

ГЕОФИЗИКА

А.К. Певнев

**ОБ ИСХОДНОЙ ПРИЧИНЕ КРИЗИСА
В ПРОГНОЗЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ**

А.К. Pevnev

**ABOUT SOURCE REASON OF CRISIS
IN FORECAST OF EARTHQUAKES**

Обоснована ошибка в интерпретации результатов эксперимента, нацеленного на проверку основного положения «Теории упругой отдачи» Г.Ф. Рейда. Установлено, что американскими геодезистами допущена грубейшая ошибка, заключающаяся в том, что они оценку точности результатов измерений на недеформируемом основании применили к измерениям, выполненным на деформируемом основании. Именно это и привело их к выводу об ошибочности «Теории упругой отдачи», что и явилось исходной причиной кризиса в решении проблемы прогноза землетрясений.

Ключевые слова: прогноз землетрясений, прямые и обратные задачи, упругий изгиб, сдвиг, напряжение, сейсмогенная деформация, афтершок.

Mistake is Motivated in interpreting the results of experiment targeted to checking the main position "The elastik-rebound theory of earthquakes" H.F. Reids. It Is Stated that american geodesists is allowed the blunder, concluding in that that they estimation of accuracy of results of measurements on undeformed base have used to measurements, run for deformed base. Exactly this and has brought them to conclusion about fallaciousness "The elastik-rebound theory of earthquakes", as was a source reason of crisis in decision of problem of forecast of earthquakes.

Keywords: forecast of earthquakes, direct and inverse problems, elastik bend, shift, strain.

**К истории формирования представлений о возможностях
геодезии в решении проблемы прогноза землетрясений**

Соображения о целесообразности использования метода повторных геодезических измерений для изучения сейсмических процессов впервые были высказаны примерно 120 лет назад. Эти соображения принадлежат выдающемуся русскому ученому, геологу и сейсмологу И.В. Мушкетову. Ещё в 1887 г., сразу после Верненской сейсмической катастрофы, им для указанных целей был проложен нивелирный ход от г. Верного (Алма-Ата) до берегов озера Иссык-Куль. Вот как в описании программы работ экспедиции, изучавшей последствия Вер-

ненского землетрясения, было изложено И.В. Мушкетовым назначение этого нивелирного хода:

«Топографу Рафаилу поручалась нивелировка от г. Верного через два хребта: Заилийский и Кунгей-Алатау до озера Иссык-куль (около 150 верст), а также тригонометрическое определение высоты некоторых выдающихся вершин. Нивелировка эта, имея важное значение для составления точного геологического разреза через два хребта, вместе с тем послужит основанием для будущих определений изменений высоты гор» [Мушкетов, 1890, с. 3].

По настоянию И.В. Мушкетова в 1900 г. были выполнены повторные триангуляционные измерения в эпицентральной зоне Ахалкалакского землетрясения 1899 г. Вот что по этому поводу написали его ученики В.Н. Вебер и П.Е. Воларович.

”Проф. Мушкетов поднял вопрос об изменении координат тригонометрических пунктов после землетрясений и поэтому ходатайствовал перед Начальником Кавказского Военно-Топографического Отдела о производстве поверочной триангуляции в Ахалкалакском уезде, что и было исполнено летом 1900 г. Свое пожелание о производстве повторных определений географических пунктов Иван Васильевич высказал ещё в своей монографии о Верненском землетрясении 28 мая 1887 г., но производство поверочной триангуляции после землетрясений впервые в России было сделано только для Ахалкалакского землетрясения 19 декабря 1899 г. Хотя поверочная ахалкалакская триангуляция и не обнаружила особенно резких изменений координат, однако всё-таки возможность таких измерений отрицать нельзя; поэтому надо надеяться, что идея проф. И.В. Мушкетова найдёт себе применение при изучении русских землетрясений” [Мушкетов, 1903, с. VIII].

Следует отметить, что повторные измерения в ахалкалакской триангуляции и не могли выявить «особенно резких изменений координат», так как Ахалкалакское землетрясение было землетрясением средней силы с магнитудой всего лишь около 5,4 ($M = 5,4$). А как теперь известно, при такой магнитуде смещения по разлому (подвижка в очаге в терминологии сейсмологов) в результате землетрясения составляют не более 10 см, в то время как точность определения координат пунктов триангуляции в те времена была намного грубее.

