

М-55

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна



6 - 3311

В.Н. Мехедов

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

О РАДИОАКТИВНОСТИ ЗОЛЫ ДЕРЕВЬЕВ
В РАЙОНЕ ТУНГУССКОЙ КАТАСТРОФЫ

1967.

6 - 3311

В.Н. Мехедов

О РАДИОАКТИВНОСТИ ЗОЛЫ ДЕРЕВЬЕВ
В РАЙОНЕ ТУНГУССКОЙ КАТАСТРОФЫ

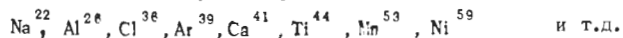
Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

5072/2 нф.

В в е д е н и е

Несмотря на интенсивную исследовательскую работу вопрос о причинах тунгусской катастрофы 1908 г. до сих пор остается открытым. Обнаруженный в тайге радиальный повал леса (в некоторых направлениях на расстоянии до 30 км от центра) принято объяснять взрывом с выделением энергии от 0,8 до $10 \cdot 10^{23}$ эрг, что эквивалентно взрыву примерно 2,0-23 мегатонн тротила^{/1,2/}. Возникновение при взрыве микробарографической волны в атмосфере, записанной несколькими станциями мира, требует, чтобы эта энергия выделялась почти мгновенно, как при взрывах ядерных или термоядерных бомб. Между тем прямых доказательств такого взрыва, а именно - радиоактивных продуктов до сих пор не обнаружено^{/2/}, за исключением некоторых данных, приведенных в работах А.В.Золотова^{/4/} и Либби^{/6/}, которые, впрочем, оспариваются.

Если исходить из тротилового эквивалента, то подобные энерговыделения могут быть получены только в термоядерном, либо аннигиляционном взрыве антивещества^{/3,5,6/}. Обычный ядерный взрыв не обеспечивает подобных энерговыделений^{/6/}, поэтому гипотезу об аварии космического корабля с ядерным реактором на борту, по-видимому, можно исключить как нереальную. В свете аргументов, приводимых в работе^{/7/}, гипотеза термоядерного взрыва тоже представляется маловероятной. В случае же аннигиляционного взрыва к настоящему времени сохраняются лишь следующие радиоактивные изотопы:



Часть из них являются нейтронодефицитными, часть -нейтроноизбыточными ядрами и получаютс я они в результате реакций расщеплений на элементах

Si, F, Ca, Ar, Fe и др. под действием пучков γ -квантов, достигающих поверхности Земли или пучков π, μ -мезонов, пронизывающих слои воздуха. В связи с зараженностью Земли продуктами испытаний ядерного оружия и из-за существования естественно радиоактивных элементов очевидно однозначное доказательство той или иной ядерной гипотезы может быть получено только путем радиохимического анализа. В настоящей заметке мы хотели обратить внимание на то, что выполненные нами недавно измерения общей радиоактивности золы деревьев из района события, как и недавно опубликованные работы А.В.Золотова^{/3,8/}, не подтверждают метеоритную гипотезу и дают некоторые указания в пользу гипотезы аннигиляционного взрыва. Измерения проводились с образцами золы, приготовленными и любезно предоставленными автору А.В.Золотовым, и преследовали цель получить исходную информацию, необходимую для выбора типа радиохимического анализа.

Метод измерений

Измерялись общий уровень β -активности золы от различных годовых слоев деревьев, а также γ -спектры некоторых образцов. Особенно тщательно сравнивались результаты измерений образцов золы до и после 1908 г. на предмет обнаружения в наружных слоях новых источников γ, β -излучения в том числе у деревьев, засохших до начала испытаний ядерного оружия - так называемых "сухар".

Измерения β -активности проводились на торцевых счетчиках Гейгера со свинцовыми окошками толщиной 1,5 + 2,5 (БФЛ) и 5,0 мгр/см² (МСТ-17), цилиндрическом с алюминиевыми стенками толщиной 0,1 мм (АС-1) и безокошечном проточном метановом 4π -счетчике. Наиболее надежные данные получены, когда измерения выполнялись на счетчиках, помещенных в специальную защиту с кольцом антисовпадений для уменьшения собственного фона детектора.

