

УДК 550.835

ВЛИЯНИЕ ЭМАНИРОВАНИЯ ТОРИЕВЫХ РУД НА РАДИОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Г. Ф. Новиков

К настоящему времени достаточно детально разработаны способы учета эманирования при радиометрическом анализе и опробовании урановых руд [Хайкович, 1958; Арцыбашев, Болотников, 1961; Новиков, Капков, 1965]. Для ториевых и урано-ториевых руд эти вопросы изучены слабо, так как считают, что торон имеет малый период полураспада ($T_{\text{Тн}} = 54,5$ сек), поэтому быстро приходит в равновесие с материнским веществом.

Однако расчеты и практические измерения показывают, что интенсивность β - и γ -излучения торийсодержащих проб и руд в коренном залегании зависит главным образом от содержания в них ThВ и ThС, периоды полураспада которых соответственно равны 10,6 и 1,09 ч. Эти элементы приходят в равновесие с ThХ лишь спустя 3—4 дня после прекращения выхода эманации из руды. Поэтому потеря торона в результате эманирования приводит к снижению содержания ThВ и ThС в руде и соответственно к уменьшению ее β - и γ -активности.

С другой стороны, как и для урановых руд, можно ожидать, что при распаде выделяющейся из ториевой руды свободной эманации образуются активные осадки, которые способны в той или иной мере завышать интенсивность β - и γ -излучения в герметически закрытых контейнерах, в скважинах, при герметизации открытых участков рудных тел в обнажениях и горных выработках*.

В статье приведены расчеты ожидаемых эффектов излучения за счет эманирования в условиях выполнения радиометрического анализа порошковых проб и радиометрического опробования руд в коренном залегании, а также результаты практических наблюдений эффектов нарастания β - и γ -излучения за счет эманирования при герметизации порошковых проб, выходов рудных тел на поверхность и эффекта заражения стенок скважины продуктами распада торона**.

Расчетные данные

Относительная интенсивность β - и γ -излучения элементов ториевого ряда. Рабочие формулы для приближенного расчета регистрируемой счетчиком относительной β - и γ -активности k -группы частиц β -спектра

* Мешающее влияние ториевой эманации при α -измерениях описано В. И. Барановым [1956].

** В экспериментах большое участие принимал студент В. К. Паламарчук.

и k -линии γ -спектра элементов ториевого ряда имеют вид:
для условий тонкого излучающего слоя

$$\frac{N_k}{N_{\Sigma \text{ Th}}} = \frac{N_{0k} g_k e^{-\mu'_k d}}{\sum N_{0k} g_k e^{-\mu'_k d}}, \quad (1)$$

для условий насыщенного слоя [Новиков, Капков, 1965]

$$\frac{N_k}{N_{\Sigma \text{ Th}}} = \frac{\frac{N_{0k}}{\mu_k} g_k e^{-\mu'_k d}}{\sum \frac{N_{0k}}{\mu_k} g_k e^{-\mu'_k d}}, \quad (2)$$

где N_{0k} — число β -частиц k -группы с энергией $E_{\max k}^{\beta}$ или число γ -квантов с энергией E_k^{γ} на распад; g_k — эффективность регистрации β -частиц или γ -квантов; μ_k и μ'_k — линейные эффективные коэффициенты ослабления β -частиц или γ -квантов с энергией E_k соответственно в излучающем слое и экране толщиной d между излучающей поверхностью и счетчиком; $N_{\Sigma \text{ Th}}$ — суммарная β - или γ -активность элементов всего ториевого ряда.

Относительная β -активность рассчитана для следующих условий: 1) толщина излучающего слоя соответствует насыщенному по β -излучению слою; 2) β -частицы регистрируются счетчиками типа СТС-6 с толщиной стенок 60 мг/см², без экрана и с железным экраном толщиной 0,2 г/см². Поглощение β -частиц в стенках цилиндрического счетчика рассчитано с учетом эффективной его толщины [Бочкарев и др., 1953]. Относительная γ -активность определена для тонких и насыщенных слоев при условии регистрации γ -лучей счетчиками с относительно легким катодом (МС, СТС). Результаты расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1

Относительная β - и γ -активность элементов ториевого ряда,
% от излучения всего ряда