К сожалению, блестящий научный путь И.В. Мушкетова был прерван ранней смертью в 1902 г., но его идея использования повторных геодезических измерений для изучения землетрясений вскоре была блестяще реализована в США в начале 20-го века.

В 1906 г. в Калифорнии случилась сейсмическая катастрофа с магнитудой 8,4 ($M = 8,4$). Количество выделившейся при этом землетрясении сейсмической энергии было огромным: 10^{19} Дж; землетрясение вызвало значительные деформации земной поверхности – общая длина сдвинувшегося при землетрясении участка разлома Сан-Андреас исчислялась сотнями километров (более 400 км), а взаимные смещения смежных бортов разлома измерялись метрами (до 6 м).

После Калифорнийского землетрясения были выполнены повторные триангуляционные измерения на 58 пунктах, расположенных на обширной территории, перекрывшей его эпицентральною зону. Результаты этой работы превзошли все ожидания: благодаря внушительным размерам деформированного землетрясением участка земной поверхности и её значительным смещениям даже при редком расположении пунктов триангуляции удалось достоверно определить действительные величины их смещений на различных удалениях от разлома. Было установлено, что максимально смещенными оказались пункты, расположенные вблизи разлома и что с удалением от разлома смещения пунктов быстро и закономерно (экспоненциально) уменьшались. Именно эти геодезические данные и были основой предложенной Г.Ф. Рейдом "Теории упругой отдачи землетрясений" [Reid, 1911].

Рейд установил, что при подготовке очага землетрясения прямые деформационные признаки проявляются на земной поверхности и что их можно непосредственно отслеживать методом повторных геодезических измерений. Ниже приведены его взгляды на место и возможности геодезического метода в проблеме прогноза землетрясений.

«Так как разрыв не может возникнуть без предварительно накопленных напряжений, то просто нужно выбрать метод для обнаружения накапливающихся напряжений с тем, чтобы заранее знать, что готовится землетрясение. Разрыв произойдет вдоль линии наибольших напряжений или вдоль какого-нибудь старого разлома, где породы более слабые. Сдвиговое напряжение, необходимое для разрыва гранита, заключено между величинами $1/2000$ и $1/1500$, или возможно немного более, что легко измеримо. Если в регионе, где были землетрясения, мы установим ряд столбов, скажем через один километр, под прямым углом к предполагаемой или известной линии разлома и если мы будем время от времени измерять направления линий, их соединяющих, и их различия высот, то по их изменениям мы обнаружим накапливающиеся напряжения. Если напряжения станут достаточно большими, мы будем ждать землетрясение, а местоположение наибольшего напряжения или расположение старого разлома будет местом, где может произойти землетрясение. Повторение точных геодезических измерений выявит относительные смещения различных пунктов и таким образом покажут есть ли накопление напряжений, но пунктов обычно бывает недостаточно для обнаружения местоположения наибольших напряжений» [Reid, 1909, p. 5].

Следует подчеркнуть, что с момента этой публикации прошло уже 100 лет!

Вызывает удивление и восхищение гениальная догадка Г.Ф. Рейда о действительных возможностях геодезического метода в решении проблемы прогноза землетрясений, которая позволила ему первому предложить научно обоснованную стратегию обнаружения очагов готовящихся землетрясений **методами решения прямых задач.**

К сожалению, в «Теории упругой отдачи землетрясений» Г.Ф. Рейд допустил ошибку при определении вида деформационного признака подготовки очага

га землетрясения. Результаты повторных триангуляций в эпицентральной зоне Калифорнийского землетрясения 1906 г. однозначно показали, что смещения пунктов триангуляции, расположенных на разных расстояниях от разлома, соответствуют экспоненциальному распределению (рис. 1).