Пробы золы весом 0,5 (иногда до 1 г) насыпались в алюминиевые чашечки диаметром 18, высотой 5 мм и толщиной стенки 0,3-0,4 мм. Верхняя часть пробы была открыта. Расстояние между образцом и окном счетчика было минимальным.

Для 4π -счетчика прессовались "таблетки" диаметром около 17 мм, которые содержали 0,1 г золы и были заклеены с обеих сторон алюминиевой фольгой толщиной 5 микрон. В большинстве β -измерений набиралась статистика от 1000 до 6000 имп. и только в отдельных случаях ограничивались накоплением не менее 400 имп. Приводимые ниже величины большей частью являются средними из нескольких определений, а погрешности - среднеквадратичными ошибками. Наблюдения γ -спектров проводились в интервале энергий γ -квантов от 0,2 до 2,6 Мэв на одноканальном (АЗ-1) или 128 канальном γ -спектрометрах. Использовалась вся имевшаяся зола (около 10 г), которой обрабатывали кристалл NaJ, ссыпав ее предварительно в пакет из бумаги или алюминиевой фольги. Экспозиция составляла 60 мин. Тщательно измерялся фон γ -спектрометра.

Результаты измерений

Все препараты золы обладают слабыми уровнями радиоактивности. Распределение её по годовым слоям у деревьев вблизи от места катастрофы, согласно измерениям на торцевых и на проточном 4π -счётчиках, характеризуется наличием двух ступенек. Некоторые гистограммы распределений приведены на рис. 1. Первая ступенька по времени соответствует 1908 г. (мы обозначили её А), а вторая - примерно 1945 г. У деревьев, засохших до начала испытаний ядерного оружия (гистограммы 1 и 2 на верхней половине рис. 1), видна только первая ступенька, тогда как для деревьев, растущих вдали от места взрыва (гистограммы 5,6,7), первая ступенька почти не проявляется и видна вторая.

Максимальные количества отсчётов детектора наблюдаются у проб после 1945 г. На счетчике БФЛ в этом участке регистрируется около 50 β -частиц/мин.г независимо от места расположения деревьев. Эта активность превышает естественный фон счётчика БФЛ только в 2-3 раза. Уровни активностей внутренних слоев значительно ниже и составляют в лучшем случае около 70% от уровня фона детектора. Условия измерений на 4π - счётчике были менее напряженными, так как здесь минимальные регистрируемые активности превышали фон детектора почти в 10 раз.

Измерения γ -спектров показали, что кроме пика $F_{\gamma} = 1,5$ Мэв никаких других чётко видимых γ -линий не обнаруживается. Пик с энергией 1,5 Мэв принадлежит K^{40} .

Как и ожидалось, в золе деревьев обнаруживается постоянный фон α, β -излучений, обусловленный своим происхождением K^{40} и другим естественным-радиоактивным продуктам, распространенным в растительном мире. Уровень этого фона меняется в 2-3 раза от дерева к дереву или в пределах одного дерева и может как расти, так и уменьшаться при переходе к наружным слоям. Колебания фона, по-видимому, объясняются условиями произрастания деревьев на различных почвах, а также неодинаковым отложением естественных радиоактивных продуктов в разные периоды. Тем не менее почти во всех случаях вблизи от места взрыва наблюдается заметное увеличение радиоактивности после 1908 г. Тот факт, что видна именно ступенька, а не "всплеск", и повышение уровня радиоактивности сохраняется в более поздних годовых слоях, на наш взгляд, говорит о том, что резервуар образованной радиоактивности находится в почве и поступление её в деревья, по-видимому, продолжается до настоящего времени. Вторая ступенька имеет тривиальное происхождение и вызвана отложениями современных радиоактивных осадков от испытаний ядерного оружия. В дальнейшем проводились контрольные измерения в области первой и второй ступенек с целью проверки приводимых данных. В частности, особое внимание обращалось на получение доказательств того, что появление ступеньки А не связано с повышенным отложением K^{40} вследствие пожара, имевшего место в тайге после взрыва ^{/2/}, либо смешения современных осадков поперек годовых слоев.

