

Радиационно-гигиеническая оценка современного производства керамики

Э.П. Лисаченко, И.П. Стамат, И.Г. Матвеева

ФГУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург

В керамическом производстве широко используются цирконовые материалы с повышенным содержанием природных радионуклидов. В формировании доз природного облучения работников предприятий отрасли ведущая роль принадлежит внешнему облучению; вклад пылерадиационного фактора на разных этапах технологии производства в значительной степени определяется дисперсностью используемых материалов; вклад изотопов радона в облучение работников составляет около 0,1 мЗв/год. При использовании традиционного цирконового сырья доза природного облучения работников современных производств, как правило, не превышает 1 мЗв/год. Необходимость производственного радиационного контроля диктуется большим диапазоном содержания природных радионуклидов в цирконовых материалах, особенностями технологии производства и др.

Ключевые слова: природные радионуклиды, цирконовые материалы, производство керамики, дозы природного облучения населения в производственных и коммунальных условиях.

Керамическое производство связано с использованием цирконового сырья – минерального материала с повышенным содержанием природных радионуклидов (ПРН). Во многих странах радиационный контроль при обращении с цирконовыми материалами считается обязательным. [1–4]. Необходимость радиационно-гигиенической оценки производства керамики определяется масштабами производства, объемом использования материалов с повышенным содержанием ПРН, большим контингентом работающих, возможностью поступления ПРН в окружающую среду и потенциальным воздействием практически на все население за счет широкого использования керамических изделий в строительстве.

Цирконовое сырье входит в состав керамики и технологических компонент для керамического производства (пигменты и глазури) в диапазоне от 1 до ~ 50% в зависимости от требований к характеристикам продукции [5].

В природе цирконовое сырье представлено двумя минералами – цирконом (ZrO_2SiO_2) и бадделейтом (ZrO_2).

Повышенное содержание ПРН в цирконовом сырье характеризуется большим диапазоном удельных активностей и, как правило, определяется радионуклидами ряда ^{238}U (табл. 1).

В цирконе ПРН рядов урана и тория обычно находятся в равновесии; в бадделейте отдельных месторождений выявлено его нарушение [5]. Отмечено также различие содержания ПРН в бадделейте Ковдорского месторождения разных лет [7], которое связано с используемым сырьем. До недавнего времени для отечественных предприятий основным поставщиком цирконового концентрата был Вольногорский комбинат (Украина), а бадделейта – Ковдорский ГОК. В последние годы многие предприятия отрасли перешли на импортные цирконовые материалы со значительно большим содержанием ПРН.

В производстве керамики по объему потребления цирконовых материалов и производимой продукции на первом месте стоит производство керамической плитки и сантехнических изделий. Упрощенная схема технологического процесса производства керамических изделий приведена на рис. 1.

Таблица 1

Удельная активность ПРН в цирконовых материалах [5]

Поставщик	Удельная активность Бк/г (диапазон активностей)			Поставщик	Удельная активность Бк/г (диапазон активностей)		
	Ряд ^{238}U	Ряд ^{232}Th	Примечания		Ряд ^{238}U	Ряд ^{232}Th	Примечания
Циркон				Бадделейт			
Австралия	1,0–4,5	0,3–2,2		Австралия	4,0	0,8	
Китай	14,4–14,7	2,2–2,3		Сев. Африка	5,0–31,0	0,1–19,0	
Индия	1,6–18,0	0,4–33,0		Россия (Ковдор	3,4	0,4	
Малайзия	13,0–62,0	2,0–57,0		Мурманской	1,3*	0,13*	1988 г.
Сев. Африка	3,1–7,8	0,5–1,1		области)*	4,2*	0,3*	1999 г.
США	1,9–4,0	0,1–0,6		Критерий МАГАТЭ освобождения материалов от радиационного контроля – 1 Бк/г [6].			* – данные собственных исследований.
Россия*	3,9	0,7	Туганский ГОК				
Украина*	2,4–2,8	0,42	Вольногорск				
ЮАР*	3,5–4,5	0,5–0,7					