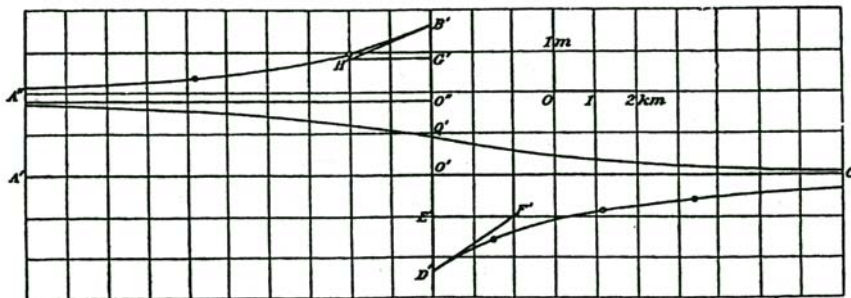


Рис. 1. График горизонтальных смещений триангуляционных пунктов при Калифорнийском землетрясении 1906 г. [Reid, 1910]

Порожденные землетрясением смещения пунктов (темные кружочки) расположены на аппроксимирующих кривых $A''B''$ и $D''C''$. Разлом Сан-Андреас – центральная вертикальная линия рисунка (прямая $B'C'O''Q'O'E'D''$).

Однако вопреки этому факту Рейд в результате ошибочных логических рассуждений о виде сейсмогенной деформации (изгиб-сдвиг, с. 421 и 422 в [Reid, 1911]) и неудачного лабораторного эксперимента (изучение взаимных смещений двух упругих пластинок желе) пришел к выводу, что сейсмогенная деформация должна быть деформацией однородного сдвига. Вот его аргументация:

«Все явления (реальные смещения на разломе – *А.П.*) находятся в полном согласии с последним экспериментом (на желе – *А.П.*). Главное различие заключено в том, что прямая линия на земной поверхности, перпендикулярная разлому, не разорвалась в две прямые линии, как в эксперименте, но в две искривленные линии. Мы приписываем это искривление тому факту, что горные породы не свободны снизу, тогда как желе в эксперименте свободно» [Reid, 1911, p. 424].

В действительности же эта деформация является деформацией упругого изгиба [Певнев, 1988], что и было зафиксировано повторными триангуляционными измерениями как после Калифорнийского, так и после других землетрясений (рис. 2).

На этом рисунке представлены данные повторных триангуляций, выполненных в эпицентральных зонах после случившихся сильных землетрясений. Вертикальные линии – сейсмогенные разломы, по которым произошли горизонтальные подвижки при землетрясениях. Зафиксированные смещения пунктов триангуляции показаны точками; масштаб смещений показан на вертикальной оси. На горизонтальной оси отложены расстояния этих пунктов от разлома.

На всех пяти графиках прослеживается одна и та же закономерность – смещения максимальны вблизи разлома и очень быстро (экспоненциально) убывают с удалением от него.

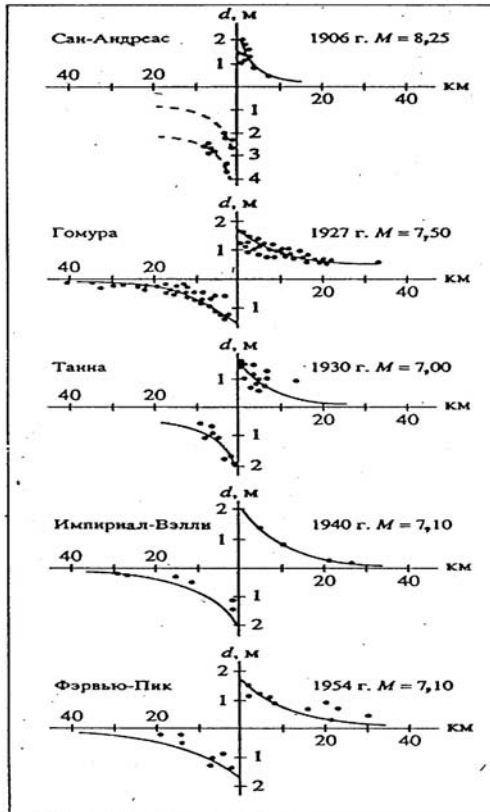


Рис. 2. Реальное распределение смещений пунктов триангуляции (d) в зонах сейсмогенных разломов при сильных коровых землетрясениях в зависимости от удаления геодезических пунктов от разломов [Касахара, 1985]

Таким образом, экспериментальные данные рис. 2 не оставляют сомнений в том, что сейсмогенной деформацией является не сдвиг, а упругий изгиб горных пород в очаге готовящегося землетрясения.

