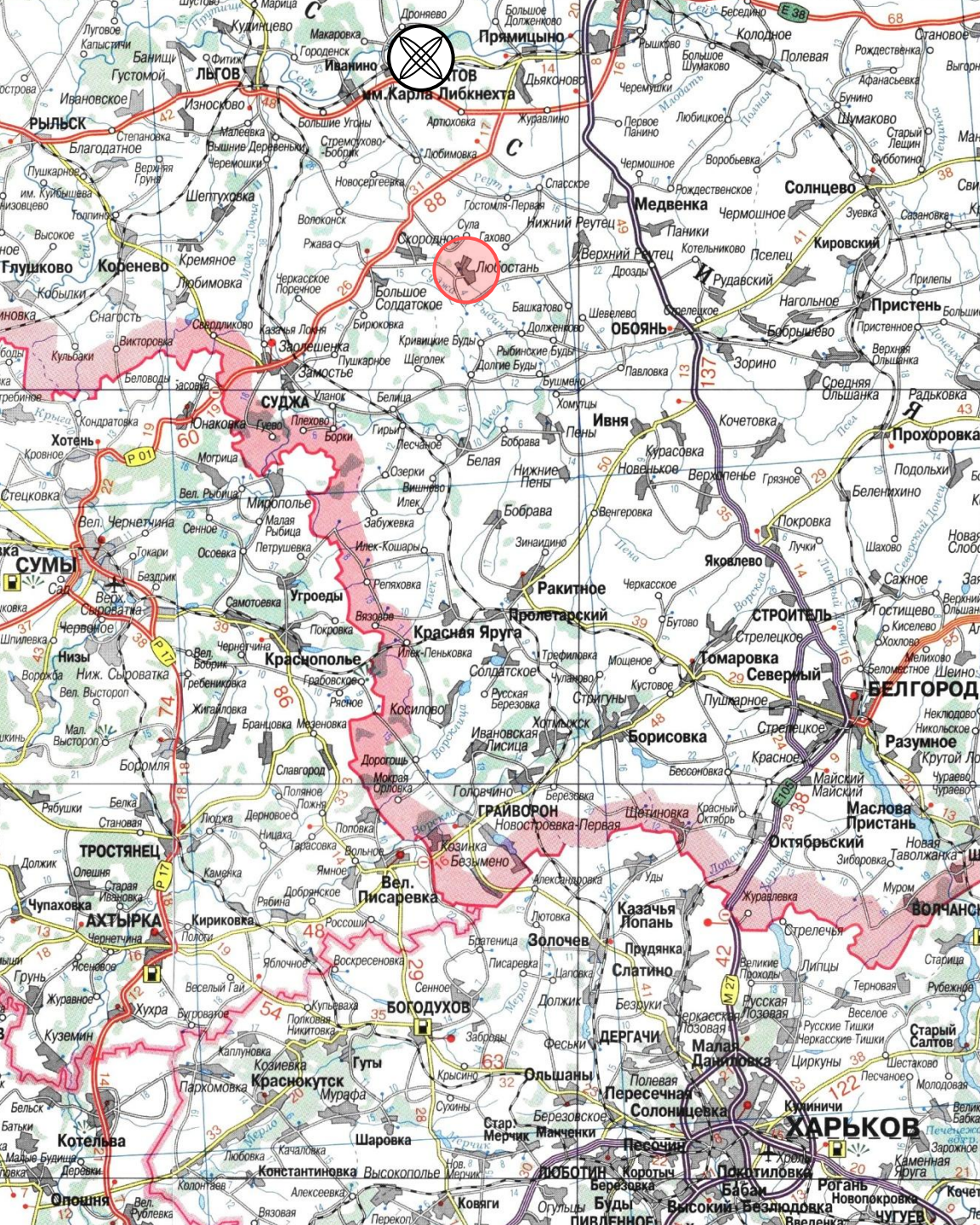


Практическое занятие №1

Оценка радиационной обстановки на объекте хозяйственной деятельности

Литература: Ю.В. Кулявец, О.И. Богатов, В.Н. Литвиненко, Г. И. Олейник. Оценка обстановки на объекте хозяйственной деятельности в чрезвычайных ситуациях техногенного характера. –Харьков, ХНАДУ, 2007, 316 с.



В 10.00 20.07 на АЭС в районе населенного пункта Курчатов произошло разрушение 1 реактора типа РБМК-1000 с выбросом в окружающую среду 50% радиоактивных продуктов.

Выполнить оценку радиационной обстановки на объекте, расположенного на восточной окраине населенного пункта Любостань

Оценка радиационной обстановки:

1. определить зоны р/а заражения и нанести их на карту;
2. определить время начала выпадения р/а осадков на территории объекта;
3. определить дозу облучения персонала объекта при работе в производственных цехах в течении 8 часовой смены и допустимую длительность работы персонала объекта на зараженной территории;
4. определить время ввода формирований для проведения АСидНР на открытой местности;
5. определить маршрут и время начала вывода населения из зоны заражения.