Два образца золы от дерева, засохшего до начала испытаний ядерного оружия (в 1940 г.), а именно: пробы 2014 и 2015 измерялись на различных типах счёчиков, чтобы установить, хотя бы качественно, различие в составе испускаемых излучений. Результаты измерений приведены в табл. 1. Мы видим, что повышенный уровень активности золы слоев после 1908 г. отмечается на всех использованных детекторах. Повышение активности невелико, в лучшем случае оно достигает 60-80% от уровня "фона", а согласно измерениям на 4π -счётчике превосходит фон не более чем в 2 раза. Величина скачка А (отношение активности проб 2015 и 2014) уменьшается как с увеличением толщины окошка детектора, так и при неодинаковой толщине слоев. Такой результат можно понять, если пред-

Т а б л и ц а 1

Тип детектора	Толщина окна счетчика	Проба № 2015 (1908-1930 г.г.)		Проба № 2014 (1858-1908 г.г.)		Скачек А= 2015 / 2014 привед. на 1 гр имп/мин.гр	Примечание
		Вес образца, гр	Измеренная активность имп/мин	Вес образца, гр	Измеренная активность имп/мин		
БФЛ	≤ 3 мгр/см ²	0,5	25,1 \pm 1,28	0,5	14,6 \pm 1,17	1,72 \pm 0,27 -0,23	
БФЛ	"-	0,728	31,8 \pm 2,26	0,544	19,3 \pm 2,23	1,23 \pm 0,26 -0,20	Разн.поглошение
БФЛ	"-	1,012	34,3 \pm 2,53	1,024	21,3 \pm 2,52	1,63 \pm 0,35 -0,28	
МСТ-17	5 мгр/см ²	1,003	22,9 \pm 1,32	1,017	15,4 \pm 1,23	1,52 \pm 0,23 -0,2	В низкофоновой установке
БФЛ	≤ 3 мгр/см ²	0,45	20,3 \pm 1,47	0,447	11,3 \pm 0,71	1,78 \pm 0,27 -0,22	"-
БФЛ	0,22 мм Al+ слюда окна	0,5	11,2 \pm 1,97	0,5	8,7 \pm 1,82	1,29 \pm 0,62 -0,31	Пост.поглотитель 0,22 мм Al
АС-1	0,1 мм Al	0,5	30,9 \pm 1,81	0,5	20,5 \pm 1,68	1,5 \pm 0,24 -0,13	Погреш.из-за неровн. и пересыпания золя
⁴¹ метан проточ	$\sim 1,3$ мгр/см ² Al	0,1	31,4 \pm 1,54	0,1	16,2 \pm 1,20	1,94 \pm 0,25 -0,23	Измер.таблеток
γ -спектрометр	$E_{\gamma} = 0,2 + 2,5$ Мэв	10,7	107 \pm 1	17,8	115 \pm 1	1,55 \pm 0,18	Без поправки на разные объемы измеряемых образц.
"-	$E_{\gamma} = 1,5$ Мэв K ⁴⁰	10,7	1,04 \pm 0,61	17,8	0,64 \pm 0,6	2,7 \pm 1,7	

положить, что в пробе 2015 (после 1908 г.) содержится какой-то мягкий β -излучатель, энергия которого меньше энергии β -частиц K^{40} ($E_{\beta} = 1,33$ Мэв).

Была сделана попытка выявить различие в составе испускаемого излучения указанных проб по поглощению в алюминии. С этой целью снимались кривые поглощения в Al для проб золы весом 0,5 гр, когда счётчик БФЛ был установлен в низкофоновой установке (фон детектора 11 имп/мин). Результаты измерений приведены на рис. 2. Хотя ошибки измерений велики, из рис. 2 видно, что в ходе кривых поглощения этих двух образцов имеется качественное различие, а именно: начальный участок пробы 2015 спадает более резко. Оценки энергии β -частиц дают значения 1,3 Мэв (проба 2014) и 1,3 и 0,6 Мэв (проба 2015). При этом площади под кривыми поглощения жесткой компоненты у обоих образцов примерно одинаковы, а доля мягкой компоненты составляет $\sim 20\%$ площади жесткой группы.

