

ПРИРОДА ТЕКТОНИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ВОЗМОЖНОСТИ
ИХ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА

Е.А. Скобелин

ЗАО «Красноярскгеофизика» 660021, г. Красноярск, а/я 12640, E-mail: skea@kgf.ru

...за истинную и общую причину земного трясения, со всеми почти нынешними и древнего Философами подземельный огонь признаваю.

М.В. Ломоносов [7, с.168]

Силы, вызывающие разломы и землетрясения - это те же силы, которые формируют горы; а природа и причины горообразования являются центральной проблемой исторической геологии.

Ч.Ф. Рихтер [11, с. 189]

Автору посчастливилось многие годы изучать геологию Сибирской платформы, которая словно специально создана, чтобы показать или подсказать нам простые решения многих фундаментальных геологических проблем, в том числе и проблемы природы тектонических землетрясений.

Собственные данные сейсмологов не могут дать убедительное решение проблемы и они иногда вынуждены признавать, что механизм очага землетрясения еще не известен, что рассматриваемые ими механизмы очага физически нереальны и рассматриваются только потому, что ничего иного пока не предложено. Тем не менее, современные сейсмологические исследования приобрели глубокую и разностороннюю специализацию в этом тупиковом направлении, что порождает дополнительные моральные и материальные барьеры на пути к Истине [28].

Интуиция уже давно подсказывала некоторым сейсмологам, что разгадку природы землетрясений нужно искать в геологии (см. эпиграф). Это оправдывает вторжение геолога в сейсмологию и дает основание надеяться на необходимое внимание со стороны сейсмологов к геологическому решению их главной проблемы.

Ключ к решению проблемы тектонических землетрясений - данные об интрузивных траппах Сибирской платформы, которые широко, но неравномерно распространены в ее чехле. Основной их объем сосредоточен в согласных с вмещающими породами пластовых телах - силлах. Их мощность (до 200-500 м, иногда более 1000 м) и количество (до 5-10, иногда более 20) широко изменяются по площади.

Протяженность силлов там, где их много, обычно установить трудно из-за сложности корреляции отдельных тел при их крайне однообразном составе. Но на большой территории юга Сибирской платформы имеется только один силл и такая трудность отпадает. Г.Д. Феоктистов [23] назвал этот силл усольским и первым отметил его очень большую протяженность, достигающую 1200 км [13].

Столь большая протяженность, достоверно установленная сотнями глубоких скважин пока только для одного этого силла, дает основание предполагать большую протяженность и всех других силлов, не поддающихся сейчас однозначной корреляции.

В 1932 г. Ф.Я. Левинсон-Лессинг [6] по трудно объяснимому сегодня недоразумению предположил, что внедрение силла происходит пассивно и связано с опусканием его подошвы. Эту точку зрения эффектно поддержал П.Е. Оффман [9] и до настоящего времени развивает В.С. Старосельцев [20].

Но это представление однозначно опровергается многими данными, особенно показательными на Куюмбинской площади (Подкаменная Тунгуска). Здесь вдоль двух взаимно пересекающихся профилей, соответственно, в 50 и 90 км длиной, глубоких скважин подсилловый комплекс кембрия залегает практически горизонтально - колебания отметок в нем не выходят за пределы 40 м. В надсилловом же комплексе картируются складчатые и разрывные структуры с амплитудами до 150-250 м и более (в пределах Бугарикского горста - 550-600 м).

Эти данные не оставляют сомнений в том, что здесь структура надсиллового комплекса полностью (если пренебречь 40 м) создана внедрением силлов и определяется изменениями по площади их суммарной толщины.

Следовательно, внедрение силла всегда сопровождается подъемом надсиллового комплекса (на величину мощности силла, как это показал Г.Д. Феоктистов) и последующим его изостатическим выравниванием, а эти процессы не могут не сопровождаться землетрясениями (здесь и ниже везде курсив мой – Е.С.).

Судя по мощности и протяженности силлов на Сибирской платформе, связанные с их внедрением землетрясения могли быть настолько сильными, что нынешняя магнитудная шкала для их характеристики слишком тонка и непригодна. Судить о масштабах таких землетрясений в какой-то мере можно только по немногим историческим землетрясениям.

Одно из них - Аляскинское 1964 г. - приближается к ним по охвату территории, вовлекаемой в землетрясение. Оно охватило площадь около 100000-200000 км², сопровождаясь подъемом земной поверхности до 10 м и более в одних местах и погружением ее до 2 м - в других [11].

Другое землетрясение - Канто, происходившее в 1923 г. в Японии, - приближается к геологическим землетрясениям на Сибирской платформе по масштабу вертикальных движе-

ний. В процессе этого землетрясения произошли крупные изменения глубин в бухте Сагами, выразившиеся в опускании ее дна на 100-200 м и до 400 м - в одних местах и подъеме высотой до 250 м - в других.

«Реакция на это сообщение была самой различной от полного отрицания всех фактов, как очевидно ложных, до полного безоговорочного принятия их. Предпринимавшиеся впоследствии попытки полностью дискредитировать наблюдения 1923 г. не имели успеха» [12, с. 530].

Надо полагать, что здесь мы имеем дело с процессами изостатического выравнивания в надсилловом комплексе на площади в 150-250 км x 700-800 км при мощности силла не менее 10 м (возможно, много большей) в случае Аляскинского землетрясения и с такими же процессами в акватории бухты Сагами над силлом мощностью не менее 400 м - в случае землетрясения Канто.

Согласно общей геологической концепции автора основным источником энергии тектономагматического процесса на Земле является взаимодействие ее собственного (постоянного) гравитационного поля с изменяющимся в геологическом времени внешним по отношению к Солнечной системе гравитационным полем [17].

