

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **201900334** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.09.30

(51) Int. Cl. *F42D 3/06* (2006.01)
E21C 39/00 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2019.03.15

(54) СПОСОБ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

(96) ЕАПВ/KG/201900001 (KG) 2019.03.15

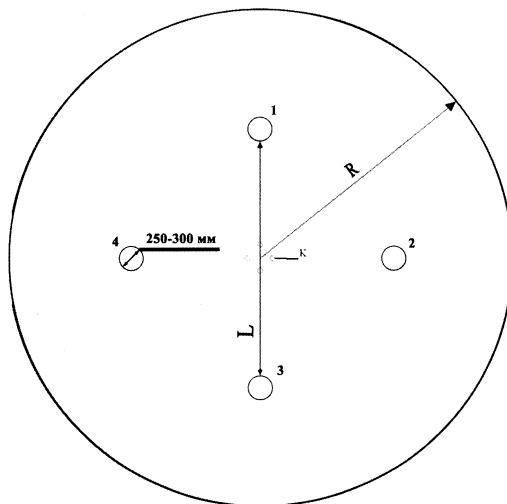
(72) Изобретатель:

(71) Заявитель:
**КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ
СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(КРСУ); ИНСТИТУТ
ГЕОМЕХАНИКИ И ОСВОЕНИЯ
НЕДР НАН КР (KG)**

**Тажибаев Кушбакали, Тажибаев
Данияр Кушбакалиевич (KG)**

(74) Представитель:
Карпушевич С.В. (KG)

(57) Изобретение относится к разделу геофизики - сейсмологии и может быть использовано для предотвращения тектонических землетрясений путем разгрузки напряжений горных пород в зонах их высокой концентрации. Задачей изобретения является разработка способа предотвращения тектонических землетрясений, позволяющего осуществлять разгрузку напряжений горных пород в участках их высокой концентрации и предотвращать тектонические землетрясения в сейсмоопасных зонах. Техническим результатом является ступенчатое уменьшение опасных напряжений горных пород в участках их высокой концентрации и предотвращение тектонических землетрясений применением ступенчатых глубинных камуфлетных взрывов ядерных зарядов. Путем определения напряжений горных пород до и после взрыва ядерных зарядов контролируется разгрузка опасных напряжений от взрывов. Минимальная и максимальная энергия взрыва устанавливается с учетом показателей прочности, напряжений и по значению удельной энергии средней разгрузки генетических остаточных напряжений для горных пород разгружаемого участка. Контроль разгрузки напряжений проводится после проведения каждого взрыва до достижения максимальной разгрузки напряжений, доводя их до безопасного уровня, постепенно увеличивая мощность взрыва на 10% относительно последнего взрыва.



A1

201900334

201900334

A1

Способ предотвращения тектонических землетрясений

Изобретение относится к разделу геофизики - сейсмологии, и может быть использовано для предотвращения тектонических землетрясений путем разгрузки опасных механических напряжений горных пород в зонах их высокой концентрации, с использованием глубинных камуфлетных взрывов ядерных зарядов, одновременно решая проблему утилизации накопленного опасного для жизни людей ядерного оружия.

Сущность: включает определение сейсмоопасного участка массива горных пород, бурение глубоких разгрузочных и наблюдательных контрольных скважин, определение механических свойств горных пород участка, отличается тем, что генетические остаточные и действующие в массиве горных пород напряжения определяются до и после взрыва поляризационно-акустическим методом на основе формул, позволяющих определять знак и величину напряжений в горных породах по разным направлениям, в интервале конечной глубины разгрузочной скважины располагают ядерный заряд и электронный детонатор, выше заряда и детонатора интервал скважины бетонируется толщиной бетонной забойки 120 м и после упрочнения бетона проводится первый глубинный камуфлетный взрыв ядерного заряда с минимальной энергией, установленной с учетом показателей прочности, напряжений и по значению удельной энергии средней разгрузки генетических остаточных напряжений для горных пород разгружаемого участка, после взрыва контролируют разгрузку напряжений, проводят повторные взрывы до достижения максимальной разгрузки напряжений, доводя до безопасного уровня, постепенно увеличивая мощность взрыва на 10% относительно последнего взрыва.

Технический результат: снижение величин напряжений в зоне их высокой концентрации до безопасного уровня и предотвращение катастрофических тектонических землетрясений в сейсмоопасных зонах.

Известен способ предотвращения землетрясения (патент RU № 2099111, С1, кл. А62В 37/00, 20.12.1997) заключающийся в том, что определяют направление относительного сдвига земной коры, которое привело к аномальному изменению параметров в данной местности по отношению к номинальным значениям, закрепляют на земной коре орудие с направлением выстрела, направление отдачи которого соответствует направлению восстанавливающего номинальное положение и производят выстрел с расчетной массой снаряда и начальной его скорости.

Поставленная цель в этом способе достигается тем, что после получения прогноза о будущем землетрясении, на земной поверхности закрепляют орудие и производят выстрел для сдвига части земной поверхности. Основными недостатками способа являются отсутствие точного прогноза тектонических землетрясений в настоящее время и однонаправленность воздействия выстрелом, тогда как общеизвестно объемное излучение сейсмических волн землетрясений во все стороны по сферической поверхности, а также неэффективность импульсной отдачи от выстрела вблизи поверхности для разгрузки опасных напряжений горных пород больших объемов на больших глубинах.

Известен способ предотвращения землетрясения (патент RU № 2107933, С1, кл. G01V 9/00, 1/00, 3/00, 27.03.1998). Сущность изобретения: постоянно во времени выравнивают потенциалы между углеродсодержащей оболочкой Земли и предполагаемым эпицентром землетрясения. Предпочтительно способ осуществлять путем соединения стационарным проводником предполагаемого эпицентра землетрясения и места расположения ближайшей нефтяной скважины, формируя контакт проводника с нефтью. При использовании заявленного способа в районе с повышенной сейсмической опасностью формируют замкнутую систему проводников с распределенными по ее длине погружными электродами, которые устанавливают в различных эпицентрах предполагаемых землетрясений и - в местах расположения нефтяных скважин в контакте с

нефтью, при этом расстояние между электродами системы выбирают равным 100 - 150 км.

