

УДК 621.039.55

© 1996 г.

**ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ НА
ТЕРРИТОРИИ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ
ВЕТРОВОГО ПЕРЕНОСА РАДИОАКТИВНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ В
РАЙОНЕ ПРЕДПРИЯТИЯ В 1967 ГОДУ
РЕФЕРАТ**

Ответственные исполнители:

Ю. Корсаков

ПО "Маяк", Центральная заводская лаборатория

Е. Федоров, Г. Романов

ПО "Маяк", Опытная научно-исследовательская станция

Л. Пантелеев

г. Челябинск, Филиал №4 Института биофизики

Отчет составлен по материалам исследований, проведенных в 1967 году на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению в результате ветрового переноса радиоактивных аэрозолей из района озера Карачай весной 1967 года.

В выполнении работ принимал участие большой коллектив сотрудников различных организаций - ЦЗЛ и ОНИС ПО "Маяк" (г. Челябинск-65), Медико-санитарный отдел №71, Филиал института биофизики №4 и Облветлаборатория (г. Челябинск).

В отчете рассматриваются последствия загрязнения территории, вызванного ветровым переносом радиоактивного вещества с оголенных сухих берегов хранилища промышленных отходов - озера Карачай.

**1. РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ
ТЕРРИТОРИИ**

В апреле 1967 года были отмечены повышенные выпадения радиоактивных веществ в районе, прилегающем к промышленному водоему - озеру Карачай.

Выяснение причин этого явления показало, что радиоактивные выпадения были обусловлены ветровым переносом радиоактивной пыли, вызванным необычным по сравнению со средними многолетними погодными условиями: недостаточным количеством атмосферных осадков в течение зимнего периода времени, ранней и сухой весной и наличием сильных порывистых ветров.

По данным метеорологической станции предприятия в течение декабря-марта 1967 года выпало около 36 мм осадков (табл. 1) или 10% от средней многолетней нормы для зимнего периода. Ранняя весна привела к

Таблица 1

Количество атмосферных осадков в исследуемом районе за зимний период времени, мм/мес.

Месяц	Осадки, мм
Декабрь 1966 г.	5,6
Январь 1967 г.	24,4
Февраль 1967 г.	1,2
Март 1967 г.	4,8

Таблица 2

Среднесуточная температура воздуха за период 20 марта- 30 апреля 1967 года, °С

Дата	t° С	Дата	t° С
20.03	-3,5	10.04	+5,2
21.03	-3,4	11.04	+6,8
22.03	-2,8	12.04	+5,6
23.03	-4,4	13.04	+4,7
24.03	-1,4	14.04	+6,6
25.03	+2,1	15.04	+6,1
26.03	+0,5	16.04	+5,9
27.03	-1,2	17.04	+9,0
28.03	-1,1	18.04	+11,2
29.03	+1,7	19.04	+11,8
30.03	+3,7	20.04	+7,7
31.03	+4,8	21.04	+6,7
1.04	+3,4	22.04	+7,7
2.04	+4,5	23.04	+8,7
3.04	+4,5	24.04	+12,0
4.04	+3,8	25.04	+10,5
5.04	+1,5	26.04	+13,8
6.04	+0,6	27.04	+13,9
7.04	+0,5	28.04	+12,3
8.04	+3,8	29.04	+12,4
9.04	+5,2	30.04	+18,0

тому, что уже к 20 марта снеговой покров отсутствовал и верхний слой почвы был сухим. Дальнейшее повышение температуры (табл.2) способствовало прогреву почвы и возникновению условий для пылеобразования.

По берегам озера Карачай также происходило увеличение пылеобразования, усиленное незначительным притоком воды с площади водосбора и резким понижением уровня воды в водоеме (на 30 см). Произошло оголение береговой полосы.

Направление и скорость ветра за указанный период приведены в табл.4. В течение апреля наблюдались высокие среднесуточные скорости ветра со значительной повторяемостью в секторе юго-юго-запад - запад - запад-северо-запад (ЮЮЗ-З-ЗСЗ). Особенно сильные порывистые ветры отмечались 18 и 19 апреля (табл.3), скорость которых достигала 23 м/с.

Повышенные выпадения радиоактивных веществ были отмечены в конце первой - начале второй декады в районе, прилегающем к предприятию в секторе северо-восток - восток (СВ-В) (табл.5).