Любое космическое тело испытывает воздействие гравитационных сил в двух противоположных направлениях. С одной стороны это сжатие благодаря гравитации, связанной с собственной массой, с другой - растяжение за счет внешнего гравитационного поля, связанного, прежде всего, с окружающими его космическими телами. Последнее однозначно доказывается наблюдениями за лунными и солнечными приливами, достигающими максимума одновременно в зените и в надире по отношению к Луне или Солнцу, т.е. Земля явно растягивается вдоль направлений к нашим наиболее влиятельным космическим соседям. Надо полагать, что *степень сжатия вещества космического тела определяется разностью названных гравитационных полей, а его диаметр можно представить в виде пружины, на которой подвешен груз внешнего гравитационного поля, изменчивость которого определяет и изменчивость объема (диаметра) этого тела - его пульсации.*

Солнечная система движется в нашей Галактике, пересекая участки с различной плотностью космического вещества и, следовательно, с различным внешним гравитационным полем, изменения которого связаны с причинами разного порядка - приближением и удалением от центра Галактики, нахождением внутри и вне звездных скоплений, вблизи или вдали от отдельных звезд. Именно такой разнопорядковый характер тектонических движений устанавливается и в геологической истории Земли. Надо полагать, что синхронные тектонические движения разных порядков должны иметь место и на других планетах Солнечной системы.

При ослаблении внешнего гравитационного поля (в апогалактии, вне звездных скоплений, вдали от отдельных звезд) сила тяжести на Земле и степень ее сжатия за счет собственной массы увеличиваются, уменьшая объем планеты. При усилении внешнего гравитационного поля (в перигалактии, внутри звездных скоплений, вблизи отдельных звезд), наоборот, сила тяжести на Земле и степень ее сжатия уменьшаются, а объем планеты увеличивается.

Поскольку жидкости и твердые тела практически несжимаемы, можно предположить, что изменения объема космического тела возможны только при наличии внутри этого тела сферы (оболочки), обладающей свойством газа изменять свой объем при изменении давления (это может быть оболочка не газовая, а только содержащая существенную примесь свободного газа). Логично предположить далее, что только на таких космических телах возможны пульсации (изменения их объема) и тектономагматические процессы. Поэтому раньше автор предполагал, что на Земле имеется газосодержащая оболочка [25] и что ею является внешнее ядро. К такому выводу приходят и многие другие ученые.

Этот вполне логичный вывод все-таки кажется весьма экзотичным и маловероятным. Кроме того, в изменении объема Земли несомненно принимает участие другой механизм - изменение мощности литосферы во времени. При уменьшении силы тяжести на Земле и давления в ее недрах благодаря механизму декомпрессии [4] происходит плавление (частичное или полное) нижней части литосферы и переход ее в астеносферу, сопровождаемый увеличением объема вещества при плавлении. При увеличении силы тяжести, наоборот, происходит наращивание литосферы за счет затвердевания верхней части астеносферы, сопровождаемое уменьшением объема вещества при затвердевании. Этот механизм несомненно имеет место на всех космических телах, имеющих литосферу и астеносферу.

Оба эти механизма действуют в одном и том же направлении и, возможно, дополняют друг друга. Первый механизм способен изменять объем Земли и других космических тел в очень широких пределах (если газовые оболочки в действительности имеют место внутри этих космических тел). Возможности второго механизма изменять объем космических тел ограничены коэффициентом расширения твердого вещества при его плавлении, но при некоторых вполне допустимых условиях достаточны для осуществления тектоно-магматического процесса. Автор не рискует сегодня отдать предпочтение одному из них до появления дополнительных данных и соображений.

Изменению общего объема планеты препятствует ее твердая литосфера, стремящаяся сохранить свою прежнюю форму. Однако в пределах участков с уменьшенной мощностью литосферы она деформируется и здесь в периоды сжатия Земли формируются прогибы, а в периоды расширения - поднятия литосферы.

В настоящее время можно считать эмпирически твердо установленной общую схему развития геосинклинали. Сегодня геосинклинали (особенно, молодые) это наиболее высокие горные хребты. Сводный разрез геосинклиналей характеризуется общей мощностью и мощностью отдельных стратиграфических подразделений, которая в несколько раз или даже на порядок превосходит общую мощность и мощность тех же отдельных подразделений на смежных платформах. Следовательно, в свое время геосинклинали представляли собой наиболее погруженные территории. Начальное погружение в десятки километров и такого же порядка завершающий подъем (которые осложнялись движениями меньшего порядка) геосинклинали несомненно *захватывали всю литосферу*. Учитывая это, мы вынуждены сделать вывод: *геосинклинали - это участки с наименьшей мощностью литосферы на континентах* и, следовательно, - признать существование изменений объема нашей планеты и изложенный выше принцип действия главного механизма тектономагматического процесса вне зависимости от правильности наших рассуждений о природе энергии Земли.

Вдоль центральных частей и краев геосинклиналей и срединно-океанических хребтов, на границах континентов и океанов литосфера изгибается наиболее сильно. Здесь образуются ее расколы - литосферные разломы. Кроме того, такие разломы могут образовываться в центральных частях континентальных и океанических платформ [17].

Сейчас нам интересны те из них, которые образуются при относительном погружении зоны литосферного разлома. Они располагаются, в частности, в центральной части геосинклинали при ее погружении или в краевых (передовых) прогибах - при ее воздымании [17], а также на границе континента и океана, где трассируются океаническими глубоководными желобами.

Нижняя часть таких разломов литосферы должна представлять собой некую расширяющуюся вниз зону зияния, верхняя - зону возрастающего вверх латерального (горизонтального) сжатия.

