

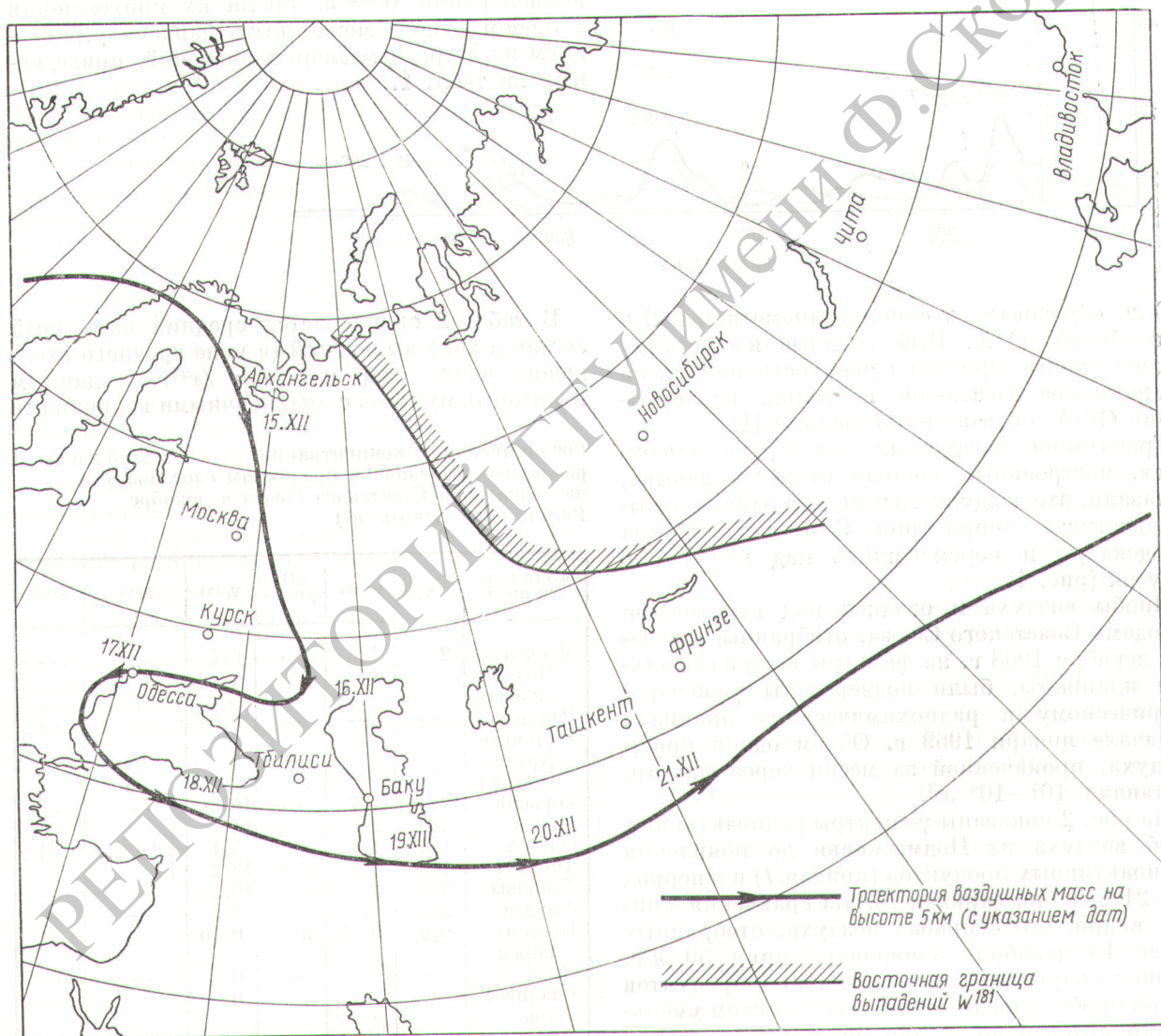
Изотопы вольфрама в свежих радиоактивных выпадениях в декабре 1968 г.

