



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 99-36
ОРИ

А.Г. Алексеев¹, Н.Н. Бараненков, В.Т. Головачик, В.Н. Лебедев

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ДЕТЕКТОРОВ
ДЛЯ ПАССИВНОГО РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА В ИФВЭ**

¹ E-mail:alexeev@m10.ihep.su

Протвино 1999

Аннотация

Алексеев А.Г. и др. Использование термолюминесцентных детекторов для пассивного радиационного мониторинга в ИФВЭ : Препринт ИФВЭ 99-36. – Протвино, 1999. – 9 с., 8 рис., библиогр.: 7.

В работе рассматривается применение ТЛД в пассивном интегральном радиационном мониторинге на ускорителе ИФВЭ. Дано описание пассивного радиационного монитора и его характеристики. Представлены результаты измерений радиационного фона в санитарно-защитной зоне ускорителя и в районе г.Протвино.

Abstract

Alexeev A.G. et. al. Passive Radiation Monitoring Based on Termoluminescent Detectors at IHEP : IHEP Preprint 99-36. – Protvino, 1999. – p. 9, figs. 8, refs.: 7.

The use of TLD for the passive integral radiation monitoring at the IHEP accelerator is presented. The measurements are based on the passive radiation monitor with Li⁶F & Li⁷F and IKS detectors. The results of radiation measurement around the accelerator and the town of Protvino are considered.

Введение

Термolumинесцентные детекторы (ТЛД) используются в радиационных исследованиях в ИФВЭ уже более 30 лет. Но широкое применение в интегральном (пассивном) радиационном мониторинге они получили только в последние 10–15 лет. Этому способствовал прогресс в разработке как ТЛД, так и ТЛД-систем.

Оперативный радиационный контроль в экспериментальных зонах ускорителей ИФВЭ основан на автоматизированной системе, позволяющей следить за радиационной обстановкой в режиме реального времени. Контроль за радиационным фоном вне экспериментальных зон ведется с помощью периодических измерений мобильными средствами измерения. В то же время значимость и интерес к интегральному радиационному контролю (регистрация и отслеживание накопленной дозы за определенный период, а не мгновенной мощности дозы) повышается в связи с переходом на новые нормы радиационной безопасности НРБ-96. Надо отметить, что в нормах радиационной безопасности регламентируется интегральная величина накопленной дозы за год.

Для радиационного контроля на ускорителе У-70 интегральный контроль радиационной обстановки особенно важен из-за импульсного характера излучения ускорителя. Второе обстоятельство – пассивный интегральный контроль на основе ТЛД позволяет без особых технических трудностей существенно расширить зону наблюдения. Так санитарно-защитная зона (СЗЗ) У-70 составляет 1000 м от орбиты протонов в ускорителе. Протяженность СЗЗ УНК значительно больше. Следует отметить, что интегральный радиационный мониторинг широко используется и в других ускорительных центрах, например в ЦЕРНе [1].

Периодичность контроля определяется уровнями доз и характером работы ускорителя. Исходя из периодичности считывания накопленной интегральной дозы, в ИФВЭ используется 3-уровневая система интегрального пассивного мониторинга:

- мониторинг в экспериментальной зоне У-70 (интегральная доза за сеанс);
- мониторинг в СЗЗ У-70 (интегральная доза за год, по отдельным точкам за сеанс);
- мониторинг вне СЗЗ У-70 (интегральная доза за год).

В настоящей работе представлены методы и средства измерения, используемые в интегральном пассивном радиационном контроле, и некоторые результаты измерений радиационной обстановки в СЗЗ У-70 за последние 10 лет.

1. Метод измерения

Интегральный пассивный радиационный контроль позволяет проводить мониторинг следующих видов излучения:

- нейтронов с энергией ниже 20 МэВ;
- фотонов и заряженных частиц (мюонов);

1.1. Пассивный радиационный монитор

Пассивный радиационный монитор (ПРМ) представляет собой полиэтиленовый шаровой замедлитель диаметром 24,7 см. В центре замедлителя помещаются ТЛД типа LiF: два детектора с обогащением по изотопу Li^6 , два – по Li^7 . Разность показаний этих двух типов ТЛД определяет чувствительность Li^6F к тепловым нейтронам. Для мониторинга нейтронного контроля используются ТЛД типа ДТГ-4 производства Института геохимии г.Иркутска. Обсчет ТЛД выполнялся на ТЛД-дозиметре ДТУ-01.

