

Радиоактивные выпадения после прекращения ядерных испытаний

В. Сантгольцер

С 1956 г. кафедра физики медицинского факультета в Градце Кралове (Чехословакия) осуществляет (первоначально в сотрудничестве с Геофизическим институтом и Отделением метеорологии в Градце Кралове) систематические измерения радиоактивности атмосферных осадков. После прекращения ядерных испытаний мы также проводим регулярный сбор радиоактивных выпадений: в настоящее время через два-три дня по методу, описанному в работе [1]. Кювета для сбора с высокими бортами и площадью около 1 м^2 сделана из пластмассы. На дне ее постоянно находится тонкий слой воды. Собранный материал обрабатывают так же, как в работе [1]. Еще влажную золу переносят в чашку из алюминия с низкими бортами и площадью 3 см^2 . После высушивания под лампой чашку вкладывают в обычный прибор для измерения β -активности. Для некоторых образцов измеряли также γ -активность при помощи сцинтилляционного счетчика.

Ход спада активности сигнальных образцов прослеживается в течение нескольких месяцев. Хорошие результаты дает автоматическое измерительное устройство с регистрацией количества отсчетов, построенное ассистентом нашей кафедры Ю. Мацку.

Образцы, собранные с поверхности 1 м^2 , обладают относительно большим весом (обычно десятки мг/см^2). Поэтому было необходимо как можно точнее и на возможно большем числе образцов определить самопоглощение β -лучей в образце.

Хорошие результаты давал метод постепенного осторожного нанесения золы, полученной от одного образца, на алюминиевую чашку, причем вес на 1 см^2 постоянно увеличивался приблизительно от 3 мг/см^2 (когда самопоглощение было незначительным) до 100 мг/см^2 и более. Кривую самопоглощения получали, нанося на одну ось вес образца (в мг/см^2), а на другую — радиоактивность 1 мг вещества. Так для каждого образца можно найти поправки на самопоглощение.

На основании измерений абсорбции с алюминиевой фольгой можно было приблизительно определить энергию β -излучения для наших образцов. В основном это две группы энергии: $0,6$ и $2,1 \text{ Мэв}$. В образцах с более значительной массой (а их большинство) нежные лучи практически поглощаются.

Энергия γ -лучей радиоактивных выпадений была приблизительно определена по абсорбции в медных и свинцовых пластинках при помощи сцинтилляционного счетчика ($0,2$ и $0,8 \text{ Мэв}$).

Для абсолютной оценки активности β -образцов применяли стандарт Sr^{90} , полученный из дозиметрического отделения Института ядерных исследований в Праге (руководитель Ф. Бегоунек).

Средние показатели активности атмосферных осадков в текущем году (до $15/\text{V}$ 1959 г.) приблизительно в четыре раза выше, чем средние величины за 1958 г., и приблизительно втрое выше, чем средние величины за второе полугодие 1958 г. Наибольшую активность ($10,1 \cdot 10^{-9}$ кюри/л) имел дождь, выпавший $6/\text{IV}$ 1959 г.

Некоторые данные по интенсивности радиоактивных выпадений приведены в таблице.

Радиоактивные выпадения с $1/\text{XI}$ 1958 г. по $31/\text{V}$ 1959 г.

Время	Средняя интенсивность за месяц, мкюри/км ²	Средняя интенсивность за день, мкюри/км ²
Ноябрь 1958 г.	8,1	0,27
Декабрь 1958 г.	104,7	3,4
Январь 1959 г.	62,1	2,0
Февраль 1959 г.	75,1	2,7
Март 1959 г.	31,5	1,0
Апрель 1959 г.	45,8	1,5
Май 1959 г.	41,6	1,3

Выпадения измерялись за несколько дней, и из полученных величин путем простого суммирования определяли показатели активности выпадений за месяц. Полученная таким образом активность выпадений за полгода составляла 327 мкюри/км^2 . Средняя величина активности выпадений за 1 день составляла $1,8 \text{ мкюри/км}^2$. Низкие показатели в ноябре 1958 г. частично объясняются небольшим количеством осадков, выпавших за этот месяц.