Элемент	Тип превращения	β -излучение		γ -излучение	
		без экрана	с экраном 0,2 г/см ²	Тонкий слой	Насыщенный слой
MsTh ₁	β	0,0	0,0	0,3	0,0
MsTh ₂	β	36,1	27,3	26,6	22,8
RaTh	α	—	—	0,3	0,1
ThX	α	—	—	0,4	0,2
ThB	β	0,0	0,0	4,8	2,8
ThC	β	46,3	59,3	15,5	14,7
ThC''	β	17,6	13,4	52,1	59,4
		100,0	100,0	100,0	100,0

Спектр β - и γ -излучения заимствован у Б. С. Джелепова и Л. К. Пекера [1958]. Для элементов, испускающих j групп β -частиц или γ -квантов с различной энергией $E_{\max k}^{\beta}$ и E_k^{γ} , излучения групп одного элемента суммированы.

Данные табл. 1 позволяют оценить степень уменьшения интенсивности β - и γ -излучения за счет удаления торона в процессе эманирования.

β -излучение. Интенсивность излучения эманлирующего препарата

$$I_{\beta} = I_{0\beta} [l + m(1 - \alpha)], \quad (3)$$

где $I_{0\beta}$ — бета-излучение неэманлирующего ториевого препарата; l и m — доли β -излучения элементов ториевого ряда до ThX включительно и от Th до ThC" в соответствующих условиях измерения I_{β} , $l + m = 1$; α — коэффициент эманирования по торону.

Из выражения (3) относительное уменьшение интенсивности β -излучения за счет эманирования будет равно

$$\frac{I_{0\beta} - I_{\beta}}{I_{0\beta}} = \frac{I_{0\beta} - I_{0\beta} [l + m(1 - \alpha)]}{I_{0\beta}} = m\alpha. \quad (4)$$

Как видно из табл. 1, при длительном удалении из руды α % эманации и ее продуктов распада интенсивность β -излучения препарата снижается при отсутствии фильтра между излучающей поверхностью и счетчиком на величину около 0,64 α %, при наличии железного фильтра толщиной 0,2 г/см² — на величину около 0,73 α %. Так, при $\alpha = 20\%$ в первом случае I_{β} уменьшится на 12,8%, во втором — на 14,6% по сравнению с интенсивностью β -излучения неэманлирующего препарата. Для других условий измерения β -излучения вычисления аналогичны.

Приведенные данные уменьшения β -активности за счет эманирования соответствуют таким условиям хранения проб перед анализом, при которых обеспечивается полный выход эманации в соответствии с коэффициентом эманирования α . Если проба находится перед β -анализом, например, в плотном бумажном пакете и толщина слоя порошка превышает 1,5—2,0 см, будет лишь частичная потеря β -излучателей, и мешающее влияние эманирования на результаты анализа ториевых проб уменьшается.

γ -излучение. По выражению, аналогичному формуле (4), выход из тонкого излучающего слоя эманации и ее продуктов распада приводит к снижению γ -активности препарата на

$$(1 - p_1) \alpha [\%], \text{ или } q_1 \alpha [\%], \quad (5)$$

где p_1 и q_1 — доли γ -излучения элементов ториевого ряда соответственно от MsTh₁ до ThX и от Th до ThC" для тонких слоев.

По данным табл. 1, $p_1 = 0,276$, $q_1 = 1 - p_1 = 0,724$. Например, при удалении из порошковой пробы 20% торона и его продуктов распада γ -активность пробы снижается на 14,5%. Ожидаемое снижение γ -активности насыщенного слоя ториевой руды за счет удаления эманации и ее продуктов распада (условия выполнения радиометрического опробования) можно рассчитать по формуле, предложенной И. М. Хайковичем [1958] для вычисления интенсивности γ -излучения эманлирующего полупрозрачного.

Для ториевых руд эта формула принимает вид

$$I_{\gamma} = I_{0\gamma} \left\{ p_2 + q_2 \left[1 - \alpha \mu \sqrt{\frac{D}{\lambda}} \ln \left(\frac{1}{\mu} \sqrt{\frac{\lambda}{D}} + 1 \right) \right] \right\}, \quad (6)$$

где I_{γ} и $I_{0\gamma}$ — соответственно интенсивности γ -излучения эманлирующих и неэманлирующих руд; p_2 и q_2 — коэффициенты, характеризующие доли γ -излучения элементов ториевого ряда при регистрации γ -лучей насыщенного слоя (по табл. 1, $p_2 = 0,231$; $q_2 = 1 - p_2 = 0,769$), D — коэффициент диффузии торона; λ — постоянная распада торона; μ — коэффициент ослабления γ -лучей в руде.