Градуировка ПРМ выполняется в три этапа. Первый – градуировка ТЛД в единицах поглощенной дозы (Гр) проводится на образцовом источнике фотонов ^{137}Cs . Второй этап градуировки ПРМ, в единицах эквивалентной дозы нейтронов, выполняется на образцовом источнике нейтронов Ru-Be.

Третий этап градуировки – градуировка ПРМ в единицах эквивалентной дозы в реальном поле излучения в точке мониторирования. В качестве образцового средства измерения используются дозиметр смешанного излучения на основе набора ионизационных камер [2] и спектрометрический вариант ПРМ [3]. Первый дозиметр используется в полях излучения с достаточно высокими уровнями излучения (выше 0,05 мЗв/ч), второй – при более низких. Как было показано в работе [4], диапазон систематической погрешности измерения эквивалентной дозы нейтронов с помощью ПРМ в зависимости от спектра нейтронов за защитой ускорителя может составлять от +100 до -200%. Введение поправки уменьшает эту погрешность до 20%.

Порог регистрации эквивалентной дозы нейтронов ПРМ – 0,03 мЗв при использовании ДТГ-4 и ДТУ-01.

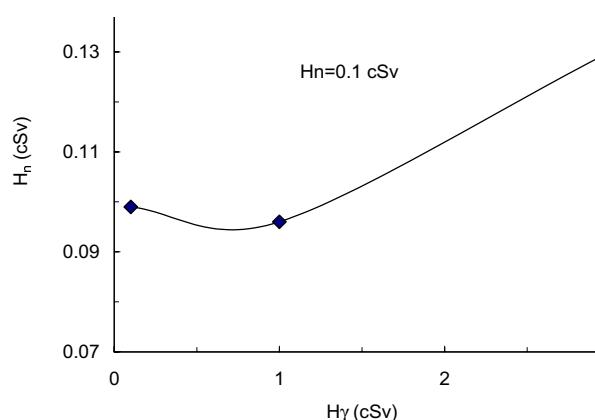


Рис. 1. Зафиксированная эквивалентная доза нейтронов в зависимости от фона фотонного излучения.

Дополнительная погрешность измерения эквивалентной дозы нейтронов за счет чувствительности ТЛД к фотонам не превышает 30% при условии, что доза нейтронов составляет более 3% от дозы фотонов. На рис.1 представлено отношение зарегистрированной эквивалентной дозы нейтронов с помощью ПРМ к истинной; облучение выполнялось на Ru-Be-источнике нейтронов. ПРМ облучался дозой 0,1 сЗв, затем проводилось облучение на источнике фотонов дозами от 0,1 до 3 сЗв. Видно, что при условии, когда доза нейтронов составляет или выше 5% дозы фотонов, дополнительная погрешность за счет чувствительности ТЛД к фотонам не велика.

1.2. Детекторы ИКС

Для мониторирования радиационного фона вне санитарно-защитной зоны У-70 начиная с 1986 г. используются радиотермолюминесцентные детекторы ИКС, которые чувствительны к фотонному и мюонному излучению. Оценки показывают, что вкладом в суммарную эквивалентную дозу нейтронов вне СЗЗ У-70 можно пренебречь. Обработка детекторов проводится на приборе ИКС-Ц [5].

2. Мониторинг радиационной обстановки

2.1. Экспериментальная зона ускорителя

Основной контроль за уровнем импульсного нейтронного излучения за защитой ускорителя У-70 осуществляется автоматизированной системой радиационного контроля (ACPK). АСРК представляет собой автоматизированную систему сбора информации с расположенных в различных местах экспериментальной зоны радиационных мониторов (PM). АСРК позволяет регистрировать как мгновенную мощность эквивалентной дозы (за цикл ускорителя), так и интеграл за сеанс. Радиационный монитор АСРК представляет собой полиэтиленовый шаровой замедлитель диаметром 24,7 см, в центре которого расположен счетчик Гейгера с родиевым конвертором [6]. Схема расстановки PM представлена в работе [7]. Начиная с 1989 г. в 13 точках расположения PM АСРК проводились измерения интегральной дозы за сеанс с помощью ПРМ. За каждый сеанс фиксировалась интегральная эквивалентная доза нейтронов, измеренная с помощью PM и ПРМ. На рис.2 представлено отношение измеренных величин в зависимости от интегральной дозы по показаниям ПРМ. Представлены данные по всей совокупности измерений за разные сеансы ускорителя и по разным точкам измерений. Рост отношения показаний PM к ПРМ с уменьшением интегральной дозы объясняется наличием собственного фона у PM. Необходимо отметить, что оба типа детекторов имеют замедлитель одинакового диаметра (один и тот же энергетический диапазон регистрации нейтронов), градуировка проводилась в одинаковых условиях. В то же время разница в показаниях при дозах ниже 1 cЗв достигает 200–300%. Это указывает на то, что данные АСРК по интегральным дозам за сеанс можно использовать только для оценки уровня нейтронного излучения с погрешностью 200%.