За три месяца, с $1/\text{XI}$ 1958 г. по $30/\text{I}$ 1959 г., общая величина активности выпадений была 175 мкюри/км^2 ; за второй триместр, до $30/\text{IV}$ 1959 г., — 152 мкюри/км^2 . Однако вместо простых сумм радиоактивности правильнее определять кумулятивную плотность выпадения активности [1]. С помощью графических методов мы установили, что вплоть до 3—4-месячного возраста выпадений остается в силе средний показатель степени $n=1,13$, для более старых образцов — $1,64$. Поэтому для образцов старше 100 дней мы для расчетов кумулятивной активности пользовались формулой

$$A = A_1 t^{-1,64} = A_1 (T - T_0)^{-1,64},$$

где A_1 — активность за единицу времени; $t = T - T_0$ — возраст образца.

Дата ядерных испытаний T_0 определялась приближенно графическим методом (рис. 1 и 2). Для сигнальных образцов активность постоянно контролировалась измерениями, так что суммировались истинные величины. Для слабых активностей применялись те же методы, как и в работе [1].

$31/\text{XI}$ 1958 г. по $31/\text{I}$ 1959 г. кумулятивная плотность выпадений активности была 90 мкюри/км^2 ; с $1/\text{II}$ по $30/\text{IV}$ 1959 г. — 88 мкюри/км^2 . Так как за три месяца радиоактивность снизилась с 90 до 33 мкюри/км^2 , то кумулятивная плотность выпадения активности через полгода после прекращения ядерных испытаний была 121 мкюри/км^2 .

При графическом определении T_0 и n удобно исходить из того, что конечные точки ординат, длина

которых дана разницей временных дат, присущих произвольно взятым активностям A и $\frac{A}{k}$, определяют прямую, точка пересечения которой с осью времени дает T_0 , а угол, образуемый этой прямой с осью дат, зависит от k и индекса n .

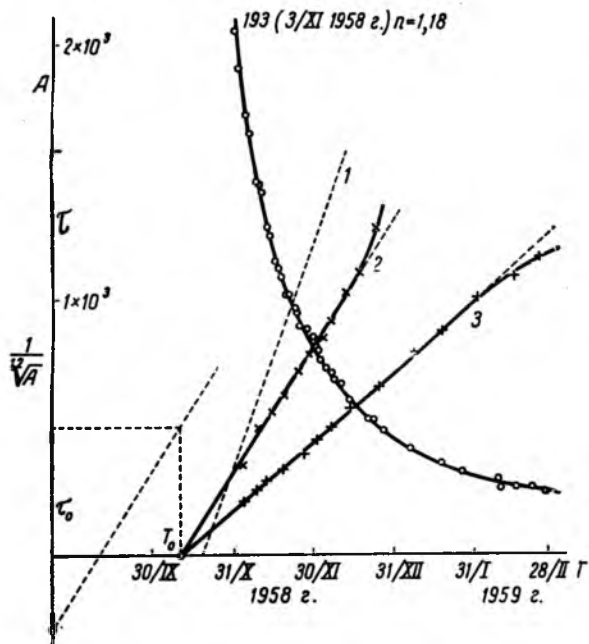


Рис. 1. Падение активности образца радиоактивных выпадений от 3/XI 1958 г.

На ось ординат нанесена активность A (отсчет/мин), на ось абсцисс — даты. Дата возникновения активности (приблизительно 11/X 1958 г.) определена и подтверждена графически (прямые 2 и 3). Прямая 1 отвечала бы показателю степени $n = 1,0$. В действительности понижение активности осуществляется с показателем $n = 1,18$. Показатель степени определен графически по треугольнику слева. Прямая 3 — геометрическое место разниц дат (τ), относящихся к активностям A и $\frac{A}{2}$. Отклонение от первоначальных прямых 2 и 3 вызвано сравнительно небольшой приводящей активностью от прежних ядерных испытаний.

