые были идентифицированы инженером адвоката (истцом). Рукописные заметки в журналах включали комментарий «Эти слои бентонита не являются потенциальными плоскостями скольжения. Нет необходимости исследовать (*имеется в виду в лаборатории*) эти грунты», и стояли инициалы инженера разработчика. Значения, используемые в расчетах устойчивости, были получены для песчаника, свойства которого исследовались с гораздо более высокими значениями сцепления и прочности на сдвиг, чем у бентонита. Расчеты не проводились для той зоны, где склон подрезался при земляных работах, в подошвенной зоне возможных оползней.

Во время судебного разбирательства экспертиза утверждала, что никогда не видела буровые журналы или рукописные заметки; она выдала разрешение на строительство на основании представленных данных. Вместе с тем экспертиза признала, что было известно о наличии слоев бентонита в этом районе из обзора отчетов по соседним участкам. По неизвестным причинам экспертиза не запрашивала буровые журналы с данного объекта. В суде инженер-разработчик заявил, что слои бентонита не являются потенциальными плоскостями скольжения. Независимый эксперт суда возразил, что заявление инженера-разработчика не согласуется с геологическими условиями на площадке и с предлагаемой схемой подрезки склонов. Суд установил, что решение инженера-разработчика не исследовать свойства бентонитовых прослоев (*в лаборатории*) не соответствовали стандартам профессиональной практики.

Суд также установил, что экспертиза приняла некондиционный отчет и не должна была выдавать разрешение, не запросив и не изучив буровые журналы, учитывая тот факт, что в экспертизе имелись отчеты и информация по прилегающим участкам. Экспертиза должна была запросить расчеты для тех потенциально оползнеопасных участков, где была намечена подрезка склонов.

Инженер-геотехник, нанятый домовладельцами, провел испытания на образцах бентонита, после чего провел расчеты устойчивости. Расчеты показали минимально стабильные условия при уровне подземных вод ниже плоскости скольжения ($K_u = 1,0$) и неустойчивые для УПВ +0,5 м над плоскостью скольжения ($K_u = 0,95$).

Суд пришел к выводу, что авария произошла из-за следующих причин: было допущено нестабильное состояние склона из-за неадекватных исследований на объекте, неадекватных испытаний грунтов, неправильного вывода инженера о том, что бентонитовые прослои не имеют никакого отношения к стабильности склона, отсутствия расчетов устойчивости в тех зонах, где располагалась подошва

потенциальных оползней и других.

Суд пришел к выводу, что решение инженера не изучать свойства бентонитовых прослоев было катастрофичным. Инженер знал об их неблагоприятных ориентациях, основываясь на проектных решениях и положении подрезаемых склонов. В суде инженера спросили, почему он не проводил расчеты устойчивости в районе подрезки склонов и в области зон потенциальных оползней, что привело бы к пониманию недостаточности боковой поддержки. Его ответ заключался в том, что «массив был стабилен, и не было необходимости делать эти расчеты».

Массив был неустойчивым до того, как дожди и строительство усугубили это состояние. Действия инженера были признаны судом несоответствующими. Он был принужден судом выплатить ущерб домовладельцам. Однако эта ситуация не была доведена до сведения лицензионной палаты.

Третий пример

Под жилым массивом произошел оползень после землетрясения магнитудой 6.7, при этом были разрушены дома. Инженер-геотехник, разрабатывавший проект, заявил, что подвижка «произошла вследствие землетрясения и что массив не содержал потенциальных плоскостей скольжения».

В процессе судебного разбирательства были выявлены несколько поверхностей скольжения с неблагоприятными ориентациями. Технический отчет для обоснования проектных решений, переданный в экспертизу, содержал расчет устойчивости массива только для статических условий. Экспертиза не запрашивала расчет устойчивости при динамических воздействиях. Расследование, ведущееся при судебном разбирательстве, выявило, что на самом деле расчет устойчивости при динамическом воздействии был выполнен инженером. Рукописные заметки инженера, содержащие его инициалы, имели слова «Уничтожить эти заметки!». Расчеты показывали, что при учете динамического состояния $K_u=0.90$, т.е. значительно ниже значения, приемлемого для принятия экспертизой. Экспертиза выдала разрешение, не имея таковых расчетов по относительной устойчивости участка в случае землетрясения.