Основными недостатками данного способа являются, во-первых то, что для определения предполагаемого эпицентра землетрясения необходимо экспериментально определять механическое, а не электрическое напряжение горных пород, так как общеизвестная и основная причина и основной энергетический источник природных землетрясений - это механическое напряжение горных пород. В этом способе механическое напряжение горных пород не измеряется. Во-вторых, выравнивание электрических потенциалов между углеродсодержащей оболочкой Земли и предполагаемым эпицентром землетрясения не приводит к существенным изменениям механических напряжений и тем более к снижению их опасного уровня, в-третьих, нефтяные залежи имеются не во всех сейсмоактивных зонах. Отмеченная авторами способа сейсмическая опасность техногенных землетрясений в районах активного нефтепромысла: Уренгой, Медвежье, Ямбург, Комсомольское, Юбилейное, Ямсовейское, Губкинское, Заполярье, которые отстоят друг от друга не более чем на 150 км, то есть расположенных в зонах сейсмического взаимодействия, и то, что практически все крупные нефтяные месторождения оказались расположенными в зонах глубинных разломов земной коры (рифтов), которые отличаются усиленной тектоносейсмической активностью, взаимосвязи землетрясений и нефтяных месторождений обусловлены нарушением равновесия и проявлением механических напряжений в результате откачки запасов нефти. Изменения электрических потенциалов - следствие землетрясения, а не причина.

Известен способ снятия механических напряжений в геологической среде для предотвращения землетрясения, включающий противосейсмическое действие в районе предполагаемого землетрясения (патент RU № 2050014, С1, кл. G01V 9/00, 10.12.1995). В этом способе определяют очаги тектонических напряжений в районе предполагаемого

землетрясения и воздействуют на них путем пенетрации земной коры с помощью твердых тел, направляемых в эпицентры очагов напряжений.

Недостатком этого способа является неточности и неопределенности в установлении района предполагаемого землетрясения, высокая стоимость его реализации, обусловленная необходимостью использования дорогостоящих материальных средств, например ракетных двигателей-ускорителей или самолетов боевой авиации, а главное низкая эффективность воздействия на очаги опасных напряжений, так как способ предусматривает единичный удар, что вызывает только частичное снятие накопленной упругой энергии из мест ожидаемых землетрясений и только вблизи поверхности, и в способе нет расчетов необходимой энергии для полной разгрузки напряжений в определенном объеме горных пород на больших глубинах.

Известен способ снятия упругих напряжений в земной коре для предотвращения катастрофических землетрясений (патент RU № 2431158, C1, G01V 3/12, 9/00, 10.10.2011), включающий разбиение исследуемой территории на ячейки, определение в каждой ячейке скорости сейсмотектонических деформаций, характеризующей фоновое значение, определение средней фоновой скорости сейсмотектонических деформаций по всем ячейкам, установление на исследуемой территории, по меньшей мере, одного излучателя электромагнитных импульсов, последующее облучение земной коры электромагнитными импульсами, определение скорости сейсмотектонических деформаций в каждой ячейке во время облучения и отношение этой скорости к соответствующему для данной ячейки фоновому значению, определение среднего значения соотношения скоростей по всем ячейкам, выявление зоны повышенной концентрации упругих напряжений по отношению скоростей, превышающих среднее значение; дополнительное облучение выделенных зон электромагнитными импульсами и определение скорости сейсмотектонических деформаций, определение средней скорости сейсмотектонических деформаций за все

время облучения и времени облучения, определение величины снятых упругих напряжений в земной коре.

Недостатком этого способа является его не достаточная эффективность для снижения механических напряжений горных пород. Например, для скальных горных пород, где располагаются очаги землетрясений, механические напряжения в среднем составляют порядка 100 – 300 МПа, а минимальная прочность при трехосном сжатии - 100 МПа. Как показали сами авторы способа, за время облучения в течение 39 месяцев, за 40 сеансов облучения электромагнитными импульсами, снижение напряжения составило 1,67 бар, что составляет менее 1% минимальной прочности скальных горных пород.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому изобретению является способ снятия упругой энергии в напряженных средах для предотвращения землетрясений (патент RU № 2289151, С1, кл. G01V 9/00, 10.12.2006), включающий выделение местоположения напряженных сред и нагнетание жидкости в напряженные среды, отличающийся тем, что нагнетание жидкости осуществляют в интервалы времени, соответствующие расширению напряженных сред, обусловленному влиянием лунно-солнечных приливов, дополнительно до, во время и после нагнетания жидкости проводят вибровоздействие в пределах напряженных сред с интенсивностью, превышающей интенсивность микросейсмического фона, измеряют горизонтальные и вертикальные смещения земной поверхности напряженных сред, являющиеся остаточными деформациями, и по величине этих деформаций судят о величине снятой упругой энергии в напряженных средах.

Недостатком этого способа является ограниченность применения, так как по данному способу снижение напряжений возможно только для неглубокофокусных, до глубин 10 км и техногенных землетрясений, обусловленных влиянием крупных водохранилищ и добычи запасов нефти или газа из недр в сейсмоактивных зонах. Известно, что гипоцентры

катастрофических землетрясений находятся в основном на глубинах более 10 -30 км и в пределах весьма плотных магматических горных породах, где механические напряжения на порядок выше, чем в приповерхностных песчаниках, алевролитах, известняках и т.д. Другим недостатком способа является не точность выделения местоположения напряженных зон. В способе не предусмотрено экспериментальное определение величин и знака механических напряжений.

Задачей изобретения является разработка способа предотвращения тектонических землетрясений позволяющего осуществлять безопасную разгрузку механических напряжений горных пород в участках их высокой концентрации и предотвращение тектонических землетрясений в сейсмоопасных зонах.

Техническим результатом является ступенчатое уменьшение опасных величин механических напряжений горных пород в участках их высокой концентрации, снижение энергии и предотвращение катастрофических тектонических землетрясений в сейсмоопасных зонах.

Технический результат достигается путем применения ступенчатых глубинных камуфлетных взрывов ядерных зарядов в сейсмоактивных участках массива горных пород для безопасной разгрузки механических напряжений горных пород и предотвращения катастрофических тектонических землетрясений.

Отличительными признаками предлагаемого способа являются определение генетических остаточных и действующих в массиве горных пород напряжений до и после взрыва ядерных зарядов и разгрузка опасных механических напряжений с помощью глубинного камуфлетного взрыва ядерного заряда с энергией, установленной с учетом показателей прочности, действующих и генетических остаточных напряжений и по значению удельной энергии средней разгрузки генетических остаточных напряжений для горных пород разгружаемого участка, контроль разгрузки напряжений после взрыва, проведение повторных взрывов до достижения максимальной

разгрузки напряжений, доводя их до безопасного уровня, постепенно увеличивая мощность взрыва на 10% относительно последнего взрыва.

Целесообразность применения взрывов ядерных зарядов для разгрузки напряжений и предотвращения тектонических землетрясений обусловлена малым расходом этих зарядов и их весьма высокой мощностью по сравнению с зарядами химических взрывчатых веществ, и необходимостью постепенной утилизации накопленных весьма опасных ядерных боеголовок, способных обеспечить массовое уничтожение людей.