Расчет I_{γ} по формуле (6) для условий измерения интенсивности γ -излучения на поверхности раздробленной рудной массы ($\rho = 2,0$ г/см³,

$\mu = 0,074 \text{ см}^{-1}$, $D = 5 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2/\text{сек}$, $\alpha_{\text{Тн}} = 0,2$, $\lambda_{\text{Тн}} = 1,27 \cdot 10^{-2} \text{ сек}^{-1}$) показывает снижение γ -активности за счет эманирования на 4,0%; для условий измерения I_γ на поверхности плотной руды ($\rho = 2,7 \text{ г/см}^3$, $\mu = 0,105 \text{ см}^{-1}$, $\alpha_{\text{Тн}} = 0,2$, $D = 5 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2/\text{сек}$) — на 1,8%, что практически находится в пределах ошибки измерения I_γ . Если учесть, что в диффузионном процессе участвуют наряду с торием также атомы ThB и ThC (см. ниже, рис. 4), полученные значения увеличиваются примерно в 1,5 раза.

Наращение интенсивности β - и γ -излучения при герметизации излучающей поверхности. Увеличение интенсивности β - и γ -излучения предварительно деэманированного и затем герметизированного препарата $I_\beta(t)$ и $I_\gamma(t)$ при условии, что между излучающей поверхностью и герметизирующей пластиной отсутствует воздушное пространство, где может скапливаться торон, выражается зависимостью

$$I_\beta(t) = I_{\beta 0} \left\{ l + m(1 - \alpha) + \alpha \left[n_{\text{ThB}} \frac{N_{\text{ThB}}}{N_{\text{ThBp}}} (t) + n_{\text{Th(C+C')}} \frac{N_{\text{ThC}}}{N_{\text{ThCp}}} (t) \right] \right\}, \quad (7)$$

$$I_\gamma(t) = I_{\gamma 0} \left\{ p + q(1 - \alpha) + \alpha \left[K_{\text{ThB}} \frac{N_{\text{ThB}}}{N_{\text{ThBp}}} (t) + K_{\text{Th(C+C')}} \frac{N_{\text{ThC}}}{N_{\text{ThCp}}} (t) \right] \right\},$$

где n_{ThB} и $n_{\text{Th(C+C')}}$ — доли β -активности ThB и ThC + ThC' от излучения всего ториевого ряда в конкретных условиях измерения β -излучения (см. табл. 1); K_{ThB} и $K_{\text{Th(C+C')}}$ — доли γ -активности этих элементов от γ -излучения ториевого ряда (см. табл. 1); N_{ThBp} и N_{ThCp} — равновесные с торием количества атомов ThB и ThC; N_{ThB} и N_{ThC} — число атомов указанных элементов спустя время t после герметизации препарата.

Полагая, что все элементы, до ThA включительно, находятся в равновесии с торием*, можно написать следующие выражения для числа вновь образующихся атомов ThB и ThC спустя время t после герметизации препарата

$$N_{\text{ThB}} = N_{\text{ThBp}} (1 - e^{-\lambda_{\text{ThB}} t}),$$

$$N_{\text{ThC}} = N_{\text{ThCp}} \left(1 - \frac{\lambda_{\text{ThC}}}{\lambda_{\text{ThC}} - \lambda_{\text{ThB}}} e^{-\lambda_{\text{ThB}} t} + \frac{\lambda_{\text{ThB}}}{\lambda_{\text{ThC}} - \lambda_{\text{ThB}}} e^{-\lambda_{\text{ThC}} t} \right), \quad (8)$$

где λ_{ThB} и λ_{ThC} — постоянные распада указанных элементов. Последнее выражение получается из уравнения превращений трех веществ в предположении, что первое вещество Th — долгоживущее, второе вещество ThB в момент $t = 0$ отсутствовало.

В табл. 2 приведены доли атомов ThB и ThC от равновесных с торием числа атомов этих элементов и значения многочленов, заключенных в квадратные скобки в уравнениях (7) при t от 1 до 100 ч. Для β -излучения расчет сделан в условиях регистрации β -частиц счетчиками СТС-6 без экранирующей пластины и с пластиной, для γ -излучения — для тонкого излучающего слоя при регистрации γ -квантов счетчиками МС и СТС-8.

