

ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ НА РАДИАЦИОННУЮ ОБСТАНОВКУ В ЗОНЕ МОНТАЖА НОВОГО БЕЗОПАСНОГО КОНФАЙНМЕНТА

**В. Г. Батий, С. И. Глебкин, В. В. Егоров, Л. И. Павловский,
С. А. Паскевич, А. А. Правдивый, В. М. Рудько, А. И. Стоянов, Д. В. Федорченко**

Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Чернобыль

Приведены результаты измерений относительного вклада гамма-излучения в мощность дозы для зон производства работ по строительству нового безопасного конфайнмента. Проведен анализ данных, позволивший идентифицировать основные источники гамма-излучения, а также систематизировать полученные результаты.

Введение

Одной из основных проблем при строительстве нового безопасного конфайнмента (НБК) является сложная радиационная обстановка вблизи объекта "Укрытие". Для уменьшения коллективной эффективной дозы при строительстве было принято решение о монтаже основной части НБК на промплощадке объекта "Укрытие" и последующей ее надвигке. Тем не менее, даже на заметном (100 м и более) расстоянии от объекта "Укрытие" мощность экспозиционной дозы (МЭД) продолжает оставаться значительной.

В силу того, что защита расстоянием не позволяет добиться приемлемых условий проведения работ, возникает задача организации, в максимально возможной степени, биозащиты зон производства работ.

Как было показано в работе [1], для корректного расчета доз и оптимизации биозащиты при производстве работ необходимы данные об угловых распределениях гамма-излучения, т.е. о направлениях на источники излучения, дающих основной вклад в МЭД на рабочих местах.

Эта задача может быть решена при помощи разработанных в ИПБ АЭС методик и установок [2 - 6], адаптированных для реальных условий объекта «Укрытие», а также его локальной зоны и промплощадки. Ранее [2] с их помощью были проведены предпроектные исследования в зонах производства работ по стабилизации.

В рамках предпроектных исследований изучены пространственные, угловые и энергетические характеристики гамма-излучения в зонах монтажа НБК и строительства технологического комплекса.

В настоящей работе для оценки влияния основных источников излучения на радиационную обстановку выполнены измерения угловых распределений гамма-излучения от основных источников и проведен анализ закономерностей изменения вклада от основных источников для различных рабочих мест.

Общий методический подход

Для определения вклада в МЭД от основных источников проводились измерения интенсивности гамма-излучения из различных направлений при помощи установок: ШД-1 (шаровой детектор), "Экран", СЕГ-04К (коллимированный переносный спектрометр).

Исследования выполнялись в соответствии со специально разработанной методикой, которая включала:

изучение имеющегося картографического материала, на который наносились зоны проведения работ;

сбор и анализ имеющихся данных по МЭД в зонах предполагаемого производства работ;

определение участков с неравномерными радиационными условиями;

- определение зон с близкими радиационными условиями;
- определение зон и направлений с монотонно изменяющимися радиационными условиями;
- вынос в натуру и визуальное обследование зон с различными радиационными условиями;
- определение местоположения точек проведения измерений с учетом топологических особенностей местности, наличия объектов, экранирующих источники, а также с учетом результатов анализа имеющихся данных по МЭД в зонах предполагаемого производства работ. При этом большая плотность измерений планировалась в зонах с наибольшим градиентом МЭД. В зонах с равномерным распределением МЭД планировалось небольшое количество измерений с целью минимизации дозозатрат при проведении измерений. В непосредственной близости от экранирующих объектов измерения, как правило, не планировались;
- выбор методик и установок для проведения измерений в зависимости от уровня МЭД;
- выполнение исследований и их анализ.

Результаты исследований

На рис. 1 представлено расположение мест измерений угловых распределений гамма-излучения. Как видно из рисунка, эти измерения выполнены в пределах площади участков 1 (зона монтажа НБК), участка 2 (зона строительства технологического комплекса), а также между плоскостями измерений № 2 и № 3 (зона проведения вспомогательных работ). Измерения при помощи установки "Экран" проведены в 32 точках, при помощи установки ШД-1 - в 14 точках, при помощи установки СЕГ-04К - в 7 точках (см. рис. 1).

В качестве примера приведены некоторые результаты измерений в точке 25 при помощи СЕГ-04К (рис. 2). Измерения под углом 15° вверх по различным азимутам показывают, что максимум наблюдался в направлении блока Б в диапазоне азимутов $135^\circ - 150^\circ$ (3824 ± 17 и 3699 ± 15 имп./с соответственно). Вторым, более слабым, источником наблюдался в районе верхних отметок деаэрационной этажерки (ДЭ) - 2410 ± 40 имп./с. Видно, что излучение с юго-восточного угла хранилища жидких и твердых радиоактивных отходов (ХЖТО) - азимут 45° , 981 ± 14 имп./с - больше, чем со средней части ХЖТО - азимут 0° , 546 ± 9 имп./с. По этим азимутам (0° и 45°) были проведены измерения и в горизонтальной плоскости (под углом 0° к горизонту). Результаты измерений (227 ± 6 и 263 ± 3 имп./с соответственно) указывают, что источник находится в верхней части юго-восточного угла ХЖТО. В направлении на центральный зал (азимут 135°) были проведены измерения под несколькими углами в вертикальной плоскости. Наибольшая интенсивность наблюдается под углом 15° вверх, однако регистрируется и достаточно интенсивное излучение под углом 70° вверх (1880 ± 30 имп./с) и даже под углом 90° вверх (1130 ± 20 имп./с). Т.е. наблюдается рассеянное в воздухе гамма-излучение "небесное сияние".