Совершенно очевидно и то, что эта ошибка ни на йоту не уменьшает значение гениальной догадки Г.Ф. Рейда, открывшего действительные возможности обнаружения мест готовящихся землетрясений **решением прямых задач методами повторных геодезических измерений**. При правильно поставленной экспериментальной проверке теории Рейда эта ошибка была бы тут же обнаружена. Но, к сожалению, американским исследователям «правильно поставленной экспериментальной проверке теории Рейда» сделать не удалось, что имело печальные последствия.

**О результатах неудачной экспериментальной проверки
«Теории упругой отдачи»**

Согласно опубликованным сведениям [Рихтер, 1963] американскими геодезистами были сделаны попытки реализовать возможность обнаружения готовящихся очагов землетрясений на разломе Сан-Андреас, но сделано это было крайне неудачно, так как не были созданы специальные геодезические построения, о которых говорится в вышеприведенной выдержке из работы Рейда: «Если в регионе, где были землетрясения, мы установим ряд столбов, скажем через один километр, под прямым углом к предполагаемой или известной линии разлома и если мы будем время от времени измерять направления линий, их соединяющих, и их различия высот, то по их изменениям мы обнаружим накапливающиеся напряжения» [Reid, 1909, p. 5].

В последней фразе из той же выдержки он еще раз подчеркивает необходимость иметь более густую сеть геодезических пунктов ... «но пунктов обычно бывает недостаточно для обнаружения местоположения наибольших напряжений» [Reid, 1909, p. 5]. В триангуляционных же сетях, которые были задействованы в эксперименте, расстояния между пунктами составляют многие километры, в то время как ширина зоны максимально упруго деформируемой подготовкой очага землетрясения составляет около 5 км, и поэтому при редкой триангуляционной сети такие сильно деформированные зоны легко пропустить.

Вот как результаты указанной американской проверки теории Рейда описаны известным американским сейсмологом Ч.Ф. Рихтером.

«Из приведенных схем (схем упругой отдачи – *А.П.*) следует, что перед сильным землетрясением на поверхности должны нарастать деформации. Это можно было бы обнаружить, проводя частые повторные триангуляции. Предполагалось, что имеющиеся геодезические данные действительно указывали на подобные смещения, происходившие до 1906 г. Поэтому в Калифорнии проводилось много триангуляций, но в целом смещения отмечались лишь после землетрясения, а не до него. Ложная тревога поднялась в 1925 г., когда после предварительной редукции геодезических данных обнаружили, что пик Гавиота к западу от Санта-Барбара сместился примерно на 25 футов. Это привело к зловещим предсказаниям о неизбежности сильного землетрясения, но заподозренные смещения рассеялись, когда были подведены окончательные итоги триангуляционных работ.

Так случалось не один раз. Люди, ведущие геодезическую съемку в поле, приходили к убеждению, что обнаружены систематические смещения; однако после редукции наблюдений в Вашингтоне выяснялось, что эти смещения находятся в пределах погрешности. Возникло подозрение, что полученные результаты могли быть обусловлены методом редукции наблюдений, при котором наблюдаемая невязка разбрасывается равномерно, благодаря чему влиянием сравнительно больших смещений в одной или двух точках можно пренебречь, если предположить, что они накопились за счет малых вариаций. С другой стороны, если принять результаты, как они есть, то получается, что любые ранние

медленные смещения проявляются только на глубине и что наблюдаемые смещения происходят только при действительном разрыве, когда он распространяется до поверхности. Но такое объяснение нельзя считать удовлетворительным» [Рихтер, 1963, с. 182–183].