Суд заключил, что экспертиза не должна была выдавать без расчетов устойчивости при динамическом воздействии землетрясения, поскольку это противоречит официальным правилам экспертизы. Инженер знал о степени неблагоприятности условий, но не делал попыток найти пути решения. По отношению к проведению расчетов устойчивости при динамических воздействиях инженер указал «уничтожить эти заметки». Суд постановил, что указание инженера уничтожить заметки является сознательной попыткой обмана. Фактически, он представил отчет, который не отражал реальное положение вещей и был профессионально нечистоплотным. Суд пришел к выводу, что инженер «...целенаправленно и намеренно действовал, чтобы обмануть ..., чтобы площадка выглядела стабильной». Суд направил технический отчет этого инженера для рассмотрения в лицензионную палату. Лицензионная палата сочла, что инженер «Целенаправленно утаивал информацию, неблагоприятную для клиента, пытался уничтожить улики, проявил халатность при осуществлении профессиональной деятельности». На исполнителя был наложен денежный штраф.

Четвертый пример

В каньоне была построена земляная дамба с целью защитить поселение, расположенное ниже по долине, от затопления. Пять лет спустя дамба разрушилась после серии ливневых паводков. Вода, накопившаяся за плотиной, перелилась сверху плотины, сформировала «прорезь» в плотине, которая расширилась и углубилась в результате эрозии, после чего дамба разрушилась. Сформированный поток затопил селение ниже по долине, погибло 3 человека и 500 голов скота, причиненный ущерб был оценен в \$25,000,000, куда вошли коммерческие и жилые дома, школа, пожарная часть, полицейский участок, оборудование, дороги, железнодорожные пути. Деловая жизнь замерла на 4 недели. Причины аварии инженер видел в прошедших ливнях.

Как отмечают Дэвид Каммингс и Фрэнк Дж. Кентон, данный населенный пункт затоплялся несколько раз и до этого, поэтому и была построена дамба. Контракт между инженером и городским советом имел целью разработку проекта дамбы и включал требование, что дамба должна «...защищать поселение от последующих затоплений и предотвратить экономические потери». Инженер использовал «проектный шторм» для определения высоты плотины и ссылаясь на книгу «Гидрология для инженеров» (Linsley, Kohler and Paulhaus, 1975, McGraw Hill, 2-е изд.). За катастрофой последовало судебное разбирательство.

Расследование во время процесса показало, что техническое предложение и контракт не были получены в ходе тендерной процедуры, а являлись единственным вариантом за авторством этого инженера. Во время судебного разбирательства выяснилось, что инженер был выбран потому, что он был родственником члена городского совета. Технический отчет, расчеты, рекомендации и т.д., были приняты городским советом без проведения независимой технической экспертизы.

Суд постановил, что упомянутый инженер не имел ни знаний, ни опыта, ни технической квалификации для проектирования дамбы или вододерживающих сооружений, и что решение о выборе инженера по родственному признаку (кумовство) было неправомерным. Суд счел, что выбранные инженером проектные предпосылки и значения были несоответствующими. Та же формулировка использована при оценке «проектного шторма» как единственного критерия для проектирования плотины: «Проектный шторм, даже если частота повторяемости известна точно, недостаточен для экономического анализа, который должен быть сделан для предотвращения последствий наводнений...» (стр. 360). Во время разбирательства инженер заявил, что он использовал этот подход к проектированию «Потому что он был описан в тексте стандарта и он полагался на эту ссылку».

Эксперт, назначенный судом, заявил, что профессиональный анализ предлагаемого проекта выявил бы недостатки еще до начала строительства. Был бы предложен другой проект, приемлемый для обоснования строительства плотины, и катастрофа была бы исключена. Она заявила: «Плотина была расположена в каньоне с крутыми стенами, при этом высота инженерной конструкции плотины была слишком малой. Мои расчеты по проекту показали, что необходимо строить дамбу, которая была бы на 75 м выше, а стены каньона, примыкающие к дамбе, возвышались бы еще на 150 м».

Суд присудил инженеру выплатить все убытки. Его работа была передана в лицензионную палату, и его лицензия была аннулирована. Отдельный уголовный процесс последовал из-за смерти трех человек.

ОШИБКИ ГЕОЛОГОВ

Пятый пример

Геолог провел гидрогеологические исследования на площадке, чтобы оценить ее пригодность для захоронения жидких токсичных отходов. Исследования выявили наличие трех систем трещин. Одна из систем, с раскрытием трещин (около 0,5 см), ориентирована так, что жидкость будет стекать вниз по направлению к ранчо, где разводят скот. Основываясь на результатах тестов на просачивание (*интенсивность инфильтрации*) и анализах проводимости, был сделан вывод, что загрязнение достигнет ранчо через два года после захоронения. Геолог заключил, что площадка **непригодна** для захоронения отходов и не рекомендовал использовать данную территорию.