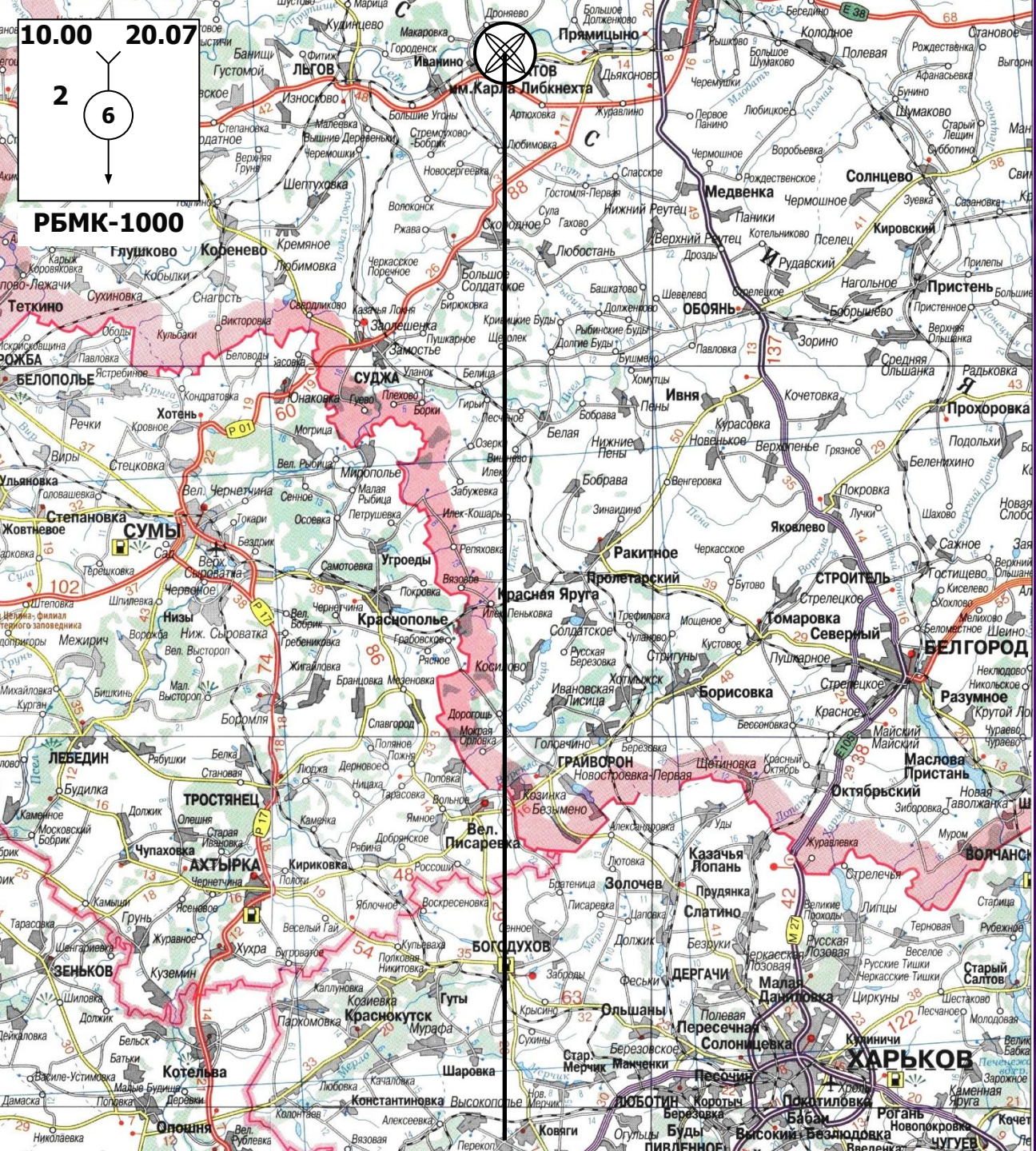
Дополнительные данные:

Время на оповещение и сбор населения по сигналам ГО составляет 4 часа.

Средняя скорость движения автомобильного транспорта по асфальтированной трассе составляет 50 км/ч по грунтовой дороге - 30 км/ч.

Метеорологические условия:

скорость ветра – 2 м/с,
облачность 6 баллов (облачно),
направление ветра - северное.



1. Определение зон р/а заражения:
1.1. На карте наносим объект аварии и от него по направлению ветра (на юг) проводим направляющую линию.

1. Определение зон р/а заражения:

1.2. По приложению В.5 [1] определяем степень вертикальной устойчивости атмосферы – конвекция.

(время: 10.00 – день, скорость ветра $V_{10}=2$ м/с, облачность 6 баллов - облачно),

Приложение В.5 Категория стойкости атмосферы

Скорость (V_{10}) ветра на высоте 10м, м/сек.	Время суток				
	день			ночь	
	наличие облачности				
	ясно	облачно	пасмурно	ясно	облачно
$V_{10} < 2$			Конвекция		
$2 < V_{10} < 3$					Инверсия
$3 < V_{10} < 5$					
$5 < V_{10} < 6$			Изотермия		
$V_{10} > 6$					

1. Определение зон р/а заражения:

1.3. По приложению В.6 [1] определяем скорость переноса переднего фронта зараженного воздуха м/с.

Приложение В.6 **Скорость (м/сек.) переноса переднего фронта облака зараженного воздуха в зависимости от скорости ветра**

Состояние атмосферы	<2	2	3	4	5	>6
Конвекция	2	2	5	-	-	-
Изотермия	-	-	5	5	5	10
Инверсия	-	5	10	10	-	-