Некоторое различие получено также при измерении на счётчиках БФЛ и МСТ-17 зависимостей кривых самопоглощения для проб 2014, 2015 и 2070. Зависимости самопоглощения снимались путем измерения числа отсчетов для разных количеств золы. Результаты измерений приведены на рис. 3. На этом рисунке прямыми линиями проведена усредненная зависимость. Прямые проводились таким образом, чтобы точки отстояли от нее примерно одинаково по обе стороны. Для всех трех образцов мы видим различные зависимости. Для пробы 2014 наблюдается наиболее слабое уменьшение числа отсчетов с увеличением навески золы. Это естественно, поскольку, как мы уже отмечали, основным источником β -частиц в глубоких слоях является K^{40} . После 1908 г. (проба 2015) имеет место более крутое падение, чем у пробы 2014, что может объясняться примесью мягкого β -излучения. Самое сильное снижение видно в пробе 2070, взятой совсем от другого дерева и содержащей современные осадки. Резкое ослабление испускаемого излучения в последней пробе обуславливается тем фактом, что подавляющая часть продуктов современных осадков испускает мягкие β -частицы^{/9/}. Аналогичные измерения проб 2014 и 2015 на счётчике с более толстым окошком (МСТ-17) показывают меньшие различия в наклоне прямых (пунктир на рис. 3). Такой результат подтверждает предположение о наличии примеси мягкого излучения в слоях после 1908 г. Экстраполяция к нулевым толщинам: проб 2014 и 2015 дает отношение активно-

стей в ступеньке А в случае счётчика БФЛ, равное $1,6 \pm 2,0$ в согласии с результатами измерений этих проб на счётчике 4π (см.таблицу 1). Между тем при использовании счётчика МСТ-17 получена заметно меньшая величина скачка ($1,2 \pm 1,3$).

На рис. 4 показаны величины отношений в ступеньке А в зависимости от расстояния от эпицентра взрыва. Для того, чтобы исключить влияние флуктуаций "фона" естественной радиоактивности приводятся усредненные значения скачка по нескольким пробам как до, так и после 1908 г. Уровни активностей годовых слоев непосредственно перед 1945 г. и после этого года вообще отбрасывались при усреднении. Усреднение по годовым слоям большей частью немного снижает величину скачка, но общая тенденция сохраняется. Например, по сравнению с величинами для дерева № 442, приведенными в таблице 1, усреднение данных БФЛ в пределах годовых слоев 1740-1940 г.г. дает отношение равное $1,58 \pm 0,1$. В подобной же процедуре для данных 4π -счётчика получаем $1,63 \begin{matrix} +0,15 \\ -0,13 \end{matrix}$. Для двух других засохших деревьев вблизи от центра катастрофы усреднение данных БФЛ дает $1,51 \begin{matrix} +0,16 \\ -0,15 \end{matrix}$ и $1,16 \begin{matrix} +0,20 \\ -0,16 \end{matrix}$, тогда как при усреднении результатов 4π -счётчика получаем $1,60 \begin{matrix} +0,20 \\ -0,17 \end{matrix}$ и $1,35 \begin{matrix} +0,21 \\ -0,17 \end{matrix}$ соответственно.

Из рис. 4 видно, что большинство значений отношения \bar{A} у деревьев из района катастрофы близко к 1,5, а по мере удаления на большие расстояния оно в общем уменьшается и приближается к единице. Среднее значение для деревьев вблизи эпицентра равно $\bar{A} = 1,49 \pm 0,063$, а для деревьев на расстоянии 60-105 км получаем $\bar{A} = 1,20 \pm 0,08$, т.е. различие выходит за пределы ошибок. По-видимому, различие в величинах отношения \bar{A} у деревьев, сплеленных в населенных пунктах Муторай, Стрелка (расстояние 90 и 100 км), по сравнению со значениями для деревьев из Вановары, Оскобы и Кежмы (расстояние 65, 105 и 220 км) имеет реальные причины, а не есть следствие флуктуаций, так как первые населенные пункты расположены к северу от места катастрофы, где тело не пролетало. Вторые населенные пункты лежат к югу, т.е. со стороны подлета тунгусского тела. Вероятно, в будущем имеет смысл провести подобные более детальные измерения для уточнения вопроса о траектории движения тела перед взрывом.