Аналогичные результаты получены в этой точке при помощи ШД-1 (рис. 3). МЭД обусловлена, в основном, протяженным источником в восточном и юго-восточном направлениях (азимут от 90° до 190°), причем максимум (до $0,5$ мР/(ч·см)) наблюдается по азимуту около 140° (направление на блок Б). Заметен вклад от излучения со стороны ДЭ (азимут 180°) и под углами $70^\circ - 90^\circ$ вверх в направлении блока Б. Заметен источник под углом примерно 40° - в направлении юго-восточного угла ХЖТО.

В таблице приведены интегральные МЭД и их относительный вклад в МЭД гамма-излучения из различных основных направлений. Данные, полученные при помощи установки "Экран" (ЭУ) взяты непосредственно из эксперимента. Данные по ШД-1 (Ш) получены интегрированием угловых распределений в соответствующих телесных углах при помощи специально разработанной программы Ekran.

Относительный вклад в МЭД от излучения с различных основных направлений

Номер точки	Номер измерения	Интегральная МЭД, мР/ч	Вклад в МЭД по направлениям, %					
			Север	Восток	Юг	Запад	Верх	Низ
5	Ш17	8,5	9	50	13	7	13	9
6	Ш18	4,5	27	19	12	13	21	8
7	Ш19	3,7	8	10	34	9	22	17
8	Ш20	4,5	12	34	19	10	15	10
9	ЭУ27	4,4	10	33	32	9	11	6
11	Ш21	9,5	10	50	9	6	19	7
12	Ш22	8,7	14	40	11	13	13	9
13	ЭУ22	9,0	11	21	17	2	12	37
25	Ш25	4,6	17	17	29	11	15	10
35	Ш27	5,5	17	29	20	11	13	10
41	Ш33	6,3	9	71	3	6	8	3
42	Ш35	6,6	14	34	15	10	15	13
43	ЭУ32	1,4	8	54	13	7	12	6
44	ЭУ33	1,4	14	34	14	10	14	14
45	ЭУ34	1,2	8	50	14	8	12	7
46	Ш39	0,9	14	33	10	17	10	17
47	ЭУ36	0,6	11	42	13	10	12	12
48	ЭУ37	0,5	10	47	15	10	12	6
49	ЭУ38	1,3	11	48	10	7	19	6
50	ЭУ39	1,0	7	42	16	8	18	9
51	ЭУ40	2,2	9	52	10	7	16	6
52	ЭУ41	1,3	7	45	18	9	13	8
53	Ш34	7,1	15	17	29	6	23	9
54	Ш38	7,9	9	48	7	13	15	7
55	ЭУ43	0,9	11	52	11	9	12	6
57	Ш36	5,6	12	34	20	12	15	7
58	ЭУ46	2,3	7	55	9	6	17	5
62	ЭУ47	2,2	9	44	11	7	16	14
63	ЭУ48	0,9	8	53	9	7	14	8
64	ЭУ49	0,9	9	49	11	8	16	7
65	ЭУ44	11,4	6	27	25	7	28	7
66	ЭУ45	9,1	9	30	24	12	14	11

Угловое распределение, полученное в точке 12 при помощи ШД-1 (рис. 4) заметно отличается: более четко выражен максимум излучения из направления северной части блока Б (азимут 75°), слабее - с лестнично-лифтового блока (азимут 105°) и машинного зала (азимут $120 - 160^\circ$). В нижней полусфере наблюдаются источники, связанные с поверхностными загрязнениями (азимут $270 - 340^\circ$).