Примерно год спустя тот же клиент попросил геолога провести дополнительные исследования фильтрации и иные анализы на той же площадке. Результаты этих исследований отличались от предыдущих результатов. Геолог заключил, что площадка **пригодна**. Опираясь на этот отчет, было выдано разрешение на дальнейшее проектирование и строительство утилизационной установки и подземного захоронения. Два года спустя после закачки жидких токсичных отходов, в колодцах, расположенных на ранчо, были обнаружены токсичные соединения. Последовало судебное разбирательство.

Оператор завода и геолог были указаны в иске. В суде геолог заявил, что вторая серия тестов и анализов была правильной и обвинил оператора установки, потому что тот «... использовал слишком высокое давление при закачке токсичных жидких отходов». Оператор отрицал это утверждение.

Эксперт, назначенный судом, заявил, что «оба набора испытаний были проведены в одном и том же районе. Первый набор тестов и анализов был более строгим и проводился с использованием соответствующих методов и анализов. Более поздние тесты и анализы были неудовлетворительными, поскольку они не соответствовали стандартной практике и местным нормам». Значения проводимости, используемые в более позднем исследовании, рассчитывались на основе значений фильтрационных свойств, отличных от полученных в предыдущем исследовании; предыдущие значения были основаны на лабораторных тестах, тогда как более поздние значения – нет.

Эксперт, назначенный судом, провел полевые испытания и анализы, которые подтвердили результаты первоначального исследования. Он засвидетельствовал, что аргумент геолога о том, что «...оператор использовал слишком высокое давление при закачке жидких отходов ...» был неверным и что «...жидкость была закачана под землю, путем заливания ее в обсадные трубы, установленные в скважинах для захоронения, что позволяет жидкости опускаться под действием силы тяжести и вытекать через перфорационные отверстия в обсадных трубах».

В ходе судебного расследования протокол совещания между геологом и оператором показал, что оператор просил геолога «...доказать возможность захоронения жидких токсичных отходов на данной территории». Вторая серия исследований и анализов была проведена после этого совещания.

Суд определил «...что произошел сговор, и была предпринята попытка обмануть экспертизу». Суд отклонил аргумент геолога о избыточном давлении закачки и предостерег его от перекладывания всей вины на оператора завода». Суд предписал

геологу и оператору завода «...оплатить все убытки, понесенные на ранчо, и извлечь токсичную жидкость из подземных вод». Суд распорядился, чтобы Лицензионный совет отозвал лицензию геолога.

Авторы доклада отмечают, что загрязнения территории токсичными отходами можно было бы избежать, если бы геолог был честен, полагался на свои первоначальные испытания и не пошел на сговор, чтобы обмануть экспертизу. Экспертиза же согласилась с выводами отчета, даже не поставив под сомнение его обоснованность, и не назначив более строгое техническое исследование.

Шестой пример

Некий геолог был нанят для того, чтобы определить причины образования широких трещин в грунте, в стенах и фундаментах домов, а также в других сооружениях в районе жилой застройки. Геолог был тот же самый, который проводил изыскания для строительства этого жилого массива.

Он провел двухгодичные полевые геологические исследования. Он выполнял картирование территории каждый месяц в течение весны, лета и осени; полевые работы не проводилась зимой, потому что землю покрывал снег. Его подробные исследования включали: картирование распределения трещин по площади; картирование зон трещиноватости и отдельных трещин в каждой зоне с определением ориентации, ширины, густоты и расстояний между отдельными трещинами и зонами разломов. Он каждый месяц готовил топографические карты (С.И. = 0,3 м), каждый месяц обновлял карты трещиноватости и топографические карты и сравнивал обновленные данные и карты с предыдущими наборами. Домовладельцы получали полугодовые отчеты. В заключительном докладе говорилось, что «трещины в грунте связаны с расширением и сжатием грунтов. Дефекты фундаментов и стен домов происходили в ответ на процесс расширения-сжатия грунтов. Нет никаких причин для тревоги». Он заключил: «...трещины в грунте были природного происхождения и не являлись причиной деформаций домов, прямо или косвенно».

Год спустя домовладельцы пожаловались, что трещины становятся все более крупными, земля проваливается, а три дома наклонились. Геолог повторил свой предыдущий вывод. Шесть месяцев спустя в течение двух часов 3 дома наклонились сильнее и упали в линейно вытянутую депрессию, площадью 100 м x 1000 м и глубиной 4 м. Геолог в своем отчете домовладельцам заявил, что «...возникшая депрессия была результатом избыточного полива газонов домовладельцами, и что избыточный полив привел к возникновению вытянутых подземных полостей». Последовало судебное разбирательство.