Конечно, такие зияния как таковые в природе существовать не могут - здесь должен сработать механизм декомпрессии [4], т.е. плавления при снижении давления, и они немедленно заполняются магмой с образованием мантийного магматического очага. Но тектонические движения никогда не происходят длительное время однонаправленно и всегда сопровождаются инверсиями - движениями противоположного знака меньшего порядка. Во время таких инверсий мантийный магматический очаг сжимается и магма выдавливается из него в направлении к земной поверхности.

Покинув «зону зияния» и достигнув зоны возрастающего вверх латерального сжатия, выдавливаемая магма вынуждена менять направление своего движения с вертикального в сторону с тем, чтобы миновать эту область сжатия. В консолидированных породах магма

движется далее по нижней границе области сжатия, а в неконсолидированных слоистых - использует для своего внедрения ослабленные зоны и трещины на границах пластов.

Рассмотренный механизм дает удовлетворительное объяснение внедрения мантийных магм в виде пластовых тел (силлов) - основной формы залегания интрузивных основных и ультраосновных пород, аккумулирующей в себе подавляющую часть их общего объема. Более подробно механизм тектономагматического процесса рассмотрен в другой нашей работе [17].

Тектонические землетрясения связаны, прежде всего, с силами именно основных и ультраосновных магм, которые наиболее подвижны. Магмы иного состава имеют большую вязкость и связанные с ними процессы внедрения и изостатического выравнивания, хотя и происходят в больших масштабах, но вряд ли сопровождаются землетрясениями.

Распространенное представление об исключительно «протрузивной» («холодные внедрения») природе ультраосновных пород наряду с другими данными опровергается фактами их современного залегания в виде силлов. Такое залегание во многих случаях не вызывает сомнений уже при рассмотрении геологических карт (в том числе составленных поклонниками этого представления), в частности, на Зондских и Филиппинских островах [9], острове Хоккайдо [8] и др.

Внедряющаяся из мантийного очага магма, вероятно, формирует сначала силлы относительно небольшой протяженности вблизи литосферного разлома, поскольку быстрому распространению силла препятствует упругость надсиллового комплекса пород. Лишь затем благодаря стремлению к изостатическому равновесию еще длительное время происходят процессы изостатического выравнивания, сопровождающиеся площадным перераспределением объемов магмы в силле и его распространением на все большую территорию.

Создаваемая весом вышележащих пород литостатическая нагрузка в основании надсиллового комплекса пород благодаря неровностям рельефа земной поверхности и другим причинам в плане весьма изменчива, но деформациям этого комплекса препятствует его прочность. Некоторые деформации происходят в самом начале или в процессе внедрения силла, другие – значительно позже, уже после завершения процесса внедрения силла, когда длительное воздействие неравномерной литостатической нагрузки ослабляет прочность надсиллового комплекса. Нарастающая со временем усталость материала слагающих его пород достигает предела выносливости и он, наконец, обрушивается под действием силы тяжести в одних местах, выдавливая при этом магму в смежные участки и вызывая землетрясение.

Если силл залегает среди водонасыщенных пород, то образующийся при этом пар может в больших объемах поступать в камеру силла (из подстилающих пород) и при наличии структурной ловушки (поднятия) вытеснять из нее магму, формируя паровые подушки. Обрушение надсиллового комплекса в местах расположения таких паровых подушек проис-

ходит особенно быстро и резко, вызывая землетрясения в соседних областях с наиболее резкими толчками, которые часто сопровождаются сейсмовыбросами.

В результате наиболее крупного из таких сейсмовыбросов в эпицентральной зоне Джиргатальского землетрясения 1984 г. образовался цирк диаметром 40 м и глубиной 3 м; при этом около 5000-6000 кубометров породы было выброшено на расстояние 100-180 м [2]. Подобные явления имели место и при других землетрясениях. Так при Ассамском землетрясении 1897 г. (Индия) наблюдалось переворачивание дерна и подбрасывание камней и валунов на высоту до 2,5 м, при землетрясении Канто 1923 г. (Япония) - выбрасывание клубней картофеля из земли [3].

Очень интересные данные изучения землетрясений еще в одном аспекте собирал и обобщал П. Байерли [1]:

Омори (1905) обратил внимание на то, что землетрясения из данного района всегда на данной станции дают один и тот же тип первого движения (сжатие или растяжение).

Лабозетта (1916), изучая землетрясения Италии и пользуясь сейсмограммами только итальянских станций, нашел, что единственная прямая линия на карте отделяет районы, где первое движение является сжатием, от тех районов, где первое движение является растяжением...

Герци (1923) заметил, что на станции Ци-Ка-Вей при землетрясениях, расположенных к западу от станции, первые вступления являются волной разрежения, а при землетрясениях, расположенных к востоку, - волной сжатия.

Сомвилл (1925) опубликовал карту эпицентров. Каждый эпицентр был обозначен черным или красным в зависимости от того, являлась ли для него волна Р на станции Уккль волной сжатия или растяжения. Распределение черных и красных эпицентров не было беспорядочным, они объединялись в географические группы. Например, землетрясения Алеутского района, от Аляски до Камчатки, всегда давали на станции Уккль волну сжатия, а землетрясения западной части США - волну разрежения [1, с. 91].

Эти данные подсказывают еще одно направление изучения землетрясений и хорошо согласуются с представлением об их связи с силлами - обрушение надсиллового комплекса и выжимание магмы на одних участках дает здесь первый импульс разрежения и приводит к нагнетанию магмы в смежные участки, где первым должен быть импульс сжатия. При наличии двух силлов на разных глубинах нагнетание магмы, например, в верхний из них должно способствовать выжиманию ее из нижнего силла. Этим, в частности, объясняется конкретная ситуация, когда «...при поверхностных землетрясениях в прибрежных районах Мексики, Центральной и Южной Америки на станции Беркли первой обычно записывается волна сжатия, а при глубоких - волна разрежения» [1, с. 97].