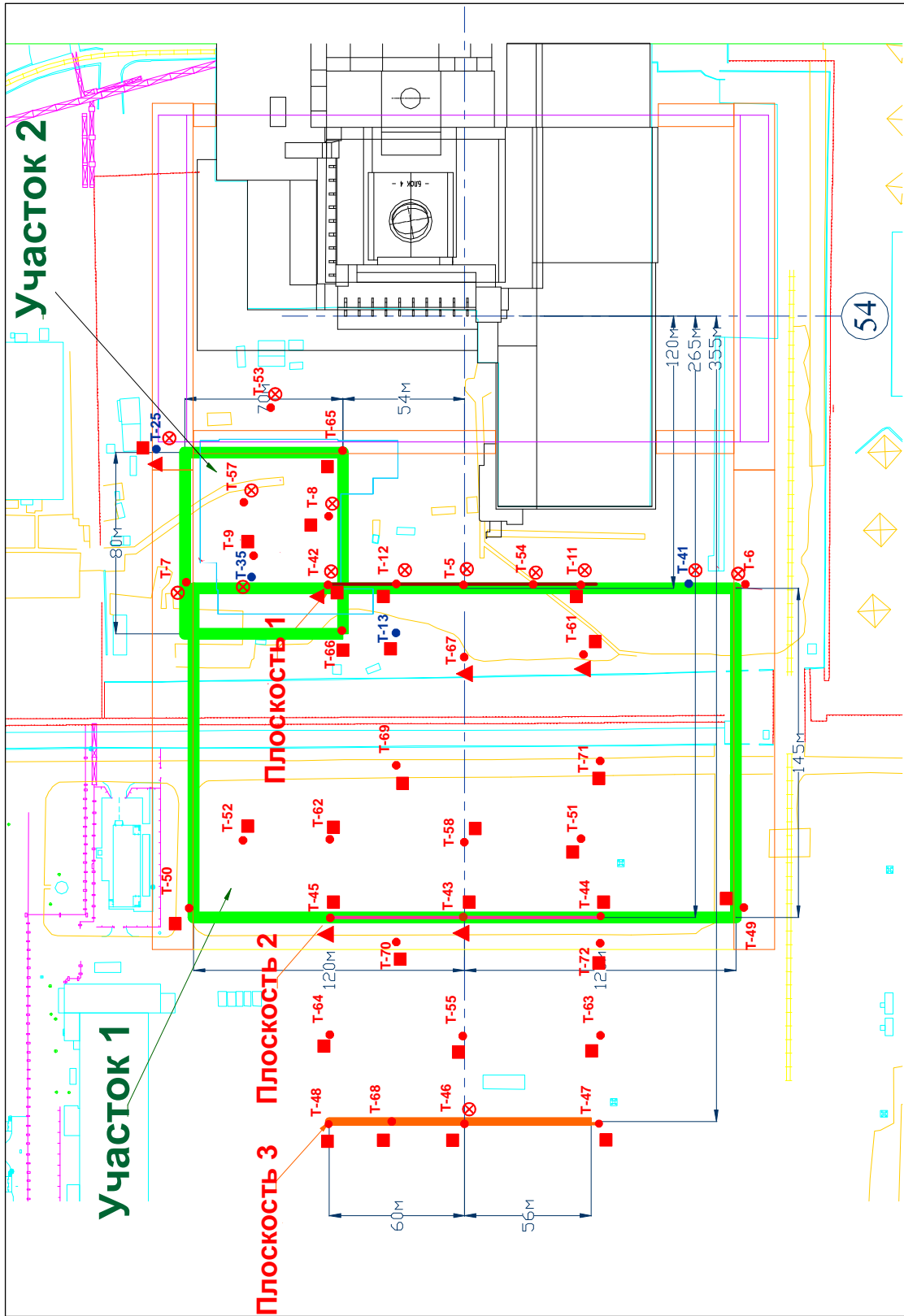


Рис. 1. Расположение мест измерений угловых распределений:
 • - место проведения измерений; ■ - "Экран", ⊗ - ШД-1, ▲ - СЕР-04К.

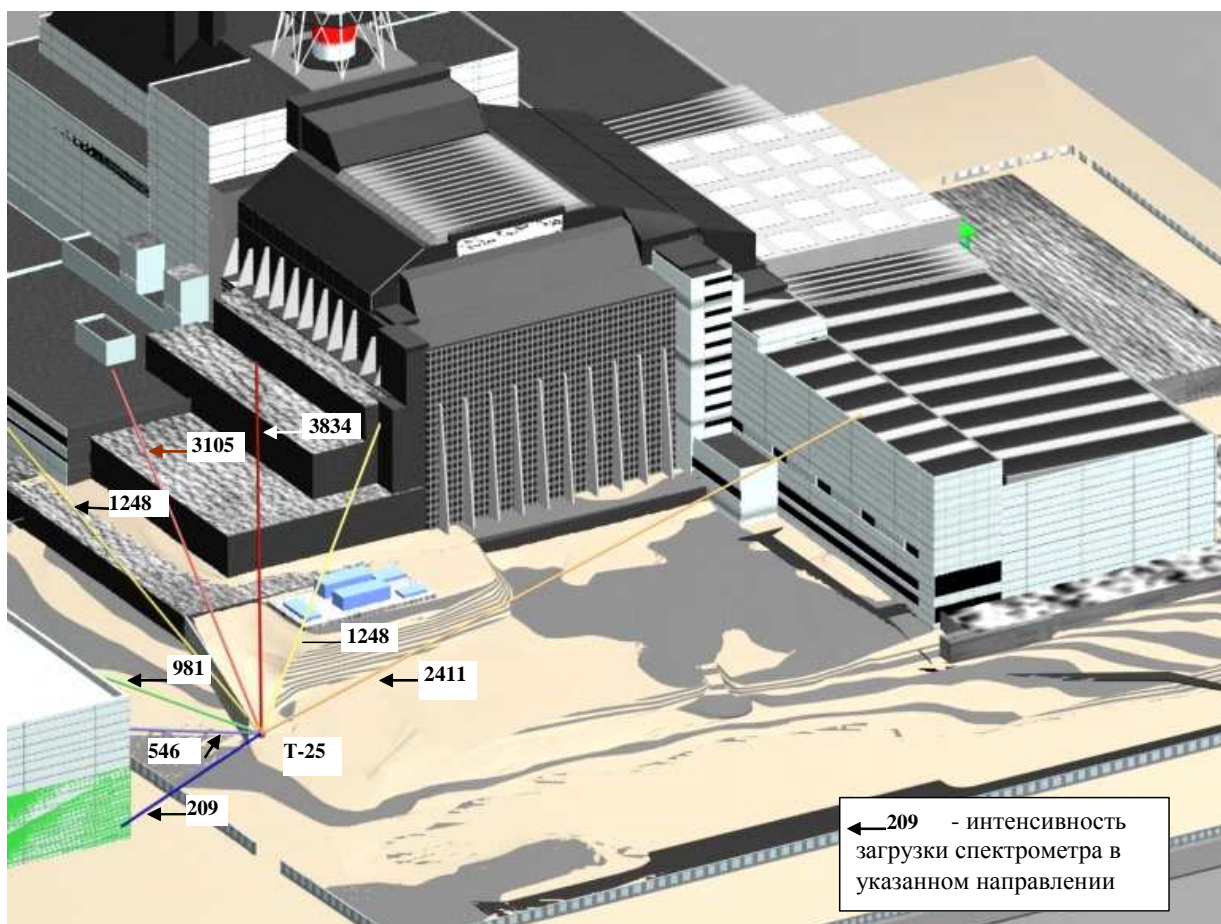


Рис. 2. Относительные интенсивности гамма-излучения в точке 25.

В точке 5 (рис. 5) наблюдаются те же два основных источника, что и в предыдущих точках, однако более интенсивно проявляется источник в районе лестнично-лифтового блока.