По выражениям (7) и табл. 2 можно рассчитать кривые нарастания β - и γ -активности для указанных выше условий измерения излучения в предположении, что между излучающей поверхностью препарата и герметизирующей пластиной нет воздушного промежутка. При

* Th и ThA приходят в равновесие с ThX через 9 мин после герметизации препарата.

Таблица 2

Исходные данные для расчета кривых нарастания β - и γ -активности по формулам (7)

$t, \text{ч}$	$\frac{N_{\text{ThB}}}{N_{\text{ThB}_p}}$	$\frac{N_{\text{ThC}}}{N_{\text{ThC}_p}}$	Значения многочлена в квадратных скобках		
			β -излучение		γ -излучение
			без экрана	с экраном 0,2 г/см ² Fe	
1	0,063	0,017	0,011	0,012	0,014
3	0,177	0,099	0,064	0,072	0,075
5	0,278	0,200	0,128	0,145	0,148
10	0,479	0,419	0,267	0,304	0,306
15	0,625	0,582	0,371	0,422	0,424
20	0,730	0,699	0,447	0,507	0,508
30	0,852	0,835	0,533	0,607	0,606
50	0,962	0,958	0,613	0,696	0,694
70	0,990	0,989	0,633	0,718	0,714
100	0,998	0,998	0,638	0,726	0,724

наличии воздушного промежутка зависимости $I_\beta(t)$ и $I_\gamma(t)$ более резкие, чем это предпрешено выражениями (7). Это, в первую очередь, относится к β -излучению (см. ниже, рис. 2). Дополнительное излучение в этом случае связано с выделением торона из всей массы пробы в воздушное пространство над пробой и осаждением радиоактивных налетов на поверхности герметизирующей пластины, излучение от которых доходит до счетчика без поглощения в веществе пробы.

Экспериментальные данные

Нарастание интенсивности β - и γ -излучения при герметизации. Порошковые пробы. Для экспериментов использованы пробы с преимущественным содержанием тория (табл. 3).

Таблица 3

Содержание U, Th, Ra и коэффициенты эманирования проб по радону и торону

Номер пробы	Содержание, %			$\alpha_{\text{Th}}, \%$	$\alpha_{\text{Rn}}, \%$
	U	Ra	Th		
315	0,071	0,102	0,524	14,5	14,0
319	0,020	0,025	0,443	5,2	2,1
420	0,025	0,021	0,100	42,9	14,6
675	0,024	0,017	0,138	11,1	26,1
729	0,260	0,220	0,580	32,7	35,3

Эффект нарастания β - и γ -активности изучали для трех случаев.

1. Пробы из бумажных пакетов насыпали в тарелочки размером $3 \times 6 \times 13$ см до краев, порошок утрамбовывали, закрывали крышкой, шов промазывали пластилином.

2. Пробы предварительно рассыпали тонким слоем и оставляли для деэманирования на 4 дня (время полного распада ThB), затем высыпали в тарелочки до краев, тарелочки герметизировали так, чтобы воздушный зазор между поверхностью порошка и верхней крышкой тарелочки отсутствовал.

3. Пробу 729 предварительно дезанировали и затем насыпали в три тарелочки по 50, 100, 250 г с соответственным воздушным зазором между поверхностью порошка и крышкой тарелочки в 2,7; 2,3 и 1,4 см.

Наблюдения проводили на установке ДП-100 со счетчиком СТС-6. Стабильность работы прибора проверяли рабочим эталоном Co^{60} . Расхождения средних отсчетов в разные дни находились в пределах 1—2%.

По результатам одной из серий измерений β - и γ -активности (рис. 1) можно сделать следующее заключение.

1. Эффект нарастания β - и γ -активности проб, подвергшихся предварительному дезанированию в тонком слое, выше, чем проб, не подвергавшихся дезанированию (пробы в бумажных пакетах).

2. Относительное увеличение β -излучения выше относительного возрастания γ -излучения. Это наиболее резко вырисовывается при наличии воздушного промежутка между излучающей поверхностью пробы и крышкой контейнера. Как видно на рис. 2, за 10 дней β -активность пробы 729, весом 50, 100, 250 г увеличивается в 2,3—2,7 раз, γ -активность — в 1,3—1,5 раз. При отсутствии воздушного промежутка в закрытом контейнере аналогичные отношения для β - и γ -излучения той же пробы соответственно равны 1,45 и 1,21.