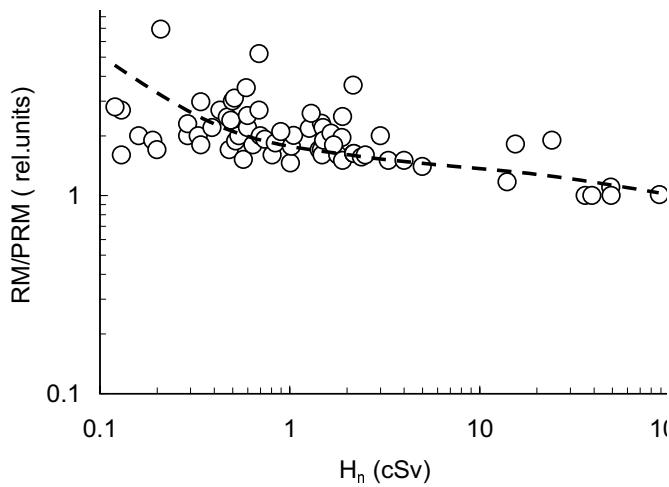


Рис. 2. Отношение показаний ПРМ и PM в зависимости от эквивалентной дозы нейтронов.

2.2. СЗЗ ускорителя

Уровни излучения вне экспериментальной зоны ускорителя, но внутри СЗЗ, существенно ниже, чем в местах расположения РМ АСРК. Вторым ограничением использования АСРК в СЗЗ является значительное удаление точек измерения. Начиная с 1994 г. в СЗЗ У-70, внутри периметра технической площадки, ведутся периодические измерения уровня радиационного фона с помощью ПРМ. Схема расположения ПРМ представлена на рис.3. Описание схемы расстановки дозиметров дано в приложении. На рис.4 представлены интегральные эквивалентные дозы за сеанс У-70 по 11 точкам мониторирования. На рис. 5 представлено отношение эквивалентной дозы фотонов и заряженных частиц к эквивалентной дозе нейтронов по тем же точкам, измеренное за 3 сеанса ускорителя 1996-1997 гг. Начиная с 1996 г. интегральная доза уменьшается, что объясняется, с одной стороны, сокращением времени работы ускорителя, с другой – проведением работ по усилению защиты У-70. Вклад нейтронов в полную дозу сильно зависит от места расположения монитора и может составлять от 5 до 60%. С удалением от ускорителя вклад нейтронов уменьшается. Второй существенный фактор, уменьшающий вклад нейтронов – наличие мюонного фона от каналов частиц. Это указывает на то, что контроль только по одному виду излучения не достаточен и может привести к существенной недооценке полной эквивалентной дозы.