Расследование при судебном разбирательстве выявило, что дома построены над заброшенной, неглубокой угольной шахтой. На карте из архива Горной комиссии штата были указаны подземные помещения, колонны, их длина и ширин и мощность перекрывающих пород. Имелись прямые корреляции: (1) 3 дома, которые рухнули, были расположены над одним из помещений шахты, (2) места расположения и ориентации трещин на поверхности земли были поверх и параллельны длине помещений, (3) отображавшиеся топографические депрессии на поверхности земли были расположены над помещениями, (4) области максимального прогибания, показанные на топографических картах геолога, были расположены над центром помещений и (5) области на поверхности земли над колоннами имели наименьшую

трещиноватость.

Суд установил, что «разрушение домов было напрямую связано с оседанием земли над заброшенной шахтой». Суд упрекнул геолога «...за то, что он не раскрыл того факта, что он работал на этой шахте в качестве главного геолога, что он знал о существовании карты шахты в Горной комиссии штата и не сказал об этом». Суд установил, что он «...вероятно, видел корреляцию между рисунком трещин на поверхности земли и местоположением и ориентацией помещений шахты и что он преднамеренно обеспечил вводящую в заблуждение интерпретацию причины разрушений». Судья обязал геолога «...оплатить все убытки, понесенные домовладельцами, связанные с проседанием» и «...возместить любому домовладельцу будущие убытки, которые могут возникнуть в течение следующих 10 лет, связанные с проседанием». Суд обязал геолога возместить всем домовладельцам потерю стоимости имущества.

Суд установил, что геолог был небрежен и действовал обманным путем, не сообщая разработчику о существовании заброшенной шахты под домами и о соответствующей вероятности оседания, когда он (геолог) провел начальные изыскания для строительства жилого массива. Геолог также знал о случаях оседания поверхности над шахтами в других местах. Суд передал этот вопрос в Государственный лицензионный совет и рекомендовал отозвать «...лицензию геолога». Совет принял решение об отзыве лицензии. Ущерб можно было бы избежать, при правильном использовании этого участка.

Седьмой пример

Геолог провел изыскания на площадке у подножия холма для оценки возможности строительства нескольких школьных зданий. В состав изысканий вошли геологическое картирование и изучение разреза (бурение, проходка траншей).

Место было расположено на аллювиальной равнине с пологими уклонами. С поверхности залегали аллювиальные отложения, состоящие из валунов, гальки, песка, суглинка и глины. Один край участка находился у подножия холма. Скальные породы холма состояли из переслаивания песчаника, алевролита и аргиллита. Река была расположена на краю аллювиальной равнины, в 2 км от площадки.

Бурение выявило, что аллювий имел мощность от 1 м у основания холма и увеличивал мощность до 30 м на краю участка, при горизонтальном расстоянии 1,0 км. Подземные воды не были обнаружены в пределах аллювия. Исследования с помощью разведочных траншей выявили тонкий почвенный покров над выветрившимся аллювием. Потенциал разжижения считался практически недостижимым, исходя из уровня ожидаемого сейсмического воздействия на площадке. Одна траншея пересекла границу между аллювием и коренными породами холма. Ориентация плоскостей напластования в пределах коренных пород была в сторону холма. Бурение на холме не проводилось.

Отчет об исследованиях был передан в экспертизу, было получено разрешение и школьные здания были построены. Инженер, проектировавший школьный участок, одно из зданий расположил в нескольких метрах от склона холма. Основание холма не подрезалось, первоначальный уклон был сохранен. На различных уровнях за зданием и на склоне холма были установлены стенки для защиты от падающих и скатывающихся камней, могущих причинить ущерб зданию. Были сооружены каналы для отвода поверхностного стока и сброса его от здания вниз. Подпорная

стена (3,0 м высотой) была устроена у основания холма, за школьных зданием, в качестве дополнительной защиты.

Через восемь лет после завершения строительства школьных зданий произошла серия обильных ливней. Школьная территория не была затоплена вышедшей из берегов рекой. Вымытые из склона скальные обломки были удержаны защитными стенками и подпорной стенкой высотой 3 метра. Потоки мусора и поверхностный сток отводились от здания.

Два месяца спустя появились трещины в подпорной стене позади здания; камни и обломки, которые накопились за стеной, были удалены. Несколько недель спустя подпорная стена наклонилась от склона к зданию. В течение следующих нескольких недель напряжения в стене увеличились, а изгиб стены стал более выраженным. Накопленный мусор за стеной также был удален. На место был вызван геолог. Он осмотрел стену и определил причину произошедшего как «...комбинацию ослабления основания стенки из-за размыва дождевой водой и осадки аллювия под основанием». Через неделю нижняя часть холма сдвинулась в направлении здания, разрушив его наружную стену в нескольких местах. Произошел оползень. При первых признаках бедствия все люди были эвакуированы из здания. Были выставлены знаки, запрещающие нахождение в здании. В течение недели подвижки холма разрушили здание.

