

УДК 550.348

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПОЛЯ В ЗОНАХ НАРУШЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ

М.В. Сухоруков, А.А. Спивак

тел. (495)9397591, факс (495)1376511, spivak@idg.chph.ras.ru

Институт динамики геосфер РАН, г.Москва, Россия

Геофизические поля являются важной неотъемлемой составляющей нашей планеты. Указанные поля включают, помимо традиционно рассматриваемых физических полей - гравитационного, магнитного и электрического, также поля, сформированные постоянно проявляющимися процессами физической природы, например, поле постоянно присутствующих в верхних твердых геосферах микроколебаний (микросейсмическое поле) и поле эманаций подземных газов. Роль геофизических полей как фактора, объединяющего между собой внутренние и внешние геосферы в единую саморегулирующуюся систему, представляется весьма значительной.

В настоящей работе рассматривается роль тектонических нарушений земной коры в виде разломных зон в формировании вариаций геофизических полей. Под разломами понимаются линейно простирающиеся структуры земной коры в виде динамических зон, характеризующихся выраженными структурными особенностями, повышенными градиентами вертикальных и горизонтальных движений поверхности земной коры, морфологическими признаками на поверхности в виде, например, флексуорообразных перегибов, а также интенсивными межгеосферными взаимодействиями, повышенными временными вариациями геофизических полей и градиентами пространственных распределений их амплитудных и спектральных характеристик.

Для анализа привлекались результаты комплексных инструментальных наблюдений за геофизическими полями, выполненные на ряде участков земной коры, характеризующихся разной тектонической активностью [1].

Специфика разломных зон, связанная со сложной блочной структурой и повышенной деформируемостью [2], определяет особенности микросейсмического поля в зонах влияния разрывных нарушений. В основном влияние разломов сказывается на дискретной составляющей высокочастотного микросейсмического фона, представленной импульсами релаксационного типа (ИРТ), координаты очагов которых с достаточной для практических оценок точностью определяются сейсмическими методами [3].

Анализ результатов регистрации микросейсмических колебаний свидетельствует о высокой локализации очагов ИРТ в разломных зонах и, особенно, в зонах сочленения нарушений. При этом разломные зоны маркируются наиболее крупными событиями.

Локализация очагов ИРТ позволяет идентифицировать динамически активные структуры, приуроченные к разломным зонам, на поверхности земной коры. При этом, привлекая статистические данные об интенсивности релаксации (количество микросейсмических импульсов, их амплитудные и энергетические характеристики), можно осуществлять ранжирование разломов по их активности.

Пониженная жесткость тектонических нарушений [4] и, как следствие, - повышенная подвижность дробленной горной породы в теле разлома определяет специфически высокую реакцию самого разлома и среды, находящейся в зоне его влияния, на слабые внешние воздействия по сравнению с серединными участками структурных блоков. Например, слабое возмущение земной коры в виде приливных деформаций вызывает вариации амплитуды отдельных (характерных для конкретного участка земной коры) спектральных составляющих микросейсмических колебаний, а также интенсивности релаксационных процессов как на самих разломах, так и на участках, расположенных в его окрестности [3,5].

В качестве примера на рис.1 приведены совместно вариации приливной силы F и среднеквадратической амплитуды микросейсмического фона A в диапазоне частот 7-10 Гц для пунктов, расположенных в разломной зоне и на серединном участке структурного блока. Данные свидетельствуют о том, что, во-первых, амплитудные вариации высокочастотной

составляющей микросейсмического фона существенно выше в разломной зоне, а, во-вторых, - достаточно высокой корреляции величин A и F (коэффициент линейной корреляции K составляет 0,71) при некотором опережении реакции микросейсмического фона на внешнее силовое воздействие (максимум амплитуды микросейсмического фона совпадает с максимумом производной F').

