

ГИПОТЕЗА О ПРИРОДЕ ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА

Ю. А. Николаев

Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН, 630090 Новосибирск

Показано, что все особенности Тунгусской катастрофы 1908 г. могут быть объяснены взрывом метано-воздушного облака, инициированного каменным или железным метеоритом массой порядка нескольких десятков тонн, полого летящим на высоте нескольких километров со скоростью $1 \div 2$ км/с. Для образования такого облака достаточно разового выброса в атмосферу 200 кт метана. Метеорит упал в нескольких десятках километров от эпицентра взрыва.

Проблема Тунгусского метеорита до сих пор не решена. Рабочие гипотезы, связанные с неземным источником энергии взрыва, не объясняют всей совокупности известных данных [1]. Как показывают численные расчеты [2], для объяснения характера вывала леса необходима достаточно крутая траектория полета метеорита, что не согласуется с многими фактами и свидетельствами очевидцев. Уточнения механизма разрушения метеоритов [3, 4] не снимают этого противоречия. Гипотеза Д. Тимофеева, изложенная в [5], вообще отрицающая существование метеорита и объясняющая катастрофу газовым взрывом, инициированным разрядом молнии в сотнях километрах от эпицентра, не состоятельна как из-за невозможности существования такой длинной неразмытой струи, так и из-за отсутствия протяженного парового или дымного следа в атмосфере.

В данной работе предлагается новый взгляд на явление: произошел взрыв метано-воздушного облака, инициированный небольшим, относительно медленно летящим каменным или железным метеоритом.

Согласно численным расчетам [2] взрыв произошел на высоте нескольких километров с эффективной энергией порядка 10^{16} Дж. Эти параметры были определены по характеру вывала и ожога леса. Такой энергии соответствует взрыв приблизительно 200 кт метана. При стехиометрическом смешении такого количества метана с воздухом на высоте нескольких километров взрывчатая смесь будет иметь объем порядка 10 км^3 и, соответственно, размер — порядка 2 км. По характеру воздействия на лес взрыв такого облака будет похож на точечный. При смещении точки инициирования относительно центра облака должна наблюдаться некоторая асимметрия воздействия на лес, что и имело место [6].

Смешение газов было, естественно, неоднородным; там, где ощущался недостаток кислорода, должна была образоваться сажа, быстро догорающая после взрыва по мере смешения с воздухом. Во время этого процесса должны были наблюдаться пламя и дым, что подтверждается показаниями очевидцев [7]. Раскаленная сажа обладает очень высокой светимостью, поэтому оценки энергии взрыва по следам тепловых ожогов леса могут быть в несколько раз завышены.

Взорвавшееся облако образовалось в результате разового выброса метана в атмосферу в виде мощной струи. В результате образовался очень устойчивый тор типа тех дымных колец, которые умеют пускать курильщики. Всплывание облака вызвано тем, что метан существенно легче воздуха. Вследствие пологой траектории метеорита [1] и кольцеобразной структуры облака инициирование взрыва должно было произойти в двух местах — в противоположных концах кольца. Звуковой эффект должен был соответствовать трем мощным взрывам: двум — при инициировании взрывов и одному — при столкновении волн. Более слабые звуковые эффекты должно было вызвать эхо. Именно так, по показаниям свидетелей, и происходило [8].

Продуктами сгорания метана являются углекислый газ и водяной пар. Выброшенный взрывом в стратосферу водяной пар диффундировал в мезосферу, чем и было вызвано образование мощных серебристых облаков [6]. Не исключено, что утечка метана началась несколько раньше мощного выброса. Его сгорание в термосфере также должно было привести к образованию серебристых облаков. Этим можно объяснить их появление за одну — две недели до взрыва.

Мощным выбросом продуктов сгорания в

верхние слои атмосферы объясняются и магнитные бури [6]. Водяной пар легче воздуха, всплывает в верхние слои атмосферы и за счет понижения давления увеличивается в объеме в десятки миллионов раз. *D*-слой (на высоте $60 \div 90$ км) и *E*-слой ($100 \div 140$ км) ионосферы просто сдуло.