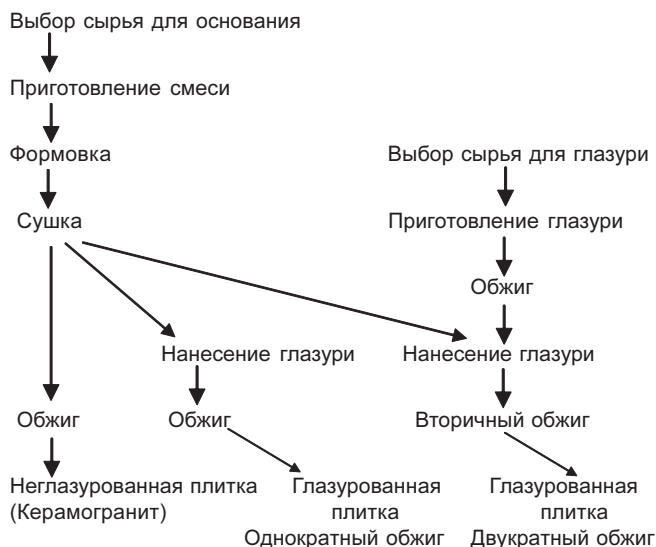


Рис. 1. Схема технологического процесса производства керамических изделий

Составляющие радиационного фактора при работе с материалами, содержащими ПРН, – внешнее облучение, ингаляционное поступление радона и долгоживущих природных радионуклидов с производственной пылью – могут играть разную роль на разных стадиях технологических процессов.

Цирконовые материалы участвуют в формировании радиационной обстановки на предприятии, начиная с их поступления в качестве сырья, в следующих основных операциях: разгрузка материала и хранение его на складе, перемещение на участок загрузки в смеситель, варка фриты (сырья для изготовления глазури), приготовление глазури, нанесение глазури на керамическую плитку, обжиг плитки.

На начальном этапе технологии внешнее облучение является основной составляющей облучения работников. В работе [8] приводятся оценки доз при обращении с малыми (примерно до объема 1 м³) и большими (груды, отвалы) массами цирконовых материалов (табл. 2).

Для внешнего облучения коэффициенты рассчитаны, исходя из того, что ПРН в материале представлены радионуклидами равновесного ряда урана. Дозовые оценки по радионуклидам только ряда ²³⁸U проводятся во многих работах. На большом складе материалов с удельной активностью около 3 Бк/г годовая доза за счет внешнего облучения работающих оценивается величиной около 0,52 мЗв/год [5]. Для ингаляционного поступления ПРН с производственной пылью проводились расчеты с учетом ²³⁸U, ²³⁴U, ²³⁰Th, ²²⁶Ra, ²¹⁰Pb, ²¹⁰Po, ²²⁷Ac (ряд ²³⁵U), ²³²Th, ²²⁸Ra, ²²⁸Th и ²²⁴Ra. При этом доза внутреннего облучения за счет пылерадиационного фактора на большом складе составила около 0,19 мЗв/год; при вскрытии емкостей с материалом и его загрузке в технологическое оборудование – 0,64 мЗв/год [5].

По оценкам [5], доза дополнительного облучения при затаривании и дроблении цирконового песка не превышает 0,4 мЗв/год; по [9], она достигает 0,72 мЗв/год; по данным [10], составляет около 0,5 мЗв/год только за счет внешнего облучения, а в целом оценивается величиной до 4 мЗв/год. Большинство авторов подчеркивает необходимость введения мер по снижению облучения, например, путем со-

кращения времени контакта с материалом и снижения запыленности воздуха.

Заметим, что приведенные в [5, 8–10] оценки доз получены для «типичных предприятий» Италии, Германии, Англии и др.; на реальных предприятиях, в том числе и отечественных, условия труда могут заметно отличаться от «типичных» как в лучшую, так и в худшую сторону.