Обсуждение результатов

Выполненные измерения показывают, что повышение уровня радиоактивности слоев после 1908 г. наблюдается как у растущих, так и у засохших деревьев. Это обстоятельство можно рассматривать в качестве подтверждения мысли о том, что появление первой ступеньки не связано со смещением радиоактивности от современных осадков поперек слоев при жизни дерева. Такое смещение радиоактивности, если и существует в действительности, то невелико.

Наши результаты полностью подтверждают данные послыных измерений А.В.Золотова^{/4/}, но не согласуются с данными измерений томских исследователей^{/10,11/}. Расхождение результатов, по нашему мнению, может быть вызвано тем, что авторы^{/10,11/} использовали детекторы с толстыми стенками и окошками, либо применяли специальные прокладки, в которых почти целиком поглотилась мягкая компонента излучения золы. Следует отметить, что авторами^{/10/} приводятся сведения о повышенной радиоактивности в районе катастрофы у некоторых типов растений и торфа, однако, детально этот факт не анализируется.

Относительно источника специфической радиоактивности, появление которой, как мы думаем, связано с катастрофой 1908 г., сейчас можно сделать только качественные суждения. Трудности обнаружения излучения (отсутствие γ -лучей, сильное поглощение излучения в окошке счётчика, самой мишени, либо в алюминиевом поглотителе) показывают, что среди перечисленных в начале статьи изотопов такими характеристиками обладают β -излучатели Cl^{36} и Ar^{39} либо ядра, претерпевающие К-захват Ca^{41} , Mn^{53} , Ni^{59} и т.д. Можно сказать вполне уверенно, что это никак не K^{40} , испускающий достаточно жесткие γ -кванты и β -частицы. Учитывая полученное значение энергии β -частиц и потребность в тех или иных элементах для жизнедеятельности дерева, следует считать, что, по-видимому, интересующим нас продуктом является Cl^{36} ($3,08 \cdot 10^5$ лет $E_{\beta} = 0,714$ Мэв), который получается из хлора, калия и кальция в почве в результате реакций расщеплений на γ -квантах больших энергий. Как известно, реакции под действием γ -квантов характеризуются слабыми уровнями радиоактивности. Именно такая ситуация и наблюдается в нашем случае. Поскольку в науке неизвестны случаи образования радиоактивности во внешней среде при падении метеоритов, наши измерения отвергают метеоритную гипотезу. Таким образом, если радиохимический

анализ подтвердит высказанное предположение об источнике радиоактивности, мы получим однозначное доказательство аннигиляционного взрыва. Последнее либо доказывает высказанную Б.П.Константиновым с сотрудниками гипотезу о существовании антиматерии во Вселенной^{/12/}, что само по себе интересно, либо предположение об участии разумного конструктора в создании тунгусского тела. Другими словами, мы снова (как бы фантастично это ни выглядело) возвращаемся к предположению о том, что Тунгусская катастрофа вызвана аварией космического корабля, топливом для двигателя которого служило антивещество^{/13/}. В пользу такой точки зрения говорят трудности при объяснении эффектов прохождения куска антивещества через атмосферу^{/14,15/}, показания отдельных очевидцев полета тела^{/16,17/}, замечание Ф.Ю.Зигеля^{/17/} о своеобразном "маневре" тела незадолго до взрыва, а также новейшие данные А.В.Золотова об энергии баллистической волны, скорости и размерах тела^{/3,8/}.

Пользуюсь возможностью высказать свою благодарность А.В.Золотову за предоставление образцов золы, Б.В.Курчатову за помощь в работе и ценные советы и Л.П.Москалевой за предоставление счётчиков БФЛ.