С Мирные ядерные взрывы в СССР проводились в период с 1965 по 1988 годы в рамках «Программы № 7». Всего в СССР было проведено 124 мирных ядерных взрыва в интересах народного хозяйства (в том числе 117 — вне границ ядерных полигонов). Эти взрывы были проведены по следующим целевым назначениям: создание подземных ёмкостей и хранилищ для создания запаса полезных ископаемых — 42 взрыва; глубинное сейсмическое зондирование земной коры, для выявления залежей полезных ископаемых — 39 взрывов; интенсификация добычи газа и нефти — 21 взрыв; экскавационные эксперименты (выемка и перемещение огромных объёмов породы и грунта) — 6 взрывов; ликвидация аварийных газовых фонтанов — 5 взрывов; образование провальных воронок (воронок от взрывов) — 3 взрыва; захоронение жидких токсичных отходов (перекрытие взрывом путей отхода сопутствующим добычи ископаемых вредных отходов, не поддающихся очистке) — 2 взрыва; дробление руды — 2 взрыва; предупреждение внезапных выбросов угольной пыли и метана (специализированный взрыв для нужд угледобычи) — 1 взрыв; создание плотины - хвостохранилища путём рыхления породы (специализированный взрыв для нужд нефтедобычи) — 1 взрыв. Мощности указанных взрывов ядерных зарядов составляли от 2,3 до 140 кт в тротиловом эквиваленте ([https://ru.wikipedia.org/wiki/Мирные ядерные взрывы](https://ru.wikipedia.org/wiki/Мирные_ядерные_взрывы)).

Кочетков О.С., Алисиевич Л.Н. в предложенном ими способе камуфлетных ядерных взрывов для интенсификации добычи нефти и

газа на углеводородном месторождении отмечают, что ядерные заряды для камуфлетного взрыва, необходимые в целях активации процессов разуплотнения в "упругой" зоне, могут иметь относительно небольшую мощность (несколько кт тротила), что снижает финансовые затраты и экологическую опасность самого взрыва, на сегодняшний день ликвидация ядерных запасов - актуальная задача и применение их в мирных целях вполне оправдано и экономически выгодно (Патент RU № 2179346, С2, кл. G21J 3/00, E21B 43/263, 10.02.2002).

Анализ последствий, проведенных в СССР и США мирных ядерных взрывов, показал, что с экологической точки зрения не целесообразно проводить ядерные взрывы на поверхности земли, в атмосфере и космическом пространстве, под водой, даже в подземных условиях с целью увеличения добычи нефти, газа и других полезных ископаемых. На наш взгляд остаются оправданными только глубинные камуфлетные подземные взрывы ядерных зарядов малой мощности (от 1 до 10 кт тротилового эквивалента) для сейсморазведки, захоронения ядовитых отходов и химического оружия, предотвращения тектонических землетрясений, с одновременной утилизацией накопленного в достаточном количестве для массового уничтожения людей опасного ядерного оружия, долгосрочное хранение которых требуют немалых затрат.

Контроль силы и частоты землетрясений в зоне проведенных ядерных взрывов показал, что в период до появления запрета на проведение ядерных взрывов, после нескольких таких взрывов наблюдалось резкое снижение количества и силы подземных сейсмических колебаний. Исследователи Российского ядерного центра ВНИИТФ из города Снежинска объяснили это явление тем, что сейсмическая волна, распространяясь на большие расстояния, слегка встряхивает глубинные породы и снимает нарастающие напряжения в земной коре (<https://ru.wikipedia.org/wiki> Мирные ядерные взрывы). Данный факт согласуется с установленными нами результатами экспериментальных исследований, которые показали, что при воздействии

импульсной (ударной) нагрузкой эффективно снимаются генетические остаточные напряжения горных пород, которые составляют основную часть механических напряжений в сейсмоактивных разломных зонах (Тажибаев К.Т., Ташмаматов А. С. Остаточные напряжения в горных породах и метод их определения. – Бишкек: Издательство “Текник”, 2014. -126 с.).

Известно, что при крупных массовых промышленных взрывах сейсмические колебания распространяются за сотни километров от места взрыва, а от мощного ядерного взрыва сейсмические волны могут фиксироваться даже на диаметрально противоположной стороне нашей планеты. Исходя из этого, маломощные ядерные взрывы для предотвращения тектонических землетрясений или сейсморазведки полезных ископаемых достаточно проводить на глубинах 500-1000м. Главное, чтобы радиоактивные отходы оставались в недрах, что обеспечивается надежной бетонной забойкой (закупоркой) взрывной скважины до глубины не менее 100 м. Радиоактивные урановые руды добываются из значительных глубин недр, их опасные излишки (в виде ядерных боеголовок), по нашему мнению, необходимо возвращать безопасным путем и эффективно используя их энергию, на эти же глубины, предотвращая при этом тектонические землетрясения. Для эффективного использования взрыва ядерных зарядов, проводимой для снятия опасных напряжений в очаге будущего землетрясения и в его окрестности, целесообразно по выбранному геологическому маршруту протяженностью 500 – 1000 км через определенные расстояния устанавливать сейсмографы, деформометры, магнитометры, измерители электрических или электромагнитных параметров горных пород, которые дополнительно могут обеспечивать изучение строения, вещественного состава и напряженного состояния массива горных пород. Таким образом, решая проблемы предотвращения тектонических землетрясений и утилизации ядерных зарядов, параллельно решаются задачи сейсморазведки полезных ископаемых.

С Ядерные взрывы могут успешно применяться для снятия опасных напряжений в зоне очага землетрясения. При этом, в предлагаемом способе решается задача обеспечения безопасности путем определения уровня безопасной начальной мощности взрыва, необходимой для эффективного воздействия на массив горных пород и чтобы не провоцировать катастрофическое землетрясение. Возможные при этом инициированные слабые, не разрушительные землетрясения в данном случае даже желательны, так как они эффективно снимают (разгружают) опасные напряжения. В способе исключается чрезмерно высокоэнергетическое воздействие мощного взрыва в зонах высокой концентрации механических напряжений, которые могут инициировать катастрофическое землетрясение.

Препятствием для применения ядерных взрывов по указанным выше целесообразным назначениям на сегодняшний день является международный Договор о запрещении ядерных испытаний. Однако, следует отметить, что пункт 1 статьи 8 указанного Договора о запрещении ядерных испытаний прямо предусматривает принципиальную возможность разрешения мирных ядерных взрывов Конференцией по рассмотрению действия Договора по запросу государства – участника, с принятием мер, исключающих получение от таких взрывов каких либо военных выгод.