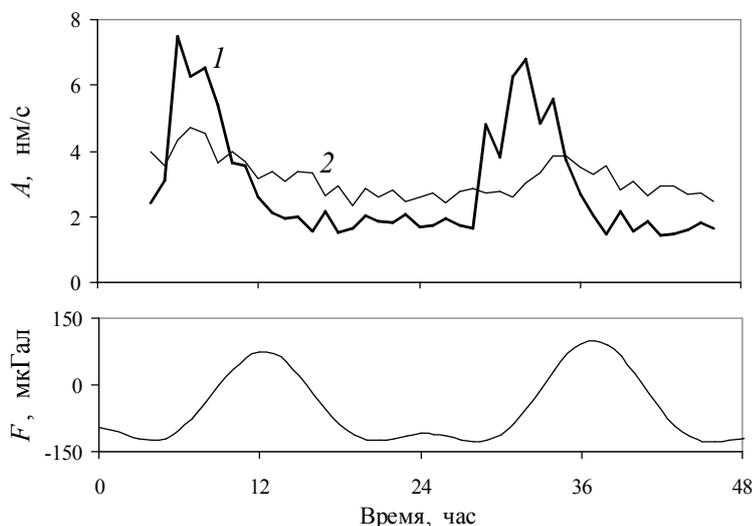


Рис.1. вариации среднеквадратической амплитуды микросейсмического шума в диапазоне частот 7-10 Гц в пунктах, расположенных на разломе II порядка (1) и на серединном участке структурного блока (2); F – вертикальная компонента приливной силы

Вследствие повышенной проницаемости тело разлома представляет собой концентрированный канал преимущественной миграции подземных флюидов. Потoki подземных газов в зонах разломов существенно превышают фоновые. Величина этих потоков, как и концентрация газов на приповерхностных участках отражают величину проницаемости каналов миграции. На практике для оценки интенсивности газовых эманацй и величины проницаемости разломных зон удобно использовать данные об объемной активности R природного изотопа ^{222}Rn в подпочвенной атмосфере.

Результаты регистрации величины R свидетельствуют о том, что в зонах разломов абсолютная интенсивность газовых эманацй в среднем в 3-6 раза выше по сравнению с серединными участками структурных блоков (рис.2). При этом амплитуда временных вариаций эманацйонного поля в разломной зоне также значительно превышает вариации R на серединном участке прилегающего к разломной зоне структурного блока (см. рис.3, на котором приведены результаты регистрации R в период установившихся погодных условий, характеризующихся постоянством атмосферного давления и практически полным отсутствием осадков).

Характерные околосуточные периодичности и двухнедельная цикличность временных вариаций R , которая проявляется последовательным увеличением и уменьшением амплитуды околосуточных вариаций (рис.3), позволяют рассматривать приливную деформацию в качестве наиболее вероятной причины изменения проницаемости

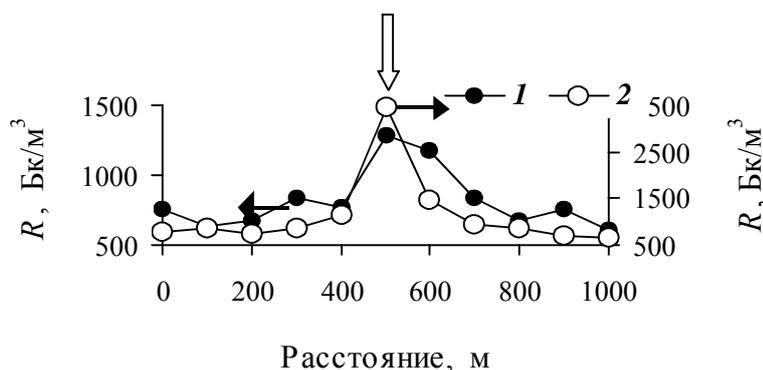


Рис.2. Объемная активность подпочвенного радона вдоль трасс 1 и 2, пересекающих нарушение II порядка (вертикальная стрелка – середина разлома)

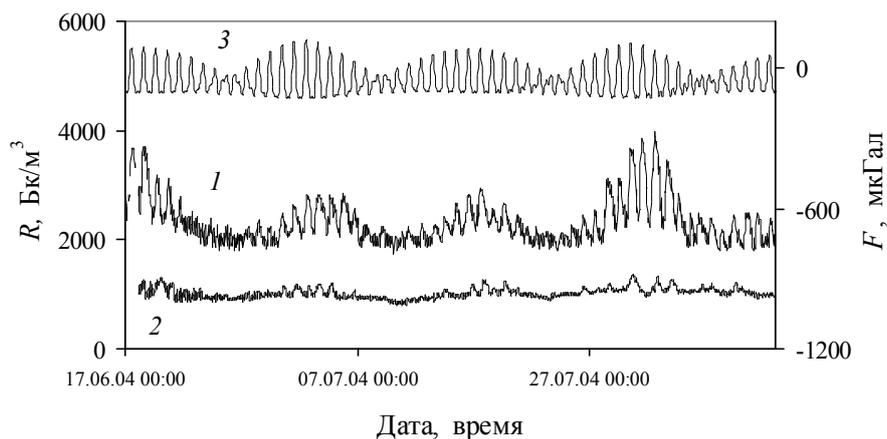


Рис.3. Вариации объемной активности подпочвенного радона в пунктах регистрации, расположенных на разломе (1) и в блоке (2); 3 – приливная сила F

каналов миграции радона (вертикальная составляющая приливной силы, амплитуда которой определяет степень разуплотнения среды, характеризуется также околосуточными и двухнедельными периодичностями).