При чрезвычайно сильных ветрах 18-19 апреля наблюдались высокие концентрации радиоактивных аэрозолей в приземном слое воздуха. 18 апреля на расстоянии 2 км от водоема Карачай в направлении ветра от хранилища наблюдались концентрации бета-

Таблица 3
Направление и скорость ветра
18-19 апреля 1967 года

Характеристики	Направление ветра					
	18 апреля			19 апреля		
	Ю Ю З	Ю З Ю	З Ю З	Ю Ю Ю	Ю Ю З	З Ю З
Число часов	14	2	8	2	14	6
Средняя скорость, м/с	6.1	6	6	5	8	7.3
Макс. скорость, м/с	12	6	8	5	13	15
Порывы, м/с	12	-	20	-	23	-

Таблица 4

Частота повторяемости направлений и среднесуточная скорость ветра в течение марта-апреля 1967 года

	С	С	С	В	В	В	Ю	Ю	Ю	Ю	Ю	З	З	З	С	С	Штиль
	С	С	С	В	В	В	Ю	Ю	Ю	Ю	Ю	З	З	З	С	С	
	В	В	В	С	С	С	В	В	В	З	З	Ю	Ю	Ю	С	С	
Март																	
Частота, %	6,2	6,2	0,8	2,4	0,5	2,2	0,8	16,0	6,2	7,0	4,8	4,0	14,0	9,7	2,7	6,2	11,8
$V_{\text{ср.сут.}}$, м/с	2,9	2,5	1,7	2,3	3,0	2,2	3,3	3,7	2,5	2,9	2,6	3,4	3,8	4,0	3,5	2,3	-
Апрель																	
Частота, %	8,9	4,4	0,8	1,4	0,1	2,8	2,8	5,0	4,2	12,5	3,8	11,0	8,6	4,7	5,8	10,7	11,0
$V_{\text{ср.сут.}}$, м/с	3,3	3,3	1,3	3,3	1,8	3,3	2,7	3,5	2,3	4,8	2,5	4,2	3,4	5,0	3,0	2,5	-
1 - 10 апреля																	
Частота, %	4,3	0,8	0,8	1,7	1,7	5,0	5,8	5,0	5,0	9,3	6,7	7,4	7,4	5,0	5,0	10,8	
$V_{\text{ср.сут.}}$, м/с	2,2	2,0	2,0	5,0	1,5	3,2	3,3	3,7	2,5	1,9	2,0	3,1	3,3	4,8	2,7	2,2	
11 - 20 апреля																	
Частота, %	3,3	1,7	-	0,8	0,8	1,7	0,8	5,8	4,1	19,0	3,3	20,0	17,0	4,1	5,0	5,8	
$V_{\text{ср.сут.}}$, м/с	2,2	2,5	-	1,0	2,0	2,5	2,0	3,0	2,6	5,9	4,0	4,4	3,6	6,0	3,0	2,4	
21-30 апреля																	
Частота, %	19,1	10,8	1,6	3,3	0,8	1,7	1,6	4,2	3,3	9,2	1,7	5,8	0,8	5,0	5,8	16,0	
$V_{\text{ср.сут.}}$, м/с	3,2	3,2	1,0	3,0	2,0	4,5	1,0	3,2	1,8	4,5	1,5	4,7	2,0	4,0	3,0	2,7	

Таблица 5

Выпадения суммарной бета-активности на липкие планшеты в I-II декаде апреля

Пункт контроля	Средние выпадения до апреля мКи/км ² /мес	I экспозиция		II экспозиция	
		Срок экспозиции	Выпадения, мКи/км ² /мес.	Срок экспозиции	Выпадения, мКи/км ² /мес.
Дорога на соцгород (Бердяниш)	2,2	8-15 апреля	260	15-22 апреля	30
р. Караболка	2,8	3-10 апреля	5,4	10-24 апреля	260
ОНИС	5,8	3-10 апреля	3,2	10-24 апреля	55
Сарькульмяк	1,4	29 марта - 5 апреля	0,2	5-26 апреля	340
Бакшикуль	1,4	-	-	12-26 апреля	75
Сары	3,5	31 марта - 7 апреля	5,4	7-14 апреля	3000
Кировское отделение	3,0	29 марта - 5 апреля	3,5	5-12 апреля	1300
Худайбердинский	1,4	29 марта - 5 апреля	0,2	5-12 апреля	160

излучающих нуклидов в воздухе до $4 \cdot 10^{-12}$ Ки/л; 19 апреля на расстоянии 500 м от хранилища концентрация составляла $4 \cdot 10^{-9}$ Ки/л, а на расстоянии 12 км - $3 \cdot 10^{-10}$ Ки/л.