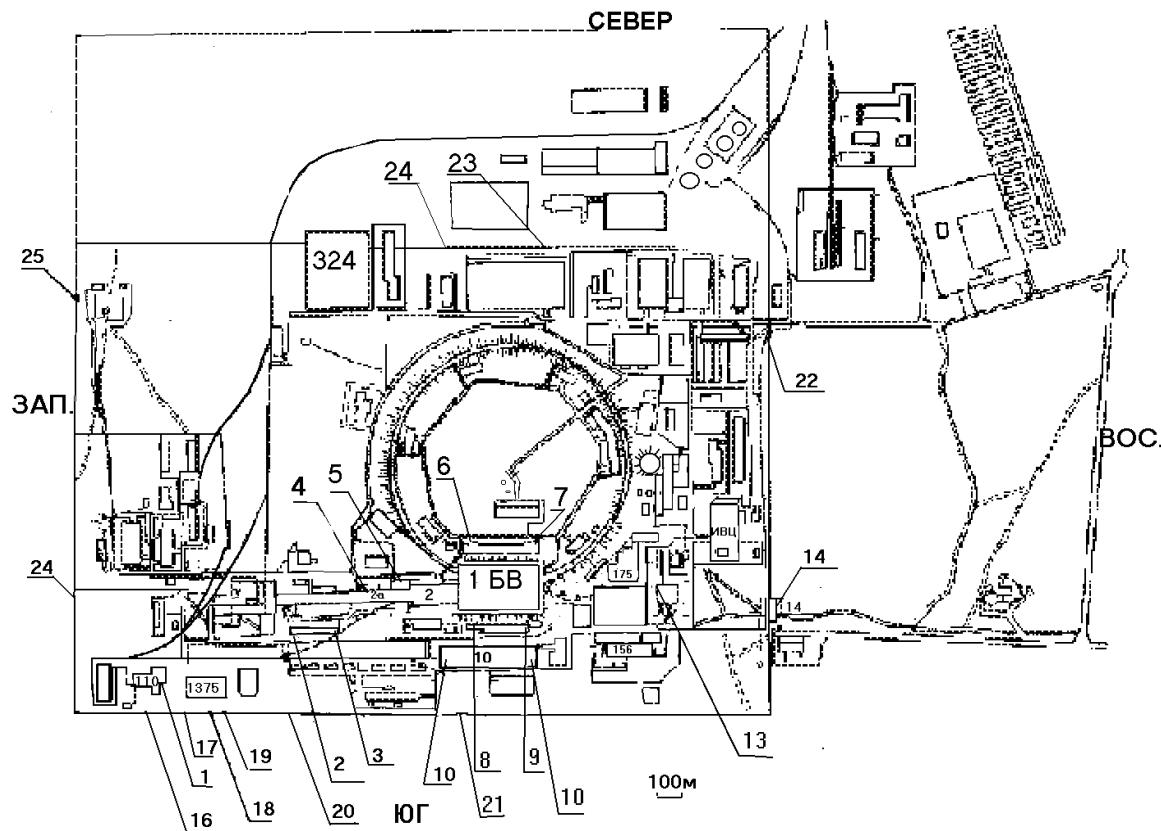


Рис. 3. Схема расположения точек мониторирования в СЗЗ У-70.