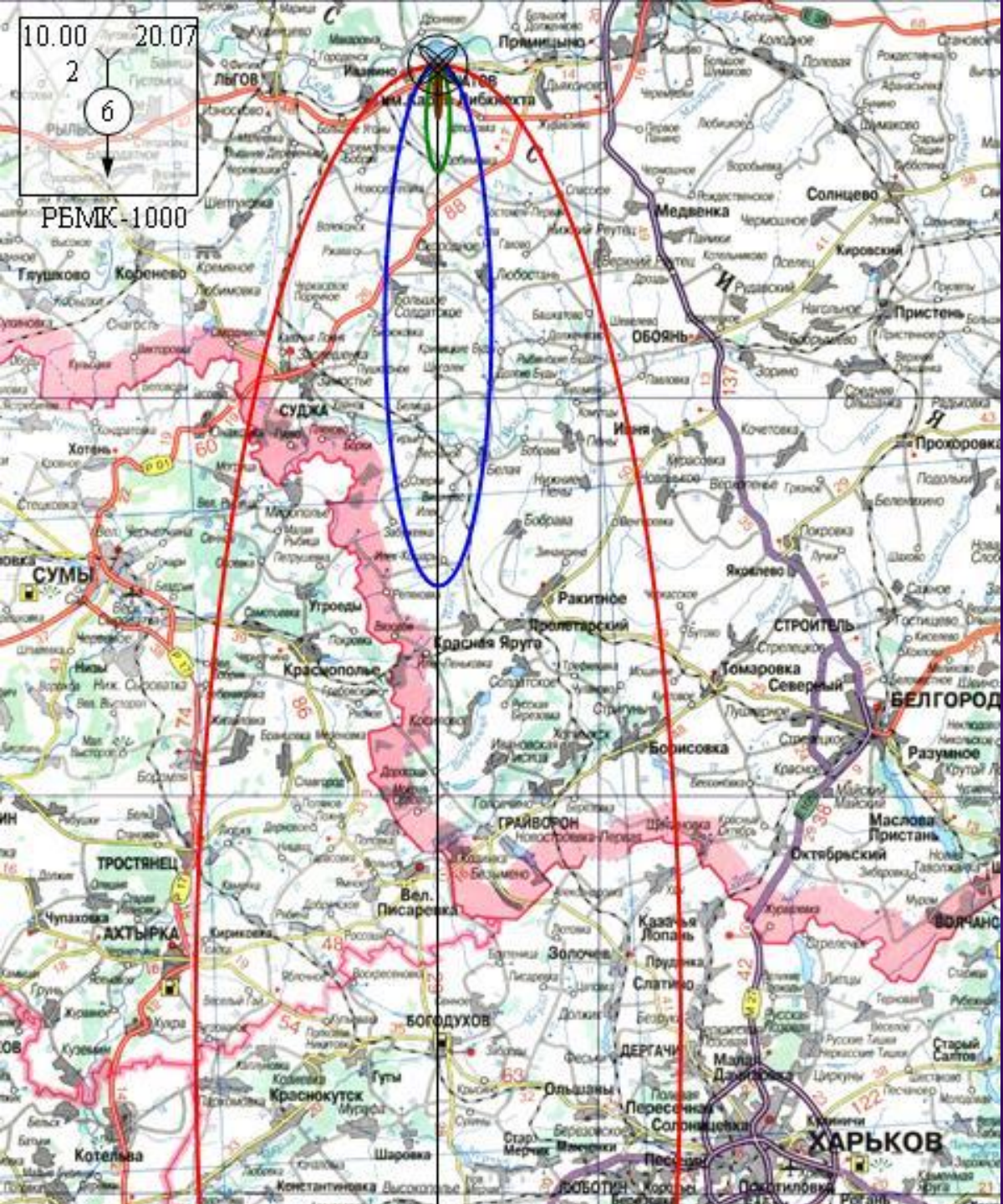
Для конвекции и скорости ветра $V_{10}=2$ м/с скорость переноса переднего фронта зараженного воздуха составляет 2 м/с

1. Определение зон р/а заражения:

1.4. По приложениям В.7-В.11 [1] определяем размеры зон заражения

Приложение В.7 Размеры прогнозируемых зон заражения местности по следу облака при аварии на РОО
(конвекция, скорость переноса облака 2 м/сек.)

Выход актив-ности, %	Индекс зоны	Тип реактора					
		РБМК-1000			ВВЭР-1000		
		Длина, км	Ширина, км	Площадь, км ²	Длина, км	Ширина, км	Площадь, км ²
3	М	62,5	12,1	595	82,5	16,2	1050
	А	14,1	2,75	30,4	13,0	2,22	22,7
10	М	140	29,9	3290	185	40,2	5850
	А	28,0	5,97	131	39,4	6,81	211
	Б	6,88	0,85	4,52	-	-	-
30	М	249	61,8	12100	338	82,9	22000
	А	62,6	12,1	595	82,8	15,4	1000
	Б	13,9	2,71	29,6	17,1	2,53	34,0
	В	6,96	0,87	4,48	-	-	-
50	М	324	81,8	20800	438	111	384400
	А	88,3	18,1	1260	123	24,6	2380
	Б	18,3	3,64	52,3	20,4	3,73	59,8
	В	9,21	1,57	1,57	8,87	1,07	7,45



1. Определение зон р/а заражения:

1.5. Наносим зоны р/а заражения на карту в виде правильных эллипсов

границы зон наносятся следующими цветами:

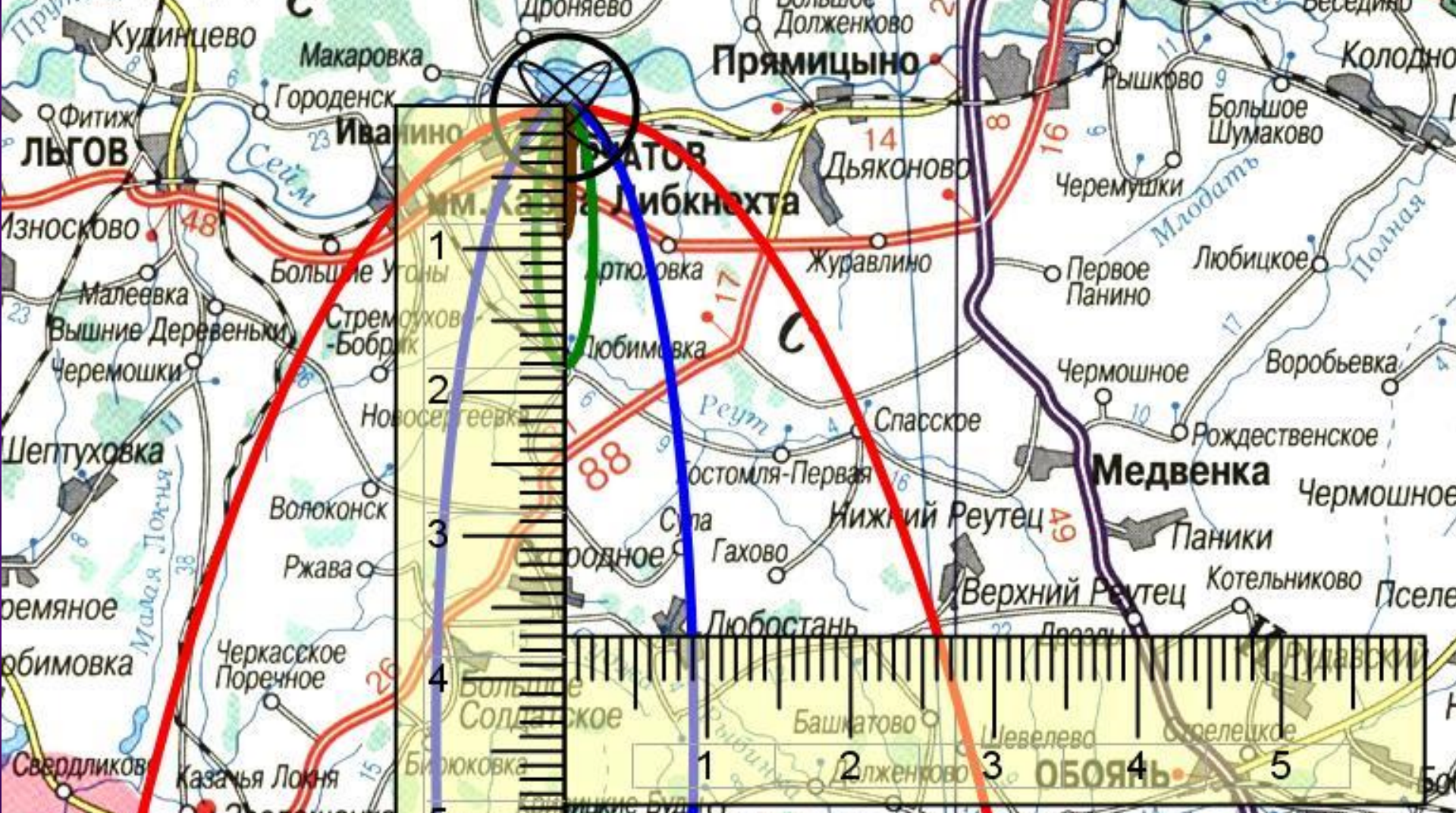
зоны М – **красным**,

зоны А – **синим**,

зоны Б – **зеленым**,

зоны В – **коричневым**,

зоны Г – **черным**.



1. Определение зон р/а заражения:

1.6. По карте определяем, что объект находится в зоне А, а расстояние до объекта по оси следа распространения р/а облака $R_x = 37$ км и до оси следа $R_y = 7$ км.

2. Определение времени начала выпадения р/а осадков на территории объекта

По приложению В.12 [1] определяем время начала выпадения радиоактивных осадков на территории объекта

Приложение В.12 Время начала формирования следа после аварии на РОО, час.

Расстояние от АЭС, км	Категория стойкости атмосферы				
	Конвекция	Изотермия		Инверсия	
		средняя скорость переноса облака , м/сек.			
5	0,5	0,3	0,1	0,3	0,1
10	1,0	0,5	0,3	0,5	0,3
20	2,0	1,0	0,5	1,0	0,5
30	3,0	1,5	0,8	1,5	0,8
40	4,0	2,0	1,0	2,0	1,0
50	6,0	2,5	1,2	2,5	1,3
60	6,5	3,0	1,5	3,0	1,5

$$t_{\text{НЗ}} \approx 3,5 \text{ часа.}$$

То есть через 3,5 часа после аварии на АЭС, а именно в 13 часов 30 минут, объект окажется в зоне радиоактивного заражения.

3. Определение мощности излучения на объекте на 1 час после аварии.

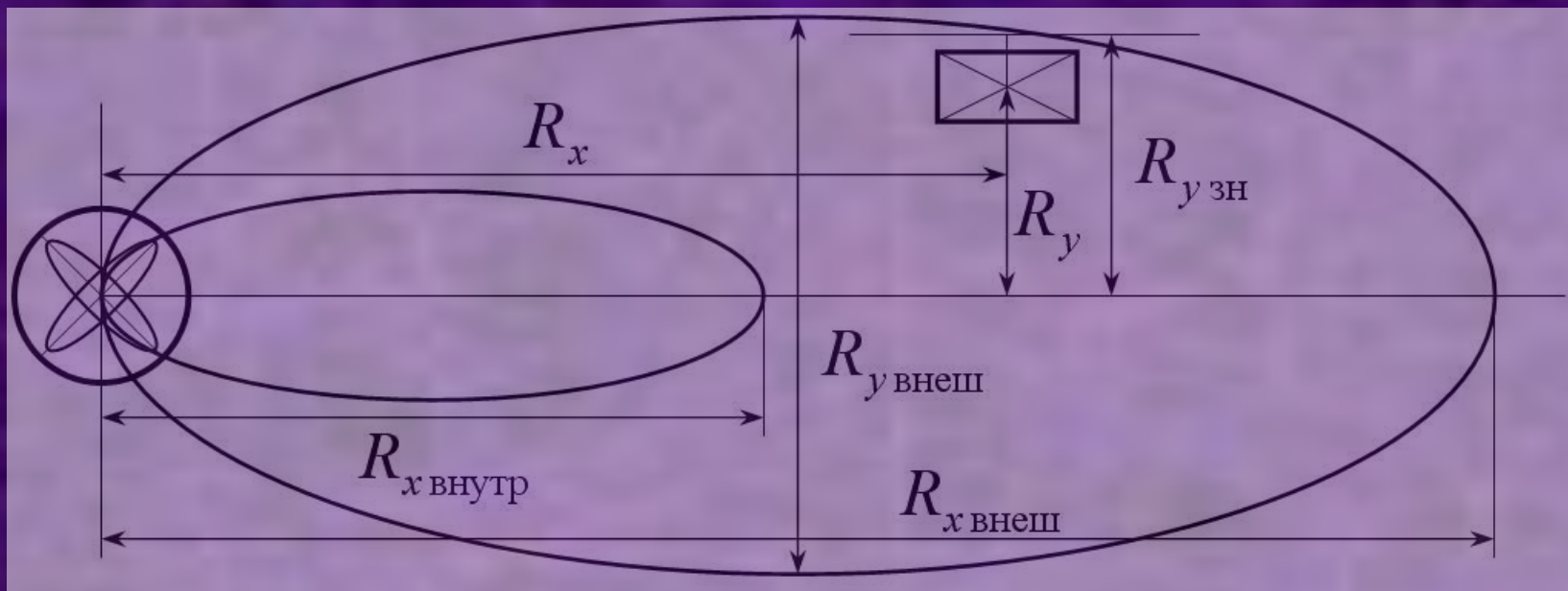
а) по таблице 4.2 [1] определяются значения мощности излучения на 1 час после аварии на внешней $P_{1\text{внеш}} = 8$ рад/ч и внутренней $P_{1\text{внутр}} = 80$ рад/ч границах зоны;