В это же время было отмечено повышение уровней гамма-поля на высоте 5-10 м над землей на стационарных пунктах наблюдения (ОНИС, Худайбердинск, Кировское отделение, Аргаяшская ТЭЦ) в 2-4 раза.

Таким образом, приведенные данные свидетельствуют о том, что в апреле (с конца первой декады) происходил ветровой перенос радиоактивного вещества с берегов хранилища радиоактивных отходов - оз.Карачай на прилегающую территорию.

Для определения уровней и границ района загрязнения в апреле-мае и в последующих месяцах 1967 года были проведены исследования интенсивности бета-потокот от выпавшего на поверхность почвы радиоактивного вещества и мощности гамма-излучения от поверхности. Одновременно определялись величина и состав радиоактивных выпадений.

Измерения потока бета-частиц с поверхности почвы проводились на открытых целинных участках, расположенных вдоль маршрутов обследования с интервалом около 500 м. На каждом участке производилось по 10 измерений интенсивности бета-потока прибором ПГР "Застава" с площадью датчика 150 см^2 , отградуированным по эталонному $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ источнику. Определение потока бета-частиц производилось по разности показаний, обусловленных регистрацией суммы бета- и гамма-излучения и только гамма-излучения.

Для определения связи потоков бета-частиц с плотностью загрязнения в местах измерения отбирались пробы почвы, которые затем подвергались радиометрическому анализу. Исследования показали, что потоку бета-частиц с интенсивностью 100000 частиц/мин $\cdot 150 \text{ см}^2$ соответствует плотность загрязнения около 10 мкКи/м^2 .

Радиохимическими и гамма-спектрометрическими определениями состава загрязнения, проведенными на различных пробах внешней среды (фильтры, планшеты, естественная и культурная растительность, почва) установлено, что радиоактивное вещество представлено долгоживущими радиоизотопами и состоит в основном из стронция-90, цезия-137 и церия-144. Изотопный состав смеси радиоактивных веществ в различных пробах внешней среды примерно одинаков и для дальнейших расчетов (по результатам контрольных измерений проб почвы) был принят следующим:

$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$	- 34 %;
^{137}Cs	- 48 %;
$^{144}\text{Ce} + ^{144}\text{Pr}$	- 18 %.

При указанном изотопном составе интенсивности потока бета частиц в 100 тыс. част/мин $\cdot 150 \text{ см}^2$ соответствует плотность загрязнения поверхности почвы в 10 мкКи/м^2 , в том числе:

^{90}Sr	- $1,6 \pm 0,6 \text{ мкКи/м}^2$;
^{137}Cs	- $4,7 \pm 1,6 \text{ мкКи/м}^2$;
$^{144}\text{Ce} + ^{144}\text{Pr}$	- $1,7 \pm 0,6 \text{ мкКи/м}^2$.

По результатам дозиметрического обследования территории и определения радиоизотопного состава на карту района загрязнения (см. рис.1) были нанесены изолинии плотности загрязнения по стронцию-90, соответствующие плотностям $0,1$ и $2,0 \text{ мкКи/м}^2$. В качестве границы загрязненного района принята плотность загрязнения в $0,1 \text{ мкКи/м}^2$ по стронцию-90, что соответствует удвоенной величине плотности загрязнения почвы стронцием-90 за счет глобальных выпадений.

Территория, ограниченная данной линией, расположена к северо-востоку, востоку и юго-востоку от источника загрязнения, примыкая к территории Восточно-Уральского следа. Общая площадь района загрязнения составила