Тектонические нарушения являются важным элементом в процессе трансформации энергии одних геофизических полей в другие. Например, интенсивные эманации радиоактивного радона в разломных зонах оказывают сильное влияние на проводимость приземного слоя атмосферы, что, в свою очередь, приводит к вариациям электрического поля. В качестве примера на рис.4 приведены совместно усредненные за трое суток временные вариации ΔR и ΔE_{az} . Хорошо видно, что увеличение объемной активности подпочвенного радона приводит к уменьшению электрического поля. Сравнение графиков свидетельствует о достаточно высокой корреляции между радоновыми эманациями по разломной зоне и напряженностью электрического поля в приземном слое атмосферы ($K = 0,9$). Приведенный пример демонстрирует взаимодействие между геофизическими полями разной природы и, как следствие, о трансформации энергии флюидодинамических процессов в энергию электрического поля.

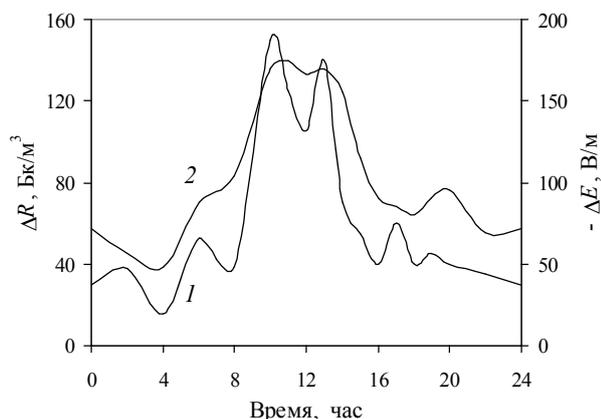


Рис.4. Суточные вариации объемной активности радона (1) и вертикальной компоненты напряженности электрического поля в приповерхностном слое атмосферы (2)

Значительные увеличения объема эманаций радиоактивного радона ^{222}Rn в разломных зонах может в отдельных случаях привести не только к падению абсолютной величины электрического поля в приземном слое атмосферы, но даже изменению его знака. В качестве примера на рис.5 представлены результаты синхронных измерений объемной активности подпочвенного радона R и вертикальной компоненты электрического поля в приземном слое атмосферы E_{az} в Курайской разломной зоне в период ее высокой активизации, сопровождающейся интенсивным увеличением радоновых эманаций.

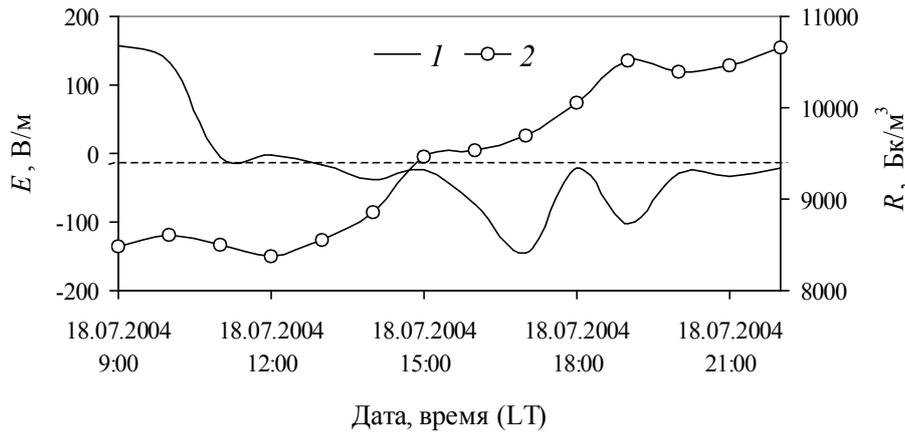


Рис.5.
Временные вариации R (2) и E (1) в приземном слое атмосферы

Интенсивность эманаций подземных флюидов напрямую связана с отличием термодинамических характеристик флюида на глубине и на земной поверхности. Одним из основных параметров, определяющих миграцию газов к земной поверхности, является атмосферное давление.