Наличие метана в районе взрыва неудивительно, так как он расположен в пределах очень крупного каменноугольного бассейна, и окрестности изобилуют торфяными болотами. Важно, что эпицентр взрыва находится в кальдере древнего вулкана [9]. Она образовалась при оседании вулкана в пустоты, возникшие на заключительной стадии извержения вулкана. Часть пустот могла сохраниться и быть герметизирована слоем вечной мерзлоты. Подобные камеры в угольных пластах, как правило, заполнены метаном. Характерная величина давления в газовых скважинах составляет 100 атм. Следовательно, размеры камеры, содержащей указанное количество метана, должны быть порядка 200 м. Это количество газа невелико, так как составляет всего трехмесячный свободный дебит мощной скважины. Прорывы газов, вероятнее всего, происходят летом при оттаивании ледяной «пробки».

Самопроизвольные мощные выбросы подземных газов возможны, и показательным примером этого явления является существование Патомского кратера (Иркутская обл.) [10]. «Кратер мог образоваться только в результате прорыва со значительной глубины газов или паров, которые... пробили цилиндрическую трубку в участке, ослабленном тектоническими разломами» [11].

Другим не менее убедительным доказательством возможности существования подобных мощных выбросов метана в верхние слои атмосферы является еще не объясненное наукой событие, происшедшее в начале осени 1938 г. и названное «Сибирской тьмой» [12]. Тогда на севере Красноярского края произошло обширное «затмение»: высоко в небе образовалось круглое облако размером около 300 км, местами абсолютно черное, местами красно-желтое. Перенос пепла от далеких лесных пожаров исключается, так как появление подобного облака не могло быть внезапным и его путь неминуемо был бы прослежен от места возникновения. Вторжение в атмосферу облака космической пыли остается лишь ничем не подкрепленной гипотезой. Важно, что облако просуществовало всего несколько часов

и почти полное потемнение на земле сменилось временным просветлением, а затем вторичным потемнением.

Это загадочное явление легко объяснить мощным разовым выбросом метана. Возникший тор не встретил на пути подходящего метеорита и, сильно расширяясь, благополучно всплыл наверх. Достигнув термосферы на высоте порядка 120 км, где температура достигает нескольких сот градусов и воспламеняется атмосферный водород [13], он также воспламенился. Из-за недостатка кислорода при горении образовалось много сажи, постепенно догорающей по мере притока воздуха. Причудливая смена освещенности на земле связана с горизонтальным движением кольца. Скорость перемещения составляла 100 км/ч, что вполне можно объяснить ветрами.

Примером подобного по мощности выброса углекислого газа является катастрофа в Каме-руне в 1986 г. [14].

Оценим размер Тунгусского метеорита, вызвавшего взрыв метана в районе р. Подкаменной Тунгуски. Из-за неоднородного содержания воздуха в облаке имелись места, где смесь была стехиометрической. Давление на этих высотах приблизительно втрое ниже, чем на поверхности земли, следовательно размер ячейки самоподдерживающейся многофронтной детонации в этих условиях приблизительно равен 1 м [15]. Скорость детонации в такой смеси составляет 1,8 км/с, а скорость газа за фронтом волны — 1 км/с. Согласно [1] скорость метеорита была $1 \div 2$ км/с, т. е. превышала скорость газа за детонационной волной. Соответственно скорость отошедшей ударной волны и параметры газа за ней были не ниже детонационных. Таким образом, перед метеоритом заведомо существовала детонационная волна. Чтобы она распространилась на всю смесь, необходимо, чтобы размер тела был больше критической величины. Если скорость тела равна 1 км/с — скорости газа за самоподдерживающейся детонационной волной, то этот критический размер соизмерим с критическим размером возбуждения детонации при ее выходе из узкого канала в широкий, приблизительно равным шести размерам ячейки [15], т. е. 6 м (иницирование быстро летящим телом соответствует реиницированию детонации в плоском канале). Если скорость тела вдвое больше, то давление за пересжатой детонационной волной возрастает приблизительно вчетверо. Из энергетических соображений следует, что диа-

метр метеорита может быть приблизительно вдвое меньшим. То есть минимальный размер Тунгусского метеорита должен был составлять $3 \div 6$ м. Это не уникальный метеорит. Судя по тому, что очевидцы различали форму холодного тела метеорита при его пролете на высоте порядка 10 км, его реальный размер был не менее 3 м (разрешающая способность глаза — 1'). Таким образом, все имеющиеся данные свидетельствуют о возможности возбуждения детонации в метано-воздушной взрывчатой смеси метеоритом с малой энергией.