С Наши исследования показали, что сильные тектонические горные удары и землетрясения обусловлены разрядкой, динамическим высвобождением генетических остаточных напряжений, сформированных при образовании (кристаллизации) горных пород в результате неравномерного остывания первичного материала – высокотемпературной магмы, гидротермальных образований или метаморфизации уже имеющихся пород под действием высоких температур и давления в зонах магматизма, вулканизма, активных тектонических разломов. Были показаны причинно-следственные взаимосвязи магматизма и вулканизма с генетическими остаточными напряжениями горных пород, с динамическим их разрушением в объемных очагах – тектоническими землетрясениями (Фиг. 1 и 2)

(Тажибаев К.Т., Условия динамического разрушения горных пород и причины горных ударов. - Фрунзе.: Илим,1989.-180 с, Тажибаев К.Т. О причинах и механизмах горных ударов и землетрясений/ Исследование, прогноз и предотвращение горных ударов// Матер. IX Всес.конф. по механике горных пород. -Бишкек. : Илим,1991. -С.139-167).

На фиг. 1 представлена карта эпицентров землетрясений с 1963 по 1998 год.

На фиг. 2 представлено распределение позднекайнозойского магматизма на поверхности Земли (Шарков Е.В. В подземных мастерских плутона // Что такое интрузивы. – М, 1986. – С.144), где:

1 – главные ареалы базальтового магматизма; 2 – главные дуги андезитового магматизма; 3 – пояса позднекайнозойского магматизма; 4 – осевые линии срединно-океанических хребтов.

Из сравнения фиг. 1 и 2 видно, что сильные землетрясения повторяются в одних и тех же вытянутых зонах планеты – в зонах активных тектонических мегаразломов, а главное эти зоны по всей планете совпадают с зонами магматизма и вулканизма. Отсюда следует, что с магматизмом и вулканизмом связаны формирования зон высокой концентрации генетических остаточных напряжений, в свою очередь с этими высоконапряженными зонами связаны динамические разрушения горных пород в объемном очаге, обуславливающие тектонические землетрясения. (Тажибаев К.Т. Условия динамического разрушения горных пород и причины горных ударов. - Фрунзе. : Илим, 1989.- 180 с.).

Проведенными нами экспериментальными исследованиями было показано, что при импульсном многократном воздействии можно полностью разгрузить генетические остаточные напряжения в горных породах (Тажибаев К.Т., Ташмаматов А. С. Остаточные напряжения в горных породах и метод их определения. –Бишкек: Издательство “Текник”, 2014. -126 с), показаны возможности прогноза и предотвращения тектонических горных ударов и землетрясений (Тажибаев К.Т. Напряжения, процессы деформации

и динамического разрушения горных пород. В двух томах. Т.1 –Бишкек: Издательство “Алтын Принт”, 2016. -352 с., Tazhibaev K., Tazhibaev D. Possibilities of the forecast and the prevention of tectonic rock bursts and earthquakes. /Материалы Международной Конференции «Дистанционные и наземные исследования в Центральной Азии» - Бишкек: 8-9 сентября 2014г. – с 94-98., Тажибаев К.Т Научно-технические основы прогноза и предупреждения тектонических горных ударов и землетрясений. // Материалы первого Международного симпозиума «Прогноз и предупреждение тектонических горных ударов и землетрясений: измерение деформаций, остаточных и действующих напряжений в горных породах», г. Бишкек, 21-23 сентября 2016. С. 25-37., Тажибаев К.Т., Тажибаев Д.К. Технологические меры предупреждения тектонических горных ударов и землетрясений. /Вестник Кыргызско-Российского славянского университета. 2007г. Том 7, №1. Бишкек. С. 24-28.).

Землетрясение – это следствие динамического (природного взрывного), самоподдерживающегося разрушения горных пород в объемном очаге, происходящее по принципу цепной реакции при наличии механического напряжения, достигающего предела прочности горной породы в массиве для соответствующего напряженного состояния (Тажибаев К.Т. Напряжения, процессы деформации и динамического разрушения горных пород. В двух томах. Т.1 –Бишкек: Издательство “Алтын Принт”, 2016. - 352 с). Для безопасной разгрузки напряжений горных пород необходимо определять удельную (по объему) энергию разгрузки массива от напряжений.

Количество удельной энергии необходимого для полной разгрузки массива от предельных напряжений всестороннего сжатия горных пород, путем обеспечения трещинообразования (начало разрушения), можно определить по следующей формуле

$$W_0 = \frac{\sigma_o^2 \cdot V}{2E} \quad (1),$$

где W_T – удельная энергия трещинообразования данного участка массива горных пород;

σ_o – среднее значение предела прочности горных пород при всестороннем сжатии (максимальное разрушающее напряжение);

E – среднее значение модуля упругости горных пород;

V – объем разгружаемых горных пород.

Например, при средней величине предела прочности горных пород в условиях всестороннего сжатия 1500 МПа, модуля упругости $4 \cdot 10^4$ МПа, для 1 м^3 объема горных пород удельная энергия начала трещинообразования $W_T = 2810 \text{ Дж/м}^3$, а для объема пород 1 км^3 удельная энергия начала трещинообразования (начала разрушения) составляет $W_T = 28,1 \cdot 10^8 \text{ кДж/км}^3$. Исходя из этого, в объеме 1 км^3 горных пород необходимую для трещинообразования и полной разгрузки напряжений максимальную энергию может обеспечивать 0,663 кт тротилового эквивалента ядерный заряд. Тогда, для полной разгрузки зоны землетрясения с объемом 10 км^3 величина максимальной энергии ядерного заряда составит 6,63 кт. Однако при этом взрыв такой мощности может спровоцировать и вызвать землетрясение, так как образование трещин в горной породе, обуславливая нарушение равновесного состояния остаточных напряжений, может вызвать лавинообразное самоподдерживающееся динамическое разрушение горных пород в зоне высокой концентрации напряжений. Поэтому разгрузку напряжений необходимо начинать с взрыва меньшей (минимальной) удельной энергией, чем удельная энергия трещинообразования для данных типов горных пород, и путем повторных взрывов с постепенно нарастающей до определенного предела энергией взрыва ядерного заряда добиваться максимальной разгрузки опасных напряжений.

Как показали экспериментальные исследования, при многократном импульсном воздействии на образец горной породы, начиная с малыми энергиями свободно падающего груза, можно полностью разгрузить его генетические и наведенные остаточные напряжения (Тажибаев К.Т., Ташмаматов А. С. Остаточные напряжения в горных породах и метод их определения. –Бишкек: Издательство “Текник”, 2014. -126 с). Важно устанавливать вначале максимальную удельную энергию импульсного воздействия, обеспечивающего максимальную разгрузку от имеющихся напряжений, а затем - безопасную минимальную удельную энергию.

Удельную энергию импульсного (ударного или взрывного) воздействия обеспечивающего максимальную разгрузку от имеющихся генетических остаточных напряжений можно определить по следующей формуле

$$E_{max} = \frac{K_m}{V} \quad (2),$$

где: K_m –энергия импульсного воздействия, обеспечивающего максимальную разгрузку напряжения;

V –разгружаемый объем горной породы.