Таблица 4.2 Характеристика зон радиоактивного заражения местности

Наименование зон	Индекс зоны	Мощность экспозиционной дозы на внешней границе зоны через 1 час после аварии (р/ч)	Доза облучения за время облучению до полного распада радиоактивных веществ (рад)		Мощность дозы облучения на внешней границе зоны после взрыва, (рад/ч)	
			На внеш. границе зоны	На внутр. границе зоны	через 1 час	через 10 часов
Радиационной опасности	М	0,14	4	40	0,8	0,05
Умеренного заражения	А	0,14	40	400	8	0,5
Сильного заражения	Б	1,4	400	1200	80	5
Опасного заражения	В	4,2	1200	4000	240	15
Чрезвычайно опасного заражения	Г	14,2	4000	-	800	50

3. Определение мощности излучения на объекте на 1 час после аварии.

б) определяется расстояние до внешней $R_{x \text{ внеш}} = 88,3$ км и внутренней $R_{x \text{ внутр}} = 18,3$ км границ зоны;



3. Определение мощности излучения на объекте на 1 час после аварии.

в) по выражению (4.9) [1] определяем мощность излучения на оси следа радиоактивного заражения на 1 час после аварии на расстоянии $R_x = 37$ км

$$\begin{aligned} P_1(R_x, 0) &= P_{1\text{внутр}} - \frac{P_{1\text{внутр}} - P_{1\text{внеш}}}{R_{x\text{внеш}} - R_{x\text{внутр}}} (R_x - R_{x\text{внутр}}) = \\ &= 80 - \frac{80 - 8}{88,3 - 18,3} (37 - 18,1) = 60,56 \text{ рад/ч.} \end{aligned}$$

3. Определение мощности излучения на объекте на 1 час после аварии.

Используя выражение приложения В.13 [1] определяем

расстояние R_{y3H}

$$R_{y3H} = R_{y\text{внеш}} \sqrt{\frac{R_x}{R_{x\text{внеш}}} - \left(\frac{R_x}{R_{x\text{внеш}}}\right)^2} = 18,1 \sqrt{\frac{37}{88,3} - \left(\frac{37}{88,3}\right)^2} \approx 8,93 \text{ км}$$

По выражению (4.10) [1] определяем мощность излучения на объекте при его удалении $R_y = 7$ км от оси следа на 1 час

$$\begin{aligned} P_1(R_x, R_y) &= P_1(R_x, 0) - \frac{P_1(R_x, 0) - P_{1\text{внеш}}}{R_{y3H}} R_y = \\ &= 60,56 - \frac{60,56 - 8}{8,93} \cdot 7 = 19,36 \text{ рад/ч} \end{aligned}$$

3. Определение мощности излучения на объекте на 1 час после аварии.

г) определяется мощность излучения на момент начала заражения по выражению (4.12) [1]:

$$P(t_{\text{нз}} = 6\text{ч}) = P_1 \cdot t_{\text{нз}}^{-0,4} = 19,36 \cdot 3,5^{-0,4} = 11,73 \text{ рад/ч}$$

Значения $t^{-0,4}$ для различных t приведены в приложении В.14 [1].

Приложение В.14 Значение коэффициентов пересчета $K_T = t^{-0,4}$ и $K_T^{-1} = t^{0,4}$

	минуты		часы													сутки			
	15	30	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	14,0	18,0	1	2	3	4
K_T	1,74	1,32	1,00	0,85	0,76	0,69	0,64	0,61	0,57	0,53	0,49	0,44	0,40	0,35	0,31	0,28	0,21	0,18	0,16
K_T^{-1}	0,57	0,76	1,00	1,18	1,32	1,44	1,55	1,65	1,74	1,90	2,05	2,30	2,51	2,87	3,18	3,57	4,70	5,53	6,21

4. Определение дозы облучения персонала объекта

По выражению (4.13) [1] определяем дозу облучения персонала объекта на открытой местности ($K_{\text{осл}} = 1$)

$$D = \frac{1}{K_{\text{осл}}} \cdot 1,44 P_1 (t_{\text{к}}^{0,6} - t_{\text{н}}^{0,6}) = 1,44 \cdot 19,36 \cdot [(3,5 + 8)^{0,6} - 3,5^{0,6}] = 61,58 \text{ бэр}$$

При работе персонала объекта в производственных цехах ($K_{\text{осл}} = 7$) доза облучения составит:

$$D_{\text{цех}} = \frac{D_{\text{откр}}}{K_{\text{осл}}} = \frac{61,58}{7} = 8,8 \text{ бэр}$$

Таким образом, выполняя работы на объекте в производственных цехах, персонал **через 12 часов** получит дозу облучения 8,8 бэр, которая превышает норму.