По ходу технологических процессов производства керамики (засыпка сырья, размол фриты и т.д.) вклад в дозу за счет пылерадиационного фактора может возрастать, т.к. наряду с удельной активностью пылящего продукта и запыленностью воздуха рабочей зоны он в большой степени определяется дисперсностью продукта (табл. 3).

Таблица 2

Дозовые оценки для цирконовых материалов разной массы [8]

Вид облучения	Дозовый коэффициент	Рабочее время, ч/год	Годовая доза	
Большая масса материала				
Внешнее (на расстоянии 1м)	0,43 мкЗв/ч/Бк/г	400	0,172 мЗв/год/Бк/г	0,2 мЗв/Бк/г
Пыль		32 мкЗв/Бк	2000 мЗв/год	0,064
Малые массы материала (около 1 м³)				
Внешнее	0,068 мкЗв/ч/Бк/г	100	0,0068 мЗв/год/Бк/г	0,01 мЗв/Бк/г
Пыль	32 мкЗв/Бк	100	0,0032 мЗв/год	

Таблица 3

Зависимость дозовых коэффициентов для отдельных ПРН от дисперсности пыли при их ингаляционном поступлении с производственной пылью [8]

Радионуклид	Дозовый коэффициент мкЗв/Бк			
	0,3 мкм	1 мкм	5 мкм	10 мкм
Ряд урана				
²³⁸ U	10	7,3	5,7	3,5
²³⁴ U	12	8,5	6,8	4,1
²³⁰ Th	18	13	7,2	5,2
²²⁶ Ra	4,4	8,7	6,9	4,2
²¹⁰ Pb	0,76	5,2	4,3	2,7
²¹⁰ Po	3,9	3,9	2,7	1,7
²²⁷ Ac (ряд ²³⁵ U)	88	66	47	27
Ряд тория				
²³² Th	32	23	12	8,1
²²⁸ Ra	3,3	15	11	7,1
²²⁸ Th	45	37	25	18
²²⁴ Ra	3,3	2,9	2,8	1,3

В различных технологиях могут участвовать цирконовые материалы разной дисперсности. По оценкам [2], цирконовый концентрат имеет по дисперсности бимодальное распре-

деление ($<0,5$ и 10 мкм). Дисперсность цирконового концентрата производства Вольногорского комбината оценивается величиной до 2 мкм [11]; для приготовления глазури применяется цирконовые порошки тонкого размола ($0,5$ – 3 мкм). В керамическом производстве используются также мелкодисперсные пигменты (<2 мкм), что должно учитываться при оценке дозы облучения за счет пылерадиационного фактора.

В технологии производства фритты основной дозой составляющей остается внешнее облучение. Поскольку содержание циркона во фритте составляет $12\div21\%$, облучение при обращении с ней едва ли превысит дозу облучения при работе с самим цирконом ($0,4$ мЗв/год); при дроблении фритты оценка дозы составляет $0,2\div0,4$ мЗв/год [5]. Однако на старых предприятиях, использующих сухое смешивание сырьевых компонент, роль пылерадиационного фактора может быть существенно выше.

Облучение работников за счет ингаляционного поступления радона незначительно, поскольку коэффициент эманирования циркона пренебрежимо мал и составляет, по разным оценкам, величину от $0,0016$ до $0,0065$ [5]. Поэтому вклад этого фактора в облучение работников редко превышает $0,1$ мЗв/год.

Уровни облучения населения за счет деятельности предприятий керамической отрасли заведомо ниже, чем при получении и использовании самого цирконового песка. В [5] доза облучения населения оценивается величиной до 250 мкЗв/год. Однако численность облучаемого населения в реальных условиях может быть в десятки раз больше численности работников предприятий отрасли, для которых характерна высокая степень механизации и автоматизации производства.