Л и т е р а т у р а

1. А.В.Золотов. ДАН, 136, 84, 1961.
2. "Проблема Тунгусского метеорита". Сб.статей ИТУ, Томск, 1963.
3. А.В.Золотов. ДАН, 172, 1049, 1967 г.
4. А.В.Золотов. ДАН, 140, 103, 1961 г.
5. P.J.Wyatt. Nature 181, 1194, 1958.
6. C.Cowan, C.R.Atlury, W.F.Libby Nature 206, 861, 1965.
7. R.V.Gentry Nature 211, 1071, 1966.
8. А.В.Золотов, ДАН, 172, 807, 1967.
9. "Радиоактивные частицы в атмосфере". Сб.статей, М., 1963.
10. Л.В.Кириченко, М.П.Гречушкина. "О радиоактивности почвы и растений в районе падения тунгусского метеорита". Сб."Проблемы Тунгусского метеорита", стр. 139, ИТУ Томск, 1963.
11. Ю.М.Емельянов. "Радиофотографическое исследование срезов деревьев из района падения тунгусского метеорита". Там же стр. 153, ИТУ, Томск, 1963 г.

12. Б.П.Константинов, М.М.Бредов, А.И.Беляевский, И.А.Соколов. Космические исследования, 4, 66, 1966.
13. Н.А.Власов. "Антивещество", Атомиздат, М-1966.
14. M.Nauenberg, M.A.Ruderman Phys.Lett. 22, 512, 1966.
15. "Земля и Вселенная", № 3, 77, 1966.
16. Е.Л.Кринов. "Тунгусский метеорит", М-Л, 1949.
17. Ф.Ю.Зигель "Жизнь в космосе", Н-Т, Минск, 1966. г.

Рукопись поступила в издательский отдел
28 апреля 1967 года.

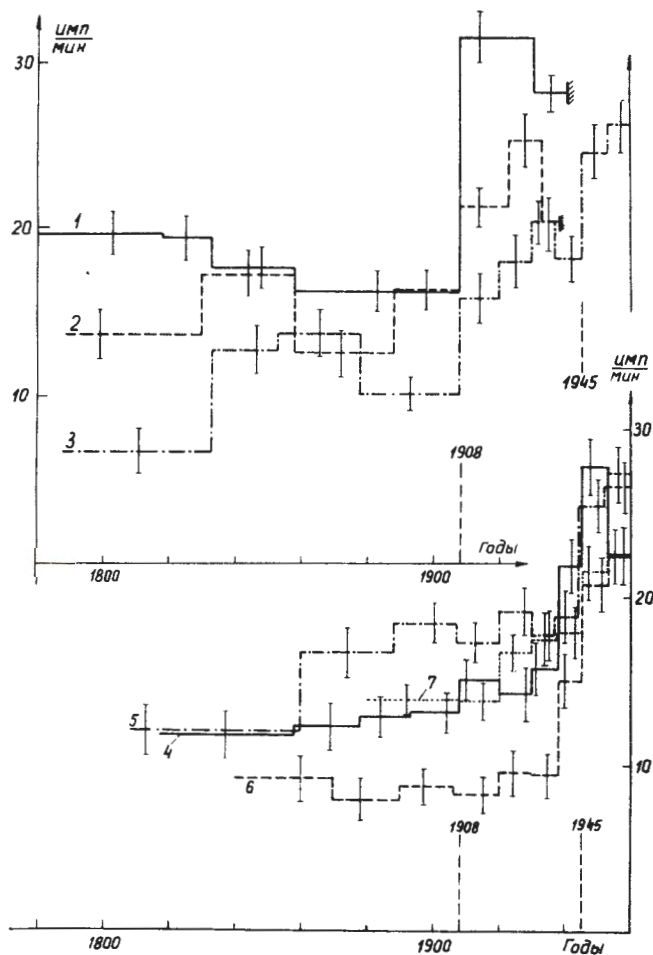


Рис. 1. Распределение радионуклидов по слоям деревьев. 1, 6 км от эпицентра. Дерево засохло в 1940 г. (измерение на 4л -счётчике); 2-2,5 км от эпицентра, дерево засохло в 1838 г. Деревья, срубленные в 1960 г. 3, 3,5 км от эпицентра. 4. Вавовара - 65 км от эпицентра ЮКВ, 5. Мутора? - 90 км от эпицентра СЗ, 6. Стрелка - 100 км от эпицентра ССВ, 7. Кежма - 220 км от эпицентра КЮЗ.