Ю. А. ИЗРАЭЛЬ, А. А. ТЕР-СААКОВ, С. Г. МАЛАХОВ, В. М. КУРГАНСКАЯ,
Ф. Я. РОВИНСКИЙ, Е. Д. СТУКИН, С. Б. ИОХЕЛЬСОН, В. Н. ЧУРКИН, З. С. ШУЛЕПКО

УДК 551.510.7

В середине декабря 1968 г. на территории Советского Союза (Европейская часть и Средняя Азия) в приземном воздухе и осадках на фоне глобальных выпадений были обнаружены свежие радиоактивные продукты.

В это же время в печати появились сообщения о том, что 8 декабря 1968 г. в штате Невада (США) был произведен подземный ядерный взрыв («Скунер»). При взрыве ядерного заряда мощностью 35 кт, заложенного на глубине



Р и с. 1. Траектория воздушных частиц, образовавшихся в штате Невада 8/XII 1968 г. на высоте 5 км, над территорией Советского Союза и соседних государств.

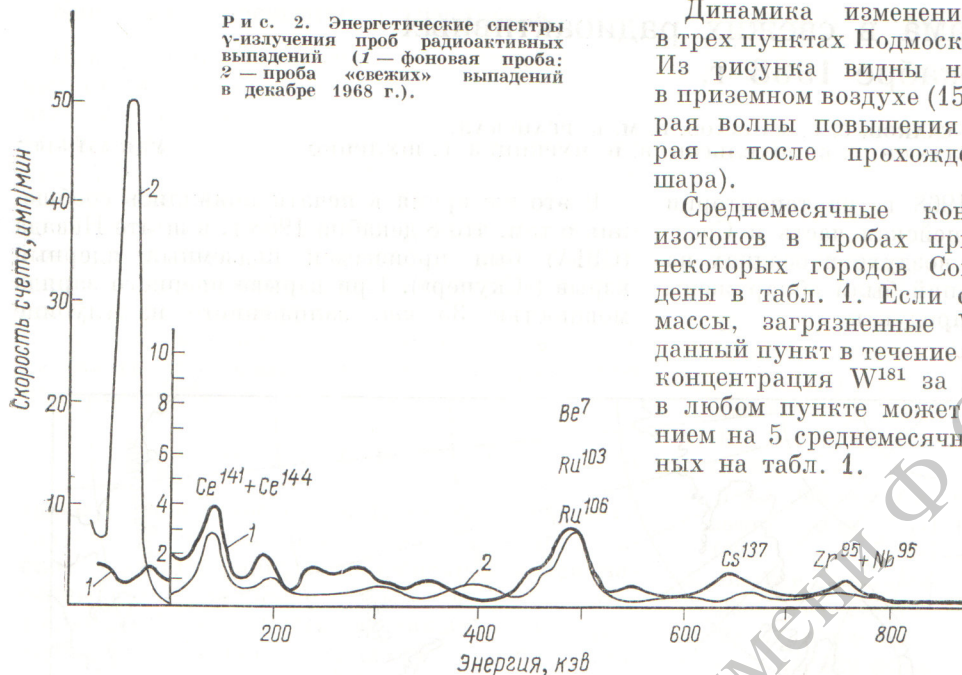


Рис. 2. Энергетические спектры γ -излучения проб радиоактивных выпадений (1 — фоновая проба; 2 — проба «свежих» выпадений в декабре 1968 г.).

106 м, образовалась воронка диаметром 260 м и глубиной 60 м. Выброшенные в атмосферу радиоактивные продукты распространились на значительное расстояние не только на территории США, но и за ее пределами [1].

Траектории воздушных частиц на высоте 5 км, построенные начиная от места взрыва, показали, что воздушные массы из района взрыва достигли территории Советского Союза 15 декабря и перемещались над ней около 6 суток (рис. 1).