Это можно объяснить тем, что в точке 5, по сравнению с точкой 12, расстояние до скоплений радиоактивных отходов (РАО) в северной части блока Б и толщина экранирования (за счет увеличения угла) несколько увеличилось, а до скоплений РАО в районе лестнично-лифтового блока - уменьшилось. Заметен и менее интенсивный, протяженный источник гамма-излучения со стороны машинного зала.

Результаты измерений в точке 54 при помощи ШД-1 представлены на рис. 6. Эта точка (см. рис. 1) экранирована от блока Б машинным залом и ДЭ. На рисунке наблюдается один интенсивный источник в направлении верхних отметок машинного зала по азимуту 105° . Существенно менее интенсивное излучение наблюдается из других направлений (по азимуту $60 - 90^\circ$).

По этим же азимутам наблюдается "небесное сияние". Исходя из этого, можно предположить, что слабый протяженный источник - это ослабленное гамма-излучение скоплений РАО в блоке Б.

Результаты измерений в точке 41 при помощи ШД-1 представлены на рис. 7. Хорошо идентифицируется тот же, что и в точке 54 (см. рис. 6) источник, но теперь он виден под углом примерно 40° по азимуту. Можно утверждать, что источником является загрязненная в результате аварии крыша машинного зала. Следует обратить внимание, что положение менее интенсивного источника (находящегося по азимуту $60 - 90^\circ$) существенно не изменилось. Это говорит о том, что менее интенсивный источник находится на гораздо большем расстоя-

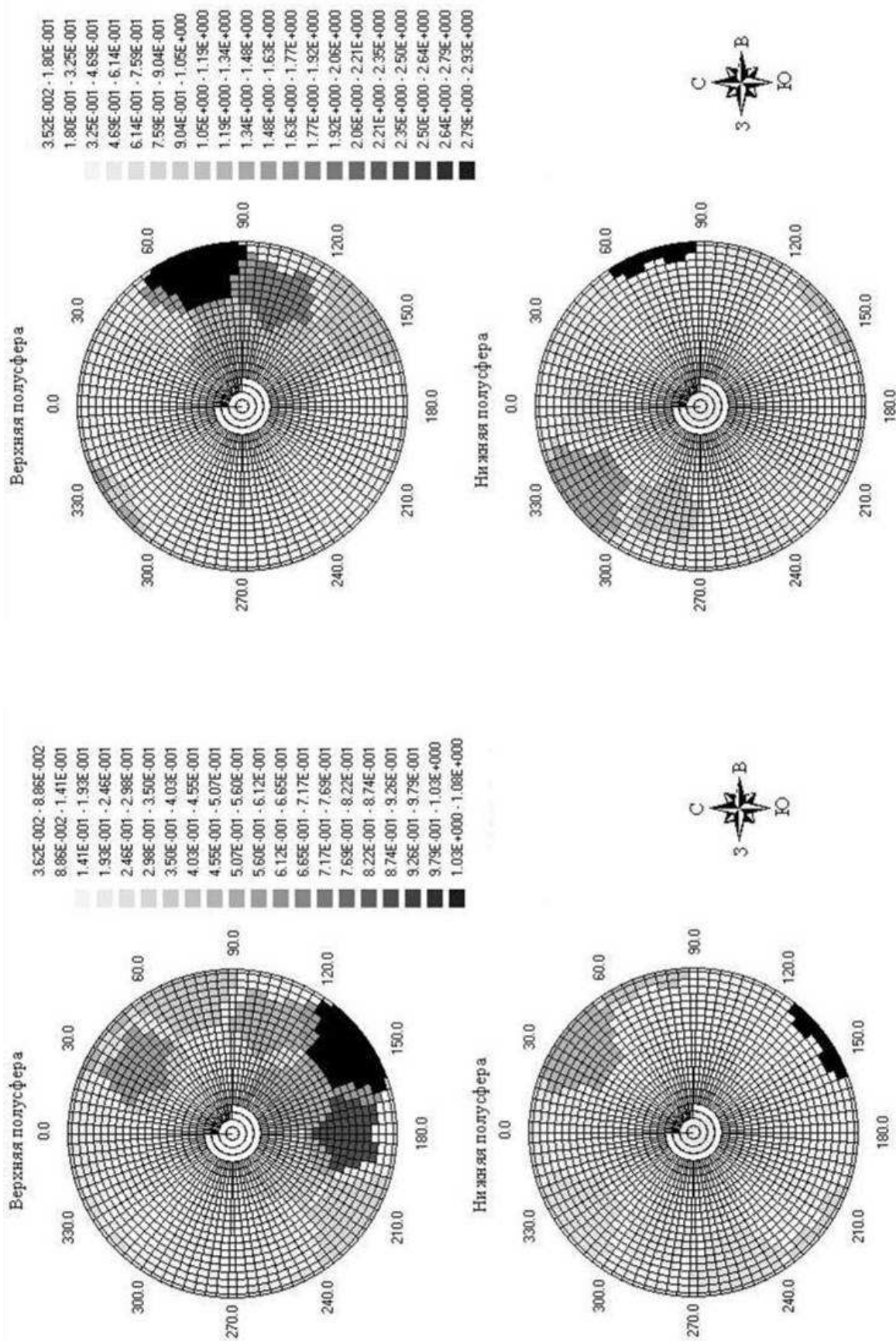


Рис. 4. Картограмма углового распределения интенсивности гамма-излучения на высоте 1 м в точке 12, $\text{мР}\cdot\text{ч}^{-1}\cdot\text{ср}^{-1}$.

Рис. 3. Картограмма углового распределения интенсивности гамма-излучения на высоте 1 м в точке 25, $\text{мР}\cdot\text{ч}^{-1}\cdot\text{ср}^{-1}$.