Конечно, сейсмические эффекты при внедрении силла и перераспределении в нем объемов магмы тесно связаны с конкретными условиями и могут быть весьма различными. В одних случаях эти эффекты могут быть слабыми и незаметными, в других - резкими и даже сопровождающимися сейсмовыбросами, как это имело место во время упоминавшегося выше Джиргатальского землетрясения 1984 г.

С. Уеда [22] приводит такой «поразительный факт. Уже давно известно, что каждое сильнейшее землетрясение, происходящее в Японии, вызывает поднятие ее Тихоокеанского побережья на несколько метров. Но в период между землетрясениями берег постепенно опускается» (с.143).

Надо полагать, что здесь после быстрого нагнетания магмы под Тихоокеанское побережье Японии происходит ее медленное выдавливание (сопровождающееся постепенным опусканием берега), направленное в сторону центральных частей Японских островов (а, возможно, и еще далее), где должны происходить ее накопление и связанный с этим процессом постепенный подъем земной поверхности.

В других местах, где такая универсальная поверхность отсчета как уровень океана отсутствует, даже значительные вертикальные движения земной поверхности могут быть обнаружены только повторными нивелировками и обычно ускользают от внимания исследователей.

Возникает естественное желание установить для любого землетрясения конкретную причину его возникновения, которая может быть связана с первоначальным внедрением силла или с последующими процессами изостатического выравнивания над ним. Эту проблему еще предстоит разрабатывать, но некоторые соображения можно высказать уже сейчас.

Признаком первоначального внедрения силла является общий подъем земной поверхности в области землетрясения. Другим признаком может быть (но не всегда) проявление сейсмичности в пределах прежде асейсмичной области

Внедрение силла даже в непосредственной близости к литосферному разлому не происходит сразу на всем его протяжении единым широким фронтом.

Так, подмечено, что территория между Курильской островной дугой и одноименным желобом последовательно заполняется областями проявления сильных землетрясений; при этом каждое из них происходит на одном из участков прежде асейсмичной области. Эта закономерность проявляется настолько четко, что зоны «сейсмического затишья» стали рассматриваться здесь как вероятные участки очередных сильных землетрясений [22].

Эти данные позволяют судить о том, как происходит внедрение силла со стороны литосферного разлома над мантийным магматическим очагом, которые отражаются, соответственно, глубоководным желобом и отрицательной аномалией силы тяжести вдоль него. Силл

внедряется по направлению к островной дуге сначала в виде отдельных языков, а затем и в участки между ними, что во всех случаях сопровождается сильными землетрясениями.

Кстати, с излагаемым представлением хорошо согласуются выводы японского геофизика Томоды по западной части Тихого океана, которые приводит в своей работе Т. Цубои: «В тех местах, где есть и островная дуга и желоб, Δg_0 над островами положительно, а над желобом отрицательно, причем площадь области, в которой положительные значения Δg_0 превышают +50 мГал, практически равна площади, на которой отрицательные значения Δg_0 лежат ниже -50 мГал. Следовательно, *избыток массы, создающий положительную аномалию над островной дугой, равен дефициту массы, приводящему к отрицательной аномалии над желобом, так что в системе островная дуга-желоб масса в целом неизменна*. И далее: «Ось наибольших отрицательных значений Δg_0 тянется параллельно оси максимальных глубин желоба, причем иногда эти оси топографически совмещены, а иногда расположение осей не совпадает. Например, в Идзу-Бонинском желобе, идущем от о-вов Идзу к Марианским, указанные оси совмещены, а в Японском желобе, примыкающем к области Тохоку, совпадения осей нет: ось отрицательных значений Δg_0 расположена ближе к суше, чем ось максимальных глубин желоба. Два одинаковых желоба, вблизи одного из которых нет материка («океанический желоб»), а другой примыкает к матерiku («материковый желоб»), имеют различное глубинное строение...» (24, с. 240).

Надо полагать, что избыток массы над островами, создающий аномалию $\Delta g_0 +50$ мГал, связан с тем, что именно сюда поступил весь объем магмы из мантийного магматического очага, расположенного под желобом и отраженного аномалией $\Delta g_0 -50$ мГал (первая цитата). Информация, приводимая во второй цитате, объясняется разным наклоном литосферного разлома, который отражается в рельефе дна глубоководным желобом. «Океанический желоб» трассирует субвертикальный разлом литосферы, а «материковый желоб» - разлом литосферы, наклоненный в сторону континента, а связанные с ними магматические очаги (и отражающие их отрицательные аномалии Δg_0), в низах литосферы расположены, соответственно, непосредственно под желобом или смещены в сторону континента.

Признаками землетрясений, связанных с изостатическим выравниванием силлом (а такие землетрясения, вероятно, составляют большинство), являются их повторяемость на одних и тех же (часто весьма обширных) территориях с подъемом земной поверхности на одних участках и опусканием ее на других. К таким землетрясениям, вероятно, относятся рассмотренные выше Аляскинское и Канто, а также землетрясение Мино-Овари (Япония) 1891 г., где «по некоторым нивелирным ходам был отмечен развитый на большой площади подъем земной коры примерно на 70 см, тогда как в других местах очаговой области произошло опускание на 30-40 см» [3, с. 53].

Конечно, процессы изостатического выравнивания происходят уже при первоначальном внедрении силла. И чем полнее они произойдут в это время, тем меньше вероятность здесь сильных землетрясений при дальнейшем прохождении и завершении этих процессов и наоборот. Надо полагать также, что первоначальные внедрения силлов *всегда* сопровождаются сильными землетрясениями, в то время как изостатическое выравнивание может иногда вообще не сопровождаться ими.