Следует обратить внимание на то, что «люди, ведущие геодезическую съемку в поле, приходили к убеждению, что обнаружены систематические смещения; однако после редукции наблюдений в Вашингтоне выяснялось, что эти смещения находятся в пределах погрешности. ... Полученные результаты могли быть обусловлены методом редукции наблюдений, при котором наблюдаемая невязка разбрасывается равномерно, благодаря чему влиянием сравнительно больших смещений в одной или двух точках можно пренебречь». Это прекрасный, но, к сожалению, печальный, пример **формального подхода к оценке точности выполненных геодезических измерений, когда любое расхождение в полученных результатах, превосходящее определенный предел, считается ошибкой измерений и, следовательно, такие измерения выбрасываются из обработки.**

Как известно, такая оценка точности справедлива лишь для измерений, производимых на недеформируемых, не изменяющих свои размеры и форму объектах. Если же это условие нарушено, т.е. исходные измерения выполнены на деформируемом основании, то при сопоставлении результатов исходных и повторных измерений пользоваться указанным выше принципом оценки точности категорически нельзя. Можно полагать, что этот принцип оценки результатов геодезических измерений появился еще в те времена, когда считалось, что земная твердь неподвижна и недеформируема. К сожалению, этой позиции и до сих пор придерживаются те геодезисты, для которых «геодезия не наука, а лишь ремесло».

По своим результатам описанный американский эксперимент вполне соответствует известной поговорке: «вместе с водой выплеснули ребенка». И это соответствует действительности – ведь согласно Рихтеру геодезические исследования в Калифорнии были нацелены именно на обнаружение деформаций, которые, согласно «Теории упругой отдачи», должны предшествовать землетрясению. Повторными геодезическими измерениями аномальные смещения были обнаружены, и поэтому эксперимент следовало признать удачным, и исследование нужно было продолжать. И можно полагать, что в этом бы случае вопрос о месте прямых методов в обнаружении очагов готовящихся землетрясений давно и с успехом был бы решен положительно. Но, к сожалению, обнадеживающие результаты полевых измерений были перечеркнуты безграмотной оценкой точности этих результатов, что и послужило основанием для прекращения эксперимента. Поэтому есть все основания считать, что физически необоснованная оценка точности удачно начатого эксперимента явилась причиной продолжающегося до сих пор блуждания в потемках в решении проблемы прогноза землетрясений.

Следует отдать должное прозорливости Ч.Ф. Рихтера, который о результатах геодезического эксперимента написал следующее: «... если принять результаты, как они есть, то получается, что любые ранние медленные смещения проявляются только на глубине и что наблюдаемые смещения происходят только при действительном разрыве, когда он распространяется до поверхности. Но такое объяснение нельзя считать удовлетворительным» [Рихтер, 1963, с. 182–183].

Последняя фраза Ч.Ф. Рихтера свидетельствует о его обоснованном сомнении в достоверности геодезического эксперимента. Это тем более верно, что в разделе «Опасность землетрясений и меры защиты» той же самой его книги (Элементарная сейсмология) он написал следующее:

«В настоящее время возможности предсказания землетрясений, в обычном смысле слова, не существует, то есть никто не может с уверенностью сказать, что существенное землетрясение произойдёт в данном месте в данное время... Есть отдалённая надежда, что, быть может, без точного предсказания даты окажется возможным обнаруживать накопление деформации в направлении возникновения сильного землетрясения в данном районе или, возможно, на данном разломе....»

Непосредственным способом изучения накопления деформации является повторная триангуляция и точная нивелировка, как это проводится Береговой и геодезической службой Соединённых Штатов и различными организациями Японии» [Рихтер, 1963, с. 359].

Как видим, суждения Рихтера о прогнозных возможностях геодезии однозначны и изложены предельно ясно.

Таким образом, началом кризиса в проблеме прогноза землетрясений можно считать предпринятые в начале века американскими учёными неудачные попытки реализовать на практике идеи Г.Ф. Рейда. Это неудачное начало привело к печальным последствиям: упустив возможность обнаруживать непосредственный деформационный предвестник методом решения прямой задачи, исследователи направили все усилия на реализацию проблемы прогноза методом решения обратных задач, полагая, очевидно, что они отвечают условиям корректности. Однако анализ показал, что эти задачи являются некорректными [Певнев, 2009].