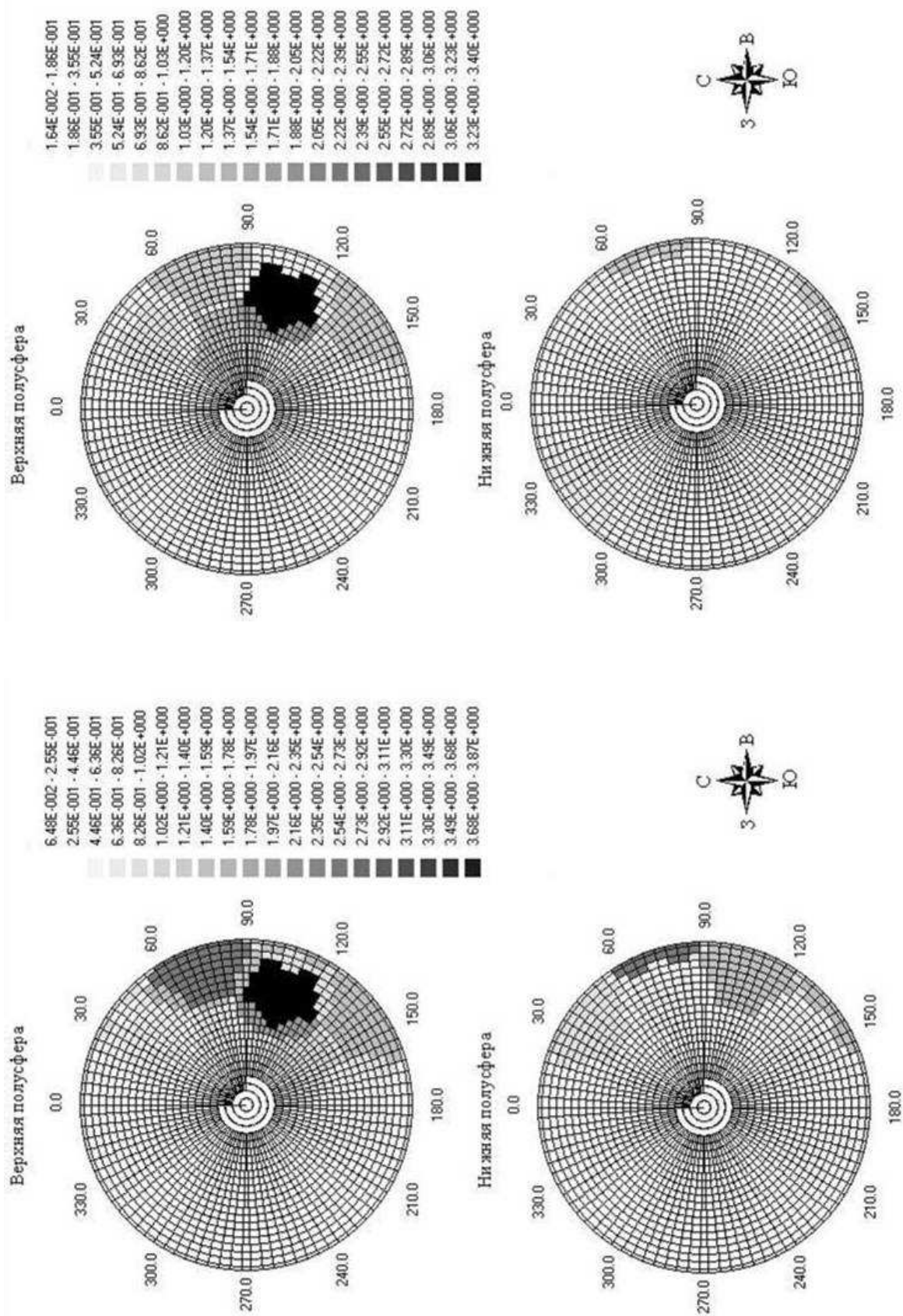


Рис. 5. Картограмма углового распределения интенсивности гамма-излучения на высоте 1 м в точке 5, $\text{мР}\cdot\text{ч}^{-1}\cdot\text{ср}^{-1}$.

Рис. 6. Картограмма углового распределения интенсивности гамма-излучения на высоте 1 м в точке 54, $\text{мР}\cdot\text{ч}^{-1}\cdot\text{ср}^{-1}$.

нии и подтверждает предположение о том, что он идентифицируется как ослабленное излучение от блока Б. Из рисунка видно, что "небесное сияние" наблюдается под этими же углами.

Результаты измерений в точке 46 при помощи ШД-1 представлены на рис. 8. На рисунке четко выражено пятно, обусловленное излучением основных источников в блоке Б (максимум - 0,09 мР/(ч·см)). Также видно "небесное сияние" под большими углами вверх. В верхней полусфере виден второй достаточно интенсивный источник по азимуту примерно 105° (со стороны машинного зала). На картограмме в нижней полусфере видны дополнительные источники, связанные с неоднородным поверхностным загрязнением техногенного слоя.

Анализ общих закономерностей

Анализ изменения угловых распределений вдоль плоскости 1 (см. рис. 1, точки 7, 35, 42, 12, 5, 54, 11, 41, 6) показал, что относительный вклад в МЭД ($N_{отн}$) излучения с востока сначала увеличивается в направлении юг - север от 10 % для самой южной точки (точка 6) до 40 - 50 % напротив блока Б, машинного зала и пионерных стен (точки 42, 12, 5, 54, 11, 41), а затем уменьшается до менее чем 20 % (точка 7). Выявленная закономерность подтверждает, что основные источники, определяющие радиационную обстановку в локальной зоне, находятся в блоке Б и машинном зале.

$N_{отн}$ излучения с юга в направлении юг - север увеличивается от 10 % и менее (точки 54, 11, 41, в которых почти не регистрируется излучение от основных источников) до 34 % (точка 7, в которых регистрируется излучение от основных источников).