В материалах МАГАТЭ приводятся оценки дозовой нагрузки на население в разных странах за счет использования керамических плит, считая их строительными материалами для жилищного и промышленного строительства, поскольку они могут покрывать полы и стены зданий: Австралия – ($7,5\div10$); Северная Африка – ($13\div57$); Египет – ($9\div18$) мкЗв/год. Здесь в центре облицованного помещения мощность дозы гамма-излучения составляет ($0,009\div0,018$), а в необлицованных помещениях ($0,007\div0,041$) мкЗв/ч. При использовании фарфоровой плитки с максимальным содержанием циркона (13%) дополнительное облучение оценивается величиной около 120 мкЗв/год. Доза за счет использования сантехнических изделий считается значительно меньшей, т.к. содержание в них цирконового порошка существенно ниже, чем в керамической плитке.

Ожидаемые дозы облучения населения при размещении отходов переработки цирконового песка на свалках предприятий оцениваются величиной не более 130 мкЗв/год [5]. Поэтому можно ожидать, что при обращении с отходами керамического производства, в которых составляющая циркона обычно не превышает 20% , доза дополнительного облучения населения будет значительно меньше указанной величины.

Содержание цирконового порошка в отдельных компонентах производства керамики варьирует в широких пределах (табл. 4).

В глазури для производства керамики содержание силиката циркония чаще всего составляет до 10 – 15% , в некоторых случаях оно может быть в пределах от $0,5$ до 50% , в глазурованной плитке и сантехнических изделиях – до $1,0\%$, в

фарфоровых изделиях обычно 1 – 5% , а в специальных сортах фарфора – до 15% . Приведенная в табл. 4 удельная активность ПРН в компонентах керамики относится к широко распространенным коммерческим материалам и к «типичным предприятиям» Италии, Германии, Англии и др. В обозримом будущем вполне вероятно использование в производстве керамики цирконовых материалов с существенно большим содержанием ПРН, чем приведенные усредненные данные, поскольку они реально существуют (см. табл. 1).

В табл. 5 и 6 приведены данные наших собственных анализов удельной активности ПРН в сырье и компонентах керамического производства, применяемых на отечественных предприятиях, а также в готовой продукции.

Таблица 4

Содержание ПРН в цирконовых материалах и компонентах керамики (усредненные данные [5])

Материал	Содержание цирконового материала %	Удельная активность, Бк/г	
		^{238}U	^{232}Th
Порошок цирконовый	100	2–4	0,4–1,0
Бадделеит	100	3–13	0,1–26,0
Фритта	12–21	0,2–0,8	0,05–0,2
Глазурь	0,5–50	0,01–2,0	0,002–0,5

Таблица 5

Удельная активность ПРН в сырьевых компонентах производства керамики

Сырье	Удельная активность, Бк/кг			
	Th-232	Ra-226	K-40	$A_{\text{эфф}}$
Глина кембрийская	45	25	1500	220
Глина латненская	75	35	≤ 100	140
Глина бентонитовая	20	≤ 15	515	90
Глина наворийская	68	32	338	150
Нефелин	≤ 20	20	1710	200
Каолин	35	45	255	115
Доломит	≤ 20	≤ 15	240	65
Кварцевый песок	≤ 20	≤ 15	≤ 100	≤ 50
Шамот	35	30	1250	190
Глинозем	≤ 20	≤ 15	≤ 100	≤ 50
Песок строительный	10	10	680	80
Гранитная крошка	70	240	1025	420
Бентонит	40	18	59	75
Углекислый барий	≤ 4	65	≤ 40	≤ 75
Цирконовые материалы:				
Австралия	800	4000	≤ 100	5400
Украина	400	2800	≤ 40	3300
Испания	660	3040	≤ 100	3910
Венгрия	540	4040	≤ 100	4750
Германия	560	4040	≤ 100	4780
Нидерланды	670	4020	≤ 100	4900
Италия	590	3660	≤ 100	4440
Италия	490	3450	≤ 100	4100
США	875	3650	≤ 100	4800
Россия	700	3900	≤ 100	4800

На первый взгляд, из данных табл. 5 следует, что основным поставщиком природных радионуклидов в продукцию керамического производства являются цирконовые материалы. Однако в большинстве случаев значение $A_{эфф}$ в продукции в значительной мере определяется содержанием ПРН в основных технологических компонентах для изготовления изделий (глина, гранитный отсев, каолин и др.). Тем не менее вклад цирконовых компонент в значение $A_{эфф}$ в продукции составляет обычно 50–100 Бк/кг.