В работе [2] показано, что спустя 100 дней активность радиоактивных осколков может быть рассчитана по формуле

$$A = A_1 t^{-1,60}.$$

В работе [3] на основании новейших данных построена кривая падения активности β -радиоактивных осколков, из которой вытекает $n = 1,5 \div 1,7$ для радиоактивных осколков в возрасте трех-четырех месяцев. Наши кривые понижения сигнальных активностей (18 образцов) свидетельствуют о том, что для осколков старше трех месяцев $n = 1,64$. Только для нескольких образцов наблюдалось ненормально быстрое падение активности (например, для образца от 23/I 1959 г., где активность падала вначале очень быстро) с индексом $n = 3 \div 4$. В марте 1959 г. падение активности стабилизировалось с $n = 1,6$. В работе [4] указывается, что более

быстрое падение активности можно было бы объяснить активностью, возникшей под действием нейтронов. Активность таких радиоизотопов снижалась бы быстрее, чем активность радиоактивных осколков.

В течение некоторого времени после прекращения ядерных испытаний остаются достаточно актив-

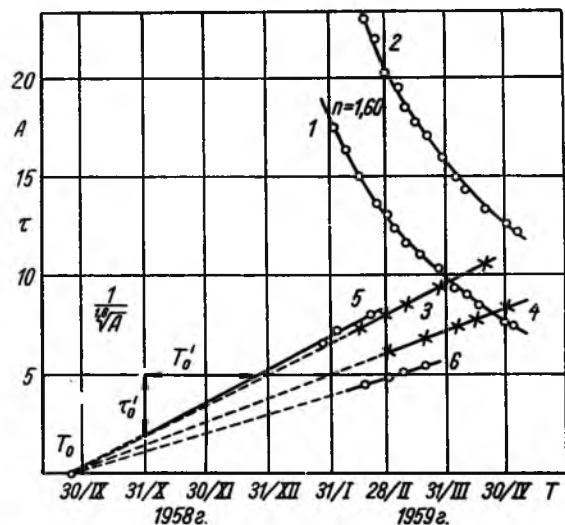


Рис. 2. Падение активности двух образцов радиоактивных выпадений с показателем степени $n = 1,60$, определенным графически.

Образец 1 взят 23/I 1959 г., образец 2 — 16/II 1959 г. Графически определенная дата возникновения активности — приблизительно 25/IХ 1959 г. (прямые 5 и 6). Графический контроль произведен прямыми 3 и 4.

ные образцы определенного минимального, но довольно значительного возраста. Еще через несколько месяцев большинство образцов радиоактивных выпадений бывает в такой форме, что их можно считать изолированным облаком радиоактивных осколков. В работе [5] указывается на сравнительно незначительное смешивание атомных облаков. Кривые понижения активности большей части наших образцов можно принимать за кривые падения активности радиоактивных осколков, когда приводящая активность (небольшой процент от первоначальной активности) вначале ничтожна и проявляется только спустя несколько месяцев (см. рис. 1).

Поступило в Редакцию 25/V 1959 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. П. Шведов, В. А. Блинов, Л. И. Геденов, Е. П. Анкудинов. Атомная энергия, 5, вып. 5, 577 (1958).
2. H. Hunter, N. Ballou. Nucleonics, 9, No. 5, C-2 (1951).
3. J. Malý, J. Kutzendörfer, V. Macháček, V. Kourim, V. Jeřábek. Чехосл. физ. ж., 6, 661 (1956).
4. Л. И. Геденов. Атомная энергия, II, № 3, 260 (1957).
5. A. Sittkus. Beitr. Phys. Atmosphäre, 30, 200 (1958).