$N_{отн}$ излучения с запада и севера составляют обычно 5 - 10 % и находятся практически на уровне фона измерений. Только для точки 6 $N_{отн}$ излучения с севера возрастает до 27 % за счет излучения от машинного зала. $N_{отн}$ снизу уменьшается от 10 - 20 % для точек 7, 35, 42, 12, 5 (по-видимому, результат поверхностного загрязнения за счет выбросов из объекта "Укрытие" и проводимых в локальной зоне работ) до 3 - 8 % (на уровне фона измерений) для точек 54, 11, 41, 6.

$N_{отн}$ сверху находится на уровне 15 - 20 % практически для всех точек.

Как и следовало ожидать, угловые распределений вдоль плоскости 2 (точки 50, 45, 43, 44, 49) оказались более однородными: для всех точек $N_{отн}$ излучения с востока составили 40 - 50 %, с юга и сверху - 10 - 15 %, а с севера, запада и снизу - 7 - 8 %.

Для анализа зависимости изменения угловых распределений от расстояния до блока Б были проанализированы данные для ряда точек 5, 58, 43, 55, 46. По мере удаления от блока Б $N_{отн}$ излучения с востока уменьшается от 50 - 55 % (точки 5, 58, 43, 55) до 35 % (точка 46), но увеличивается с северного, западного и нижнего направлений - от 7 - 8 % до 10 - 15 %. Это, прежде всего, обусловлено увеличением относительного влияния загрязненных объектов и территории промплощадки. $N_{отн}$ излучения с юга и сверху составляет 10 - 15 % для всех точек.

Проведенный анализ зависимости изменения угловых распределений от расстояния до блока Б для другого ряда точек (точки 65, 8, 42, 66, 62, 45, 64, 48) указывает на другую зависимость. Так, по мере удаления от блока Б $N_{отн}$ излучения с востока увеличивается от примерно 30 % (точки 65, 8, 42, 66) до 50 % (точка 45), и затем начинает наблюдаться тенденция к снижению. Такая зависимость объясняется тем, что по мере удаления от блока Б по этой линии начинают открываться источники на кровле машинного зала, а при дальнейшем удалении начинают сказываться другие факторы (загрязненная территория и объекты). Кроме того, в точке 65 наблюдаются повышенные значения $N_{отн}$ излучения сверху - около 30 % (в остальных точках - характерные 10 - 15 %), что связано с относительно небольшим расстоянием от точки 65 до блока Б, также влиянием излучения с верхних отметок. $N_{отн}$ излучения с юга в разных точках изменяется в диапазоне 10 - 25 %, снизу от 6 до 18 % (в точке 65 и на удалении от блока Б 6 - 7 %), с севера и запада - 5 - 15 %.