Очевидно, синдром неуспеха у американских ученых был настолько силен, что и теперь геодезические построения на сейсмогенных разломах США рассчитаны на что угодно, но только не на обнаружение мест готовящихся очагов землетрясений. Можно почти не сомневаться в том, что на сегодняшний день это является единственной причиной отсутствия точного прогноза мест подготовки сейсмических катастроф в Калифорнии.

Ярким примером сказанному являются случившееся неожиданным разрушительное землетрясение в Сан-Франциско в 1989 г. и полностью провалившийся широко разрекламированный прогноз в Паркфилде; такое положение с прогнозом будет сохраняться до тех пор, пока американские учёные не изме-

няют свое отношение к геодезическому методу и не заставят служить прогнозу землетрясений сильные стороны этого метода.

Можно считать, что одним из очень печальных последствий паркфилдского эксперимента является то, что он в очередной раз подорвал у американских ученых (и не только у них) веру в возможность осуществления прогноза землетрясений.

Дискредитация американскими исследователями «Теории упругой отдачи», конечно же, не могла остаться незамеченной прогнозистами других стран. Чего только не придумывали и не придумывают до сих пор некоторые ученые пытаясь доказать неправомочность «Теории упругой отдачи». В качестве примера приведем крайне впечатляющие соображения по этому вопросу известного новозеландского сейсмолога Дж. А. Эйби:

«Теория упругой отдачи, безусловно, дает удовлетворительное объяснение деформациям, которые можно наблюдать на поверхности земли, однако исследование разломов на поверхности мало что говорит нам об условиях в очаге, которое даже в случае самых неглубоких толчков находится на глубине нескольких километров. Возможно, что большая часть энергии высвобождается не от разрядки упругих напряжений, а от чего-то другого, и разломы на поверхности – лишь одна из форм сейсмических нарушений. В начале 60-х годов так считали многие новозеландские сейсмологи, и с ними соглашались некоторые их японские коллеги. В течение нескольких десятилетий сейсмологи Европы и Америки занимались проблемами, к которым механизм землетрясений не имел никакого отношения или фигурировал как побочный вопрос; видимо, рассмотрение серьезных физических возражений против этой теории было упущено из виду» [Эйби, 1982, с. 101].

Следует отметить, что вышеизложенное соображение Дж. А. Эйби о том, что наблюдаемые деформации на поверхности земли «мало что говорит нам об условиях в очаге» не соответствует действительности. Дело в том, что очаги коровых землетрясений располагаются в верхнем, так называемом сейсмогенном слое земной коры, мощность которого не превышает 15–20 км. Земная поверхность является верхней границей этого слоя, а следовательно, и верхней границей очагов, готовящихся в этом слое сильных землетрясений, и поэтому она участвует в происходящих в очаге деформационных процессах. Эти соображения находят полное подтверждение в сейсмологических экспериментальных данных, представленных на рис. 3.

Из рисунка однозначно следует, что после землетрясения упругие напряжения снимались, а следовательно, до землетрясения и накапливались лишь в самой верхней части земной коры, и что наиболее однородное поле афтершоков занимает интервал глубин непосредственно от земной поверхности до десяти километров. Эти экспериментальные данные являются наглядным и убедительным подтверждением того, что процесс накопления сейсмогенных деформаций, вопреки соображениям некоторых сейсмологов, распространяется и на земную поверхность.