Обнаруженные во многих сейсмически активных областях волноводы (обычно имеющие и повышенную электропроводность), с которыми связаны очаги землетрясений, скорее всего и являются еще незатвердевшими силлами.

О существовании таких силлов свидетельствует и появление в настоящее время нового, рукотворного типа землетрясений, связанного с заполнением водохранилищ и, следовательно, - с искусственным нарушением достигнутого природой изостатического равновесия над этими силлами. Землетрясения этого типа наблюдались при заполнении водохранилищ в США (Калифорния), СССР (Нурекское, Таджикистан), Индии, Замбии, Китае [3], а также водохранилища Иркутской ГЭС близ озера Байкал.

Предлагаемая модель удовлетворительно согласуется и со всеми другими явлениями, наблюдаемыми при тектонических землетрясениях. В этом легко может убедиться и сам читатель, поэтому мы ограничимся здесь лишь несколькими примерами.

Так, в образующихся при землетрясениях крупных трещинах иногда наблюдается свечение. Такое свечение может быть связано с самой магмой или с горением углеводородов, сероводорода или водорода, которые выделяются из прогреваемых силлом и насыщенных органическим веществом вмещающих пород.

Кстати, предположение о прогревании силлом вмещающих пород решает неразрешимую с иных позиций проблему первичной миграции углеводородов из практически непроницаемых нефтематеринских свит и объясняет присутствие в природном газе свободного водорода (термическая деструкция метана и, вероятно, сероводорода), который не может образоваться при простом «созревании» органического вещества [15].

Наша модель объясняет также и часто наблюдаемые «волны» на поверхности Земли, появление которых обычно приписывается возбужденному землетрясением воображению наблюдателей.

Однако эти наблюдения хорошо объясняют другое, часто и бесспорно наблюдаемое явление - раскрытие и закрытие во время землетрясений крупных трещин. В частности, общеизвестен случай гибели крестьянки на глазах ее семьи в такой открывшейся и затем закрывшейся трещине.

Видимые волны могут появляться только на поверхности жидкости и наблюдения таких волн на твердой поверхности Земли являются доказательством присутствия слоя незатвердевшей магмы на глубине.

Надсилловый комплекс в зависимости от своей мощности и прочности ограничивает возможности образования волн на поверхности силла и их параметры (они те же, что и на земной поверхности) - высоту (амплитуду) и длину волны, время существования и длину пробега до полного затухания. Эти зависимости, вероятно, могут пригодиться для качественной оценки глубины залегания и мощности силла.

Благодаря ограничивающему влиянию надсиллового комплекса волны на земной поверхности во время землетрясений подобно цунами в океане, вероятно, вообще образуются нечасто. Но в отличие от цунами эти волны визуально устанавливаются очень редко и только в исключительных случаях (например, в условиях города с прямолинейными улицами).

Чаще об образовании рассматриваемых волн косвенно свидетельствуют упомянутые выше раскрывающиеся и закрывающиеся во время землетрясения трещины. Такие трещины достигают максимальной раскрытости в момент прохождения через них гребня волны. Конечно, видимые волны на поверхности Земли могут быть связаны только с мелкофокусными землетрясениями.

Широкое распространение силлов на многих платформах и многочисленные признаки их присутствия на глубине в пределах остальных платформ свидетельствуют о значительно более широком распространении сейсмичности в геологическом прошлом и возможности ее проявления в настоящем. Это подтверждается редкими, но ощутимыми историческими землетрясениями в таких, казалось, амагматичных и асейсмичных районах как Русская платформа или Западная Сибирь, о чем сообщалось на Всесоюзном совещании в Черноголовке 11-15.06.1988 г.

Особый интерес представляет проявившая сейсмическую активность юго-западная часть Западной Сибири, доказывающая присутствие здесь незатвердевшего силла. Вероятно, с ним (вопреки существующим представлениям) связан феномен промышленной нефтеносности Салымского района, где продуктивной оказалась баженовская свита, сложенная непроницаемыми глинами и прежде считавшаяся нефтематеринской. Установлено также, что баженовская свита здесь характеризуется аномально высокими давлениями пластовых флюидов (АВПД) и аномально высокими температурами (до 130°C и более) слагающих ее пород [5], что хорошо согласуется с предположением о присутствии здесь недавно внедрившегося силла.

Все это вынуждает нас предполагать ограниченность сейсмически безопасных областей на Земле, если не их полное отсутствие.

Геологические данные о мощностях и распространении силлов и изложенные выше соображения свидетельствуют и о широком распространении в геологическом прошлом (и возможности в настоящем) значительно более сильных землетрясений (к примеру, способных перебросить через водораздел плотину Красноярской или Саяно-Шушенской ГЭС) по сравнению с известными человечеству историческими землетрясениями. Возможно, такие землетрясения происходили и в историческое время, но не оставили свидетелей и иных свидетельств кроме мифов, сказаний, религиозных и народных легенд, в частности, о погибшей Атлантиде.

Начала излагаемого представления можно найти уже в трудах М.В. Ломоносова (см. эпиграф), который, в частности, писал: «Не редко случается, что земная поверхность движется на местах отдаленных в одно время; и то двояким образом, 1) все место сплошь с одного края до другого, 2) с перерывами, так что между потрясенными концами расстояние по средине лежащая земля движения не чувствуют. Сие рассуждая представить во первых должно *подземную хлябь* простирающуюся от одного края до другого, но только разной фигуры. В первом случае равной или немного отменной глубины от земной поверхности; по чему сила производящая трясение, имея на себе почти равную тягость ига земного, не много разнится действующею силою. В другом случае отдаление *хляби* во глубину должно быть не равно, но как бы некоторым подобием искривленной трубы, у которой середка вниз опустилась, и превосходная навислой земли вага не уступает подземному жару; от чего напряжение его преодолевает меньшую на краях тягость и производит современное в отстоящих далее местах трясение» [7, с.61]. Или: «Второе *морскому волнению подобное землетрясение* показывает не далекое углубление движущей причины и не весьма толстой слой на ней лежащей. Ибо к таким частым изгибам великая толстота неспособна; и для того уже от древних писателей таковое землетрясение не почитается очень опасным» [7, с. 61].