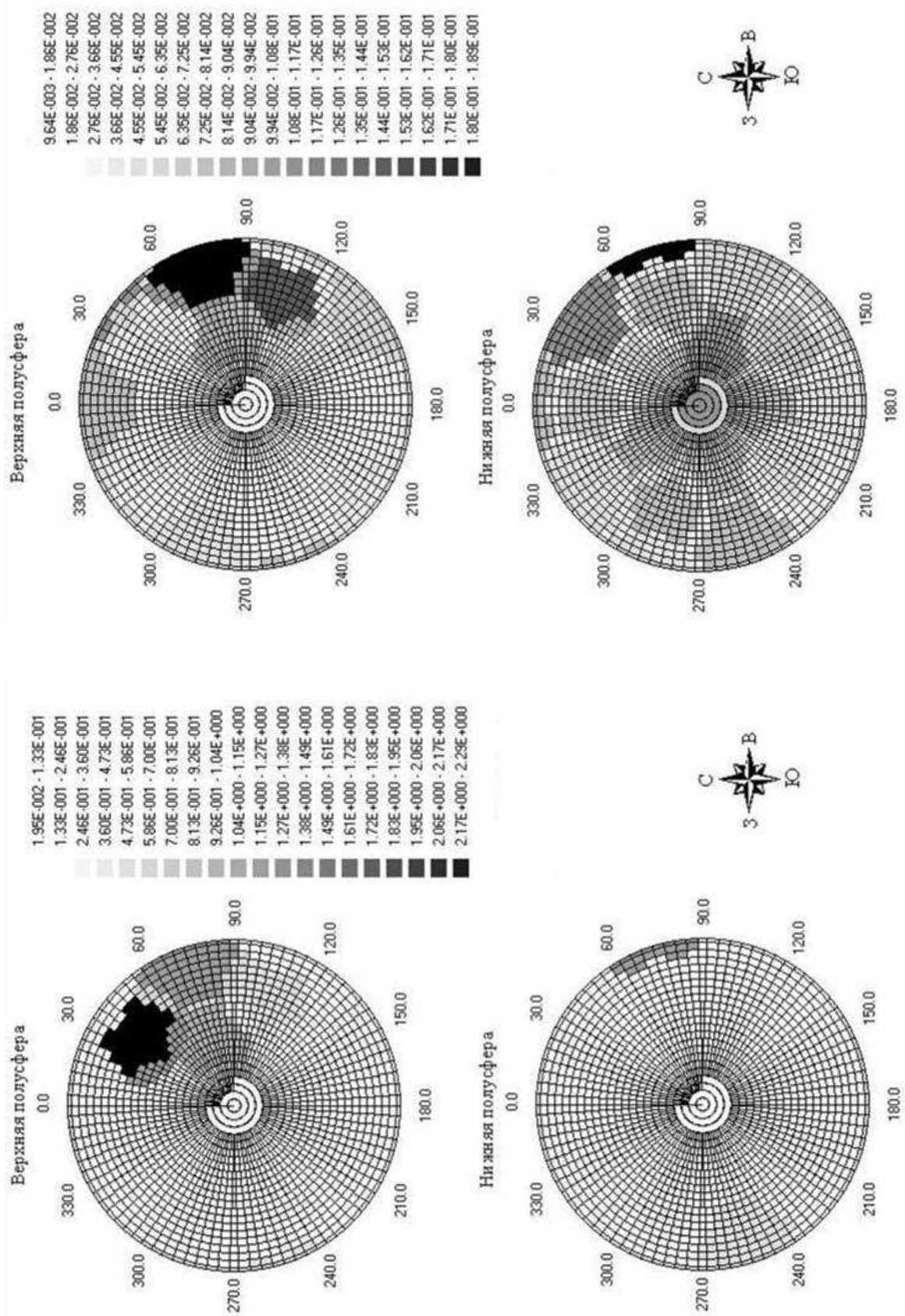


Рис. 7. Картограмма углового распределения интенсивности гамма-излучения на высоте 1 м в точке 41, $\text{мР}\cdot\text{ч}^{-1}\cdot\text{ср}^{-1}$.

Рис. 8. Картограмма углового распределения интенсивности гамма-излучения на высоте 1 м в точке 46, $\text{мР}\cdot\text{ч}^{-1}\cdot\text{ср}^{-1}$.

Анализ более детальных угловых распределений, полученных при помощи ШД-1, в целом подтверждает сделанные выше выводы. Так, в измерении ШЗ9 в точке 46 (рис. 8) четко виден основной источник излучения со стороны от блока Б и машинного зала. В то же время более слабые источники наблюдаются в нижней полусфере в направлениях на запад, северо-восток, север (влияние загрязненных грунтов), в верхней полусфере - в направлениях на север, юго-восток (влияние радиоактивно загрязненных объектов).

Более сложная картина наблюдается в локальной зоне, где, в зависимости от места измерения, вклад от различных источников изменяется. На рис. 9 представлены основные направления гамма-излучения, формирующие МЭД в точках измерения 5, 8, 11 и 25, которые являются характерными для работ, осуществляемых в локальной зоне. На этом рисунке указаны направления на основные источники в порядке снижения их интенсивности (от 1 до 5) для каждой из точек.

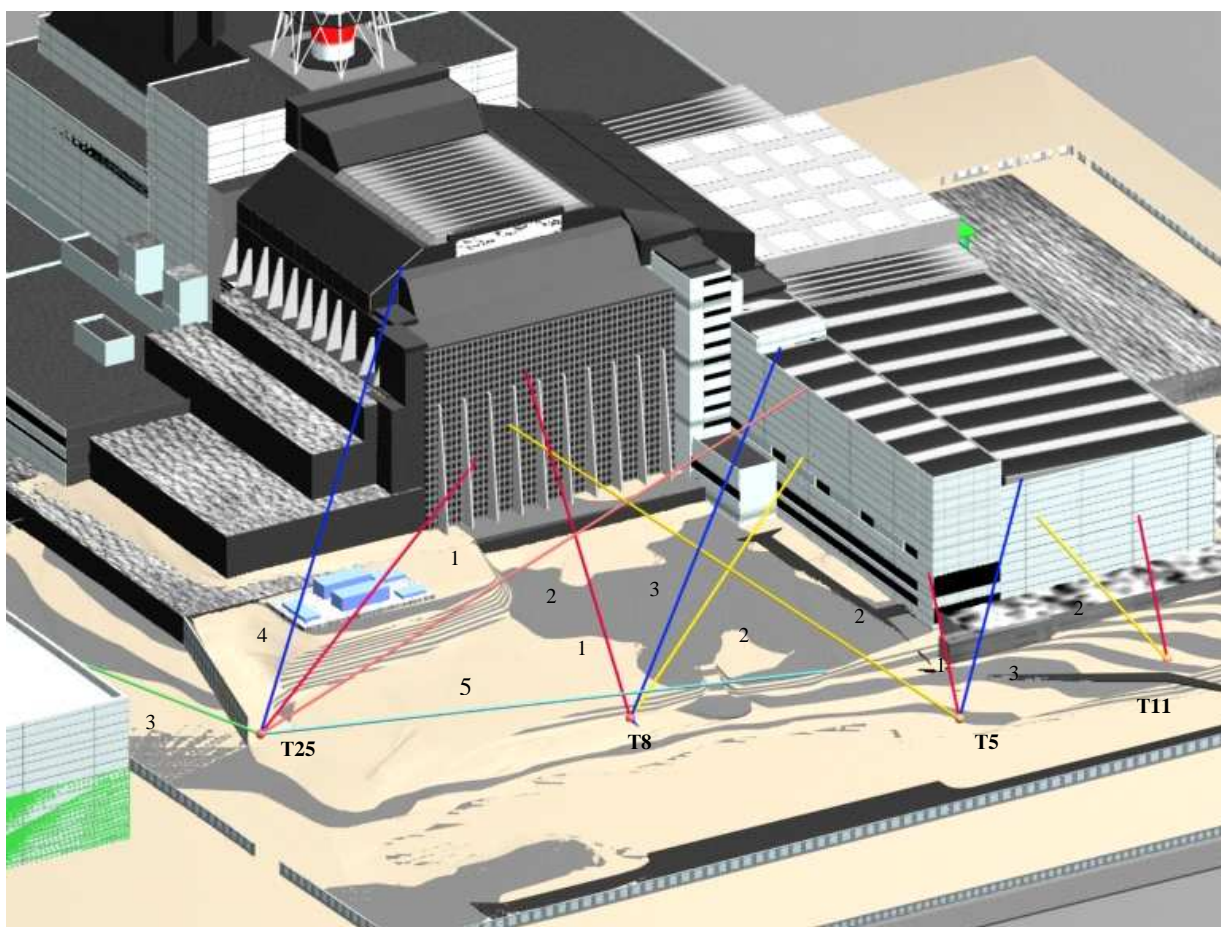


Рис. 9. Основные направления гамма-излучения, формирующие МЭД в точках измерения 5, 8, 11 и 25.