Последовавшее изучение оползня выявило, что последняя подвижка явилась активизацией древнего оползня. Изучение объекта включало бурение на холме, тело оползня сдвинулось по мягкому аргиллитовому прослою. Падение пород было ориентировано по склону (неблагоприятно), а не в сторону холма, как наблюдалось в траншее у основания склона холма. Залегание пород с падением в сторону холма в его основании было интерпретировано, как нарушенное залегание вследствие древнего оползня. Последовало судебное разбирательство.

Как отмечают авторы доклада, в суде геолог в качестве причины произошедшего оползня называл затяжные обильные ливни, вследствие которых дождевая вода инфильтровалась в породы холма.

Суд постановил, и все стороны согласились с тем, что «...конструкции заграждений, дренажных каналов и подпорной стены функционировали должным образом». Суд также счел, что изначальные исследования были некондиционными, что необходимо было выполнить бурение выше по холму и что в этом случае, скорее всего, древний оползень был бы выявлен.

Назначенный судом эксперт (геолог) определил, что «учитывая геологию участка, вероятность повторной активизации древнего оползня была весьма высока. Строительство на школьном участке не способствовало активизации, поскольку не было никакого нарушения склона, которое снизило бы коэффициент устойчивости». «Строительство подпорного сооружения у подножия холма не было бы эффективным для предотвращения повторной активизации оползня; оползень был слишком велик. Если бы оползень был выявлен во время первоначального исследования, здание было бы расположено дальше от основания холма. Строительство подпорной стенки или иной конструкции не было бы эффективным для предотвращения повторной активизации оползня в любом случае; оползень был слишком велик».

Геолога обязали возместить ущерб. Штат, где произошел этот случай, не имел лицензионного совета.

ОШИБКИ ГЕОФИЗИКОВ

Восьмой пример

Планировалось построить 10-этажное здание медицинского центра. Предлагался фундамент в виде железобетонной плиты, опирающейся на уплотненные аллювиальные грунты. Геологический разрез под строительной площадкой был представлен 10 метровой толщей аллювия (переслаивающиеся гравийный грунт, песок, суглинок, глина), перекрывающей коренные породы (песчаник).

Инженер-геотехник решил, что в данном случае геологические исследования не требуются. Поскольку в регионе происходили высоко-магнитудные землетрясения, и здание должно было быть спроектировано с учетом значительных колебаний грунтовых толщ, инженер решил провести скважинную сейсмометрию на поперечных волнах и рассчитать Период собственных колебаний для площадки. 17-метровая пробуренная скважина вскрыла 15 метров аллювия, 2 метра коренного песчаника, уровень подземных вод в толще аллювия был вскрыт на 2 метра выше подошвы (контакта с песчаником). Инженер провел одно испытание в скважине с помощью сейсмометрии на поперечных волнах, измерения проводились с интервалом 0,5 м. Измерения были проведены в пределах 2-х метровой мощности коренного песчаника и всего в 1 метре водонасыщенного аллювия над ним. Период собственных колебаний был рассчитан с помощью этих полученных данных. Отчет был передан в экспертизу.

Экспертиза указала на отсутствие в отчете Спектров отклика грунтовой толщи, сочла некондиционным проведенное сейсмометрическое испытание и отклонила расчет Периода собственных колебаний. Экспертиза настаивала на проведении нового скважинного исследования на поперечных волнах по всей мощности аллювия, и настаивала на перерасчете Периода собственных колебаний и Спектра отклика толщи.

В своем ответе на замечания экспертизы инженер заявил, что дополнительные скважинные исследования в аллювии не нужны, потому что (1) Период собственных колебаний участка относится только к коренным породам, ссылаясь на один из его предыдущих отчетов в качестве определяющей ссылки, (2) сейсмические волны в аллювии гасятся и (3) аллювий обеспечивает лучшее основание, чем скальные породы. Он отказался подготовить спектры отклика грунтов, поскольку «за последние 20 лет этот район не испытал крупного землетрясения, и нет необходимости в спектрах». Экспертиза отвергла все утверждения и отказала в разрешении.

Инженер обсудил отказ от принятия отчета и выдачи разрешения с клиентом. Клиент заручился помощью мэра города для утверждения отчета. Мэр обсудил отчет с руководителем экспертизы. Три дня спустя разрешение было предоставлено. Архитектор поставил под сомнение обоснованность Периода собственных колебаний участка и отсутствие спектров отклика грунтов; он отказался проектировать здание, используя предоставленную информацию. Владелец нанял другого архитектора, который принял отчет и подготовил проект.