Для стандартных образцов разновидностей гранитов Восточно-Коунрадского удароопасного месторождения экспериментально установлено, что $K_m = 0,3$ Джоуль.

Учитывая размеры образца (диаметр 42 мм, высота 84 мм), при объеме равным $0,000116 \text{ м}^3$, удельная энергия максимальной разгрузки при импульсном воздействии для мелкозернистого гранита месторождения Восточный Коунрад составит

$$E_{max} = \frac{K_m}{V} = \frac{0,3}{0,000116} = 2588 \frac{\text{Джоуль}}{\text{м}^3}.$$

Данная величина удельной энергии близка к удельной энергии трещинообразования горных пород типа гранитов. Для девяти разных по генезису и свойствам горных пород установлено, что при средней удельной энергии импульсного воздействия (средняя высота падения груза 30 см)

равном $E_{ср} = \frac{K_{ср}}{V} = \frac{0,18}{0,000116} = 1552 \frac{\text{Джоуль}}{\text{м}^3}$ практически для всех

рассматриваемых горных пород остаточные напряжения разгружаются порядка 50 % (Тажибаев К.Т., Ташмаматов А. С. Остаточные напряжения в горных породах и метод их определения. –Бишкек: Издательство “Текник”, 2014. -126 с). Поэтому для начальной удельной энергии импульсного воздействия можно рекомендовать указанную среднюю величину. Например, для разгрузки напряжений путем многократных взрывов ядерных зарядов в объеме км^3 горных пород вначале проводится несколько взрывов со средней (начальной минимальной) удельной энергией $1552 \cdot 10^6$ кДжоуль/ км^3 (0,366 кт тротилового эквивалент), затем постепенно наращивая величину удельной энергии (каждый раз порядка 10 % от первоначальной величины), проводят повторные взрывы, и в конечном этапе величину удельной энергии доводят до $2588 \cdot 10^6$ кДжоуль/ км^3 (удельная энергия максимальной разгрузки напряжения), то есть до 0,625 кт тротилового эквивалента (энерговыделение при взрыве 1 кг тротила $4,24 \cdot 10^6$ Дж/кг). При этом в 1 км^3 объеме горных пород происходит максимальная разгрузка напряжений, и с учетом передачи энергии сейсмических волн на большие расстояния, и предполагая дальнейшую разгрузку напряжений на 50% в объеме горных пород до 10 км^3 , для энергии взрыва $2588 \cdot 10^6$ кДжоуль, можно определить радиус объема (шара) общей разгрузки массива горных пород R . Например, для общего объема разгружаемого шара 10 км^3 радиус разгрузки составляет $R = 1,3366$ км. Для общей (до 50 %) разгрузки объема горных пород равным 100 км^3 потребуется энергия взрыва $2588 \cdot 10^7$ кДжоуль (6,10377 кт тротилового эквивалент). При этом радиус общей разгрузки составляет порядка 2,88 км. При разгрузочных многократных взрывах для избегания инициирования катастрофического землетрясения взрывом, вначале проводится взрыв заряда малой мощности, постепенно наращивая мощность и соблюдая следующее неравенство удельных энергий разгрузки напряжения взрывами

$$E_{cp} < E_{max} < W_T \quad (3),$$

где E_{cp} – удельная энергия среднего (начального) уровня разгрузки напряжения;

E_{max} – удельная энергия максимального уровня разгрузки напряжения;

W_T – удельная энергия трещинообразования (полной разгрузки) для данной горной породы.

Следует отметить, что при ядерном взрыве на образование трещин расходуется незначительная часть энергии, а основная часть энергии взрыва превращается в тепло и в энергию сейсмических колебаний. Энергия сейсмических колебаний мощного взрыва, распространяясь на большие расстояния (несколько тысяч км) существенно разгружают напряжения в ближней сферической зоне взрыва, в радиусе десятков и сотен километров.

На фиг. 3 представлена Схема разгрузки от механических напряжений. 1,2,3,4 – разгрузочные скважины; К – контрольные скважины; R – радиус объема разгрузки от механических напряжений; L – расстояние между разгрузочными скважинами.

Способ предотвращения тектонических землетрясений, включающий определение сейсмоопасного участка массива горных пород, бурение глубоких разгрузочных и наблюдательных контрольных скважин, определение механических свойств горных пород участка, причем генетические остаточные и действующие в массиве горных пород напряжения, по разным направлениям между контрольными скважинами малого диаметра, определяются до и после взрыва поляризационно-акустическим методом на основе формул, позволяющих определять знак и величину напряжений в горных породах по разным направлениям для заданной базы измерения:

$$\sigma_x = \left(\frac{V_{SOZ}}{V_{SZ}} - 1 \right) K_z ; \sigma_y = \left(\frac{V_{SOX}}{V_{SX}} - 1 \right) K_x ; \sigma_z = \left(\frac{V_{SOY}}{V_{SY}} - 1 \right) K_y , \text{ где}$$

K – волновой модуль напряжения материала, МПа

V_{SX} , V_{SY} , V_{SZ} – скорости поперечной поляризованной ультразвуковой волны по X, Y, Z соответственно при наличии напряжения, м/с

V_{SOX} , V_{SOY} , V_{SOZ} – скорости поперечной поляризованной волны по X, Y, Z при отсутствии напряжения, м/с (не нагруженное состояние, без остаточных напряжений), в интервале конечной глубины разгрузочной скважины располагают ядерный заряд и электронный детонатор, выше заряда и детонатора интервал скважины бетонируют толщиной бетонной забойки 120 м и после упрочнения бетона проводят первый глубинный камуфлетный взрыв ядерного заряда с минимальной энергией, установленной с учетом показателей прочности, действующих и генетических остаточных напряжений и по значению удельной энергии средней разгрузки генетических остаточных напряжений для горных пород разгружаемого участка, после взрыва контролируют разгрузку напряжений, проводят повторные взрывы до достижения максимальной разгрузки напряжений, доводя до безопасного уровня, постепенно увеличивая мощность взрыва на 10% относительно последнего взрыва.

Способ предотвращения тектонических землетрясений осуществляется по следующей последовательности.