3. Эффект нарастания активности, зафиксированный на рис. 1, превышает теоретически ожидаемый эффект в соответствии с равенством (7) и табл. 2. Расхождение, как уже отмечалось, связано с попаданием торона в воздушный зазор между порошком и крышкой контейнера. Лучшая сходимость теоретических и практических данных получается при контейнере, заполненном порошком до краев и обращенном к счетчику нижней поверхностью.

Так как нами использованы смешанные урано-ториевые пробы (табл. 3), то при изучении эффекта нарастания активности представляло интерес определение природы активных налетов, осаждающихся на верхней крышке контейнера. Для этого исследовали изменение во времени β -активности крышек контейнеров сразу после вскрытия проб. Как оказалось, основная доля активных налетов уменьшается по закону распада ThB . Даже для пробы 729 с относительно высоким содержанием урана доля β -излучения осадков радона составляет около 10—15% от общего излучения осадков радона и торона.

Обнажение ториевых руд. Для выяснения необходимости и целесообразности введения поправки на эранирование при радиометрическом опробовании ториевых руд в коренном залегании железным листом площадью около 1 м² герметизировали один из выходов рудного тела на поверхность [Арцыбашев, Болотников, 1961]. В центре листа последовательно измеряли интенсивность γ -излучения прибором СРП-2 через каждые 3 ч в первый день и затем ежедневно в течение 4 дней. Получены следующие средние значения γ -активности (по многократным замерам):

Дата и время замера . . .	24 VII	11 ч	14 ч	17 ч	20 ч	25. VII	26. VII	27. VII
I_γ , мкр/ч . . .	362		362	366	374	362	371	368

Как видно из приведенных данных, изменение γ -активности над центром герметизированного выхода рудного тела находится в пределах 2—3%, что фактически не выходит за пределы ошибки измерения интенсивности γ -излучения переносными радиометрами. Коэффициент эранирования порошковой пробы, отобранной на изученном обнажении ториевых руд, оказался равным 18%.

Заражение обсадных труб активными осадками торона. Контейнер с пробой 729 весом 250 г с высоким коэффициентом эранирования по