5. Определение допустимой длительности пребывания людей на зараженной территории.

По условию персонал находится в производственных цехах ($K_{\text{осл}} = 7$) и доза облучения персонала не должна превысить 5 бэр. По выражению (4.14) [1] определяем

$$K_{\text{опр}} = \frac{D_{\text{доп}}}{P_1} K_{\text{осл}} = \frac{5}{19,36} 7 = 1,8.$$

По приложению В.15 [1] в строке соответствующей времени начала облучения персонала $t_{\text{н}} = 3,5$ ч находим значение $K_{\text{опр}} \leq 1,8$. Определяем, что допустимая длительность пребывания людей на зараженной территории при условии, что доза облучения не превысит 5 бэр, составляет 4 часа.

Приложение В.15 Значения коэффициента $K_{\text{опр}} = 1,44(t_{\text{к}}^{0,6} - t_{\text{н}}^{0,6})$; $t_{\text{к}} = t_{\text{н}} + t_{\text{р}}$

$t_{\text{п}}$ $t_{\text{н}}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	24	48
1	0,74	1,34	1,87	2,34	2,78	3,19	3,57	3,94	4,29	4,63	4,96	5,27	5,87	6,44	6,99	7,51	8,49	13,44
2	0,60	1,13	1,60	2,04	2,45	2,83	3,20	3,55	3,89	4,21	4,53	4,83	5,42	5,97	6,51	7,02	7,99	12,87
3	0,52	1,00	1,44	1,84	2,23	2,60	2,95	3,29	3,61	3,93	4,23	4,53	5,10	5,64	6,16	6,67	7,62	12,45
4	0,47	0,91	1,32	1,71	2,07	2,42	2,76	3,09	3,40	3,71	4,00	4,29	4,85	5,38	5,89	6,39	7,32	12,11
5	0,44	0,85	1,23	1,60	1,95	2,29	2,61	2,93	3,23	3,53	3,82	4,10	4,64	5,17	5,67	6,15	7,08	11,81
6	0,41	0,79	1,16	1,51	1,85	2,18	2,49	2,80	3,09	3,38	3,66	3,94	4,47	4,98	5,47	5,95	6,86	11,55
7	0,39	0,75	1,10	1,44	1,77	2,08	2,39	2,68	2,97	3,25	3,53	3,80	4,32	4,82	5,31	5,78	6,67	11,32
8	0,37	0,72	1,06	1,38	1,70	2,00	2,30	2,59	2,87	3,14	3,41	3,67	4,19	4,68	5,16	5,62	6,51	11,10
9	0,35	0,69	1,01	1,33	1,63	1,93	2,22	2,50	2,78	3,04	3,31	3,57	4,07	4,55	5,02	5,48	6,35	10,91
10	0,34	0,66	0,98	1,28	1,58	1,87	2,15	2,42	2,69	2,96	3,21	3,47	3,96	4,44	4,90	5,35	6,21	10,73
11	0,33	0,64	0,95	1,24	1,53	1,81	2,09	2,36	2,62	2,88	3,13	3,38	3,86	4,33	4,79	5,23	6,09	10,56
12	0,31	0,62	0,92	1,20	1,49	1,76	2,03	2,29	2,55	2,81	3,05	3,30	3,78	4,24	4,69	5,12	5,97	10,40
14	0,30	0,59	0,87	1,14	1,41	1,67	1,93	2,19	2,43	2,68	2,92	3,16	3,62	4,07	4,50	4,93	5,76	10,12
16	0,28	0,56	0,83	1,09	1,35	1,60	1,85	2,09	2,33	2,57	2,80	3,03	3,48	3,92	4,35	4,76	5,57	9,86
18	0,27	0,53	0,79	1,04	1,29	1,54	1,78	2,01	2,25	2,48	2,70	2,93	3,36	3,79	4,21	4,61	5,40	9,63
20	0,26	0,51	0,76	1,00	1,24	1,48	1,71	1,94	2,17	2,39	2,61	2,83	3,26	3,67	4,08	4,48	5,26	9,42
24	0,24	0,48	0,71	0,94	1,17	1,39	1,61	1,83	2,04	2,25	2,46	2,67	3,08	3,48	3,87	4,25	5,00	9,05
48	0,18	0,36	0,54	0,72	0,90	1,08	1,25	1,42	1,60	1,77	1,94	2,10	2,44	2,77	3,09	3,41	4,05	7,58
72	0,16	0,31	0,46	0,62	0,77	0,92	1,07	1,22	1,37	1,52	1,67	1,82	2,11	2,40	2,68	2,97	3,53	6,72
144	0,12	0,24	0,35	0,47	0,59	0,70	0,82	0,94	1,05	1,17	1,28	1,40	1,63	1,85	2,08	2,31	2,75	5,35
228	0,10	0,20	0,29	0,39	0,49	0,59	0,69	0,78	0,88	0,98	1,07	1,17	1,36	1,55	1,75	1,94	2,32	4,55