Полагая наклон траектории равным 8° (средняя величина имеющихся оценок), а высоту полета метеорита — 5 км, можно предположить, что он упал в 35 км от эпицентра газового взрыва и погрузился в грунт или болото, не вызвав существенных разрушений. Не удивительно, что ученые прибывшие на место катастрофы только через 19 лет, его не обнаружили, а более поздние экспедиции не обнаружили повышения радиации [16] и остатков метеоритного вещества в эпицентре взрыва [17].

Таким образом, предложенная гипотеза объясняет все известные особенности таких феноменов, как Тунгусский метеорит (1908 г.) и «Сибирская тьма» (1938 г.), не противоречит каким-либо свидетельским показаниям, экспериментальным данным или физическим законам. Более того, она указывает на вероятность повторения подобных событий в исторических масштабах времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зигель Ф. Ю. К вопросу о природе Тунгусского тела // Метеоритные и метеорные исследования. Новосибирск: Наука, 1983. С. 151–161.
2. Коробейников В. П., Путятин Б. В. и др. Об эффектах излучения в условиях неоднородной атмосферы при Тунгусском явлении // Там же. С. 5–24.
3. Григорян С. С. О математическом моделировании динамики дробления и торможения метеоритов в атмосфере планеты // Докл. РАН. 1996. Т. 350, № 2. С. 198–200.
4. Иванов А. Г., Рыжанский В. А. Фрагментация малого небесного тела при его взаимодействии с атмосферой планеты // Докл. РАН. 1997. Т. 353, № 3. С. 334–337.
5. Тетерин И. А был ли метеорит? // Комсомольская правда. 1984. 8 нояб. № 257 (18162).
6. Васильев Н. В., Журавлев В. К. и др. Современное состояние проблемы Тунгусского метеорита // Проблема Тунгусского метеорита. Вып. 2. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1967. С. 5–20.
7. Коненкин В. Г. Сообщения очевидцев о Тунгусском метеорите 1908 года // Там же. С. 31–35.
8. Суслов И. М. Опрос очевидцев Тунгусской катастрофы в 1926 г. // Там же. С. 21–30.
9. Львов Ю. А., Бляхарчук Т. А. Мерзлотный торфяник в центре области выпадения вещества Тунгусского метеорита // Метеоритные и метеорные исследования. Новосибирск: Наука, 1983. С. 84–99.
10. Кандыба Ю. Л., Болесто Ю. Ф. и др. Экспедиция на Патомский кратер // Проблема Тунгусского метеорита. Вып. 2. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1967. С. 218–220.
11. Обручев С. В. Загадочный кратер на Патомском нагорье // Там же.
12. Емельянов Ю. М. О загадочной «Сибирской тьме» 18 сентября 1938 года // Там же. С. 210–217.
13. Николаев Ю. А., Фомин П. А. О природе серебристых облаков и озонного слоя Земли // Физика горения и взрыва. 1997. Т. 33, № 4. С. 3–13.
14. Эттингер И., Боярский В. Две катастрофы — одна гипотеза // Наука и жизнь. 1988. № 2. С. 94–95.
15. Васильев А. А., Митрофанов В. В., Топчий М. Е. Детонационные волны в газах // Физика горения и взрыва. 1987. Т. 23, № 5. С. 109–131.
16. Золотов А. В. О радиоактивности образцов Тунгусских деревьев // Проблема Тунгусского метеорита. Вып. 2. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1967. С. 168–186.
17. Иванова Г. М., Брувер Р. Э. и др. О поисках вещества Тунгусского метеорита // Там же. С. 145–153.

Поступила в редакцию 14/XI 1997 г.