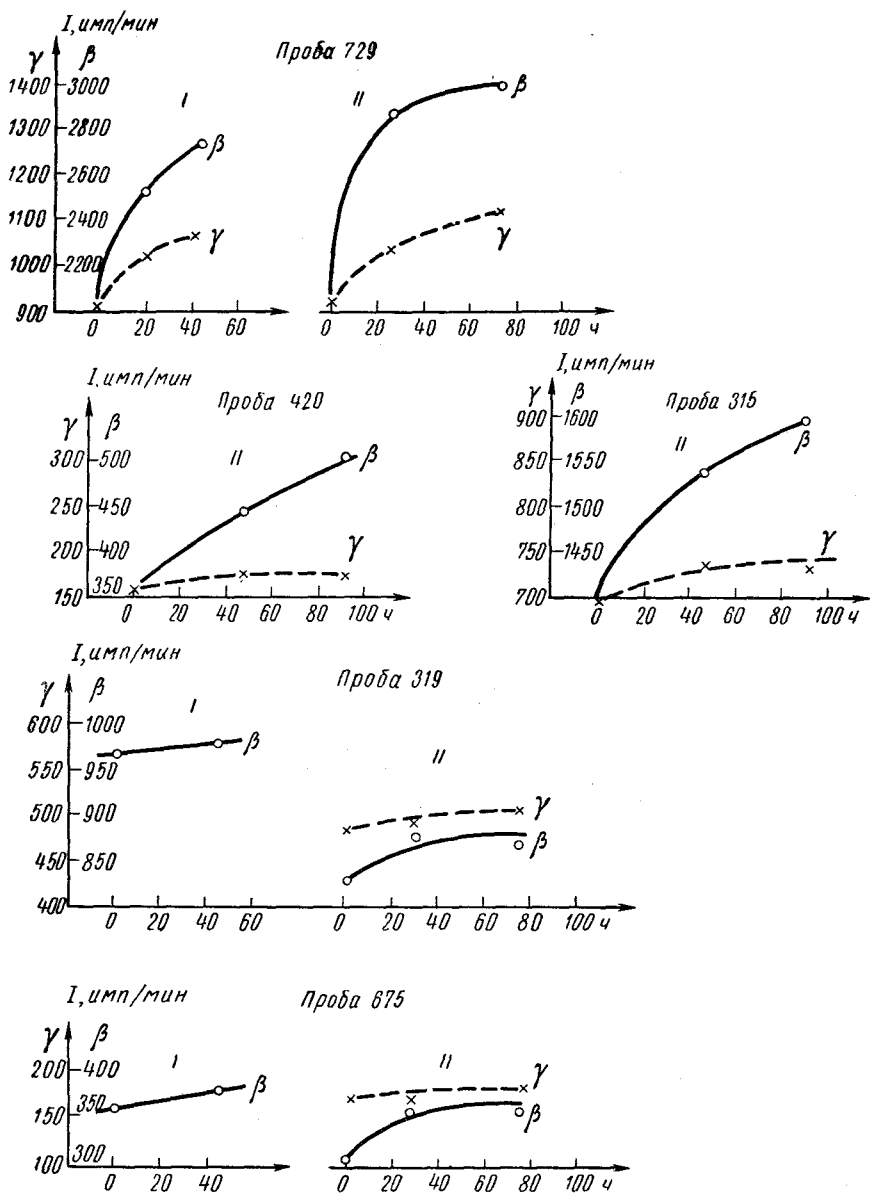


Рис. 1. Нарастание β - и γ -активности в закрытых контейнерах, заполненных порошком до краев.

Проба перед анализом находилась: I — в бумажном пакете; II — рассыпана тонким слоем в течение четырех суток.

торону установили в нижнюю часть металлического цилиндра диаметром 7 см, длиной — 72 см (рис. 3). Затем дно цилиндра герметизировали. Внутри цилиндра вставили разъемные кольца из жести высотой 6,8 см каждое. Верхнее отверстие цилиндра (трубы) открыто.

Модель оставляли последовательно на 2, 4 и 7 суток. Каждый раз разъемные кольца вынимали и одевали на счетную трубку СТС-6. При замере γ -активности колец на счетчик одевали чехол из листового свинца толщиной 2 мм. Импульсы регистрировали на установке ДП-100, к которой подключали датчик от установки Б-2. Так как источник эманирования невелик (250 г, проба 729), распределение активных осадков на кольцах в основном изучали по β -излучению, в связи с более высокой эффективностью регистрации β -частиц счетчиками типа СТС-6.

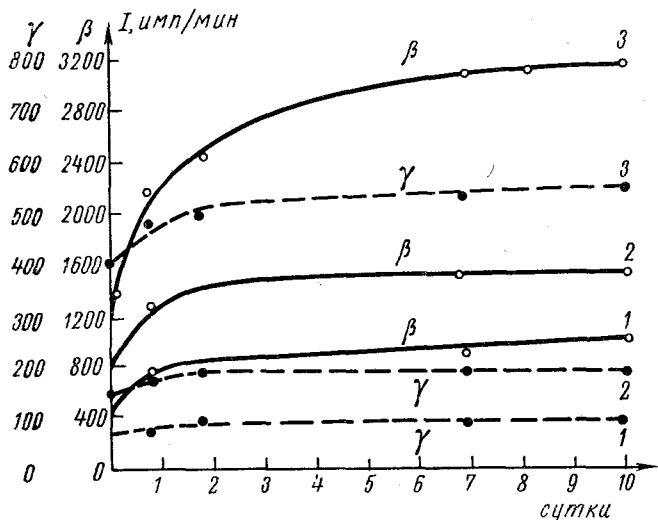


Рис. 2. Нарастание β - и γ -активности в закрытом контейнере при наличии воздушного пространства между эманлирующей поверхностью и верхней крышкой. Проба 729, весом, г:

1 — 50; 2 — 100; 3 — 250.

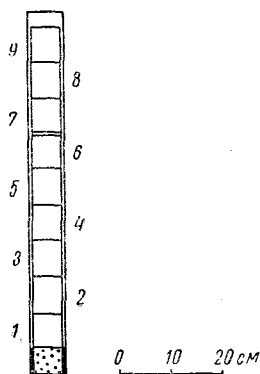


Рис. 3. Схема модели для наблюдения активных осадков торона.