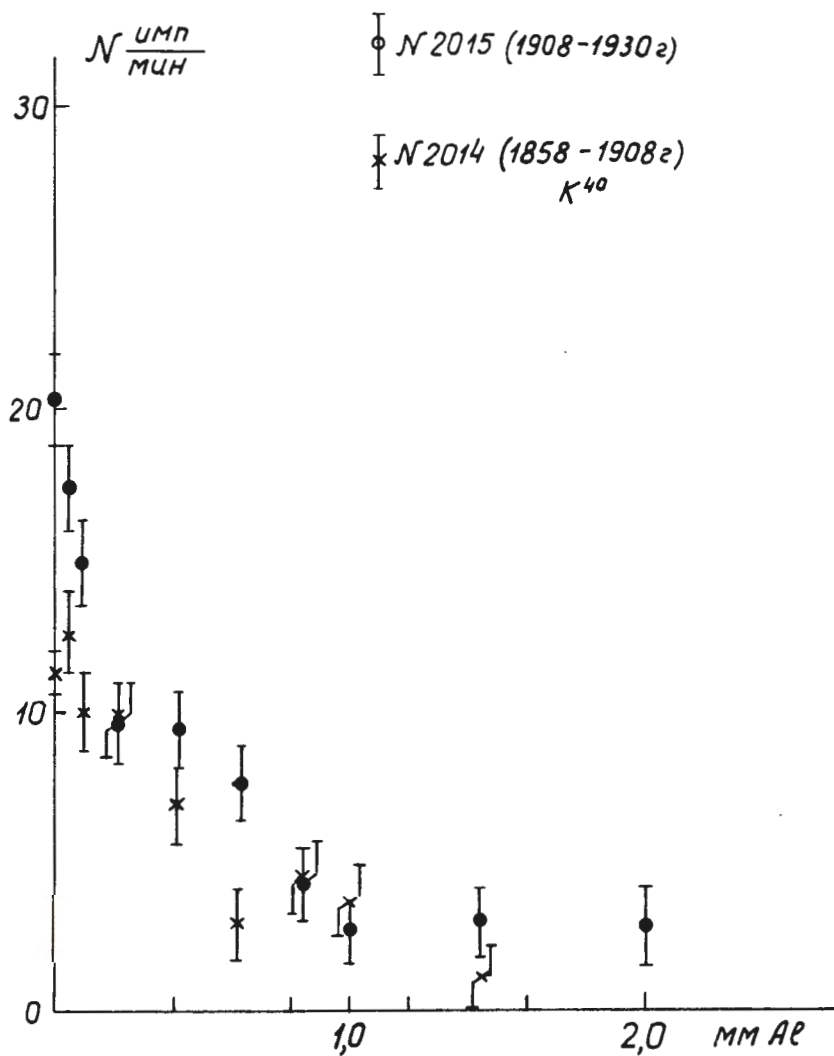


Рис. 2. Зависимость уменьшения числа отсчетов проб золы до и после 1908 г. от толщины алюминиевого поглотителя.