1. По сейсмологическим, геофизическим и геологическим данным, путем определения строения массива, механических свойств, генетических остаточных напряжений горных пород и положения сейсмической «бреши» устанавливается сейсмоопасное, разгружаемое от опасных напряжений место, то есть участок для бурения глубоких разгрузочных и контрольных наблюдательных скважин;
2. Исходя из геологических данных сейсмоопасного участка массива горных пород, полученного путем анализа геолого-геофизических данных, и с учетом безопасности близкорасположенных сооружений и населенных пунктов определяют радиус большого шара R (в эпицентре), определяющий общий объем разгрузки взрывами (рис 3). Например, как указано выше, для объема разгрузки шара 10 км^3 радиус разгрузки составляет $R = 1,337 \text{ км}$;

3. Для обеспечения равномерности перераспределения энергии взрывов, равномерно располагая разгрузочные глубокие скважины (глубина 700-1000м) в пределах общего объема разгрузки, расстояние L_C между скважинами принимают равными R (рис. 3);

4. Для предварительного изучения механических свойств, генетических остаточных напряжений горных пород и последующего контроля уровня разгрузки напряжений при повторных взрывах, в центре зоны разгрузки проходят 4 не глубокие (по 300 м) контрольные наблюдательные скважины малого диаметра (диаметр 85-90мм) колонковым бурением с получением кернов. Расстояние между контрольными скважинами в зависимости от детальности исследований напряжений составляет 0,5 - 5 м (рис. 3). Вслед за колонковым бурением контрольных скважин параллельно выполняются следующие работы:

4.1. Проводится паспортизация кернов для каждой контрольной скважины;

4.2. Определяется по кернавому материалу геологические нарушения, трещиноватости породного массива, минеральный состав, показатели прочности горных пород для случаев объемного, одноосного сжатия, растяжения, сдвига (сцепление) (σ_o , σ_c , σ_p , C);

4.3. По ультразвуковому способу на образцах и для массива горных пород, измеряя скорости продольных и поперечных ультразвуковых волн на базе образцов и между контрольными скважинами, определяется акустические и деформационные характеристики (Тажибаев К.Т., Ормонов М.Ж., Тажибаев Д.К., Способ определения характеристик упругости твердых материалов. // Патент KG № 2044, C1, кл. G01B 29/04, 30.03.2018 г.);

4.4. В образцах горных пород, отобранных из контрольных скважин, неразрушающими методами определяется остаточные напряжения;

4.5. Действующие в массиве горных пород напряжения, по разным направлениям между контрольными скважинами малого диаметра, до и после взрыва, определяются поляризационно-акустическим методом на

основе следующих формул, позволяющих определять знак и величину напряжений в горных породах по разным направлениям для заданной базы измерения (Тажибаев К.Т., Тажибаев Д.К., Акматалиева М.С. Закономерность изменения относительной величины скорости прохождения ультразвуковой поляризованной сдвиговой волны от механического напряжения в твердых материалах (закон Кушбакали) /Диплом № 453 на научное открытие от 3 октября 2013 года, г. Москва. Международная академия авторов научных открытий и изобретений, Российская академия естественных наук. //Научные открытия -2013. Сборник кратких описаний. –М.РАЕН, 2014г. –С 48-50.):

$$\sigma_X = \left(\frac{V_{SOZ}}{V_{SZ}} - 1 \right) K_Z ; \quad \sigma_Y = \left(\frac{V_{SOX}}{V_{SX}} - 1 \right) K_X ;$$

$$\sigma_Z = \left(\frac{V_{SOY}}{V_{SY}} - 1 \right) K_Y \quad (4),$$

где V_{SX} , V_{SY} , V_{SZ} – скорости поперечной поляризованной ультразвуковой волны по X, Y, Z соответственно при наличии напряжения; V_{SOX} , V_{SOY} , V_{SOZ} - скорости поперечной поляризованной волны по X, Y, Z при отсутствии напряжения (не нагруженное состояние, без остаточных напряжений); K – волновой модуль напряжения материала (название модуля наше), МПа.

Для определения волнового модуля напряжения K введено обозначение

$$\omega_Z = \left(\frac{V_{SOZ}}{V_{SZ}} - 1 \right) ; \quad \omega_X = \left(\frac{V_{SOX}}{V_{SX}} - 1 \right) ; \quad \omega_Y = \left(\frac{V_{SOY}}{V_{SY}} - 1 \right) ,$$

где ω_Z , ω_X , ω_Y – ультразвуковые показатели напряжения, не имеющие размерности, по соответствующим направлениям.

Тогда из формулы 4 $\sigma_X = \omega_Z K_Z ; \sigma_Y = \omega_X K_X ;$

$$\sigma_Z = \omega_Y K_Y \quad (5), \text{ отсюда}$$

$$K_X = \frac{\sigma_Y}{\omega_X} ; K_Y = \frac{\sigma_Z}{\omega_Y} ; K_Z = \frac{\sigma_X}{\omega_Z} \quad (6).$$

Для изотропных материалов $K_X = K_Y = K_Z = K$. Для анизотропных (слоистых, кристаллических анизотропных) материалов значение волнового модуля напряжения K определяется по соответствующим направлениям.

Значение K определяется в лабораторных условиях из опытов прозвучивания при нагружениях и разгрузке образцов. Проводится по 5-10 определений значений K при нагружении и разгрузке образца представительного объема исследуемого материала. Значение K как характеристика материала определяется как среднее из 10-20 единичных значений, полученных при прозвучивании в процессе нагружения и разгрузке образца горной породы. Следует отметить, что величину K необходимо определять для характерного, то есть представительного объема, так как данный модуль зависит от структуры и вещественного состава материала. В связи с этим для определения величины K предложены следующие размеры призматического образца горной породы (материала) 7х7х14 см;

4.6. Для определения напряжений до взрыва и контроля их изменений после взрывов попарно в двух контрольных скважинах устанавливаются излучатели (в первой скважине) и приемники (во второй скважине) ультразвуковых волн в трех разных высотных отметках. До проведения первого взрыва для разных высотных отметок и направлений определяются скорости продольной и поперечной поляризованной ультразвуковой волны, по которым определяются механические свойства и напряжения горных пород массива;

5. Проводится бурения в начале двух, по мере необходимости четырех глубоких разгрузочных скважин (рис. 3) и после окончания работ, перечисленных выше, в разгрузочной скважине №1 в интервале конечной глубины, например, 1000-980 м располагают ядерный заряд и электронный

детонатор, выше заряда интервал скважины 980 - 860 м бетонируется (толщина бетонной забойки 120 м) и после истечения 15 суток для упрочнения бетона проводится первый глубинный камуфлетный взрыв ядерного заряда с энергией, установленной с учетом показателей прочности, остаточных и действующих напряжений горных пород, по значению удельной энергии средней разгрузки для объема малого шара с радиусом $r = R / 2$ вокруг первой разгрузочной скважины, например, для объема разгружаемого (общая разгрузка) шара 10 км^3 радиус разгрузки который составляет $R = 1,3366 \text{ км}$, энергия взрыва составит

$$E_{1(\text{ср})} = E_{v(\text{ср})} \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \quad (7),$$

где $E_{1(\text{ср})}$ - энергия первого взрыва ядерного заряда, кт (тротиловый эквивалент);

$E_{v(\text{ср})}$ - удельная энергия первого взрыва ядерного заряда (среднего уровня разгрузки), кт/ км^3 .