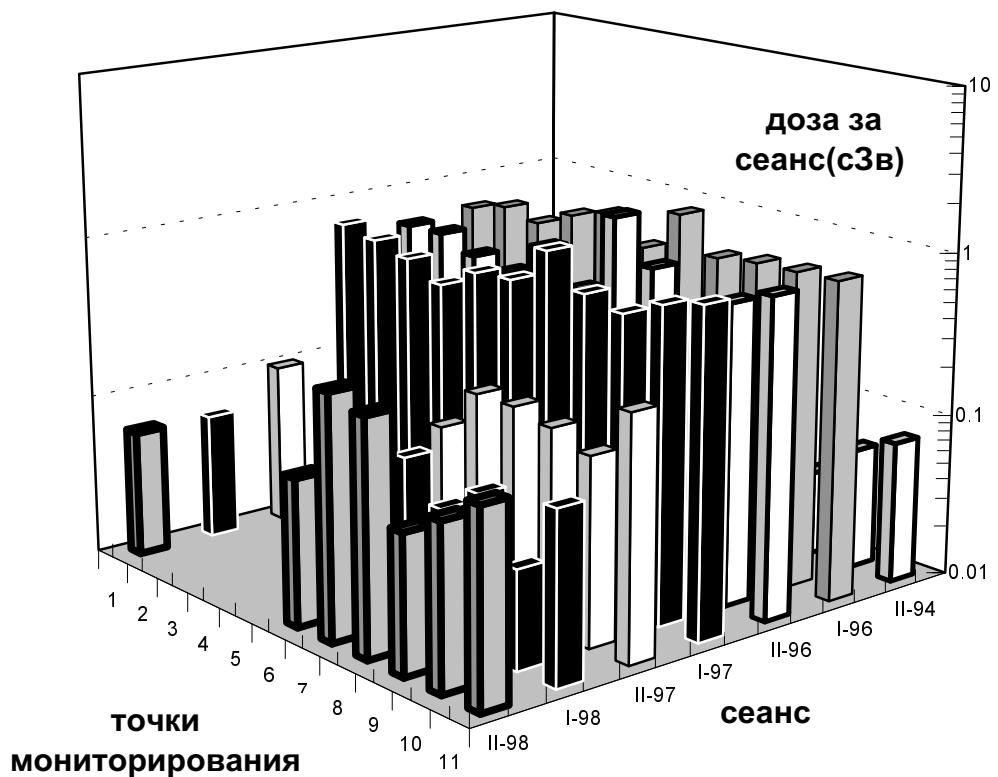


Рис. 4. Интегральные дозы за сеанс.

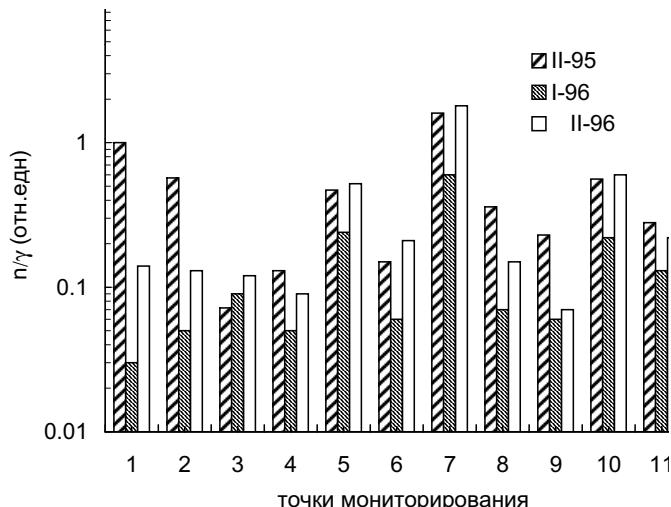


Рис. 5. Отношение вклада фотонов и нейтронов в эквивалентную дозу.

2.3. Мониторинг вне СЗЗ ускорителя

После Чернобыльской катастрофы в 1986 г. произошел резкий всплеск интереса к радиоэкологическим проблемам. В частности, к техногенному влиянию предприятий на радиационный фон. В связи с этим, с 1986 г. были начаты систематические измерения радиационного фона в районе г.Протвино. Другая задача этого мониторинга – определение радиационного фона до запуска УНК. Именно эта вторая задача и определяла схему

расстановки дозиметров (рис.6). Так как вне СЗЗ вклад нейтронного излучения пренебрежимо мал, велся только контроль фотонного излучения с помощью ИКС-детекторов. На основании многолетних наблюдений (с 1966 г.) установлено, что для района Протвино уровень естественного фона внешнего облучения с учетом пространственных и временных флюктуаций колеблется в пределах от 0,5 до 1,0 мЗв/год и составляет в среднем 0,65 мЗв/год. На рис.7 представлены зафиксированные значения годовой дозы фотонного излучения по периметру СЗЗ У-70 за 1986–1996 гг. Видно, что фон фотонного излучения за данный период не менялся в указанных выше пределах. О том же говорят данные по всей совокупности измерений в районе Протвино. На рис.8 представлены данные за период 1994–1996 гг. по всем точкам мониторирования вне СЗЗ У-70. Незначительно более высокий уровень радиационного фона фиксирован в точке мониторирования 37 (1,5–1,7 мЗв/год, добавка порядка 1 мЗв/год над средним естественным фоном). Повышенный фон объясняется отсыпкой породы из строящегося туннеля УНК в зоне точки мониторирования. Данный фактор относится к техногенному повышению естественного радиационного фона и не связан с работой ускорителя.

Заключение

Опыт проведения интегрального радиационного мониторинга в ИФВЭ показал необходимость такого элемента в системе радиационного контроля на ускорителе. Интегральный радиационный контроль является промежуточным звеном между автоматизированной системой непрерывного радиационного контроля и индивидуальным дозиметрическим контролем (ИДК). Это связано с тем, что АСРК по техническим причинам не может охватить всю территорию СЗЗ и больше нацелено на контроль за источником излучения. Данные, полученные по ИДК, требуют территориальной привязки для определения причин облучения персонала. Для этого случая больше подходят данные интегральных доз за сеанс, чем мгновенные значения мощности дозы по данным АСРК. Прогресс в разработке высокочувствительных нейтроночувствительных ТЛД и ТЛД-систем позволяет решать проблему мониторирования в соответствии с требованиями международных и национальных норм.