Выше рассматривались периодичности вариаций объемной активности радона в подпочвенной атмосфере в период стабильных метеоусловий, связанные с влиянием приливных деформаций. Другая картина наблюдается при интенсивной циклонической деятельности. В качестве примера на рис.6 приведены результаты наблюдений за объемной активностью подпочвенного радона R на одном из участков Ногинской разломной зоны, выполненных в период продолжительной нестабильности атмосферного давления. Данные рис.6 демонстрируют возрастание объемной активности подпочвенного радона при падении атмосферного давления. Минимумы R соответствуют временным интервалам, когда атмосферное давление повышается. В результате помимо периодичностей вариаций R , вызванных вариациями приливной силы, наблюдается дополнительная периодичность вариаций R с периодом около 4-х сут, связанная с барическими вариациями циклонического происхождения.

Приведенные данные свидетельствуют о значительной роли разломных зон в формировании пространственных и временных вариаций геофизических полей. Зоны влияния крупных тектонических структур характеризуются повышенной интенсивностью релаксационных процессов и эманацией подземных газов. В разломных зонах и на участках земной коры с повышенной тектонической нарушенностью наблюдается более сильное влияние слабых воздействий в виде приливной деформации и барических вариаций в атмосфере на амплитудные характеристики геофизических полей и их временные вариации.

В разломных зонах более ярко по сравнению с серединными участками структурных блоков земной коры проявляются процессы, связанные с обменом энергии между полями разной природы: эманационного поля радиоактивного радона в электрическое поле приземного слоя атмосферы и барических вариаций в атмосфере в микросейсмические колебания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адушкин В.В., Спивак А.А., Кишкина С.Б. и др. Динамические процессы в системе взаимодействующих геосфер на границе земная кора-атмосфера // Физика Земли. 2006. №7.
2. Кочарян Г.Г., Спивак А.А. Динамика деформирования блочных массивов горных пород. М.: Академкнига, 2003. 423 с.
3. Спивак А.А., Кишкина С.Б. Исследование микросейсмического фона с целью определения активных тектонических структур и геодинамических характеристик среды // Физика Земли. 2004. №7. С.35-49.
4. Спивак А.А. Жесткость тектонических структур Центральной части Восточно-Европейской платформы // Доклады РАН. 2006. Т.410. №1. С.109-112.

5. Адушкин В.В., Спивак А.А. Микросейсмичность и интенсивность релаксационных процессов в земной коре// Доклады академии наук. 2006. Т.408. №4. С.532-534.

УДК 550.348

Геолого-физико-химическая модель Тунгусского события 1908 года

Д.Н. Тимофеев В.А. Кочнев**. тел/факс (39197) 5-16-38, E-mail htamp@inbox.ru
*ООО фирма "Космическая Технология" г.Железногорск, **ИВМ СО РАН, г.Красноярск*

30 июня 1908г в Тунгусской тайге произошла серия сильных взрывов. На нескольких больших участках тайги были повалены деревья. Непосредственно перед взрывами сотни людей в данном районе видели большой болид. В связи с чем, явление сразу было принято всеми как падение космического тела на землю. Экспедиция Академии наук под руководством Г.А.Кулика смогла оценить масштабы произошедшей катастрофы: вывала искореженного леса на территории 2000 кв.км., большое число воронок. Несмотря на громадные усилия, остатков метеоритного вещества экспедиция не обнаружила. С тех пор загадка постоянно будоражит умы ученых, литераторов и фантастов. Выдвинуты десятки версий, вплоть до фантастических: о пришельце из космоса или об экспериментах Н.Теслы. Судя по известным публикациям, предположение о геологической природе случившегося было высказано Н.Кудрявцевой [1]. Основательно модель события была разработана и представлена в 1984 году [2]. В дальнейшем объяснение Тунгусского явления было представлено более подробно [3, 4, 5], а также на Всероссийской конференции "100 лет Тунгусской проблемы" в Красноярске в 2008 г., материалы которой находятся в печати.

В данной работе фактически решается обратная логическая задача: по совокупности наблюдений делается попытка более строго восстановить картину события.

По представленной здесь версии, из-за небольшого землетрясения в середине июня 1908г. произошло разрушение ловушки природного газа, и газ, через несколько фумарол, начал выходить в атмосферу. Газ поднимался в верхние слои атмосферы и относился ветром на запад. Взаимодействуя с озоном, газ вызывал свечение атмосферы, а образующиеся при этом пары воды создавали серебристые облака, которые наблюдались в Европе за несколько дней до взрывов. За день перед взрывами атмосферные условия были такие, что газ относился ветром от тунгусской котловины в виде нескольких шлейфов. В ночь на 30 июня ветер стих, но газ продолжал выходить и образовал несколько облаков смеси газа с воздухом. Утром 30 июня в результате грозы молния попала в газовый шлейф и вызвала его детонацию. Детонационная волна пошла по газовому шлейфу к тунгусской котловине и выглядела как большой болид. Дойдя до тунгусской котловины, волна детонации газового шлейфа вызвала детонацию газовых облаков. В результате этого произошла серия взрывов вызвавших сильные вывалы леса, пожары и землетрясение.