К излагаемому представлению о природе землетрясений более полувека назад были также очень близки японские ученые. Так, Сида допускал провалы породы под действием силы тяжести, а Исимото (1932) предложил рассматривать *магматические интрузии как источник землетрясений*. Эта идея *блуждающей магмы* была очень популярна в Японии [1, с. 92].

К сожалению, подтверждающие эту идею данные о роли силлов в структуре (и составе) земной коры и сегодня еще слабо осмыслены, а данные об их большой протяженности игнорируются или просто замалчиваются, поскольку противоречат существующим концепциям.

Нет необходимости обсуждать важность принципиального решения рассматриваемой проблемы и необходимость его проверки.

В отличие от прежде предлагавшихся моделей тектонического землетрясения наша модель допускает возможность такой проверки. Наиболее оперативно она может быть осуществлена путем переинтерпретации уже имеющихся сейсмических и геологических данных на основе этой модели. Ее прямое подтверждение возможно путем бурения в разных регионах нескольких достаточно глубоких скважин с расчетом однозначного установления природы очаговых зон наиболее доступных мелкофокусных землетрясений недавнего прошлого. Технология бурения этих скважин должна предусматривать их проходку в условиях высоких температур и возможность вскрытия залежей перегретого пара или углеводородного газа с аномально высоким давлением, использовать уже имеющийся опыт разработки геотермальных полей и газовых месторождений.

Конечно, установление природы тектонических землетрясений ограничит и конкретизирует оптимальные направления поиска методов их прогноза, уменьшения или предотвращения их катастрофических последствий, а также окончательно определит наше отношение к атомным и крупным гидроэлектростанциям, каждая из которых часто таит опасность для жизни миллионов людей.

Предлагаемая модель тектонических землетрясений тесно взаимосвязана с нашими решениями главных проблем геологии, частично опубликованными [14-19, 25-28].

Из этой модели следует, что для оперативного (краткосрочного) прогноза землетрясений¹ наряду с получаемой ныне сейсмологами информацией необходимо выявление геологического строения сейсмоактивной области, в т.ч. размещения в разрезе уже внедрившихся, но еще незатвердевших силлов. Но главное – *необходимо непрерывное наблюдение (мониторинг) за изменениями гипсометрии земной поверхности (их величины, направления и скорости) на территории всей сейсмоактивной области.*

И внедрение силла, и последующее затем перераспределение в нем объемов магмы в связи с изостатическим выравниванием не происходят мгновенно, а имеют какую-то скорость и направление, что можно определить по данным упомянутого мониторинга. Это наряду со знанием геологии и рельефа в свою очередь дает принципиальную возможность определить направление, а возможно даже характер и величину надвигающейся опасности.

Согласно развиваемому здесь представлению *сейсмоактивная область* может быть определена как *территория, куда в настоящее время происходит внедрение силлов и где имеются ранее внедрившиеся, но еще не затвердевшие силлы.* Определение границ этой области является непростой задачей, поскольку для этого необходимо определение границ рас-

¹ Другие (среднесрочные, долгосрочные) *значимые* прогнозы землетрясений практически вряд ли возможны, ибо это будут уже не прогнозы землетрясений, а прогнозы сейсмической опасности, которые нужно распространять на всю сейсмоактивную область.

пространения уже внедряющегося силла и тем более – границ возможного распространения новых силлов, что может быть возможным лишь при наличии выше перечисленных данных.

Обычно литосферный разлом, по которому движется магма из мантийного магматического очага вверх (прежде чем внедряться в виде силла) не является вертикальным, а силл внедряется от него в ту же сторону, куда он наклонен, т.е. в сторону меньшей литостатической нагрузки [17]. В таких случаях сейсмоактивную область можно ограничить этим разломом хотя бы с одной стороны при условии, что его расположение известно.

Поскольку именно отсюда происходит внедрение силлов или дополнительных порций магмы в ранее внедрившиеся, но еще не затвердевшие силлы, *прилегающая к литосферному разлому территория в первую очередь должна быть охвачена мониторингом гипсометрии земной поверхности*. Именно по этим данным мы можем получить информацию о надвигающейся опасности для остальной части сейсмоактивной области или отдельных ее частей.

В частности такой мониторинг необходим по окраинам Тихого океана, где разломы литосферы трассируются глубоководными желобами почти по всему его периметру (Чилийский, Перуанский, Центрально-Американский, Алеутский, Курило-Камчатский, Японский, Идзу-Бонинский, Волкано, Тонга, Кермадек). Уже по характеру рельефа в поперечном сечении желобов иногда можно видеть характерные признаки (приповерхностные сколы) сильного горизонтального сжатия приповерхностных слоев в его центральной части, что хорошо согласуется с излагаемым здесь представлением. Здесь же вдоль желобов наблюдаются отрицательные гравиметрические аномалии интенсивностью до 150 мгл, позволяющие предполагать наличие под ними мантийных магматических очагов².

В других местах океана и на континентах несомненно существующие литосферные разломы, вероятно, никак не выражены в рельефе земной поверхности и их местоположение можно лишь ориентировочно предполагать в наиболее погруженной части сейсмоактивной области [17].