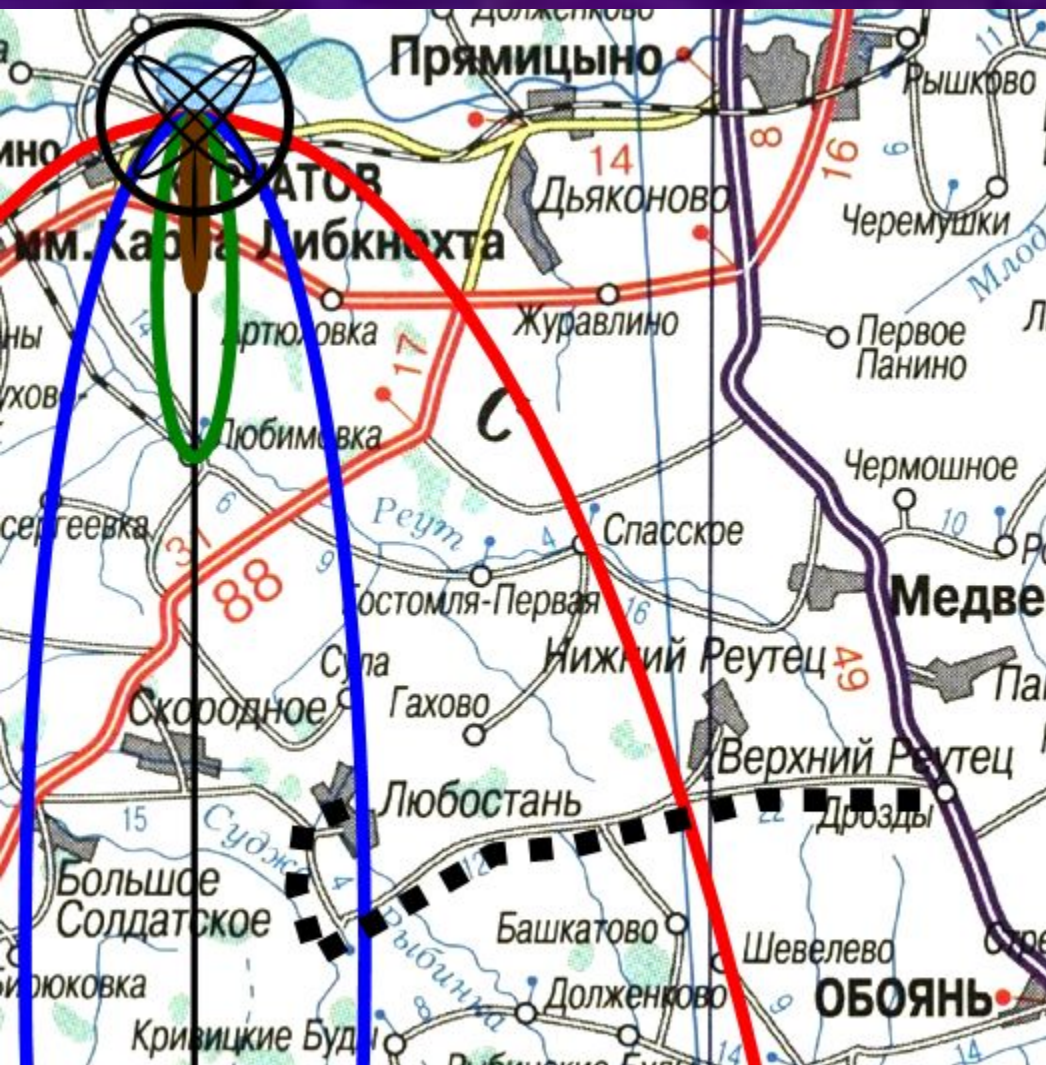
6. Определение времени ввода формирований для проведения работ на зараженной территории.

Для определения времени ввода формирований для проведения работ по выражению (4.14) рассчитываем $K_{\text{опр}}$ с учетом условия выполнения работ на открытой местности

$$K_{\text{опр}} = \frac{D_{\text{доп}}}{P_1} K_{\text{осл}} = \frac{5}{19,36} \cdot 1 = 0,26.$$

В приложении В.15 [1] для полученного значения находим, что при условии проведения работ длительностью 1 час на открытой местности формирования могут начинать выполнять работы не менее чем через 20 часов после аварии.

7. Определение характеристик облучения при преодолении зоны радиоактивного заражения.



Ранее было определено, что мощность излучения на объекте на 1 час после аварии составляет 19,36 рад/ч.

По карте определяем путь вывода населения по грунтовой дороге в направлении населенного пункта Верхний Реутец (длина маршрута движения составляет 28 км).

7. Определение характеристик облучения при преодолении зоны радиоактивного заражения.

По таблице 4.2 [1] определяем мощность излучения на внешней границе зоны радиационной опасности (зоны М)

$P_{1\text{зоны}} = 0,8$ рад/ч. Тогда средняя мощность излучения по выражению (4.15) [1] составит:

$$P_{1\text{ср}} = \frac{P_{1\text{объект}} + P_{1\text{зоны}}}{2} = \frac{19,36 + 0,8}{2} = 10,08 \text{ рад/ч.}$$

Рассчитываем время движения по зараженному участку:

$$T = \frac{l}{V} = \frac{28}{30} = 0,93 \approx 1 \text{ час}$$

7. Определение характеристик облучения при преодолении зоны радиоактивного заражения.

Используя выражение (4.13) [1], определяем дозу облучения людей на маршруте движения. При этом учитываем, что эвакуация начинается через 4 часа после аварии и проводится на автомобилях ($K_{\text{осл}} = 2$).

$$D = \frac{1}{K_{\text{осл}}} \cdot 1,44 P_1 (t_{\text{к}}^{0,6} - t_{\text{н}}^{0,6}) = \frac{1}{2} \cdot 1,44 \cdot 10,08 \cdot [(4+1)^{0,6} - 4^{0,6}] = 2,39 \text{ бэр}$$

При преодолении зоны заражения на автомобилях через 4 часа после аварии люди получают дозу облучения 2,39 бэр, которая превышает норму для населения в 2 бэр.