Например, как указано выше, для общей разгрузки напряжений в объеме 10 км^3 горных пород, в случае, если для начального первого взрыва ядерного заряда принимаем значение удельной энергии средней разгрузки (начальная) $1552 \cdot 10^6 \text{ кДжоуль/км}^3$, то энергия первого взрыва ядерного заряда составит

$$E_{1(\text{ср})} = E_{v(\text{ср})} \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 = 1552 \cdot 10^6 \cdot 1,2496 = 1939,43 \cdot 10^6 \text{ кДжоуль},$$

или 0,457 кт тротилового эквивалента;

6. После первого взрыва в течение 3-х суток проводится контроль изменений напряженного состояния по данным поляризационно-акустического метода в контрольных скважинах, и определяются напряжения по формулам указанным в пункте 4.5 (формулы 4,5,6);

7. Последующие взрывы в скважине №1 проводятся также через интервал 140 м (бетонная забойка 120 м) с постепенным наращиванием энергии взрыва каждый раз на 10 % от величины энергии предыдущего взрыва, и после

каждого взрыва в течение 3-х суток проводится контроль изменений напряжений массива горных пород в контрольных скважинах;

8. В скважине № 2 камуфлетные повторные взрывы ядерных зарядов проводят в такой же последовательности снизу вверх, как и в скважине №1 с энергией E_5 , превышающей E_4 , но меньшей, чем максимальная величина энергии, не менее чем после 3-х суток предыдущего взрыва, соблюдая постепенное нарастание энергии, то есть неравенство:

$$E_{\max} > E_2 > E_{l(\min)}, \text{ где } E_{\max} = E_{V(\max)} \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \quad (8),$$

где – $E_{V(\max)}$ - удельная энергия взрыва ядерного заряда максимальной разгрузки, кт/ км³.

9. Проводится контроль уменьшений напряжений в контрольных скважинах после каждого взрыва, и в случае стабилизации данных, то есть прекращения существенных уменьшений напряжений после последних двух взрывов, взрывы и дальнейшие работы прекращаются, так как стабилизация данных о напряжениях означает максимальную разгрузку опасных напряжений.

10. В случае отсутствия стабилизации данных по напряжениям, наличия существенных изменений напряжений после последних двух взрывов, проводится бурение глубокой скважины №3 и при необходимости скважины №4, и повторные взрывы, и контроль напряжений проводится по вышеуказанной последовательности, наращивая удельную энергию взрыва ядерного заряда и доводя до величины энергии максимальной разгрузки напряжений.

Формула изобретения

Способ предотвращения тектонических землетрясений, включающий определение сейсмоопасного участка массива горных пород, бурение глубоких разгрузочных и наблюдательных контрольных скважин, определение механических свойств горных пород участка, *отличающееся тем, что* генетические остаточные и действующие в массиве горных пород напряжения, по разным направлениям между контрольными скважинами малого диаметра, определяются до и после взрыва поляризационно-акустическим методом на основе формул, позволяющих определять знак и величину напряжений в горных породах по разным направлениям для заданной базы измерения:

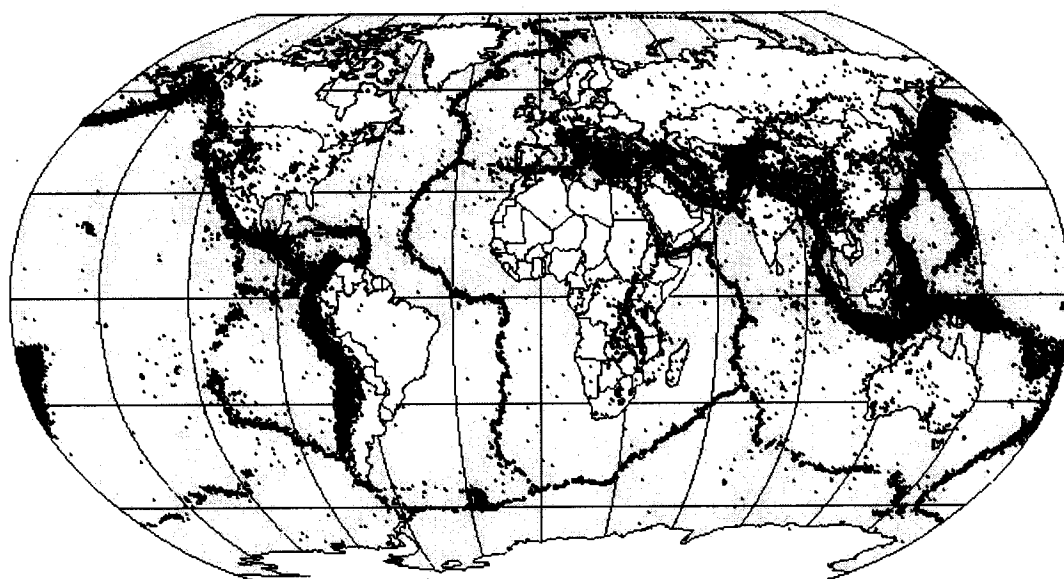
$$\sigma_x = \left(\frac{V_{SOZ}}{V_{SZ}} - 1 \right) K_z ; \sigma_y = \left(\frac{V_{SOX}}{V_{SX}} - 1 \right) K_x ; \sigma_z = \left(\frac{V_{SOY}}{V_{SY}} - 1 \right) K_y , \text{ где}$$

K – волновой модуль напряжения материала, МПа;

V_{SX}, V_{SY}, V_{SZ} – скорости поперечной поляризованной ультразвуковой волны по X, Y, Z соответственно при наличии напряжения, м/с;

$V_{SOX}, V_{SOY}, V_{SOZ}$ – скорости поперечной поляризованной волны по X, Y, Z при отсутствии напряжения, м/с (не нагруженное состояние, без остаточных напряжений), в интервале конечной глубины разгрузочной скважины располагают ядерный заряд и электронный детонатор, выше заряда и детонатора интервал скважины бетонируют толщиной бетонной забойки 120 м и после упрочнения бетона проводят первый глубинный камуфлетный взрыв ядерного заряда с минимальной энергией, установленной с учетом показателей прочности, напряжений и по значению удельной энергии средней разгрузки генетических остаточных напряжений для горных пород разгружаемого участка, после взрыва контролируют разгрузку, определяя напряжений, проводят повторные взрывы до достижения максимальной разгрузки напряжений, доводя до безопасного уровня, постепенно увеличивая мощность взрыва на 10% относительно последнего взрыва.