Данные мониторинга гипсометрии дна океана и окраинных морей могут быть использованы и для определения мест зарождения *цунами*, связанных с резким повышением дна океана там, куда впервые внедряется магма в виде силла или куда нагнетаются дополнительные объемы магмы в ранее внедрившемся силле. Зная же скорость и величину подъема земной поверхности в месте зарождения цунами, появляется принципиальная возможность прогнозировать и параметры возникающей волны на поверхности океана, и время ее прохождения на то или иное расстояние от этого места.

Подчеркнем, что наиболее важным является краткосрочный прогноз землетрясений, некоторые пути к которому открывает предлагаемая здесь модель.

² Такие аномалии обычно несколько смещены относительно оси желоба в сторону континента или островной дуги [24], что свидетельствует здесь о наклоне в этом же направлении литосферного разлома.

Общая методология решения этой проблемы рассматривается в краткой, но содержательной статье В.Н. Страхова [21], в которой априорно предполагается, что комплекс наблюдаемых и измеряемых сейсмологами в настоящее время параметров достаточно информативен для достижения цели прогноза. Наша модель, вообще не рассматриваемая сейсмологами, предполагает *обязательное включение в этот комплекс данных мониторинга изменения гипсометрии земной поверхности.*

Безусловно, включение этого дополнительного параметра в комплекс сейсмологических наблюдений приведет к существенному увеличению стоимости предлагаемой В.Н. Страховым [21] программы оптимизации краткосрочного прогноза землетрясений. Но глобальная важность решения проблемы подсказывает необходимость объединения усилий мирового сообщества, в частности, - с Японией³, которая будет наиболее ценным и заинтересованным партнером.

Конечно, предлагаемые новые направления деятельности сейсмологической службы на основе рассматриваемой модели в процессе работы будут дополнены, уточнены и детализированы. Они требуют нахождения и использования новых технических решений, которые вполне возможны при современном уровне науки и техники.

Этот труд, прежде всего, адресован геологам, поскольку им легче оценить достоверность базовой информации о силлах. И они должны найти достаточно энергии, терпения и деликатности для убеждения сейсмологов в необходимости ревизии своих традиционных представлений. В свою очередь, сейсмологи должны четко осознавать меру своей ответственности и цену своей индифферентности к любым нетрадиционным соображениям, особенно исходящим из данных геологии. Решающим проблему здесь может быть только симбиоз сейсмологов с геологами (и, конечно, с геофизиками), что особо подчеркивал еще Ч.Ф. Рихтер (12).

Предпринимавшиеся автором попытки обсуждения этой проблемы с отдельными сейсмологами Москвы, Ашхабада, Ташкента, Иркутска в период 1985-2005 гг. не дали результата. Лишь в сентябре 2006 г. при совместном ее обсуждении геологами и сейсмологами в г. Иркутске (в Иркутском госуниверситете и затем в институте земной коры СО РАН) были приняты оптимальные решения по трем пунктам:

1. Предлагаемая модель дает удовлетворительное объяснение многих явлений, сопровождающих тектонические землетрясения.
2. Внедрение силлов, несомненно, может являться одной из причин землетрясений.

³ Статья об излагаемой здесь «силловой» модели землетрясений опубликована на английском [26], русском [16], а затем и на японском языке с комментариями Christopher Lock and Takayuki Wada в независимом частном издании “*NPI (Neutral Point Institute, Japan) quarterly, 2005*” (Osaka), что может способствовать ускорению в установлении партнерства с Японией и другими странами.

3. *Мониторинг гипсометрии земной поверхности* на территории сейсмоактивных областей является новым *необходимым* параметром для выяснения природы землетрясений и их прогноза.

Предлагаемая модель отнюдь не требует немедленного отказа от проводимых в настоящее время сейсмологических исследований, что неправомерно этически и неосуществимо практически. Но она требует включения в комплекс наблюдаемых и измеряемых сейсмологами параметров *мониторинга изменения гипсометрии земной поверхности*, что во время упомянутых обсуждений в г. Иркутске было признано необходимым вне зависимости от принимаемых моделей.

Конечно, разные исследователи могут иметь иные представления об источнике энергии тектономагматического процесса и механизме внедрения мантийных (основных и ультраосновных) магм. Однако *сам факт существования силлов в природе неоспорим и является прочным фундаментом изложенного здесь представления*. Признание этого факта это признание принципиальной верности предлагаемой модели и необходимости дальнейших исследований именно в этом направлении.

Автор охотно согласится участвовать в разработке конкретных программ исследований по прогнозу и изучению природы тектонических землетрясений, в их осуществлении, а также с благодарностью примет любые замечания, пожелания и критику - в этом он видит лучшее начало дружбы и сотрудничества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байерли П. (1955). Определение разрывов в очагах землетрясений по сейсмическим данным / В кн.: Земная кора. М.: ИЛ, 1957. С. 89-100.
2. Белоусов Т.П. Сейсмодвижения Джиргатальского землетрясения 1984 г. - Вопросы инженерной сейсмологии (М.), 1987. № 28. С. 30-34.
3. Болт Б.А. (1978). Землетрясения. М.: Мир, 1981. 256 с.
4. Йодер Х. Образование базальтовой магмы. М.: Мир, 1979. 238 с.
5. Курчиков А.Р., Ставицкий Б.П. Геотермия нефтегазоносных областей Западной Сибири. М.: Недра, 1987. 134 с.
6. Левинсон-Лессинг Ф.Ю. (1932). Траппы Тулуно-Удинского и Братского районов Восточной Сибири / Избранные труды. Т. 1. М.-Л.: изд. АН СССР, 1949. С. 228-253.
7. Ломоносов М.В. (~1742-1760). О слоях земных и другие работы по геологии. М.-Л.: Госгеолгиздат, 1949. 212 с.
8. Марковский А.П. Геологическая карта Евразии. М.: НПО, 1975. Аэрогеология Мингео СССР.