В таблице (1) приведены явления сопровождающие Тунгусский феномен и отмечено их соответствие газовой версии и версии падения космического тела.

Таблица 1.

№	Явление	Газовая версия	Версия падения космического тела
1	Взрывы с большой энергией	Объясняет	Частично объясняет
2	Болид	Объясняет	Не объясняет
3	Вывал леса	Объясняет	Не объясняет
4	Яркое свечение взрывов	Объясняет	Не объясняет
5	Свечение неба и серебристые облака и яркие метеоры за несколько дней до взрывов.	Объясняет	Не объясняет
6	Появление Южного болота	Объясняет	Не объясняет

7	Наличие воронок в зоне взрывов	Объясняет	Не объясняет
8	Нет космического вещества в месте взрывов	Объясняет	Не объясняет
9	Вода в болоте после взрывов жгла как огонь	Объясняет	Не объясняет
10	Много стабильного изотопа углерода в торфе	Объясняет	Не объясняет
11	Наличие брома в поверхностном слое	Объясняет	Не объясняет

Остановимся на каждом явлении более подробно.

Взрывы с большой энергией.

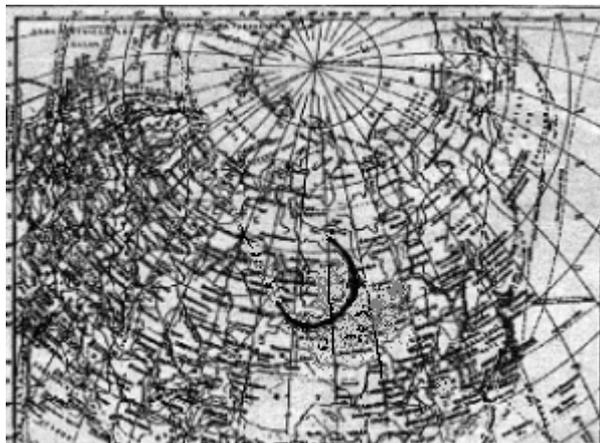
Ориентировочно энергия тунгусских взрывов оценивается примерно эквивалентной взрыву 20 мегатонн тринитротолуола. Что соответствует взрыву 1,7 миллионов тонн или 2,3 миллиардов кубических метров природного газа. Это в геологическом масштабе сравнительно небольшой объем примерно в 400 раз меньше чем запасы Оренбургского месторождения (950 млрд.м³) и на порядок меньше недавно открытого в районе тунгусского взрыва газового месторождения на глубине 250 м. Падение космического тела, безусловно может выделить энергию в 20 мегатонн тринитротолуола, хотя условия такого взрыва малореалистичны.

Болид

Наблюдаемый в ходе событий болид был волной детонации проходящей по газовому шлейфу. Газовые шлейфы образовались при выходе природного газа в атмосферу.

За сутки при ветре 5 метров в секунду (18 км/час) шлейф протянется более чем на 400 км. В результате диффузии газ в шлейфах смешивался с воздухом и значительный объём шлейфов к утру 30 июня имел концентрацию газа 5-15% при которой возможна детонация газовой-воздушной смеси [6]. При дебите выброса по энергии соответствующем двадцати мегатоннам тротила в сутки, диаметр шлейфа из взрывоопасной смеси газа с воздухом составит 270 м.

По показаниям очевидцев полёт огненного тела имел очень пологую траекторию. А если судить по тому, что его видели на протяжении 500 километров от места взрыва, над Ангарой, в Иркутской области и даже в Алтайском крае, то можно сделать вывод, что большую часть полёта он был практически на одной высоте и летел, огибая земную поверхность. Более того, некоторые исследователи предполагают, что перед тунгусской



котловиной огненное тело совершает маневр и разворачивается на 180 градусов (рис.1) [7].

Вид огненного явления, по описаниям очевидцев, тоже достаточно необычен. То это просто яркий светящийся объект. Далее по траектории полёта это объект, за которым тянется хвост копоти, не рассеивающийся в воздухе более часа. Далее это объект, напоминающий веретено, поверхность его имеет форму спирали. Объект очень ярко светится. Есть показания очевидцев, что было несколько таких светящихся тел, причём они наблюдались и после взрыва. Как рассказал очевидец Брюханов А.К. из Кежмы, опрошен в 1929 году: «... синие, зелёные, красные,

Рис.1 Траектория полета огненного тела

жаркие полосы по небу идут и шириной они с улицу. Погасли полосы и снова послышался грохот, и земля затряслась. Потом снова показались полосы и ушли под север» [8]. Понятно, что шлейф газа, в отличии от траектории полёта космического тела, может находиться на одной высоте, может и изгибаться при изменении направления ветра.

