

Н. М. ЛЯТКОВСКАЯ и Г. В. ГОРШКОВ

**О НЕЙТРОННОМ ИЗЛУЧЕНИИ ГОРНЫХ ПОРОД***(Представлено академиком В. Г. Хлопиным 3 XI 1939)*

Весной 1938 г. нами и А. Г. Граммаковым и В. С. Жадиным была опубликована небольшая заметка по измерению интенсивности нейтронного излучения горных пород при помощи серебряного счетчика (1). Летом 1938 г. одним из нас (Г. В. Горшковым) производились измерения нейтронного излучения над радиоактивной рудой на одном из заводов. Методика измерений и приборы оставались прежними. Во время этих измерений была обнаружена разница в поглощении  $\gamma$ -лучей применявшимися железным и кадмиевым экранами, считавшимися совершенно эквивалентными.

Зимой текущего года одним из нас (Н. М. Лятковской) и В. С. Жадиным были поставлены специальные опыты для частичной проверки данных, опубликованных в 1938 г. Эти опыты заключались в следующем: над чугунным экраном, в котором помещались парафиновый экран и серебряный счетчик, на расстоянии 60 см от центра счетчика, помещались последовательно ампулка 0.3 мг Ra и ампулка 34 mCu Rn+Be, причем последняя дополнительно экранировалась 10 см свинца. Измерялось количество импульсов в серебряном счетчике в том и другом случае с кадмиевым и железным экранами 1938 г. и с вновь изготовленным латунным экраном. Чередувание экранов с ампулкой Rn+Be производилось через 20—30 мин. Данные этих измерений в импульсах/мин приведены в табл. 1.

Из опытов следует, что полученный в 1938 г. эффект в 6 импульсов/мин. с ампулкой 0.3 mCu Rn+Be и отнесенный тогда полностью за счет нейтронов, получается и с ампулкой Ra приблизительно той же силы. С другой стороны, данные с ампулкой Rn+Be силой в 34 mCu показывают, что от 0.3 mCu Rn+Be мы должны были бы получить один лишний отброс в минуту за счет нейтронов, если даже не принимать во внимание поглощение и рассеяние нейтронов свинцом, который отсутствовал в опытах 1938 г.

Из табл. 1, кроме того, видно, что разность эффектов железо—латунь увеличивается приблизительно пропорционально числу импульсов в счетчике, что с несомненностью указывает на разную степень поглощения  $\gamma$ -лучей в железе и латуни и в железе и кадмий, а не на зараженность железного экрана радиоактивными примесями.

На основании этих измерений можно заключить, что измеренный в 1938 г. эффект от радиоактивной породы, по крайней мере в большей своей части, должен быть отнесен за счет различного поглощения  $\gamma$ -лучей в железном и кадмиевом экранах. Контрольный опыт с кадмием и без кад-

Таблица 1

Эффект с железным экраном	Эффект с кадмиевым экраном	Эффект с латунным экраном	Разность железо—кадмий	Разность латунь—кадмий
А м п у л к а с Ra				
$\frac{36\ 373}{268} =$ $=135.7 \pm 0.7$	$\frac{39\ 999}{309} =$ $=129.4 \pm 0.7$	$\frac{37\ 756}{293} =$ $=127.6 \pm 0.7$	$6.3 \pm 1.4$	$-1.8 \pm 1.3$
А м п у л к а с Rn + Be				
$\frac{31\ 039}{128} =$ $=250.3 \pm 1.4$	$\frac{24\ 344}{180} =$ $=135.2 \pm 0.8$	$\frac{34\ 153}{150} =$ $=227.7 \pm 1.2$	$115.1 \pm 2.2$	$96.0 \pm 2$

мия, проделанный в 1938 г., также не является решающим, так как при подсчете поглощения по функции Кинга разность эффекта между числом импульсов в серебряном счетчике с кадмиевым экраном и без него лежит практически в пределах ошибки опыта.

Ориентировочные подсчеты, которые мы опускаем за недостатком места, также показывают, что эффект нейтронного излучения горных пород должен быть в десятки раз меньше измеренного в 1938 г.