1—9 — номера активизируемых колец. Внизу — стаканчик с пробой 729.

Природу радиоактивности продуктов распада эманации определяли по изменению β -активности колец во времени.

Результаты изучения β -активности разъемных колец приведены на рис. 4 и 5. На первом из них видно, что β -активность уменьшается в 100 раз ($\lg \frac{I_{0\beta}}{I_{\beta}} = 2$) на расстоянии 46 см от эманлирующей поверхности (кривые 2 и 3). Убывание β -активности и, следовательно, плотности активных осадков с удалением от эманлирующей поверхности происходит по закону, близкому к экспоненциальному. Экспериментальные кривые 2, 3 не совпадают с теоретической кривой 1, рассчитанной по формуле

$$N_h = N_0 e^{-\sqrt{\frac{\lambda_{Tn}}{D_{Tn}}} h}, \quad (9)$$

где N_0 и N_h — концентрация торона у поверхности эманлирующего слоя и на высоте h от него; D_{Tn} — коэффициент диффузии торона в воздухе, принят равным $0,1 \text{ см}^2/\text{сек}$ [Справочник ..., 1957].

Расхождение кривой 1 рис. 4 с кривыми 2 и 3 наводит на мысль, что в диффузии участвуют не только атомы торона, но и атомы ThВ и ThС.

Как следует из анализа наблюдений за распадом активных налетов, оседающих на кольцах (рис. 5), закон убывания во времени β -активности нижних колец близок к закону распада ThВ. β -активность верхних

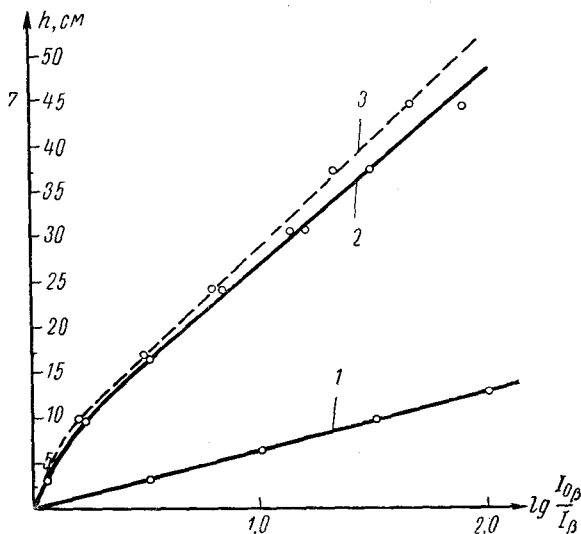


Рис. 4. Зависимость β -активности колец в модели рис. 3 от высоты кольца h над эманлирующей поверхностью:

1 — по формуле (9) при $D_{Th} = 0,1 \text{ см}^2/\text{сек}$; 2, 3 — экспериментальные кривые при времени накопления эманации соответственно 45 и 94 ч.

колец спустя примерно сутки даже несколько увеличивается относительно ожидаемой в предположении, что осадки имеют постоянную распада ThВ. По-видимому, на верхних кольцах ThВ в начальный момент измерения активности колец не пришел еще в равновесие с ThС, обеспечивающим основную долю β -излучения.

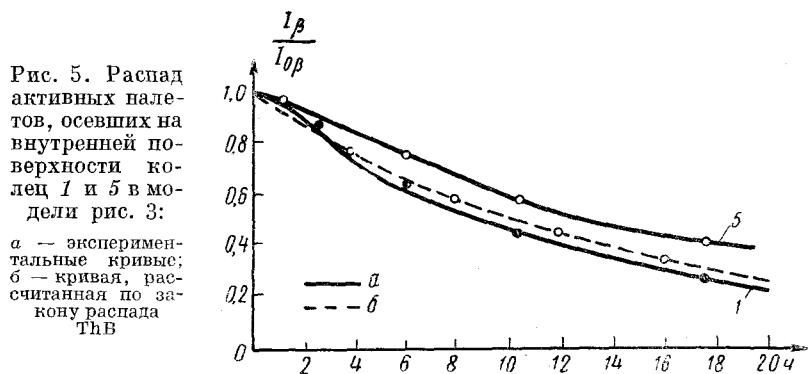


Рис. 5. Распад активных налетов, осевших на внутренней поверхности колец 1 и 5 в модели рис. 3:

а — экспериментальные кривые; б — кривая, рассчитанная по закону распада ThВ

Так как существующая методика устранения мешающего влияния продуктов распада эманации связана с продуванием и промывкой скважин [Новиков, Капков, 1965], нами исследована «прочность» активных налетов на стенках колец. Для этого одно из колец с внутренней стороны обдували воздухом из шланга масляного насоса, полоскали в воде, вытирали слегка и с усилием тряпкой, обмывали горячей водой со щеткой и мылом. Каждая операция продолжалась в течение 3—5 мин, и после каждой на установке ДП-100 измеряли интенсивность излучения кольца.

При этом получено следующее содержание (в процентах) оставшейся β -активности после последовательной обработки кольца:

До обработки	100
Продувание воздухом	100
Полоскание в воде	92
Вытирание тряпкой	
слегка	80
с усилием	67
Обмывание горячей водой со щеткой и мылом (с усилием)	30

Цифра 30% в нижней строчке означает, что такая доля активности остается после всех видов обработки кольца.

Следовательно, значительную долю активных налетов удастся удалить с поверхности кольца лишь при непосредственном вытирании или обмывании его со щеткой и мылом, прилагая при этом большое усилие. Так как ту и другую операцию трудно осуществить непосредственно в скважине, время продувки или промывки перед каротажем скважины, зараженной продуктами распада торона, будет более продолжительным, чем скважины, зараженной продуктами распада радона.

Выводы

1. В результате выхода из руды торона и его продуктов распада β - и γ -активность руды снижается примерно на 0,6—0,7 а. В связи с этим при выводе формул для расчета содержания урана, радия и тория по данным радиометрического анализа порошковых проб следует учитывать не только коэффициент эманирования проб по радону α_{Rn} , но и α_{Th} .

Поправка на эманирование при радиометрическом опробовании ториевых руд в коренном залегании, по предварительным данным, не превышает ошибки измерения интенсивности γ -излучения.

2. Выделяющийся из ториевой руды торон и его продукты распада в результате диффузии, в условиях, аналогичных нашему опыту, способны распространяться в воздухе на 50—70 см. При этом продукты распада торона, отлагаясь на стенках обсадной трубы в скважине, на крышках герметизирующих устройств, резко завышают интенсивность β - и γ -излучения.

Для устранения мешающего действия активных осадков торона герметически закрытые контейнеры необходимо заполнять так, чтобы в них не образовывалось воздушного пространства даже при многократных перемещениях и тряске. В момент замера активности целесообразно герметизированный контейнер обращать к счетчику нижней поверхностью. За счет продуктов распада торона, оседающих на стенках сухих скважин, при интерпретации γ -каротажных диаграмм будут завышаться мощность рудных тел и линейные запасы урана и тория. Поэтому необходима предварительная подготовка (продувка и промывка) скважин, вскрывающих ториевые руды, к каротажу.

3. Для удаления продуктов распада торона (ThB , ThC) со стенок обсадной трубы и других поверхностей, по-видимому, необходима более длительная обработка, чем при заражении продуктами распада радона.

ЛИТЕРАТУРА

Арцыбашев В. А., Болотников А. Н. Способ определения поправок за эманирование радиоактивных руд в естественном залегании при радиометрическом опробовании. В сб. Вопросы рудной геофизики, вып. 3. Госгеодтехиздат, 1961.

Баранов В. И. Радиометрия. Изд-во АН СССР, 1956.

Бочкарев В. и др. Измерение активности источников бета- и гамма-излучений. Изд-во АН СССР, 1953.

Джелепов Б. С., Пекер Л. К. Схемы распада радиоактивных ядер. Изд-во АН СССР, 1958.

Кюри М. Радиоактивность. Гостехиздат, 1947.

Новиков Г. Ф., Капков Ю. Н. Радиоактивные методы разведки. Недра, 1965.

Справочник по радиометрии. Госгеолтехиздат, 1957.

Хайкович И. М. Интенсивность гамма-излучения радиоактивных пластов при нестационарной диффузии радона. В сб. Вопросы разведочной радиометрии, Изд. МГ и ОН, 1958.

Шашкин В. Л. Методы анализа естественных радиоактивных элементов. Госатомиздат, 1961.