Авторы выражают благодарность С.Л. Кучинину и В.Н. Кустареву за поддержку и интерес к данной работе.

Список литературы

- [1] Fasso A. et al.// NIM, 1997, v. A384, p. 531-538.
- [2] Алексеев А.Г., Быстров Ю.В., Головачик В.Т., Харлампиев С.А. – Препринт ИФВЭ 98-68, Протвино, 1998.
- [3] Алексеев А.Г., Бараненков Н.Н. и др. – Препринт ИФВЭ 99-25, Протвино, 1999.
- [4] Алексеев А.Г., Лебедев В.Н., Харлампиев С.А. – Препринт ИФВЭ 95-47, Протвино, 1995.
- [5] Бараненков Н.Н., Головачик В.Т., Кустарев В.Н. и др. – Препринт ИФВЭ 89-122, Серпухов, 1989.
- [6] Бородин В.Е. и др. – Препринт ИФВЭ 75-135, Серпухов, 1975.
- [7] Бородин В.Е. и др. – Препринт ИФВЭ 98-42, Протвино, 1998.

Рукопись поступила 6 июля 1999 г.

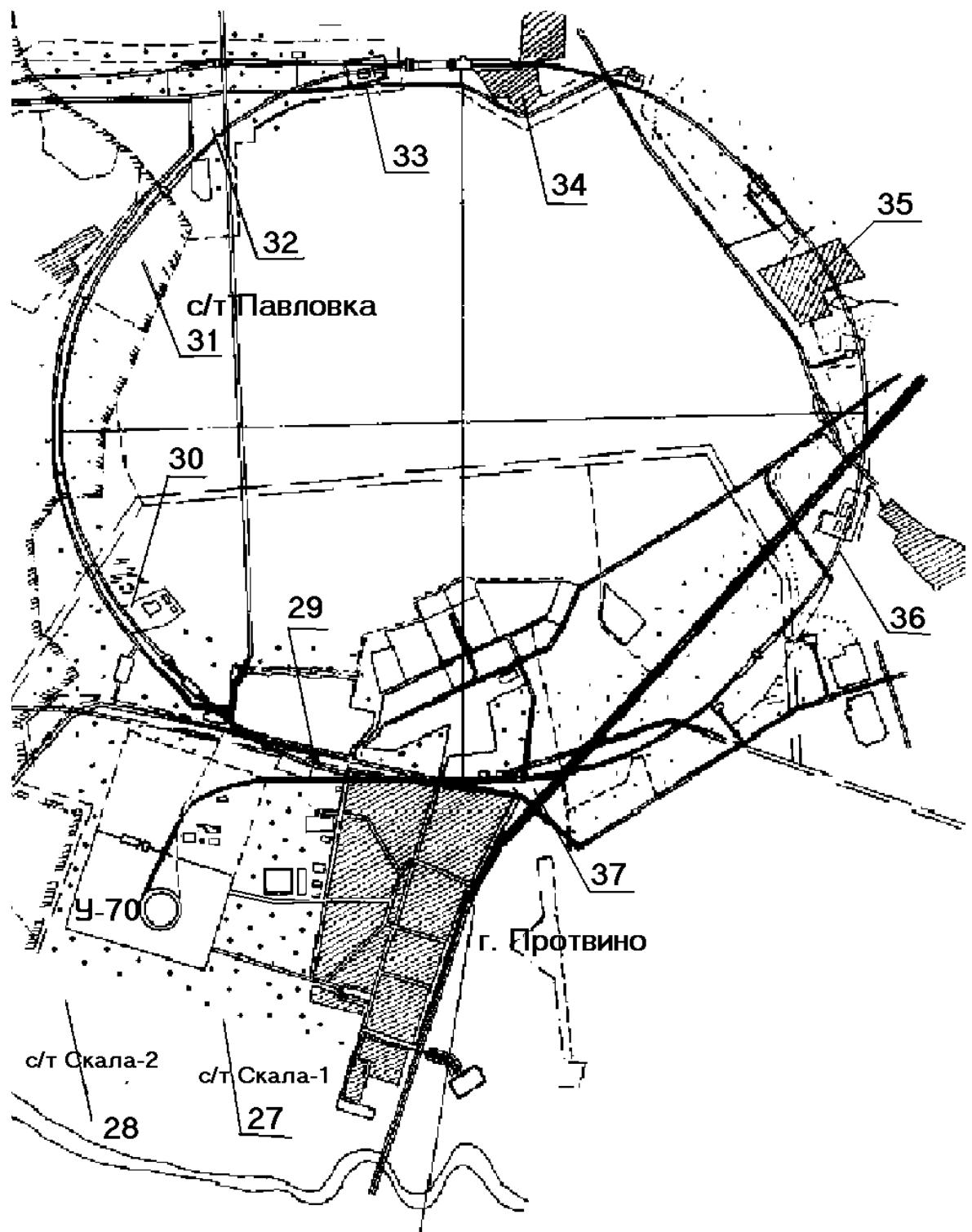


Рис. 6. Схема расстановки дозиметров в районе г.Протвина.

Радиационный фон по периметру СЗЗ У-70 за 86-97 гг.

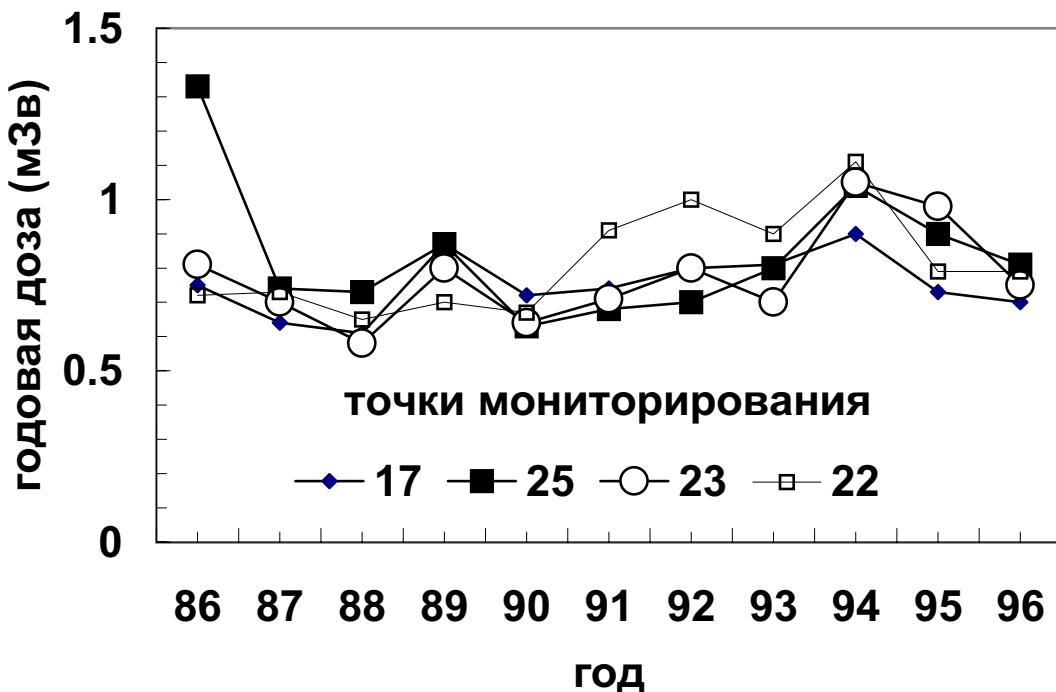


Рис. 7. Измеренные значения годовой дозы радиационного фона по периметру СЗЗ У-70 за 1986-1997 гг.