Пробы воздуха и осадков над некоторыми городами Советского Союза, отобранные в течение декабря 1968 г. на фильтры и горизонтальные планшеты, были подвергнуты γ -спектрометрическому и радиохимическому анализам в начале января 1969 г. Объем одной пробы воздуха, прокаченной за месяц через фильтр, составлял $10^5 - 10^6$ м³.

На рис. 2 показаны γ -спектры радиоактивных проб воздуха из Подмосквья до появления радиоактивных продуктов (кривая 1) и в период 13—21 декабря (кривая 2). Из сравнения кривых видно, что в пробах воздуха, отобранных после 15 декабря, появилась линия 59 кэв. Период полураспада радиоактивных продуктов в этой пробе, определенный по скоростям уменьшения интенсивности данной линии, оказался равным ~140 суткам. По этим данным в пробе был идентифицирован W^{181} .

Динамика изменения концентрации W^{181} в трех пунктах Подмосквья показана на рис. 3. Из рисунка видны начало появления W^{181} в приземном воздухе (15 декабря), первая и вторая волны повышения радиоактивности (вторая — после прохождения вокруг земного шара).

Среднемесячные концентрации различных изотопов в пробах приземного слоя воздуха некоторых городов Советского Союза приведены в табл. 1. Если считать, что воздушные массы, загрязненные W^{181} , проходили через данный пункт в течение шести суток, то средняя концентрация W^{181} за время их прохождения в любом пункте может быть найдена умножением на 5 среднемесячных значений, приведенных на табл. 1.

В табл. 2 сравнивается средний изотопный состав в зоне выпадений (в виде среднего отношения числа ядер к ядрам Zr^{95}) по данным некоторых пунктов с аналогичными величинами

Среднемесячные концентрации различных изотопов в приземном слое воздуха на территории Советского Союза в декабре 1968 г. (10^{-15} юри/м³) Таблица 1

Место взятия проб	Zr ⁹⁵ + +Nb ⁹⁵	Cs ¹³⁷	Ce ¹⁴⁴ + +Pr ¹⁴⁴	W ¹⁸¹	Sr ⁸⁹	Sr ⁹⁰
Москва и Подмосквье	2,3	1,3	—	6,4	—	—
Район восточнее Архангельска	—	—	—	0,55	—	—
Горький	2,3	1,7	—	10,6	—	—
Курск	2,6	2,2	4,8	11,4	} 0,033 * 0,64 *	}
Одесса	1,2	1,1	2,2	5,1		
Тбилиси	1,8	1,7	6,3	13,2		
Ташкент	2,6	1,9	4,6	19,2		
Фрунзе	2,6	1,3	—	6,9	—	—
Новосибирск	0,58	0,62	3,6	0,46	—	0,64
Чита	—	—	—	0	—	—
Владивосток	—	—	—	0	—	—

* Среднее по трем городам.

для глобальных выпадений от прошлых испытаний, измеренными в апреле — июне 1968 г. в Северной Атлантике и сентябре 1968 г. на территории СССР. Изотопный состав также сравнивается с характерными значениями выпадений от подземного ядерного взрыва [2]. Из табл. 2 видно, что в свежих выпадениях (декабрь 1968 г.) полностью отсутствуют Ba^{140} и Sr^{89} , характерные для выпадений при подземных взрывах с выбросом радиоактивных продуктов. Состав осколков деления в декабрьских выпадениях практически совпадает с составом, характерным для глобальных выпадений. Отличительной чертой декабрьских выпадений является значительное количество W^{181} , который, по-видимому, является продуктом активации при ядерном взрыве. Так, среднесуточные концентрации W^{181} в воздухе в районе Москвы достигали значений $4,6 \cdot 10^{-14}$ кюри/м³.

В пробах был идентифицирован также W^{185} , отношение активности которого к W^{181} на время взрыва в различных пробах колебалось от 0,9 до 4,6; в среднем это отношение составляло $2,7 \pm 0,6$.

Значительные количества W^{181} наблюдались именно в районе прохождения траектории воздушных частиц, образовавшихся от взрыва (см. рис. 1). В районах восточнее Архангельска и в Новосибирске количество W^{181} было незначительным, в Чите и Владивостоке он обнаружен не был. В предшествующие месяцы W^{181} на территории Советского Союза также не обнаруживался.

