

женного парогенератора достигала 109% (250 МВт). Расход пара из отдельного парогенератора достигал 490 т/ч. Степень открытия регуляторов питания парогенераторов составляла 45—50% полного открытия клапана. Степень открытия регуляторов уровня конденсата в сепараторе пароперегревателя не превышала 78%. После выхода на мощность 106% в течение суток были проведены тепловые испытания основного оборудования турбинного и электрического цехов, которые заключались в фиксации расширенного объема параметров блока. Испытания показали, что все параметры основного оборудования находятся в допустимых пределах.

Во время довольно длительной работы блока на повышенной мощности представлялась возможность зафиксировать некоторые статистические данные для анализа аварийных ситуаций при повышенных нагрузках. При нагрузке 460 МВт дважды произошло отключение турбогенератора (ТГ-4) от сети средствами системной автоматики и дважды срабатывала аварийная защита реактора первого рода при отключении турбогенератора от сети. При этом успешно срабатывали предохранительные устройства по давлению (БРУ-К), снижая давление в главном паровом коллекторе с 5,1 до 4,4 МПа; АРМ-4 в это время снижал тепловую мощность реактора до необходимого значения. В мае 1977 г. произошло отключение второго блока от сети блочными выключателями. Турбогенераторы были разгружены средствами автоматики до мощности 15—20 МВт, сработали предохранительные устройства по давлению, первоначальная нагрузка реактора осуществлялась АРМ-4 (50% исходной мощности), но затем АРМ-4 был отключен и дальнейшая разгрузка производилась вручную.

Таким образом, аварийные снижения нагрузки с повышенных уровней проходили успешно. Основные параметры, поддерживаемые автоматикой и предохранительными устройствами блока, находились в допустимых пределах.

С 4 июня по 1 августа 1978 г. второй блок Кольской АЭС работал на повышенной мощности (до 106%). К этому времени блок проработал 236,1 эф. сут от начала топлив-

ного цикла. Максимальная температура теплоносителя на выходе из кассет составила 303 °С (координата 20—41), максимальное значение коэффициента неравномерности мощности кассет не превышало 1,27, а максимальное значение коэффициента неравномерности нейтронного поля по высоте активной зоны 1,18. За время работы блока на повышенной мощности электрическая нагрузка достигала 475 МВт. Средняя температура теплоносителя на этом уровне мощности составила 278 °С, температура на входе 263 °С, температура на выходе 293 °С. Температура подогрева теплоносителя в активной зоне не превышала 30,8 °С. Расход пара в одном парогенераторе достигал 480 т/ч, суммарный расход воды и пара в парогенераторах — 2870 т/ч.

С 1 декабря 1978 г. оба блока Кольской АЭС эксплуатируются на мощности 107% номинальной. Тепловая мощность реакторов составляет 1470 МВт, а электрическая 470 МВт. Уставки по температурам на выходе из кассет на обоих блоках соответствуют 100%-ной мощности и за время работы блоков на мощности 107% не были превышены. Средняя температура теплоносителя на данном уровне мощности составляет 282 °С (первый блок) и 283—284 °С (второй блок), на входе в реакторы первого и второго блоков 267—269 °С. Температура подогрева теплоносителя на активной зоне реактора первого блока 31,5 °С, второго блока — 30,7 °С. Максимальная температура теплоносителя на выходе из кассет не превышала 306 °С (первый блок) и 305 °С (второй блок). Максимальное значение коэффициента неравномерности мощности кассет не превышало для первого блока 1,26, для второго блока 1,27, что хорошо совпадает с расчетными данными. Коэффициент неравномерности нейтронного поля по высоте активной зоны составляет 1,2 (первый блок) и 1,22 (второй блок). Активность теплоносителя первого контура в процессе работы блоков на повышенной мощности была в 100 раз меньше допустимого значения.

Поступило в Редакцию 12.11.79

УДК 535.342:666.1

Колориметрический дозиметр гамма-излучения

АБДУКАДЫРОВА И. Х.

В последнее время ведутся работы по совершенствованию дозиметров на основе стекла, изменяющего свою прозрачность или люминесценцию [1—3]. Недостатками многих из них являются значительный фединг, влияние примесей и мощности дозы излучения, сложный состав, ограниченность интервалов измерения. Цель настоящей работы — детальное изучение дозиметрических характеристик кварцевых стекол марки КИ в условиях γ -излучения ^{60}Co от 10^4 до 10^9 рад (1 рад — 0,01 Гр).

Были измерены спектры поглощения в диапазоне длины волны 200—700 нм и исследованы их изменения при облучении. Известно [3], что у облученных образцов появляется ряд дополнительных полос, среди которых особый интерес представляет располагаемая в видимой области широкая полоса с максимумом при 540 нм.

На рис. 1 показано относительное изменение оптической плотности в максимуме полосы для различных образцов с увеличением дозы. Видно, что полученная зависимость имеет близкий к линейному ход в рассмотренных пределах (10^4 — 10^8 рад). Характер кривых свидетельствует о монотонном увеличении скорости накопления центра окраски с ростом толщины образцов от 0,7 до 10 мм, что позволяет варьировать чувствительность системы. Согласно вычисленным значениям относительного изменения оптической плотности для дозиметра, в исследуемой области наиболее оптимальна толщина 2—3 мм.

Один из основных параметров дозиметра — его стабильность при хранении. Кварцевые стекла, облученные дозой $2 \cdot 10^7$ рад, после выдержки при комнатной температуре в течение различного времени измеряли на спектрофотометре. Полученные данные сведены в табл. 1, из которой следует, что стекло после выдержки почти до 2000 ч в темноте практически не обесцветилось. Хорошая стабильность наведенной окраски позволяет неоднократно измерять оптическую плотность при различных условиях выдержки.