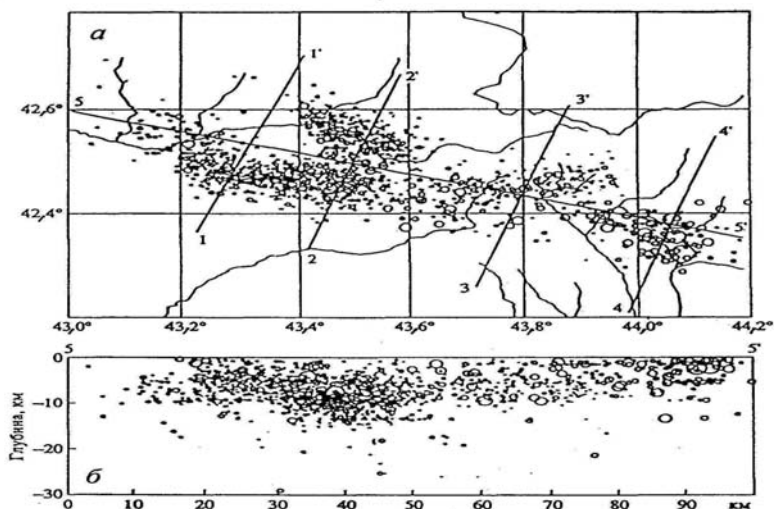


Рис. 3. Карта эпицентров Рачинского землетрясения (а) и вертикальный разрез по линии 5–5' (б) [Арефьев и др., 1993].

На секущую плоскость спроецированы все сейсмические события за афтершоковый период.
Глубина основного толчка 10 км

Таким образом, можно констатировать, что желание сейсмологов опровергнуть «Теорию упругой отдачи» было совершенно напрасным – при подготовке сильного корового землетрясения упругий изгиб земной поверхности имеет место.

Итак, имеющиеся экспериментальные данные (геодезические и сейсмологические) с полной определенностью свидетельствуют о несостоятельности попыток «новозеландских, некоторых японских» и других сейсмологов найти альтернативу «Теории упругой отдачи» («Возможно, что большая часть энергии высвобождается не от разрядки упругих напряжений, а от чего-то другого... рассмотрение серьезных физических возражений против этой теории было упущено из виду» [Эйби, 1982, с. 101]).

Есть все основания считать, что время решило спор в пользу «Теории упругой отдачи», согласно которой землетрясение является актом разрядки накопленных упругих напряжений в локальном объеме земной коры, а не «от чего-то другого».

К сожалению, попытки найти «что-то другое» предпринимаются и в настоящее время, что, конечно же, способствует живучести мифа о невозможности решения проблемы практически значимого прогноза землетрясений. Это имеет место и в нашей стране, что очень наглядно описал академик В.Н. Страхов:

«Нельзя не упомянуть о трёх немаловажных проблемах чисто психологического плана. Первая из них – психологический климат среди учёных, занимающихся вопросами оценки сейсмической опасности и прогноза землетрясений. Естественно ожидать, что сам гуманный характер стоящих перед ними задач

должен был бы сплачивать их. На самом деле ничего подобного нет – специалисты разбились на ряд соперничающих группировок, занятых бесконечной неконструктивной критикой и взаимными обвинениями, и если в публичных выступлениях политес ещё как-то соблюдается, то в кулуарах страсти переходят все мыслимые границы...

Так что оздоровление психологического климата в среде учёных-сейсмологов – одна из первейших задач, решать которую, как мне кажется, можно, только используя общественное воздействие» [Страхов, 1989, с. 9].

Еще раз подчеркнем то, как можно неудачно поставленным экспериментом опорочить прекрасную идею и тем самым способствовать выбору ложного пути решения животрепещущей проблемы, а также рождению многочисленных спекуляций. **Формальный подход американских геодезистов к анализу геодезических измерений сыграл роковую роль в решении проблемы прогноза землетрясений.**

Заключение

Осуществление реального прогноза землетрясений, к сожалению, и по сей день остается лишь мечтой и актуальнейшей потребностью Человечества. В 20-м веке Человечество сделало попытку осуществить эту мечту. За ее решение взялось Международное сообщество – наибольшие усилия предпринимались в СССР, США и Японии. На решение проблемы были затрачены огромные интеллектуальные, материальные и финансовые ресурсы, что, конечно же, существенно расширило наши знания о сейсмичности Земли, но, к сожалению, проблема прогноза землетрясений решена не была.

Сам собой напрашивается вопрос – в чем причина этой неудачи. Есть основания считать, что повинен в этом описанный в статье американский эксперимент проверки теории Рейда, который, по существу, поставил крест на возможности использования методов прямых задач в решении проблемы прогноза землетрясений и тем самым направил исследователей по ложному пути решения проблемы лишь методами обратных задач.