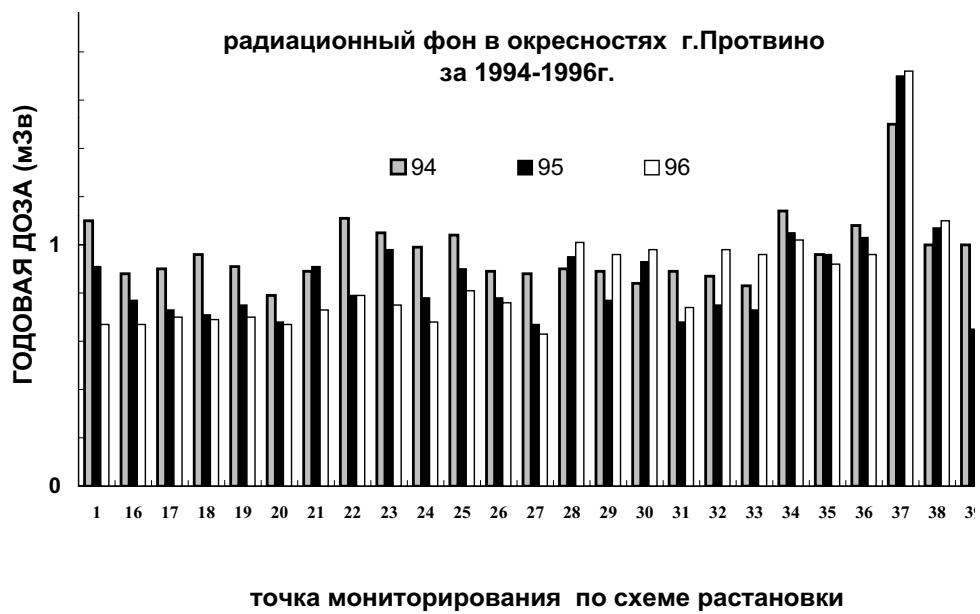


Рис. 8. Радиационный фон в окрестностях г.Протвино в 1994-1996 гг.

Приложение

Схема расстановки детекторов пассивного радиационного контроля в СЗЗ и зоне наблюдения УНК

1. Здание 110, пом. 221.
2. Здание 173, пом. 338.
3. Здание 173, пом. 302.
4. Здание 2Б.
5. Здание ПК, ком. 22.
6. Здание 8, пом. 201.
7. Здание 8, пом. 235.
8. Здание 7, пом. 220.
9. Здание 7, пом. 229.
10. Здание 10, тиристорный зал.
11. Здание 10, пом. 327.
12. Здание 175, верхний этаж, юго-западный угол.
13. Здание 13А (новая столовая), северо-западный угол.
14. Здание 14 (проходная), северо-западный угол.
15. Здание 5/5 (вентиляционный бокс), южный угол.
16. Южная сторона периметра тех.площадки, на ограждении, напротив 110 зд.
17. Южная сторона периметра тех.площадки, на ограждении, напротив западной стороны 1375 зд.
18. Южная сторона периметра тех.площадки, на ограждении, напротив середины южной стороны 1375 зд.
19. Южная сторона периметра тех.площадки, на ограждении, напротив восточной стороны 1375 зд.
20. Южная сторона периметра тех.площадки, на ограждении, напротив 22/4 (крайняя градирня).
21. Южная сторона периметра тех.площадки, на ограждении, напротив западной стороны 10 зд.
22. Восточная сторона периметра тех.площадки, на ограждении, у 2-й проходной.
23. Северная сторона периметра тех.площадки, на ограждении, напротив восточной стороны 222 зд.
24. Северная сторона периметра тех.площадки, на ограждении, напротив западной стороны 222 зд.
25. Западная сторона периметра тех.площадки, на ограждении, напротив 199А (свалка).
26. Западная сторона периметра тех.площадки, на ограждении, напротив южной стороны периметра криогенного цеха.
27. С/Т Скала-1.
28. С/Т Скала-2.
29. Здание 1021 УНК.
30. Здание 1016 УНК.
31. С/Т Павловка.
32. Здание 1013 УНК.
33. Здание 1012 УНК.
34. Деревня Шатово.
35. Деревня Новики.
36. Деревня Калиново.
37. Кольцо гаражи-дорога на Серпухов.
38. Протвино, Лесной 17-10.
39. Протвино, Молодежный 7-104.

А.Г. Алексеев и др.
Использование термолюминесцентных детекторов для пассивного радиационного мониторинга в ИФВЭ.

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы L^AT_EX.
Редактор Л.Ф. Васильева. Технический редактор Н.В. Орлова.

Подписано к печати 08.07.99. Формат 60 × 84/8. Офсетная печать.
Печ.л. 1,12. Уч.-изд.л. 0,9. Тираж 130. Заказ 136. Индекс 3649.
ЛР №020498 17.04.97.

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий
142284, Протвино Московской обл.

Индекс 3649

П Р Е П Р И Н Т 99-36, И Ф В Э, 1999