Таблица 6

Удельная активность ПРН в технологических компонентах и готовой продукции отечественных и зарубежных производителей керамики

Наименование образца	Th-232	Ra-226	K-40
Фритта (РФ)	<20–100	< 20–350	40–1000
Фритта (импорт)	<20–110	< 20–680	100–1800
Глазурь (импорт)	<20–160	< 20–950	100–1400
Ангоб (импорт)	50–510	230–2700	100–1050
Пигменты (РФ)	<4– 20	<4–20	<40
Пигменты (импорт)	50–1060	150–7700	100–700
Плитка (РФ)	30–80	30–90	230–1100
Керамогранит (РФ)	30–50	20–50	200–580
Керамогранит (импорт)	130–190	100–275	450–700
Техническая керамика	450	2300	<100
Сантехизделия (РФ)	40–70	60–150	540–700
Сантехизделия (импорт)	30–180	60–200	470–950

Удельная активность ПРН в сантехнических изделиях обычно несколько ниже, чем в глазурованной керамической плитке, т.к. они содержат значительно меньше глазури на единицу массы; кроме того, в их производстве чаще применяются компоненты с низким содержанием ПРН. Однако и здесь нельзя не учитывать вероятность использования циркона с высоким содержанием ПРН (цирконовые материалы китайского производства с $A_{эфф}$ до 14,7 кБк/кг, из Малайзии – до 62 кБк/кг и др. – см. табл. 1.).

За последние 10 лет нами проведено радиационно-гигиеническое обследование более 15 предприятий керамической отрасли. Результаты оценки параметров радиационной обстановки на большинстве из них дали довольно близкие результаты. Значения индивидуальной годовой эффективной дозы производственного облучения работников на современных предприятиях с высокой степенью автоматизации производства оказались в пределах от 0,4 до 1,0 мЗв/год для разных профессиональных групп работников. На предприятиях с низкой степенью автоматизации производства эти дозы существенно выше, хотя и не превышают дозового предела 5 мЗв/год для природного облучения в производственных условиях.

Основной вклад в облучение работников вносит внешнее облучение (более 50%). Наибольшие значения мощности дозы обычно характерны для складов с упаковками цирконовых материалов (до 1,5 мкЗв/ч на рабочих местах и до 2,5–3,0 мкЗв/ч вблизи мест хранения больших масс материалов).

Максимальное значение годовой эффективной дозы облучения за счет ингаляционного поступления ПРН с произ-

водственной пылью на разных предприятиях составило от 0,8 до 2,0 мЗв/год без учета применения работниками на наиболее пылящих операциях СИЗОД, которые позволяют снизить вклад этого фактора до 10 раз. Полученные оценки оказались несколько выше, чем в рассмотренных выше публикациях. На наш взгляд, роль пылеадиационного фактора в облучении работников керамической отрасли в настоящее время остается недостаточно изученной; как правило, в расчетах не учитывается реальная дисперсность аэрозолей, тип соединения долгоживущих природных радионуклидов в воздухе, характеристики используемых СИЗОД и т.д.

Вклад в облучение работников изотопов радона в воздухе производственных помещений на большинстве предприятий отрасли не превышает 0,1 мЗв/год, достигая в некоторых случаях 0,2–0,3 мЗв/год. Однако не исключено, что происхождение этого фактора чаще всего связано не с технологией производства, а с традиционными путями поступления радона в воздух помещений из грунта, строительных конструкций и т.п.).

Характерной особенностью керамического производства является наличие высокотемпературных процессов: в производстве фритты температура варки достигает 1400°C; в производстве фарфоровых и сантехнических изделий – 1150–1250°C; при сушке изделий – до 1200°C. Известно, что при температуре выше 700°C ^{210}Pb и ^{210}Po ряда ^{238}U возгоняются и в ходе высокотемпературных процессов могут оседать на внутренних поверхностях технологического оборудования, поступать в атмосферу производственных помещений и в окружающую среду с выбросами предприятий [12–14].