Госпиталь был построен. Спустя восемь лет произошло землетрясение магнитудой $M_L = 6.8$. Движения грунтового массива нанесли значительный урон. Верхние 4 этажа рухнули, и две наружные стены отвалились от здания, в результате чего

погибло 22 человека и 117 человек получили травмы. Последовал иск.

Суд установил, что экспертиза неправомочно утвердила некондиционный отчет консультанта, предоставив разрешение и приняв архитектурный проект здания с нарушениями. Суд установил, что инженер неправильно провел скважинное исследование, что инженер не понимал, как сейсмические волны передаются от коренных пород через аллювий, что аллювий не гасит сейсмические волны и также отметил отсутствие спектров отклика. Суд предоставил как отчет инженера, так и проект архитектора соответствующим лицензионным советам. Оба Совета отозвали лицензии.

Поскольку произошли смертельные случаи, были заведены уголовные дела в отношении инженера, архитектора и владельца. Все были признаны виновными в том, что они способствовали смертям. Законы страны предусматривают заключение в тюрьму для виновных.

Этой аварии можно было бы избежать, если бы геофизик провел несколько правильных скважинных опытов на сдвиговых волнах по всему участку, в том числе несколько в пределах пятна застройки. Расчеты Периода Собственных Колебаний должны были проводиться для всей площадки проектирования. Подготовка спектров откликов грунтов позволила бы создать сейсмостойкий проект здания. Суд также постановил, что надежный сейсмостойкий проект для здания, безусловно, был бы уместным, особенно потому, что речь идет о больнице.

Девятый пример

Проектировался жилой массив на площадке 2х2 км в районе распространения карста. Владелец желал расположить дома в пределах территории, не подверженной воздействию от возможных оседаний или разрушений карстовых полостей. Подход инженера в данном случае заключался в том, чтобы избежать полостей (1) протяженностью в плане 50 х 50 м и располагающихся на глубине до 50 м. Инженер знал, по опыту его работы на этой территории, о выявленных провалах на всей территории и полостях под участком, карстовые полости имели размеры в плане до 200х300 м и глубину до 25 м. Изначально для выявления полостей была предложена программа буровых работ, но она была сокращена из-за высокой стоимости и высокой вероятности не встретить полости бурением.

Инженер провел анализ рисков и пришел к выводу, что любые полости под участком не будут представлять опасности в течение срока службы сооружений. Инженер рекомендовал провести геофизическое обследование, чтобы получить данные с достаточной детализацией для выполнения установленного им критерия. Геофизические створы должны были ориентироваться с севера на юг и располагаться на расстоянии 50 м друг от друга, расстояние между измерительными пикетами вдоль профилей должно было составлять также 50 м.

Было получено восемь предложений от исполнителей-геофизиков. Каждый из них предлагал один метод: либо электроразведку, сейсмическое профилирование, гравиметрию, частотное электромагнитное или переходное электромагнитное профилирование.

Инженер выбрал гравиметрический метод. Чтобы снизить издержки, инженер решил, что он проведет изыскания по сокращенной схеме, он изменил изначально предложенную сетку обследования так, что расстояние между створами составило 400 м, с интервалом между пикетами 75 м.

Была подготовлена карта проведенного исследования, которая продемонстрировала несколько геофизических аномалий, интерпретируемых как полости. Были подготовлены поперечные сечения, показывающие форму и глубину полостей. Две полости указанного размера были выявлены в пределах критерия глубины до 50 м. Инженер очертил зоны 75 м x 75 м над геофизическими аномалиями, как не подлежащие застройке. Строения на участке были запроектированы и построены только по результатам геофизической съемки.

Через двенадцать лет после постройки домов в этом районе происходили необычайно сильные дожди на протяжении 2 лет. Примерно через год после этого 28 домов были повреждены, а 11 домов рухнули в провалы. Обрушившиеся и поврежденные дома были локализованы в зоне вдоль трех линеаментов, каждый из которых ориентирован по Аз - СВ 30°. Судебное последовало разбирательство.

В суде инженер утверждал, что разрушение и повреждение домов произошло вследствие недавних дождей. Суд установил, что инженер полагался на геофизический отчет при выявлении полостей. Основываясь на экспертных свидетельствах нескольких известных геофизиков, изменения, внесенные инженером в первоначальный проект исследования, не могли обеспечить достаточного разрешения для идентификации (1) отдельных полостей диаметром 50х50 м, (2) требуемой глубины расположения полостей, (3) выявления формы полостей в плане и (4) выявления их протяженности в пределах жилого массива.