8. Определение времени начала преодоления зоны радиоактивного заражения.

Для этого в выражение (4.14) [1] подставляем $P_1 = P_{1\text{ср}}$ и рассчитываем

$$K_{\text{опр}} = \frac{D_{\text{доп}}}{P_{1\text{ср}}} K_{\text{осл}} = \frac{2}{10,08} \cdot 2 \approx 0,4.$$

В приложении В.15 [1] для полученного значения $K_{\text{опр}}$ находим, что при условии движения по зараженному участку в течении 1 часа преодолевать зону заражения можно начинать через 7 часов.

Таким образом, от момента начала выпадения радиоактивных осадков на территории объекта (3,5 ч после аварии) до времени начала преодоления зоны заражения (7 ч после аварии) население необходимо укрыть в защитных сооружениях.

9. Определение характеристик защитных сооружений.

Для определения характеристик защитных сооружений определим, какую дозу облучения людей необходимо обеспечить.

Для этого определяем дозу облучения людей на маршруте движения при преодолении зоны заражения через 7 часов

$$D = \frac{1}{K_{\text{осл}}} \cdot 1,44 P_1 (t_{\text{к}}^{0,6} - t_{\text{н}}^{0,6}) = \frac{1}{2} \cdot 1,44 \cdot 10,08 \cdot [(7+1)^{0,6} - 7^{0,6}] = 1,95 \text{ бэр}$$

Тогда необходимо обеспечить такие характеристики защитного сооружения при которых доза облучения находящихся в них людей не превысит $2 - 1,95 = 0,05$ бэр.

9. Определение характеристик защитных сооружений.

Определим необходимый коэффициент ослабления защитных сооружений из выражения (4.13) [1]

$$K_{\text{осл}} = \frac{1}{D} \cdot 1,44 \cdot P_1 \cdot (t_{\text{к}}^{0,6} - t_{\text{н}}^{0,6}) = \frac{1}{0,05} \cdot 1,44 \cdot 10,08 \cdot (7^{0,6} - 3,5^{0,6}) = 317,47.$$

Такую степень защиты могут обеспечить (приложение В.4 [1]) подвалы многоэтажных домов и типовые противорадиационные укрытия. При невозможности разместить население в стационарных укрытиях, их защиту можно обеспечить быстровозводимыми противорадиационными укрытиями с деревянным перекрытием и грунтовой обсыпкой.

Приложение В.4 Коэффициент ослабления доз радиации зданиями, сооружениями и транспортными средствами $K_{осл}$

Помещения, сооружения, транспортные средства	от радиоактивного заражения			от проникающей радиации
	окна выходят на улицу шириной		окна выходят на открытую площадь длиной более 150м	
	15...30м	30...60 м		
Производственные одноэтажные сооружения (цеха)	7	7	7	5
Производственные трехэтажные сооружения	6	6	6	4
1-й этаж	5	5	5	
2-й этаж	7,5	7,5	7,5	
3-й этаж	6	6	6	
Каменное жилое пятиэтажное сооружение	50	42	27	12
1-й этаж	26	24	18	
2-й этаж	50	41	27	
3-й этаж	68	54	33	
4-й этаж	75	57	34	
5-й этаж	38	33	24	
подвал	600	500	400	300
Перекрытые щели	40...50	40...50	40...50	25...30
Противорадиационные типовые укрытия	150...500	150...500	150...500	80...300
Автомобили, автобусы, троллейбусы, трамваи	2	2	2	1
Грузовые вагоны	2	2	2	1

9. Определение характеристик защитных сооружений.

Для отдельно стоящего вне района застройки убежища (приложение В.17 [1]) имеющего 2 защитных слоя перекрытия выражение (4.17) [1] принимает вид

$$K_{\text{осл}} = K_p \prod_{i=1}^n 2^{\frac{h_i}{d_i}} = \prod_{i=1}^n 2^{\frac{h_i}{d_i}}, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Приложение В.17 Коэффициент условий расположения убежищ K_p

Условия расположения	K_p
Отдельно стоящее вне района застройки убежище	1
Отдельно стоящее в районе застройки убежище	2
Встроенное в отдельно стоящем здании убежище:	
для выступающих над поверхностью земли стен	2
для перекрытий	4
Встроенное внутри производственного комплекса или жилого квартала убежище:	
для выступающих над поверхностью земли стен	4
для перекрытий	8

Приложение В.16 Толщина слоя половинного ослабления радиации для различных материалов d , см

Материал	Плотность ρ , г/см ³	Толщина слоя, см	
		от проникающей радиации	от радиоактивного заражения
Вода	1	23	13
Древесина	0,7	33	18,5
Грунт	1,6	14,4	8,1
Кирпич	1,6	14,4	8,1
Бетон	2,3	10	5,7
Кладка кирпичная	1,5	15	8,7
Кладка бутовая	2,4	9,6	5,4
Глина утрамбованная	2,06	11	6,3
Известняк	2,7	8,5	4,8
Солома, сено	0,12	192	109
Снег	0,125	184	104
Лед	0,9	26	14,5
Сталь (броня)	7,8	3	1,7
Свинец	11,3	2	1,2

9. Определение характеристик защитных сооружений.

Принимаем толщину деревянного перекрытия равной 50 см и толщину грунтовой обсыпки - 50 см. Тогда

$$K_{\text{осл}} = 2^{\frac{h_1}{d_1} + \frac{h_2}{d_2}} = 2^{\frac{50}{18,5} + \frac{50}{8,1}} = 2^{\frac{50}{18,5} + \frac{50}{8,1}} = 467,88 \text{ раз.}$$

Таким образом, предложенное быстровозводимое противорадиационное укрытие обеспечит необходимую защиту населения.