Стабильность газового шлейфа в воздухе можно подтвердить фотографиями со спутников [9]. Так газовый шлейф от вулкана Этна в Сицилии простирается над Средиземным морем на сотни километров (рис.2). На снимке видно, что из-за перемен в направлении ветра, шлейф сильно изогнут, однако он тем не менее не прерывается на

значительном расстоянии. Будь этот шлейф из природного газа, волна детонации по нему могла бы пройти по очень причудливой траектории.

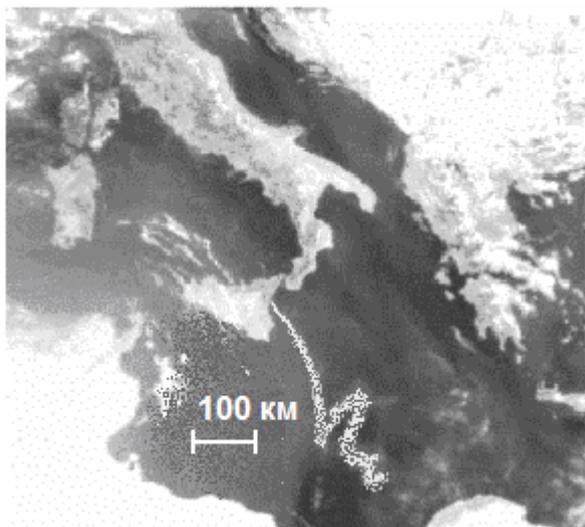


Рис. 2 Снимок из космоса 25 июля 2001 г. Шлейф газа от вулкана Этна тянется в юго-восточном направлении.

когда благодаря сравнительной химической инертности смеси воспламенение в плоской ударной волне (как это имеет место в обычной детонации) становится невозможным, и газовая смесь загорается, благодаря особому рода сильному возмущению – излому фронта ударной волны [13]. Наблюдение спирального следа за огненным шаром однозначно указывает на явление спиновой детонации газового шлейфа.

Явление объектов напоминающих веретено наблюдались неоднократно. В 1987 году в Китае в уезде Шэнси в провинции Чжецзян в небе в направлении с севера – запада на юга – восток проскочил предмет напоминающий вращающийся волчок. Там, где он летел, на небе выступила светлая полоса [14]. Космическое тело вторгшееся в земную атмосферу выглядит как болид, однако оно не способно ни изменять траекторию полёта, ни выглядеть в виде веретена.

Вывал леса. По показаниям очевидцев [15] наблюдалось пять сравнительно сильных взрывов и несколько мощных сейсмических толчков. Картина оказывается посложней принятой исследователями упрощенной модели: как-то быстро все уверовали, что взрыв был

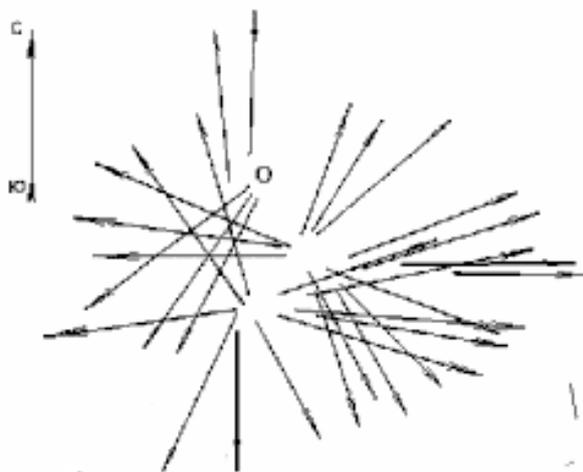


Рис.3 Направления падения стволов деревьев.

на север от котловины и конечно сама котловина дали несколько взрывов. Несколько

Скорость детонации смеси воздуха с метаном 2320 м/сек [10] поэтому со стороны вид яркой светящейся детонационной волны воспринимался как полёт раскалённого тела. Шлейф детонации может быть и цветным. Отмеченный Брюхановым А.К. зелёный, синий, красный, оранжевый цвет полос может иметь газовое пламя окрашенное небольшим количеством бария, меди, никеля, стронция, натрия, кобальта, брома, селена, золота [11]. выброшенных в составе частичек породы при эрозии жерл и обнаруженное при исследованиях в катастрофном слое торфа [12].