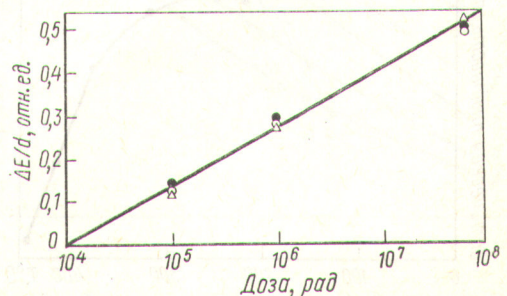


Рис. 1. Зависимость относительного изменения оптической плотности кварцевого стекла КИ от дозы γ -излучения при длине волны 540 нм и исходной толщине образцов 0,7 (●); 1 (○); 3 (Δ) мм

Таблица 1

Обесцвечивание стекла, облученного дозой $2 \cdot 10^7$ рад, при комнатной температуре *

Толщина образца, мм	Время после облучения, ч								Среднее значение
	0,5	1	2	9	12	24	65	1900	
1,0	0,45	0,46	0,45	0,43	0,45	0,45	0,45	0,45	0,449
0,7	0,30	0,28	0,30	0,29	0,29	0,30	0,30	0,29	0,294
3,0	1,92	1,94	1,92	1,92	1,94	1,93	1,90	1,91	1,923

* Оптическая плотность измерена на длине волны 540 нм.

Влияние условий облучения прослежено на пластинках миллиметровой толщины для мощности дозы, изменяемой в пределах от 80 до 4000 P/c ($1P_{\text{г}} = 2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг). Заметного влияния на показания системы измерения интенсивности источника обнаружено не было.

Изучена зависимость интенсивности окраски от температуры в интервале 30—200 °С. Установлено (рис. 2), что в рассмотренных пределах скорость превращения практически не зависит от температуры в зоне облучения. Такое свойство дозиметра весьма ценно, так как делает его пригодным для работы в условиях повышенной температуры.

Был осуществлен поэтапный термический нагрев образцов с выдержкой 0,25 ч при каждом значении температуры. Температурные условия в печи меняли от 20 до 500 °С (см. рис. 2). Следует отметить высокую устойчивость окраски на первом этапе (до 250 °С). Стадия эффективного отжига занимает область 350—480 °С, т. е. наведенная окраска стекла может быть «снята» нагреванием при 400—500 °С.

По наклону кривой температурной зависимости разрушения центра окраски оценена энергия активации процесса. Согласно предварительным результатам, на участке интенсивного обесцвечивания она равна $\sim 0,6$ эВ. Это, а также кинетические закономерности окрашивания, по-видимому, свидетельствуют о том, что радиационный центр обусловлен дефектом структуры, взаимосвязанным с ионом примеси.

После термического отжига ранее облученное стекло вновь подвергали облучению одной определенной дозой или поэтапному накоплению предельной дозы (табл. 2). Неоднократные опыты по схеме облучение — отжиг окраски убедительно доказали, что кратковременная тепловая

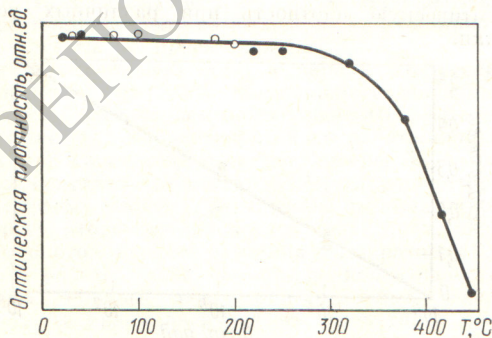


Рис. 2. Отжиг центров окраски при различной температуре облучательной установки (○) и печи (●). Доза излучения 10^6 рад, толщина 1 мм

Таблица 2

Зависимость оптической плотности стекла толщиной 0,7 мм от предыстории образца

Состояние образца	Доза облучения, рад			
	10^6	10^7	$6 \cdot 10^7$	10^8
Исходное	0,20	0,29	0,34	0,36
После первого отжига	0,21	0,28	0,35	0,37
После второго отжига	0,20	0,30	0,35	0,37
После третьего отжига	0,18	0,28	0,31	0,39
Среднее значение	0,198	0,288	0,335	0,373
Погрешность, %	1,01	0,69	2,98	0,54

обработка полностью разрушает наведенные центры окраски и делает систему снова готовой к принятию очередной информации. Чувствительность образца к γ -излучению после отжига практически не изменяется, относительная погрешность в этом случае не превышает 3%.

Таким образом, всестороннее исследование различных характеристик кварцевого стекла КИ показывает, что оно удовлетворяет большинству требований, предъявляемых к абсорбционным дозиметрам, и может быть рекомендовано для испытаний в области средних и высоких доз γ -излучения ($10^4 - 10^8$ рад). Это стекло по сравнению с другими системами имеет то преимущество, что бесцветное вначале, оно при облучении приобретает сиреневую окраску, степень почернения которой растет с дозой, последнее позволяет проводить полуколичественное визуальное дозиметрирование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Becker K. «Nucl. Instrum. Methods», 1965, v. 36, N 2, p. 323.
2. Freytag E. «Health Phys.», 1971, v. 20, N 1, p. 93.
3. Бюргановская Г. В. и др. Действие излучений на неорганические стекла. М., Атомиздат, 1968.

Поступило в Редакцию 28.11.79