Заключение

Использование разработанного в ИПБ АЭС комплекса установок ШД-1, "Экран" и СЕГ-04К позволяет с необходимой точностью измерять угловые распределения гамма-излучения в локальной зоне. При этом результаты, полученные при помощи различных методик, хорошо согласуются друг с другом.

Проведенный системный анализ всей совокупности экспериментальных данных по угловым распределениям гамма-излучения показал, что угловые распределения плавно изменяются от точки к точке, а резких изменений не наблюдалось.

Анализ угловых распределений указывает на то, что основные источники гамма-излучения, формирующие радиационную обстановку в исследованных зонах, расположены

на верхних отметках: за западной контрфорсной стеной, в районе лестнично-лифтового блока и машинного зала.

Менее значимыми являются следующие источники: рассеянное в воздухе излучение (вклад в МЭД примерно одинаковый для всех зон), радиоактивно загрязненные техногенные отложения, радиоактивно загрязненное оборудование и сооружения, находящиеся вблизи зоны проведения работ.

В северной части исследуемых зон проявляется излучение со стороны ХЖТО.

Поверхностные загрязнения, характерные для промплощадки объекта "Укрытие", вносят малый вклад в радиационные условия зон производства работ, однако относительная доля их вклада возрастает с удалением от блока Б, что связано с уменьшением влияния других источников. В отдельных точках обнаружены сильно загрязненные пятна, например в районе точек 13 и 66 (для точки 13 излучение от поверхности около 3 мР/ч дает основной вклад и превышает МЭД от излучения от блока Б почти в 1,5 раза).

Полученные количественные результаты вклада в МЭД от источников в различных направлениях позволят оценить эффективность экранирования при производстве работ по монтажу НБК, а также при строительстве технологического комплекса. На этапе проектирования полученные результаты позволят эффективно спланировать дополнительные исследования для оптимизации экранирования на конкретных рабочих местах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батий В.Г., Егоров В.В., Закревский Ю.А. и др. Оптимизация биозащиты с использованием экспериментальных данных об угловых распределениях интенсивности гамма-излучения // Проблемы Чернобыля. - 2002. - Вып. 9. - С. 53 - 55.
2. Алешин А.М., Батий В.Г., Егоров В.В. и др. Измерение угловых распределений интенсивности гамма-излучения в зонах производства работ по стабилизации объекта "Укрытие". - Чернобыль, 2002. - 47 с. - (Препр. / НАН Украины. МНТЦ "Укрытие"; 02-1).
3. Батий В.Г., Егоров В.В., Ключников О.О. та ін. Спосіб вимірювання кутового розподілу інтенсивності гамма-випромінювання // МПК7 G01T 1/28. Деклараційний патент на винахід № 51989 А від 13.12.01. - Бюл. "Промислова власність", № 12, 16.12.02.
4. Батий В.Г., Егоров В.В., Закревський Ю.А. та ін. Пристрій для вимірювання кутового розподілу інтенсивності гамма-випромінювання // МПК7 G01T 1/28. Деклараційний патент на винахід № 51987 А від 13.12.01. - Бюл. "Промислова власність", № 12, 16.12.02.
5. Батий В.Г., Егоров В.В., Ключников О.О. та ін. Спосіб вимірювання кутового розподілу інтенсивності гамма-випромінювання // МПК7 G01T 1/28. Патент на винахід № 51989 від 15.07.04. - Бюл. "Промислова власність", № 7, 15.07.04.
6. Батий В.Г., Егоров В.В., Закревський Ю.А. та ін. Пристрій для вимірювання кутового розподілу інтенсивності гамма-випромінювання // МПК7 G01T 1/28. Патент на винахід № 51987 від 15.07.04, - Бюл. "Промислова власність", № 7, 15.07.04.

Поступила в редакцию 23.03.05

8 11 ВПЛИВ ОСНОВНИХ ДЖЕРЕЛ ВИПРОМІНЮВАННЯ НА РАДІАЦІЙНУ ОБСТАНОВКУ В ЗОНІ МОНТАЖУ НОВОГО БЕЗПЕЧНОГО КОНФАЙНМЕНТА

**В. Г. Батій, С. І. Глебкін, В. В. Єгоров, Л. І. Павловський,
С. А. Паскевич, О. А. Правдивий, В. М. Рудько, О. І. Стоянов, Д. В. Федорченко**

Приведено результати вимірювань відносного вкладу гамма-випромінювання в потужність дози гамма-випромінювання для зон виконання робіт по будівництву нового безпечного конфайнмента. Проведено аналіз даних, що дало змогу ідентифікувати основні джерела гамма-випромінювання, а також систематизувати одержані результати.

8 INFLUENCE OF MAIN IONIZING SOURCES TO RADIATION CONDITIONS WITHIN ASSEMBLY ZONE OF NEW SAFE CONFINEMENT

**V. G. Batiy, S. I. Glebkin, V. V. Yegorov, L. I. Pavlovskiy, S. A. Paskevich, A. A. Pravdiviy,
V. M. Rudko, A. I. Stojanov, D. V. Fedorchenko**

The results of gamma radiation relative contribution in gamma radiation dose rate for work production zone of new safe confinement erection are described. The data analysis is made, which allows identifying main gamma radiation sources, as well as systematizing oobtained results.