Детонация в газах может выглядеть и как спираль. Такое явление наблюдалось в лабораторных экспериментах, и носит название спиновой детонации. Распространение детонации происходит по схеме Зельдовича Щелкина. Основная идея схемы в том, что спиновая детонация возникает в тех случаях,

когда благодаря сравнительной химической инертности смеси воспламенение в плоской ударной волне (как это имеет место в обычной детонации) становится невозможным, и газовая смесь загорается, благодаря особому рода сильному возмущению – излому фронта ударной волны [13]. Наблюдение спирального следа за огненным шаром однозначно указывает на явление спиновой детонации газового шлейфа.

Явление объектов напоминающих веретено наблюдались неоднократно. В 1987 году в Китае в уезде Шэнси в провинции Чжецзян в небе в направлении с севера – запада на юга – восток проскочил предмет напоминающий вращающийся волчок. Там, где он летел, на небе выступила светлая полоса [14]. Космическое тело вторгшееся в земную атмосферу выглядит как болид, однако оно не способно ни изменять траекторию полёта, ни выглядеть в виде веретена.

Вывал леса. По показаниям очевидцев [15] наблюдалось пять сравнительно сильных взрывов и несколько мощных сейсмических толчков. Картина оказывается посложней принятой исследователями упрощенной модели: как-то быстро все уверовали, что взрыв был единым и высотным. А ведь ещё Л. Кулик и его сподвижники Е. Кринов указывали на то, что картина разрушений в центре катастрофы носит очень своеобразный «пятнистый» характер. Так в книге Е. Кринова «Тунгусский метеорит» читаем: «...уже на расстоянии всего нескольких километров сохранились участки нетронутого леса, представляющие собой как бы островки в сплошном вывале и сухостое». [16]. И далее: «направления поваленных деревьев... по Кулику, дают как бы четыре центра радиации...» (Рис.3). Несколько мест, где скопился газ шишковский вывал, хребет Чунар участки

взрывов могло быть и в самой котловине. Пределы концентрации, при которых взрывается метан 5-15% Участки, где концентрация газа в воздухе была выше указанных пределов, не взрывались. При каждом взрыве образовывалось облако раскалённых продуктов взрыва, которое с большой скоростью поднималось вверх, что создавало ураганные вихри. Области, где концентрация газа была больше критической, при ураганном перемешивании с воздухом, приходили к стехиометрическим пропорциям, и происходил новый взрыв.

Космическое тело при ударе о землю неминуемо образовало бы воронку как при падении Аризонского метеорита, При высотных взрывах снежной кометы не могло бы образоваться вывалов леса с несколькими центрами радиации.

Яркое свечение взрывов

Сильное свечение при взрывах объясняется тем, что сильное свечение имеет детонационная волна, на чем основан фотографический метод изучения процессов детонации [17].

Свечение взрыва от падения космического тела не может быть сильным, поскольку как предполагается тело было из снега, а свечение паров воды незначительно даже при высоких температурах из-за малого коэффициента излучения.

Свечение неба и серебристые облака и яркие метеоры за несколько дней до взрывов.

При взаимодействии с озоном (на высоте около 25 километров количество озона в воздухе достигает максимальной концентрации [18]) происходило медленное окисление газа, сопровождающееся свечением [19].



Вода, получившаяся в результате этой реакции, конденсировалась, образуя серебристые облака, а метеоры имели повышенное свечение, поскольку в следе их горел газ. Вызвать свечение неба, за несколько суток до падения, космическое тело не может. Даже если впереди космического тела летят какие-нибудь частицы, столкновение их с Землёй невозможно, поскольку в это время Земля находится ещё за несколько миллионов километров до точки встречи.

Появление Южного болота

По рассказам эвенков в месте тунгусского взрыва болота не было. Там пасли оленей. После взрыва образовалось болото. Газовая модель объясняет причину возникновения болота тремя факторами: 1) проседанием верхних слоев из-за падения давления в газовом пласте; 2) кратковременного давления на поверхности в момент взрыва; 3) выбросом вместе с газом большого объема грунтовых вод. Обосновать появление болота результатом падения небесного тела в данном случае невозможно.

Наличие воронок в зоне взрывов.

Дойдя до места взрыва, экспедиция Кулика обнаружила воронки заполненные водой [20]. По газовой теории, когда газ вырвался из земли, образовались жерла. После прекращения выхода газа края жерл оползли, и образовались воронки. Обосновать появление воронок результатом падения небесного тела невозможно. Это понял ещё Кулик, когда обнаружил на дне воронки, после откачивания воды пень дерева. Кстати, это типичная картина: при аварийных выбросах газа в жерло воронок проваливаются не только деревья, но и буровые вышки.