Сведения относительно поведения ^{210}Pb и ^{210}Po в технологии керамического производства весьма противоречивы. Наряду с радоном поступление ^{210}Pb и ^{210}Po в окружающую среду в результате деятельности предприятий неурановых отраслей НКДАР ООН рассматривает как основной дозообразующий фактор. При этом керамические предприятия и производство огнеупоров занимают 3-е место после фосфатных и металлургических по значимости таких выбросов. Выброс ^{210}Po типичным заводом по производству керамики оценивается величиной 0,3 ГБк/год [6]. С другой стороны, в ряде более поздних работ утверждается, что кристаллическая решетка циркона настолько прочна, что ^{210}Po остается в ней до примерно 1200°C. И даже если кристаллическая решетка циркона нарушается в достаточно реактивном расплаве, радионуклиды остаются в нем вплоть до температур, превышающих их точку плавления. Если это так, то обогащение ^{210}Pb и ^{210}Po производственной пыли и выбросов предприятия не должно происходить (в отличие от производства огнеупоров, где температура обычно значительно выше) [8].

Таким образом, из сказанного выше можно сделать следующие выводы.

1. Большой диапазон содержания ПРН в цирконовом сырье и отдельных компонентах, используемых в производстве глазурованных керамических изделий, требует пристального внимания при оценке радиационной обстановки на предприятиях керамической отрасли. Хотя дозы природного облучения работников большинства «типичных» предприятий отрасли составляют около 1 мЗв/год, в зависимости от особенностей производства на конкретных предприятиях они могут быть существенно выше. В соответствии с требованиями ОСПОРБ-99 и СП 2.6.1.1292-03 [15] важнейшим аспектом ограничения природного облучения работников отрас-

ли должно быть первичное радиационное обследование предприятий с установлением минимальных требований к производственному радиационному контролю.

2. Основной вклад в дозы производственного облучения работников природными источниками при производстве керамики вносит внешнее излучение используемых материалов с повышенным содержанием ПРН, а также ингаляционное поступление долгоживущих ПРН с производственной пылью. Корректная оценка вклада последнего фактора в облучение работников должна проводиться с учетом дисперсного состава пылящих материалов, типа соединения долгоживущих ПРН в воздухе, характеристик СИЗОД и т.п. Вероятно, вклад этого фактора в настоящее время сильно недооценивается.

3. В производстве керамики дополнительного исследования требует оценка поступления ^{210}Pb и ^{210}Po в воздух рабочей зоны и вынос их в окружающую среду в результате высокотемпературных процессов. Учитывая гигантские объемы использования материалов с повышенным содержанием ПРН в производстве керамики, бурное развитие отрасли и обычно близкое расположение предприятий от населенных пунктов, этим исследованиям необходимо уделить первостепенное внимание.

4. Выраженной тенденцией развития керамической отрасли в настоящее время является постепенное вовлечение в производство керамики материалов с существенно большим содержанием природных радионуклидов, чем в сырье традиционных месторождений. Очевидно, что такая тенденция неизбежно приведет к увеличению уровня облучения населения природными источниками излучения в производственных и коммунальных условиях, включая и постепенный рост содержания ПРН в продукции предприятий керамической отрасли.