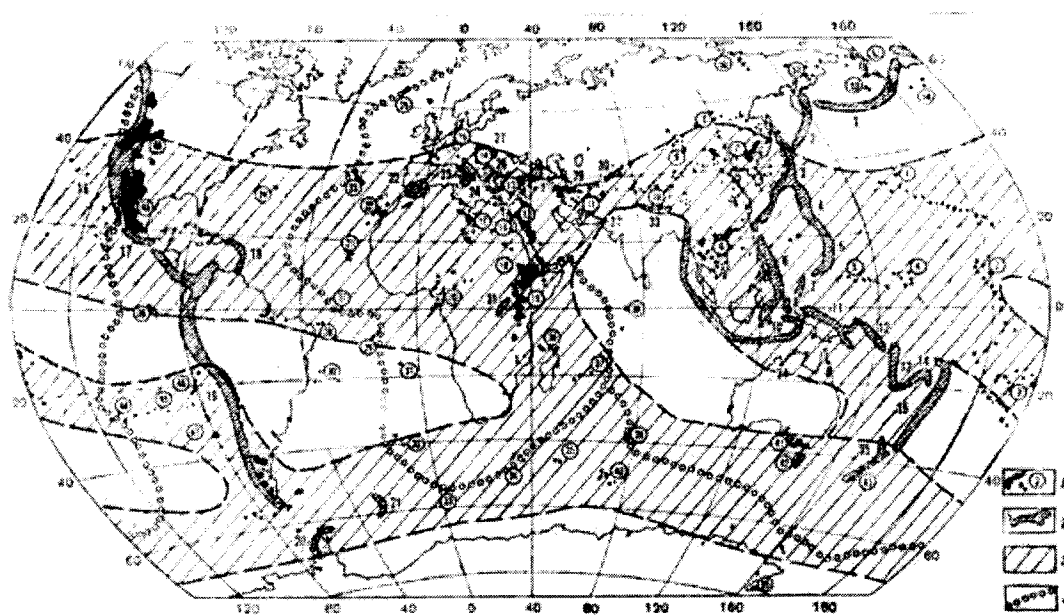
Preliminary Determination of Epicenters
200,855 Events, 1963 - 1998



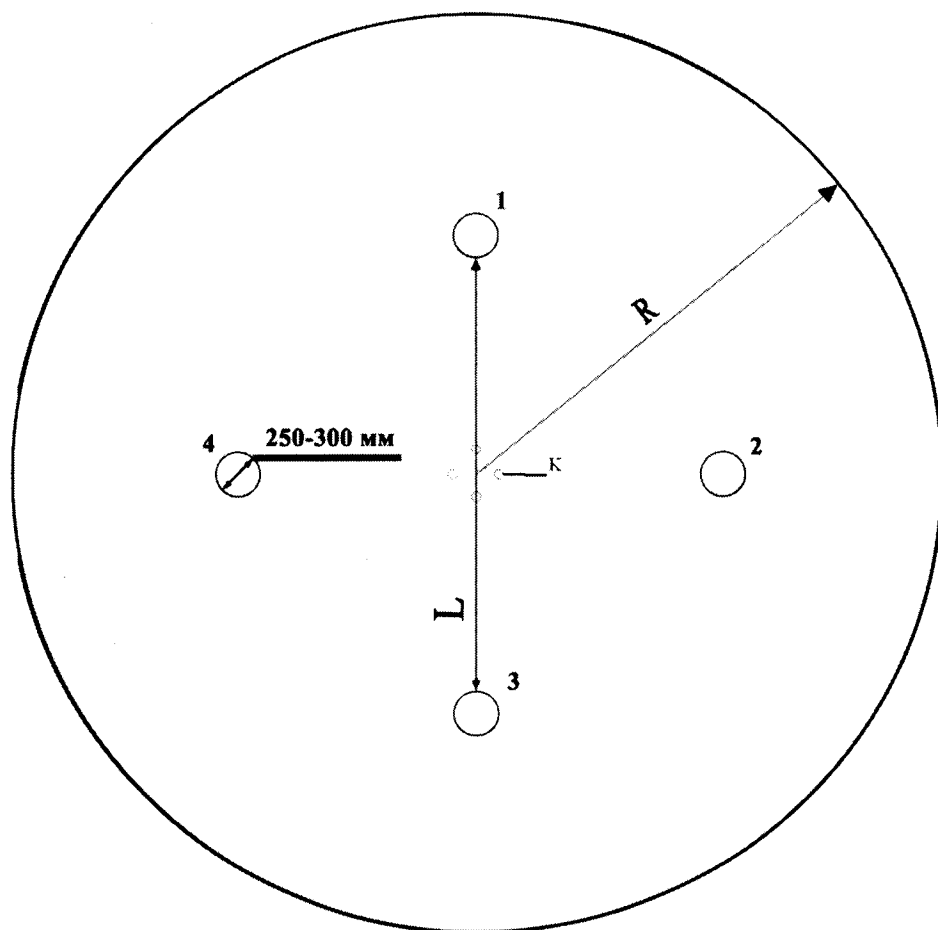
Paul D. Lowman, Jr.¹
Brian C. Montgomery²

1) NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771 USA
2) USUHS, NASA GSFC, Greenbelt, MD 20771 USA

Фиг.1



Фиг. 2



Фиг. 3

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ
(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

201900334

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:

F42D 3/06 (2006.01)

E21C 39/00 (2006.01)

Согласно Международной патентной классификации (МПК)

Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:

Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)

E21C 39/00, F42D 3/00, 3/06, G01V 1/00

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)

В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
X	К.Т.ТАЖИБАЕВ и др. Научные основы способа предотвращения тектонических землетрясений и утилизации ядерных зарядов / Современные проблемы механики, 2018, N33(3), с. 28-32)	1
A	К.Т.ТАЖИБАЕВ и др. Технологические меры предупреждения тектонических горных ударов и землетрясений / Вестник КРСУ, 2007, т.7, N1, с.24-28	1
A	К.Т.ТАЖИБАЕВ. Научно-технические основы прогноза и предупреждения тектонических горных ударов и землетрясений / Сб. материалов Первого Международного симпозиума "Прогноз и предупреждение тектонических горных ударов и землетрясений: измерение деформаций, остаточных и действующих напряжений в горных породах" (г. Бишкек, 21-23 сентября, 2016). г. Бишкек: НАН КР, 2016, с. 26-38	1

☐ последующие документы указаны в продолжении

* Особые категории ссылочных документов:

«А» - документ, определяющий общий уровень техники

«D» - документ, приведенный в евразийской заявке

«Е» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее

«О» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.

"Р" - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«Т» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения

«Х» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности

«У» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории

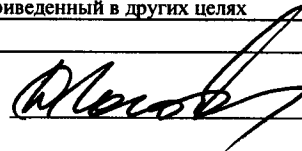
«&» - документ, являющийся патентом-аналогом

«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: **16/03/2020**

Уполномоченное лицо:

Начальник Управления экспертизы



Д.Ю. Рогожин