Как отмечают авторы доклада, суд установил, что вероятность разрушения домов существовала и до дождей, поскольку полости существовали под домами и ранее. Подобные сильные дожди и подъем уровня подземных вод происходили дважды в течение 12 лет с тех пор, как были построены дома, и аварии не произошло. Важно отметить, что принятая программа геофизической съемки не смогла бы обеспечить выявление небольшой аномалии, вызванной небольшой полостью под участком обследования, или большой полостью, которая располагалась вне пикета съемки, но попадала в освещаемую зону частично, т.е. если край полости находился под пикетом. Суд установил, что принятая инженерная практика включает бурение, по крайней мере, одной скважины глубиной не менее 50 м в пределах расположения каждого проектируемого дома. Бурение же не проводилось нигде на участке.

Суд принял сторону истцов и присудил ответчику возместить денежный ущерб. Суд рекомендовал, чтобы Лицензионный совет рассмотрел результаты работы инженера. Комиссия совета установила, что в архиве совета содержится несколько предыдущих жалоб на инженера по различным проектам. Было также обнаружено, что у инженера были в его материалах карты и отчеты, в которых указывалось, что карстовые полости ориентированы вдоль линейно вытянутых зон с Аз простирания СВ 30°. Совет воспользовался помощью двух геофизиков для оценки геофизических исследований и оба согласились, независимо друг от друга, что геофизическое исследование, проведенное инженером, было некондиционным. Они заявили, что геофизические створы должны были быть ориентированы перпендикулярно к направлению СВ 30°, располагаться на расстоянии 25 м друг от друга, расстояние между пикетами должно составлять 25 м вдоль каждого профиля. Они оба согласились с тем, что гравиметрическое исследование, вероятно, будет не лучшим методом для заявленной цели исследования. Совет наложил штраф на инженера и запретил тому дальнейшее проведение геофизических исследований.

Хотя провалы, вероятно, не могли быть предотвращены, возможно было избежать

повреждений домов. Постройки не должны были располагаться над полостями. Программа бурения нескольких скважин глубиной по 75 м под каждым проектируемым домом минимизировала бы вероятность размещения домов над полостями.

Десятый пример

Визуальное обследование основания бетонной плотины выявило три зоны расположения субвертикальных трещин. Эти три зоны располагались примерно в 7 метрах друг от друга. В пределах одной зоны находилось 20 трещин, другой – 35, а в пределах третьей – 60 трещин. Длина трещин изменялась от 5 до 20 см. Ширина составляла до 0,25 см. Расстояние между трещинами в каждой зоне было от 2 до 5 см. Просачивания воды через трещины в плотине не наблюдалось.

Был сделан запрос на проведение геофизического мониторинга за фильтрацией воды через трещины. Полученные предложения содержали несколько возможных методов: резистивиметрию, георадарные обследования и термометрию. Было выбрано термометрическое исследование, которое осуществлял геофизик, работавший в местном университете.

Данные геофизической съемки должны были использоваться в качестве системы раннего предупреждения. Если в ходе обследования выявляется ситуация увеличения потока воды, тогда принимается решение открыть затвор и спустить воду контролируемым образом, чтобы избежать наводнения, следующего за разрушением плотины. Были установлены термисторы. После базового замера термисторы контролировались еженедельно, чтобы определить, произошли ли изменения. Каждый недельный набор измерений сравнивался с базовым и с предшествующими недельными измерениями.

Физические изменения параметров трещин ежедневно контролировались оператором плотины. Измерялись все отдельные трещины. Изменения фиксировались и измерялись и по длине, и по ширине отдельных трещин, по расстоянию между трещинами, по количеству трещин в каждом наборе и проверялось, не возникали ли трещины в других местах плотины.

Проводились еженедельные собрания. Оба набора данных (измерения температуры и физические наблюдения) сопоставлялись и обсуждались. Через два месяца физические измерения показали, что трещины становятся заметно длиннее и шире, развивались новые трещины и наблюдалось просачивание воды через трещины. Значения температурных измерений оставались неизменными – те же значения, что и при исходном замера.

Три месяца спустя три отдельных набора трещин слились, став одной большой зоной трещин, а длина отдельных трещин выросла до 1 м, ширина – до 1 см. Вода вытекала из трещин с расходом 5 литров в час. Значения температуры оставались такими же, какими они были на момент первого измерения.