В связи с этим в текущем 1939 г. нами были проведены новые опыты с ионизационной камерой, наполненной  $\text{BF}_3$  в качестве индикатора медленных нейтронов. Камера была изготовлена из стали с толщиной стенок в 3 мм. Диаметр камеры был около 20 см, высота—около 28 см. В качестве электрометра был использован двунитный электрометр Вульфа.

Опыты с измерением ионизационного тока в борной камере, наполненной последовательно сухим деэманированным воздухом и газом  $\text{BF}_3$  при атмосферном давлении при различной фильтрации  $\gamma$ -излучения, показали, что ионизация  $\gamma$ -лучами Ra в  $\text{BF}_3$  почти в 2 раза выше ионизации в воздухе, причем с увеличением толщины фильтра это отношение несколько возрастает. Далее была измерена ионизация от препарата Ra в приборе Кольгерстера и в камере, наполненной  $\text{BF}_3$ , с целью определения сравнительной чувствительности к  $\gamma$ -лучам Ra, так как прибор Кольгерстера должен был служить контрольным прибором при измерении нейтронного излучения в атмосфере и в горных породах. Установлено, что ионизация  $\gamma$ -лучами в борной камере в 2.47 раза выше, чем в приборе Кольгерстера.

Наконец, нами было произведено качественное сравнение чувствительностей борной камеры и серебряного счетчика к тепловым нейтронам. Для этой цели в парафиновый бак с толщиной стенок в 10 см и с внутренним объемом  $28 \times 28 \times 31$  см<sup>3</sup> на расстоянии 15.5 см от дна бака и на расстоянии 17 см от центра бака помещалась ампулка Po + Be силой приблизительно в 0.3 мКи. Ионизационная камера помещалась в середину бака, закрывалась сверху парафиновой крышкой в 10 см толщины, и измерялся ионизационный ток с бурой и без буры. Ионизационный ток с бурой был равен 43 парам ионов/см<sup>3</sup> сек, без буры—106 парам ионов/см<sup>3</sup> сек. Таким образом нейтроны обуславливали ионизационный ток и 63 пары ионов/см<sup>3</sup> сек. При тщательном измерении мы могли бы еще отметить борной камерой величину, в 100 раз меньшую. Серебряный счетчик практически не отметил эффекта в этих условиях. При замене ампулки Po + Be ампулкой Rn + Be той же силы счетчиком был отмечен эффект в  $41 \pm 2$  отброса/мин.

Таким образом чувствительность изготовленной нами борной камеры была значительно выше чувствительности серебряного счетчика.

После этих предварительных опытов мы приступили к измерению нейтронов в атмосфере. Эти опыты были поставлены в деревянном домике, построенном на малоактивной почве. Измерялся ионизационный ток в борной камере и в приборе Кольгерстера с экраном из буры и без него. Данные этих измерений (в парах ионов/см<sup>3</sup> сек) приведены в табл. 2.

Таблица 2

Борная камера		Прибор Кольгерстера	
Без буры	С бурой	Без буры	С бурой
15.9±0.15	14.1±0.15	8.4±0.1	6.8±0.1

Из табл. 2 видно, что в то время как в приборе Кольгерстера в пределах погрешности измерений ионизационный ток с бурой и без буры одинаков, в борной камере ток без буры на 1.8 пары ионов/см<sup>3</sup> сек выше, чем с бурой, что, очевидно, следует отнести за счет расщепления ядер бора космическими нейтронами, интенсивность которых определяется отсюда приблизительно в 1 нейтрон/см<sup>2</sup> час \*. Этот эффект по порядку величины находится в согласии с данными Фюнфера (2), Шоппера (3) и Монтгомери (4), но расходится с данными Гальбана и др. (5).

Для оценки интенсивности нейтронного излучения почвы мы использовали горную породу *in situ* с повышенным содержанием Ra.

Первую серию измерений ионизационных токов в борной камере и в приборе Кольгерстера с бурой и без буры мы производили в расчистке, сделанной в горной породе в виде прямоугольной призмы. Нижним основанием призмы служила горная порода с радиоактивностью около  $50 \cdot 10^{-12}$  г Ra/г с площадью в  $100 \times 150$  см<sup>2</sup>. Тремя вертикальными гранями призмы площадью  $200 \times 150$  см<sup>2</sup>,  $1/2 \times 100 \times 200$  см<sup>2</sup> и  $1/2 \times 100 \times 200$  см<sup>2</sup> служила слабоактивная горная порода. Приборы поочередно устанавливались на чугунной плите площадью  $30 \times 30$  см<sup>2</sup> и толщиной 12 см для ослабления  $\gamma$ -излучения. Полученные данные (в парах ионов/см<sup>3</sup> сек за вычетом остаточного тока и космических лучей) приведены в табл. 3.