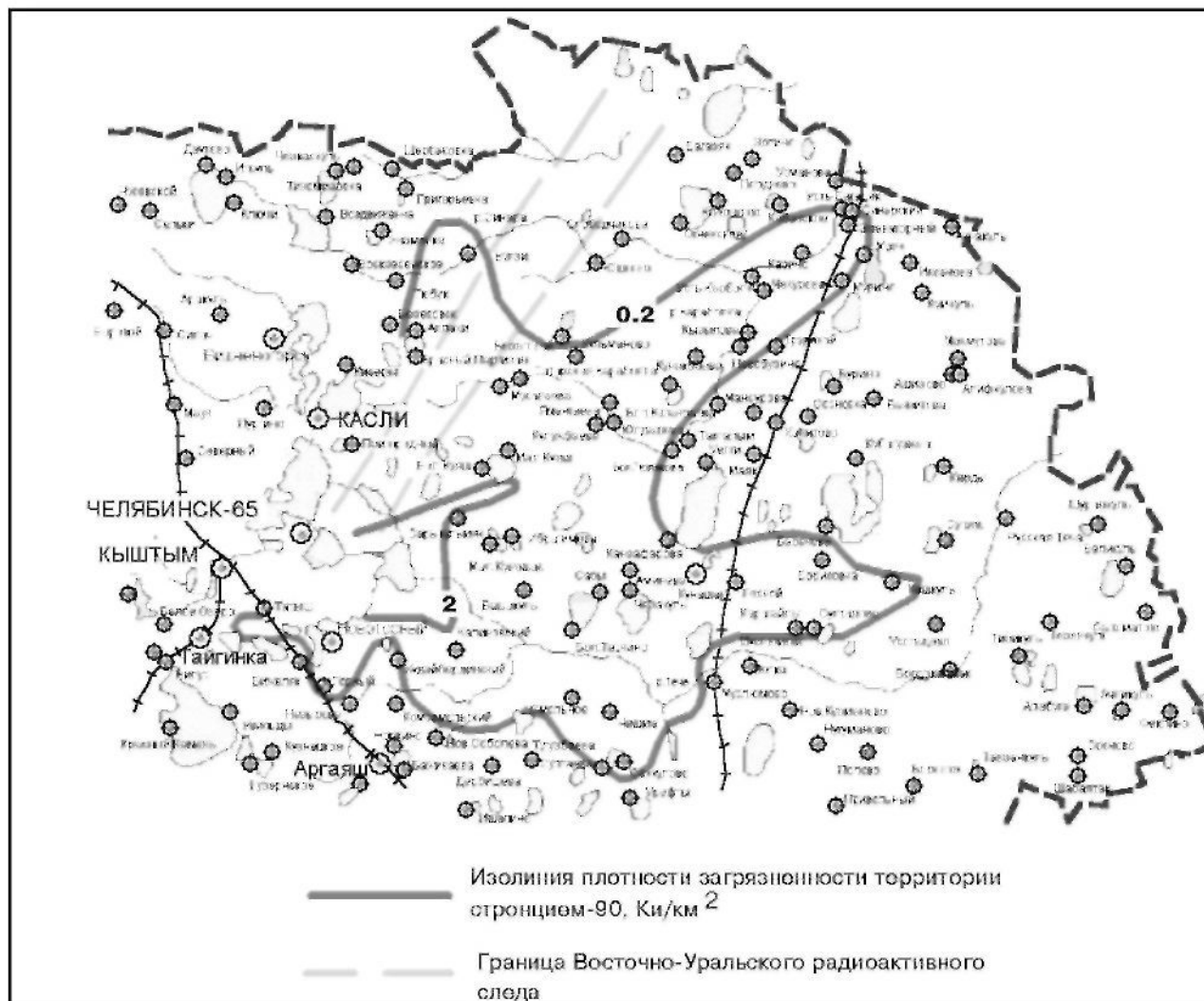


Рис.1. Карта загрязненной территории

примерно 1800 км², с общим количеством радиоактивного вещества около 600 Ки.

Ветровой перенос гамма-излучающих радиоизотопов привел к увеличению уровней гамма-полей. Результаты непосредственного определения мощности дозы гамма-излучения на открытых пространствах показали, что при плотности загрязнения в 1 мкКи/м² по цезию-137 или при

интенсивности потока бета-частиц в 20000 частиц/мин-150 см² мощность дозы гамма-излучения составила 10 мкР/час сверх естественного фона.

На территории загрязненного района был проведен ряд исследований распределения радиоактивного вещества на местности.

Установлено, что на территории района

распределение радиоактивного вещества крайне неравномерно. Вид подстилающей поверхности и особенности микрорельефа оказывают существенное влияние. Наибольшие плотности загрязнения отмечены на целинных задренованных участках, наветренных опушках леса и сторонах бугров и так далее. Минимальными плотностями загрязнения характеризуются дороги и участки пашни. Обобщенные результаты определения интенсивности потоков бета-частиц на различных элементах ландшафта приведены в табл.6.