Оператор плотины созвал экстренное совещание. Протокол встречи гласит, что геофизик заявил (1) что температурные данные более надежны, чем физические (наблюдаемые) измерения, (2) температурные данные не показали изменений, и поэтому фильтрации через плотину не происходит, (3) вытекающая из трещин вода идет не из-за плотины (но не сумел указать источник воды), (4) что 5 литров в час не является значительным расходом и (5) решительно заявил, что устойчивость плотины никак не связана с наблюдающимися трещинами.

Оператор выразил обеспокоенность в связи с тем, что плотина может претерпеть разрушение и приказал открыть водосбросы, чтобы снизить уровень воды в верхнем бьефе до 20%. Геофизик был расстроен, потому что с ним не проконсультировались и продолжал настаивать на том, что целостность плотины безусловно обеспечивается. Он написал письмо губернатору штата, указав, что он был экспертом в области геофизики, что он был экспертом в области безопасности плотин и что оператор действовал безответственно, спустив воду.

Примерно через неделю в данной местности произошло землетрясение магнитудой $M_L = 5,6$. Спустя три месяца плотина разрушилась, и накопленная вода (на уровне 20% наполнения) ушла вниз по течению. Повреждения, вызванные паводковыми водами, были минимальными, что обеспечилось незначительным переполнением дренажного канала. Несколько зданий вдоль берегов испытали незначительное затопление. Последовало судебное разбирательство.

Суд установил, что оператор действовал надлежащим образом в том, что произвел спуск воды; решение оператора было основано на физических измерениях. Страховка покрывала претензии. В суде геофизик утверждал, что под дамбой существует разлом, и потерю устойчивости плотины вызвало землетрясение. Назначенные судом эксперты-свидетели представили факты о том, что (1) разлома под плотинной не существовало, (2) на основании анализа экспертов по безопасности плотин, сразу после землетрясения плотина не разрушилась и сохранила свою целостность и (3), интенсивность землетрясения на площадке не была достаточной, чтобы вызвать разрушение.

Суд установил, что примененный геофизический метод не соответствует целям контракта: (1) определить изменения в фильтрационном потоке через плотину и (2) действовать в качестве системы раннего предупреждения. Во время расследования суд установил, что термисторы недостаточно чувствительны для обнаружения изменений температуры, связанных фильтрацией. Расследование также показало, что геофизик знал об этих недостатках. Суд также обнаружил, что геофизик (1) не понимал физических предпосылок изменения температуры при фильтрации жидкости, (2) не понимал, как температура будет меняться при контакте с бетоном в плотине и (3) ограничения метода.

Профессор университета (геофизик) не имел лицензии на практическую деятельность. Лицензионный совет штата выдавал лицензии инженерам; геофизик не квалифицировался как инженер, будь то образование, обучение или опыт. Судья постановил, что (1) геофизик не был компетентен заниматься практической геофизикой, (2) геофизик не знал об ограничениях метода и ложно представлял ценность метода клиенту, (3) письмо геофизика губернатору было явной попыткой идентифицировать себя как эксперта по безопасности плотин и (4) постановил геофизику никогда не заниматься консультированием. Геофизик обжаловал решение суда, но Апелляционный суд оставил решение прежним. Суд распорядился, чтобы геофизик возместил оператору плотины все расходы, связанные с (1) геофизическими исследованиями и соответствующими отчетами, и (2) временем, потраченным на совещания. Суд приказал геофизику возместить страховой компании все расходы.

Как отмечают авторы доклада, катастрофическое разрушение плотины и наводнение были предотвращены действиями оператора по сбросу воды. Не будь настоящего уверения геофизика о том, что его метод работает должным образом, вода из

водохранилища, вероятно, была бы сброшена раньше, и наводнения можно было бы избежать.

Заключение

Аварии происходят не вследствие естественных событий (будь то землетрясение, наводнение, оползень и другие), которые непосредственно предшествуют катастрофе. **Аварии вызваны человеческими ошибками, которые позволяют создавать минимально стабильные или нестабильные условия в результате некачественных исследований, нечестности и обмана, утверждения некондиционных отчетов экспертизами и политического влияния.**

Судебное разбирательство является последним средством для пострадавших сторон.

Список литературы

1. Cummings, David and Kenton, Frank J., "Eleven Case Studies of Failures in Geotechnical Engineering, Engineering Geology, and Geophysics: How They Could Have Been Avoided" (2004). *International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering*. 1. <http://scholarsmine.mst.edu/icchge/5icchge/session07/1>
2. Larson, R. A., 1992, A Philosophy of Regulatory Review., Assoc. Engin. Geology, Proc. 35th Ann. Mtg. p. 224-226.
3. Halper, E., 2002, Fault Lines in Law Leave Homes on Shaky Ground. p. A22-A23. Los Angeles Times, August 11, 2002.