Во второй графе таблицы приведены значения для борной камеры в предположении, что поглощение  $\gamma$ -лучей в буре одинаково регистрируется как борной камерой, так и прибором Кольгерстера.

Из приведенной таблицы видно, что на долю космических нейтронов + нейтронов почвы остается 0.4 пары ионов/см<sup>3</sup> сек, что противоречит предыдущим измерениям космических нейтронов в деревянном домике. Следовательно, регистрация поглощения  $\gamma$ -лучей в буре борной камерой и прибором Кольгерстера происходит неодинаково, что можно было ожидать и *a priori*,

Таблица 3

Борная камера		Прибор Кольгерстера	
Без буры	С бурой	Без буры	С бурой
15.0±0.1	12.9±0.1	62±0.1	5.5±0.1
14.6	12.9		

\* Экранирование борной камеры слоем парафина до 10 см толщиной заметно не меняло эффекта.

так как согласно нашим предварительным измерениям борная камера более чувствительна к жестким  $\gamma$ -лучам, чем прибор Кольгерстера.

К сожалению, точно учесть этот фактор невозможно из-за сложности состава излучения и неизвестности ионизационных функций приборов. По этой причине мы произвели вторую серию измерений в аналогичной расчистке, сделанной в активной породе. В этом случае излучение попадало в приборы не только снизу, но и с боков. Активность породы в среднем также была выше (около  $100 \cdot 10^{-12}$  г Ра/г). С другой стороны, состав излучения оставался примерно одним и тем же (широкие пучки  $\gamma$ -лучей, идущие от различных слоев горной породы), так что закон поглощения в буре как для борной камеры, так и для прибора Кольгерстера приблизительно должен был оставаться прежним.

Полученные данные (в парах ионов/см<sup>3</sup> сек за вычетом космических лучей и остаточного тока) приведены в табл. 4.

Таблица 4

Борная камера		Прибор Кольгерстера	
Без буры	С бурой	Без буры	С бурой
37.7±0.1	32.9±0.1	13.2±0.1	11.9±0.1
36.5	32.9		

Во второй графе, как и в табл. 3, приведены значения для борной камеры в предположении, что поглощение  $\gamma$ -лучей в буре одинаково регистрируется как борной камерой, так и прибором Кольгерстера. Здесь на долю тепловых нейтронов приходится уже 1.2 пары ионов/см<sup>3</sup> сек—на 0.8 пары ионов/см<sup>3</sup> сек более, чем в первом случае.

Таким образом интенсивность нейтронного излучения изучаемой нами породы\*, повидимому, того же порядка, что и интенсивность космических нейтронов на уровне моря. Следовательно, интенсивность нейтронного излучения почвы нормальной активности ( $\sim 10^{-12}$  г Ра/г) должна быть в десятки раз меньше интенсивности космических нейтронов на уровне моря.

Настоящие измерения следует рассматривать только как проверку данных 1938 г. Для более точного определения эффекта нейтронного излучения горных пород необходима более чувствительная аппаратура.

Институт геологических наук  
Радиовый институт  
Академия Наук СССР

Поступило  
3 XI 1939

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Горшков, Лятковская, Граммаков, Жадин, ДАН, XIX, 499 (1938). <sup>2</sup> E. Fünfer, Naturwiss., 25, 235 (1937); ZS. f. Phys., 111, 351 (1938). <sup>3</sup> E. Schopper, Naturwiss., 25, 557 (1937). <sup>4</sup> C. G. Montgomery a. D. D. Montgomery, Phys. Rev., 56, 10 (1939). <sup>5</sup> H. Halban, L. Kowarski u. M. Magat, C. R., 208, 572 (1939).

\* Необходимо отметить, что во время измерений часто выпадали дожди и порода была влажная.