Список использованной литературы

- Boothe, G.F. The radiological aspects of zircon sand use [Текст] / G.F., Boothe, Stuart-Smiths, Wagstaff [et al.] // Health Phys. – 1980. -v.38. – P. 393-348.
- National Group for studying Radiological Implications of the use of zircon sand. Radiation protection aspects of the use of zircon sand [Текст] // The Science of the total environment. - 1985. – v. 45. -P. 135-142.
- Technical Enhancement of Natural Radioactivity [Текст]: (Full text of the presentation at the Symposium, Brazil 1999): International Symposium. Brazil 2001.
- Regulatory and management approaches for control of environmental residues containing naturally occurring radioactive material (NORM) [Текст]: Proc. of technical meeting held in Vienna, 6-10 Dec. 2004. IAEA, 2006.
- Radiation protection and NORM residue management in the zircon and zirconia industries [Текст] // Safety Report Series N 51. IAEA, 2007.
- Источники и эффекты ионизирующего излучения [Текст]: Отчет НКДАР ООН –2000, т.1. – Нью-Йорк 2000.
- Лисаченко, Э.П. Радиационно-гигиеническое обследование промышленных объектов неядерных технологий. [Текст]: / Э.П. Лисаченко, И.Г. Матвеева, Т.А. Кормановская, Н.А. Королева, И.П. Стамат // - Радиационная гигиена: Сборник научных трудов – СПб: ФГУН НИИРГ им. проф. Рамзаева.- 2006.-285с. С. 242-251. – Библиогр.16 назв.
- Assessing the need for radiation protection measures in work involving minerals and raw material [Текст]: Safety Report Series N 49. IAEA, – 2006.
- Fathbadi, N. Evaluation of occupational exposure to naturally occurring radioactive material (NORM) in the Iranian ceramic industry [Текст] / N. Fathbadi, M.V. Farahani, S. Amani [et al.] // Proc. 5th Int. Symp. on Natural Occurring Radioactive Material (March 19th – 22nd, 2007). -Seville, Spain. P. 76.
- Oatway, W.B. Radiological impact on the UK population of industries which use ore produce materials containing enhanced levels of naturally occurring radionuclides: zircon sands industries. Naturally occurring radioactive materials (NORM IV) [Текст] / W.B. Oatway, J.A. Jones, P.V. Shaw, S.F. Mobbs.: Proc. Of Int. Conf. held in Szezirk (Poland 17-21 May 2004). P. 246-255.
- Израэльсон, З.И. Вопросы гигиены труда и профпатологии при работе с редкими металлами [Текст] / З.И. Израэльсон, О.Я. Могилевская, С.В. Суворов:- М. Медицина, 1973.
- Peute, A. Radiological impact of releases by the Dutch non-nuclear industry [Текст] / A. Peute, R.J. de Meijer, L.W. Put (1988) // Rad. Prot. Dos. - 1988. - 24. - v.1/4.P. 425-429
- Гращенко, С.М. Природные радионуклиды уранового и ториевого радиоактивных рядов в неядерном комплексе хозяйственной деятельности. [Текст] / С.М. Гращенко // Радиохимия 2005. - т. 47ю- № 6. С. 564-568. Библиогр:28 назв.
- Белячков, Ю.А. Сепарация свинца-210-, полония-210 и радия -226 в высокотемпературных технологиях переработки минерального сырья [Текст] / Ю.А. Белячков, Э.П. Лисаченко, И.Г. Матвеева, О.А. Михайлова. // Экологическая химия. -1998.- №7(4).- С.278-282. Библиогр: 15 назв.
- Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения: СП 2.6.1.1292-03.

E.P. Lisachenko, I.P. Stamat, I.G. Matveeva

Radiation-hygienic evaluation of modern ceramic industry

Federal Scientific Organization «Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev»
of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being, Saint-Petersburg

Abstract. *The ceramic industry widely uses zirconium materials with an increased value of natural radionuclides. The external irradiation gives a major contribution to the dose of exposure of workers in this branch of industry. The contribution of dust radiation factor at various stages of the production technology is mainly given by a dispersiveness of used materials. The contribution of radon isotopes to the exposure of workers is about 0.1 mSv/year. When traditional zirconium raw materials are used, the dose of natural exposure of workers in the modern industry usually does not exceed 1 mSv/year. The necessity of the industrial radiation control is caused by a wide range of natural radionuclides content in zirconium materials, the peculiarities of the production technology etc.*

Key words: *natural radionuclides, zirconium materials, ceramic industry, the dose of natural exposure of workers and population.*

Поступила 28.07.08.