Таким образом, появление W^{181} и W^{185} в период с 15 по 21 декабря 1968 г. (а в некоторых пунктах позже) над территорией Советского Союза, т. е. в период пересечения этой тер-

Среднее отношение числа ядер различных изотопов к Zr^{95} в пробах приземного воздуха

Таблица 2

Изотоп	Апрель—июнь 1968 г. *	Сентябрь 1968 г. *	Подземный ядерный взрыв с выбросом **	Декабрь 1968 г.
Sr^{89}	0,07	—	122	0,08
Ba^{140}	0	0	18	0
Sr^{90}	310	—	51	320
Cs^{137}	790	400	178	480
Ce^{144}	55	70	—	21

* Цифры приведены к декабрю 1968 г.

** Приведено отношение к Mo^{99} , поведение которого, как предполагается, подобно поведению Zr^{95} (фракционирование отсутствует).

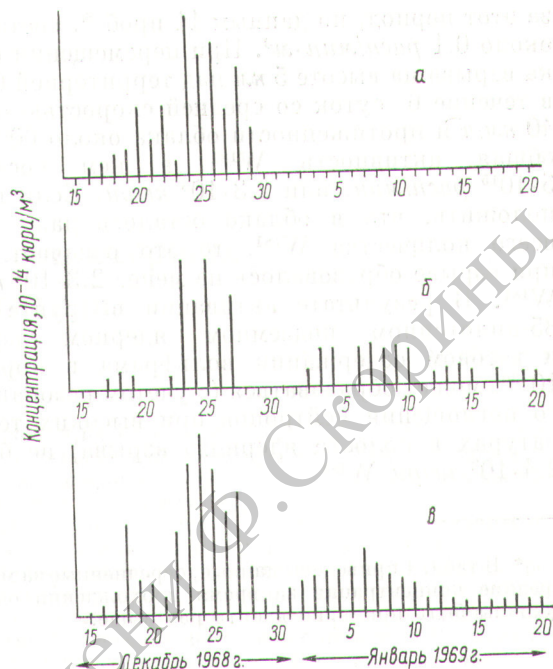


Рис. 3. Среднесуточные концентрации W^{181} в трех пунктах Подмосковья.

ритории траекторией воздушных масс из штата Невада, доказывает, что изотопы вольфрама принадлежат американскому подземному ядерному взрыву «Скунер», проведенному 8 декабря 1968 г.

Изотопы W^{181} и W^{185} являются продуктами активации нейтронами взрыва и наблюдались в выпадениях также ранее как при воздушных, так и при подземном американских взрывах [3—5].

Отношение активностей W^{185} и W^{181} на момент взрыва при расчете наведенной активности по реакции (n, γ) в тепловом приближении равно 70; для энергий нейтронов 10—100 эв, что соответствует температуре 10^5 — 10^6 °К, это отношение составляет около 7,0.

Отношение, найденное расчетным путем по реакции ($n, 2n$), для нейтронов с энергией 14 Мэв равно 2,06 [4], с использованием сечений реакций — 3,7 [6]. При этом сечения реакций ($n, 2n$) несколько выше, чем сечения реакций (n, γ).

Сделаем оценку активности W^{181} в облаке, прошедшем над территорией Советского Союза с 15 по 21 декабря 1968 г. Средняя концентрация W^{181} в облаке шириной около 1500 км

за этот период, по данным 11 проб *, составила около $0,1 \text{ расп/мин} \cdot \text{м}^3$. При перемещении облака взрыва на высоте 5 км над территорией СССР в течение 6 суток со средней скоростью около 40 км/ч и протяженности облака около 6000 км общая активность W^{181} в нем составит $5 \cdot 10^{15} \text{ расп/мин}$, или $2,3 \cdot 10^3 \text{ кюри}$. Если предположить, что в облаке осталось даже 10% всего количества W^{181} , то это означает, что при взрыве образовалось не менее $2,3 \cdot 10^4 \text{ кюри } W^{181}$. В результате активации в грунте при 35-килотонном подземном ядерном взрыве и весовом содержании вольфрама в породах 10-30% может образоваться (с учетом резонансного поглощения нейтронов при высоких температурах в полости ядерного взрыва) не более $2,4 \cdot 10^2 \text{ кюри } W^{181}$.