9. Мишина А.В. Геологическая карта Зондских и Филиппинских островов и прилегающих территорий. М.: ВНИИЗарубежгеология, 1978.
10. Оффман П.Е. Тектоника и вулканические трубки центральной части Сибирской платформы / В кн.: Тектоника СССР. Т. 4. М.: изд. АН СССР, 1959. С. 5-344.
11. Рикитаке Т. (1976). Предсказание землетрясений. М.: Мир, 1979. 390 с.
12. Рихтер Ч.Ф. (1958). Элементарная сейсмология. М.: ИЛ, 1963. 670 с.
13. Рыжов Ю.К., Мордовская Т.В. Новые данные о трапповом магматизме на юге Сибирской платформы // Геология и геофизика. 1979. № 4. С. 139-141.
14. Скобелин Е.А. Механизм платформенного магматизма / В кн.: Тектоника платформенных областей. Новосибирск: Наука, 1988. С. 51-65.
15. Скобелин Е.А. Природа первичной миграции нефти / В кн.: Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО. Пятая научно- практическая конференция. Том 1. Ханты-Мансийск, 2002. С. 217-228.
16. Скобелин Е.А. Природа землетрясений / В кн.: Размышления о состоянии и путях перестройки в геологии. Красноярск: Красноярскгеофизика, 2002. С. 34-49.
17. Скобелин Е.А. Природа складчатости. Красноярск: Красноярскгеофизика, 2002. 50 с.
18. Скобелин Е.А. Состав верхних геосфер и природа раздела Мохо / В сб.: Кому и зачем нужна стратиграфия. Красноярск: Красноярскгеофизика, 2005. С. 86-101.
19. Скобелин Е.А., Карху Э.А. «Трапповые комплексы» и другие проблемы магматизма Сибирской платформы / В кн.: Размышления о состоянии и путях перестройки в геологии. Красноярск: Красноярскгеофизика, 2002. С. 4-33.
20. Старосельцев В.С. Тектоника базальтовых плато и нефтегазоносность подстилающих отложений. М.: Недра, 1989. 259 с.
21. Страхов В.Н. Как геофизики должны осуществлять краткосрочный прогноз землетрясений // Геофизика. 2004. № 6. С. 54-57.
22. Уеда С. Новый взгляд на Землю. М.: Мир, 1980. 214 с.
23. Феоктистов Г.Д. Трапповые силлы большой протяженности на юге Сибирской платформы // Советская геология. 1976. № 12. С. 122-127.
24. Цубои Т. Гравитационное поле Земли. М.: Мир, 1982. 288 с.
25. Skobelin E.A. 1992. Composition of the upper geospheres and the nature of the «Moho». - In Expanding Geospheres. Ed. C.W.Hunt. Calgary: Polar Publishing, pp. 32-42.
26. Skobelin E.A. 1992 The tectonic nature of earthquakes. - In the same place, pp.202-211.
27. Skobelin E.A. 1992. Formation of volcanic pipes and the genesis of diamonds. - In the same place, pp.239-265.

28. Skobelin E.A., Sharapov I.P., Bugayov A.F. 1990. Deliberations of state and ways of perestroika in geology. - In Critical Aspects of the Plate Tectonics Theory. Vol.1. - Athens: Theophrastus Publications, pp. 17-37.

УДК 550.34

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ МИГРАЦИИ ТИХООКЕАНСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ОБЛАСТИ МАГНИТУД $M > 8.0$

Н.А. Осипова

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683003. e-mail: Devil@kscnet.ru

Введение. Явление миграции очагов землетрясений, по обзору В.Г. Быкова [1], «официально» известно с 1958 г. – с момента выхода в свет классического труда Ч. Рихтера [13], в котором описан ставший уже своеобразным «эталоном» случай миграции эпицентров сильных землетрясений 1930 – 1957 гг. вдоль Анатолийского разлома в Турции. По данным В.И. Уломова [18] явление миграции сейсмической активности задолго до Ч. Рихтера было отмечено М.П. Репниковым [2], наблюдавшим «перемещение» эпицентров землетрясений в Средней Азии. Как видим, явление миграции эпицентров землетрясений вдоль разломов известно уже достаточно давно, в течение, как минимум, 60-70 лет.

По-видимому, впервые путем проведения статистического анализа явление миграции было выявлено Р.З. Таракановым при исследовании распределения афтершоков в очаге Большого Камчатского землетрясения 1952 г. [17].

На миграцию очагов землетрясений – как крупномасштабное планетарное явление, впервые обратил внимание К. Моги [27]. Он рассмотрел особенности распределения эпицентров самых сильных ($M \geq 7.5$) землетрясений 1935-1964 гг. в пределах всей окраины Тихого океана и примыкающего к ней значительного по протяженности участка Альпийско-Гималайского сейсмоактивного пояса – его Тибетско-Среднеазиатской части. Анализ проводился на плоскости с осями расстояние между очагами землетрясений вдоль зоны (L) – временами в их очагах (t). Было показано, что эпицентры более 90% всех рассмотренных землетрясений располагаются в пределах «узких» областей, разделенных «пустыми» широкими коридорами. Значения «наклонов» таких высокосейсмичных областей и асейсмичных коридоров на плоскости $L-t$ и определили значение скорости миграции землетрясений с $7.5 \leq M \leq 8.3$ вдоль окраины в направлении от Японии к Америке, которое оказалось равным $V \approx 210$ (150-270) км/год.

Методические аспекты выделения специфической пространственно-временной взаимосвязи между сильными землетрясениями вдоль крупных сейсмоактивных разломов доста-