В подтверждение сказанному приведем соображения председателя Международной комиссии МАСФНЗ по поискам предвестников землетрясений известного сейсмолога, чл.-корр. АН СССР Е.Ф. Саваренского:

«Проблема создания надёжных методов предсказания землетрясений ещё не решена и исключительно трудна вследствие невозможности непосредственного изучения внутриземных процессов, порождающих землетрясения. Эти процессы протекают медленно и маскируются многими быстрыми явлениями» [Саваренский, 1976, с. 7].

Также следует сослаться на соображения на эту тему двух известных сейсмологов Н.В. Шебалина и А.В. Друмя:

«Теперь нам известно, что искать будущие землетрясения нужно там, где в недрах литосферы копится энергия деформации сдвига и где есть подходящие

разломы для её выделения... Но как узнать, где напряжения могут копиться, а где они тихо и незаметно рассасываются в результате спокойных, тихих процессов ползучести?... Итак, первая неудача: нет простого способа узнать, где в литосфере копится упругая энергия перекося. Нет общих явных признаков таких мест» [Друмя, Шебалин, 1985, с. 132–133].

Таким образом, даже во второй половине прошлого века сейсмологи были уверены в отсутствии прямых методов изучения деформационных процессов, происходящих в готовящихся очагах коровых землетрясений. А так как первую скрипку в проблеме прогноза сейсмологи оставляют за собой, то до тех пор, пока они не избавятся от своих заблуждений, **проблема прогноза землетрясений будет пребывать в состоянии кризиса.**

Проблема может быть решена лишь в том случае, если наряду с методами обратных задач будут задействованы и методы прямых задач, т.е. будут использоваться значительные возможности геодезического метода.

Литература

1. *Арефьев С.С., Плетнев К.Г., Татевосян Р.Э. и др.* Рачинское землетрясение 1991 г.: результаты полевых сейсмологических наблюдений // Изв. АН СССР. Физика Земли, 1993, № 3, с. 12–23.
2. *Друмя А.В., Шебалин Н.В.* Землетрясение: где, когда, почему? – Кишинёв: Штиинца, 1985. – 196 с.
3. *Касахара К.* Механика землетрясений. – М.: Мир, 1985. – 264 с.
4. *Мушкетов И.В.* Верненское землетрясение 28 мая (9 июня) 1887 г. // Тр. Геологич. ком-та, 1890, т. X, N 1. – 154 с.
5. *Мушкетов И.В.* Материалы по Ахалкалакскому землетрясению 19 декабря 1899 г. // Тр. Геологич. ком-та. Новая серия. Вып. 1. – СПб.: Изд-во Геолкома, 1903. – 80 с.
6. *Певнев А.К.* Прогноз землетрясений – геодезические аспекты проблемы // Изв. АН СССР. Физика Земли, 1988, № 12, с. 88–98.
7. *Певнев А.К.* О главных причинах, не позволяющих решить проблему прогноза землетрясений методами обратных задач // Уч. зап. РГГМУ, 2009, № 9, с. 156–170.
8. *Рихтер Ч.Ф.* Элементарная сейсмология. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1963. – 670 с.
9. *Саваренский Е.Ф.* Вступительное слово председателя Международной комиссии МАСФНЗ по поискам предвестников землетрясений чл.-корр. АН СССР Е.Ф. Саваренского // Поиски предвестников землетрясений. (Международный симпозиум. 27 мая – 3 июня 1974 г.). – Ташкент: Изд-во «ФАН» Узбекской ССР, 1976, с. 7–8.
10. *Страхов В.Н.* К новой парадигме сейсмологии // Природа, 1989, № 12, с. 4–9.
11. *Эйбу Дж.А.* Землетрясения. – М.: Недра, 1982. – 264 с.
12. *Reid H.F.* Some Lesson of the California Earthquake, and the Prediction of Earthquakes. C.R. Assoc. Internat. Seismol. Zermat, 1909. P. 5.
13. *Reid H.F.* The Mechanism of the Earthquake. The California Earthquake of April 18, 1906: Rep. of the State Investigation Commiss, vol. 2, p. 1. Washington. 1910. 56 p.
14. *Reid H.F.* The elastik-rebound theory of earthquakes // Bull. Department Geology. Univ. Cflif. Publ. 1911, vol. 6, N 19, p. 413–444.