* В табл. 1 приведены данные, осредненные за месяц; средние концентрации за время прохождения облака должны быть примерно в пять раз выше.

Из сказанного можно сделать вывод, что изотопы вольфрама, обнаруженные в радиоактивных выпадениях от американского подземного ядерного взрыва «Скунер» на территории Советского Союза, являются продуктами активации нейтронами взрыва элементов непосредственно в конструкции ядерного устройства.

Поступила в Редакцию 5/II 1970 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Applied Atomic, No. 690, 7 (1968).
2. Ф. Крэй, Р. Фрид. В сб. «Радиоактивные выпадения от ядерных взрывов». Перев. с англ. Под ред. Ю. А. Израэля. М., «Мир», 1968.
3. Ю. А. Израэль, Е. Д. Стуккин. Гамма-излучение радиоактивных выпадений. М., Атомиздат, 1967.
4. Б. В. Курчатов и др. «Атомная энергия», 13, № 6, 576 (1962).
5. E. Martelli. J. Atmosph. Sci., 25, No. 1, 113 (1968).
6. А. И. Алиев и др. Ядернофизические константы для нейтронного активационного анализа. М., Атомиздат, 1969.

Порядок депонирования статей

Депонирование статей осуществляется или по просьбе авторов, или по решению редакционной коллегии журнала.

В журнале печатаются подробные аннотации статей, а полные тексты хранятся в редакции в течение 5 лет и высылаются читателям по их требованию наложенным платежом. Объем аннотации не должен превышать 2 стр. машинописного текста, а объем депонируемого текста — 12 стр. В отдельных случаях в аннотацию можно включать рисунок, таблицу, основные формулы и т. п. (уменьшив соответственно объем текстового материала аннотации).

Депонированные статьи являются научными публикациями и учитываются при защите диссертаций.

Статьи, представленные для депонирования, должны быть окончательно отработаны авторами и пригодны для фотографического воспроизведения (первый экземпляр), в связи с чем необходимо соблюдать следующие правила их подготовки.

1. Текст следует печатать на машинке с жирной черной лентой через два интервала на одной стороне белой односортовой бумаги форматом $21 \times 30 \text{ см}$ с полями слева и снизу не менее 3 см и справа 1 см. При перепечатке текста на первой странице оригинала необходимо отступать на 10 см сверху (место для клише «Атомная энергия»). Никакие поправки чернилами или карандашом над словами не допу-

скаются. Исправления выполняются путем вклейвания.

2. Необходимо вписывать формулы тушью или черными чернилами; разметку формул в тексте (подчеркивание красным или синим карандашом и т. д.) делать не следует.

3. Рисунки необходимо выполнять на ватманской бумаге или кальке, наклеивать их на стандартные форматные страницы и помещать в конце статьи, после таблиц и списка литературы. Каждый рисунок следует снабжать подписью. Рисунки должны быть достаточно отчетливыми для фотографического воспроизведения. Включение в рукопись тоновых рисунков не допускается в связи с трудностью их копирования. В необходимых случаях тоновый рисунок выполняется штриховым методом.

4. Допускается в виде исключения печатать отдельные (большие) таблицы на неформатных листах (вклейках).

5. Все страницы рукописи (включая приложение) должны быть пронумерованы (первой страницей считается титульный лист, на нем цифра «1» не ставится, на следующей странице представляется цифра «2» и т. д.). Порядковый номер печатается в середине верхнего поля страницы.

6. Первый экземпляр рукописи должен быть подписан автором в конце статьи.

В случае несоблюдения указанных правил оформления статей рукописи возвращаются авторам.