Отсутствие космического вещества в месте взрывов.

По газовой теории тунгусского взрыва вполне естественно, что космическое вещество в месте взрыва отсутствует. При падении космического тела космическое вещество должно быть в месте взрыва.

Вода в болоте после взрывов жгла как огонь.

По наблюдением эвенков, после взрывов вода в районе Южного болота жгла как огонь. В составе природного газа может присутствовать сероводород, который при сгорании образует сернистый ангидрид, а тот в свою очередь при взаимодействии с водой превращается в кислоту. При взрыве должно было образоваться около трёх тысяч тонн сернистой кислоты, которая и вызывала ожоги. В настоящее время геологами подтверждено

наличие сероводорода в природном газе Собинского месторождения обнаруженном в недалеко от места тунгусского взрыва [21].

Повышенное содержание стабильного изотопа углерода в катастрофном слое торфа соответствует изотопному составу этого элемента в газе Собинского месторождения [21].

Наличие большого содержания брома в катастрофном слое почвы.

В почве из района взрыва обнаружен бром в значительном количестве до 0,96%. [12]. Бром в обычных условиях выщелачивается поверхностными водами, и наличие его на поверхности может указывать на недавнее его попадание сюда из недр земли. Бром обычно содержится в подземных водах [22], такого состава вода могла быть, в некотором количестве, выброшена с природным газом. Наличие брома в метеоритах не характерно [23].

Все вышеприведенное позволяет сделать вывод о том, что модель разрушения газовой залежи с высокой вероятностью объясняет все известные факты и явления, сопутствующие Тунгусской катастрофе 30 июня 1908 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявцева Н., А был ли Тунгусский метеорит? "Техника-Молодежи", №11, 1981.
2. Тимофеев Д.Н. Космос или земля «Красноярский рабочий» 01.09.1984г
3. Тимофеев Д.Н. Ещё одна версия тунгусского чуда. "Химия и жизнь", 1988, №3 С.65-66.
4. Тимофеев Д.Н. Тугусский взрыв природного газа. Симпозиум 80 лет тунгусского метеорита. Красноярск 1988г.
5. Тимофеев Д.Н. Тунгусский взрыв природного газа. Конференция 90 лет тунгусской проблемы 30 июня 2 июля 1998г. Красноярск 2001г.
6. Хитрин Л.Н. Физика горения и взрыва. М.,1957г.
7. Иванов Г.А. Кометный ледоход над евразией. 90 лет тунгусской проблемы. Доклады юбилейной международной научной конференции. Красноярск 2001г. С 107.
8. Эпиктетова Л.Е. Траектории разрушающегося тунгусского космического тела из показаний очевидцев. 90 лет тунгусской проблемы. Доклады юбилейной международной научной конференции. Красноярск 2001г. С 65.
9. Шикунов Г. Новости науки и техники. Нtm. М 2001
10. Зельдович Я.Б. Компаниец А.С. Теория детонации М 1955г.
11. Шидловский А.А. Основы пиротехники. М «Машиностроение» 1973г. С.204
12. Сальникова Г.А. О поиске углистого материала в районе тунгусской катастрофы. 90 лет тунгусской проблемы. Доклады юбилейной международной научной конференции. Красноярск 2001г. С101.
13. Щёлкин К.И.. ДАН СССР 47, 501., 1945г.
14. Савенков Ю. Метеорный лёд или что-то другое? Известия 02.09.1987г
15. Голенецкийи С. Степанок В. Тунгусская комета 1908 года - факт, а не гипотеза! Техника молодёжи №9 1977г С.56.
16. Кринов Е.Л. Тунгусский метеорит – М. – Л: Изд-во АН СССР, 1949. С.160-161
17. Юхансон К. Персон П. Детонация взрывчатых веществ. М., «Мир», 1973.
18. Лавской В.М. Справочник лётчика и штурмана М., «Военное издательство министерства обороны СССР»,1974г С.7
19. Шляпинтох В.Я. [и др.] Хемилюминисцентные методы исследования медленных химических процессов,М.,1966.
20. Кандыба Ю. Трагедия Тунгусского метеорита (документальная повесть о первом исследователе Тунгусского метеорита Л.А.Кулике). Красноярск, 1998 г., 416 с.
21. Ельмаков В.ТАСС М.,1987.
22. КсензенкоВ.И. Стасиневич Д.С. Технология брома и иода, М., 1960.
23. Кринов Е.Н. Основы метеоритики, М.,1955