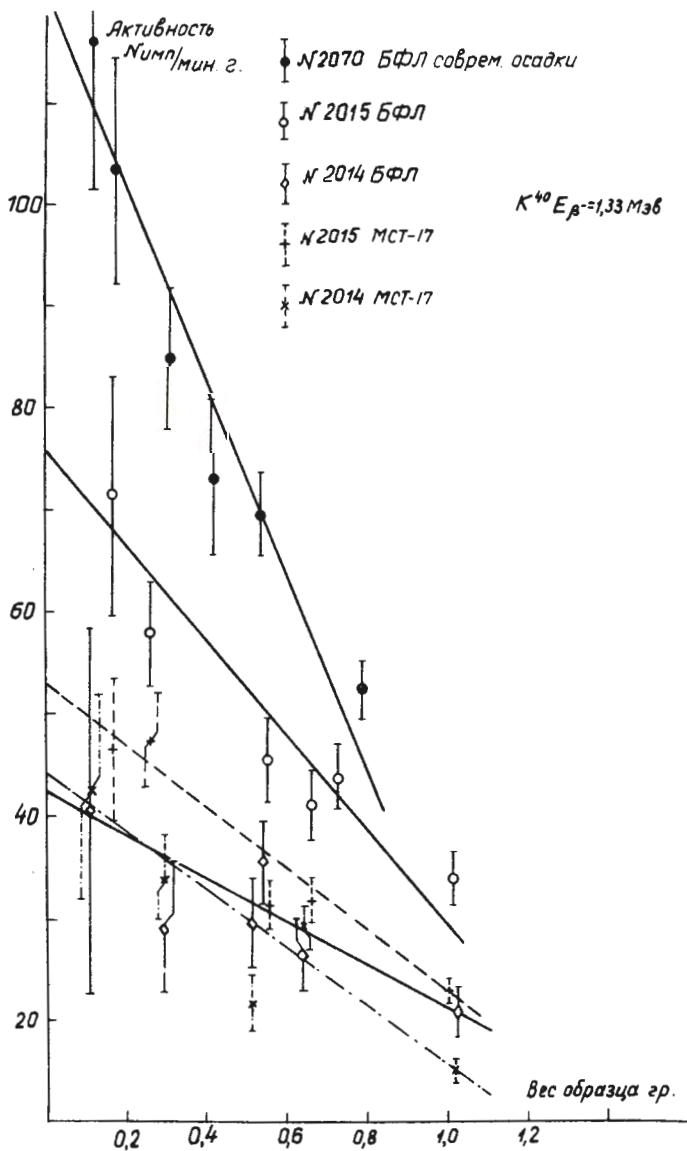


Рис. 3. Зависимость уменьшения числа отсчётов различных проб золы от толщины образца.

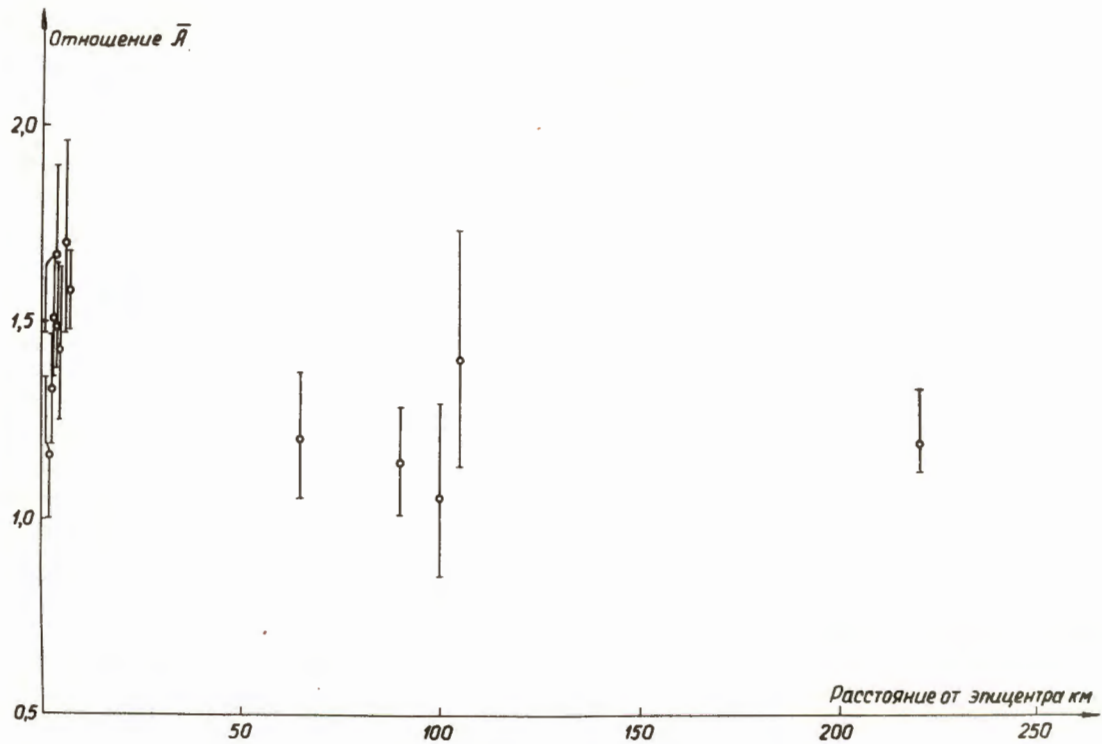


Рис. 4. Зависимость величины отношения \bar{A} от расстояния от эпицентра взрыва.