Наряду с радиоактивным загрязнением почвы и растительности произошло также загрязнение многочисленных озер, расположенных в исследуемом районе. По данным результатов измерений максимальному загрязнению подверглось оз.Сарькульмяк (начальные уровни содержания стронция-90 и цезия-137 в воде составили $5,7 \cdot 10^{-10}$ Ки/л и $6,8 \cdot 10^{-10}$ Ки/л, соответственно.

На загрязненной территории расположен ряд населенных пунктов. Для характеристики их загрязнения были проведены определения уровней интенсивности бета-потоков от поверхности почвы, уровни загрязнения жилищ, приусадебных участков и одежды. Результаты измерений показали, что наибольшему загрязнению подверглись населенные пункты Опытная станция, Большой Куяш, Голубинка и Кировское отделение Худайбердинского района, где уровни загрязнения достигали 90000-100000 частиц/мин·150 см², что соответствует 0,8-1,7 мкКи/м² по стронцию-90. Более детальные исследования характера загрязнения (табл.7) показали, что территория населенных пунктов загрязнена неравномерно. В двух из наиболее загрязненных населенных пунктов (Опытная станция и Сарькульмяк) было проведено обследование уровней загрязнения жилищ, бытового инвентаря и одежды. Результаты измерений свидетельствуют о незначительной величине переноса

Таблица 6
Влияние ландшафта на интенсивность потока бета-частиц над различными элементами рельефа (в относительных единицах)

Целина	Пахота	Дорога	Лес	Наветренная опушка леса
1,0	0,32	0,05	1,4	2,8

Таблица 7
Уровни загрязнения территории в населенных пунктах, 10³ частиц/мин·150 см²

Населенный пункт	Дороги	Огороды	Целина (лужайки)
Большой Куяш (южная часть)	3	33	250
Большой Куяш (центр)	3	20	-
Большой Куяш (северная часть)	3	15	47
Малый Куяш	-	15	23
Голубинка	-	50	180
Сарькульмяк	-	25	50

радиоактивного вещества в жилые помещения, не превышающей 5% от уровня загрязнения окружающей территории.

Сложные метеорологические условия и продолжительное время действия источника загрязнения вызвали загрязнение территории, расположенной в широком секторе с несколькими "языками" в направлении преимущественных в этот период направлений ветров (см. рис.1).

В течение последующего периода времени проводилось изучение плотности радиоактивных выпадений, их состава, уровней

Таблица 8

Изменение интенсивности потока бета-частиц над целинной почвой во времени, тыс. частиц/мин-150 см²

Дата	Номер пикета								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19 мая	156	158	173	164	134	112	86	51	49
27 мая	133	137	152	153	129	98	95	52	45
10 июня	163	159	161	165	138	117	86	54	41
24 июня	165	158	182	173	179	161	118	58	59
8 июля	122	128	129	130	123	77	85	50	40
14 июля	120	131	117	127	123	78	85	54	42
26 июля	100	108	125	113	117	78	66	40	43
7 августа	97	118	120	109	112	74	62	36	35
28 августа	94	109	116	98	111	76	59	44	26
6 сентября	92	102	100	90	98	87	53	36	31
22 сентября	95	103	102	92	106	85	53	39	30

относительно максимальных значений примерно в 100-200 раз и оставалась на этом уровне в течение всего летнего сезона.

Измеренный нуклидный состав радиоактивных выпадений в апреле-сентябре 1967 года свидетельствует об идентичности состава загрязнений и выпадений. Кроме того, результаты измерения интенсивности потока бета-частиц над целинной почвой на протяжении мая-сентября 1967 года (см.табл.8) оставались практически без изменения. Все это позволило сделать вывод о том, что радиоактивные выпадения лета-осени, повышенные по сравнению с обычными для данного района, обусловлены вторичным ветровым подъемом.

2. РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ПРОДУКЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

В ряде населенных пунктов загрязненной территории проводилось определение содержания стронция-90 и цезия-137 в молоке, овощах, зерне, естественной растительности.

В зависимости от плотности загрязнения территории район был подразделен на две

зоны: I - с плотностью загрязнения от 0.5 до 2 мкКи/м² по стронцию-90 (Голубинка, Сарыкульмяк, Большой Куяш, Кировское отделение) и II - с плотностью загрязнения от 0.2-0,5 мкКи/м² по стронцию-90.

В течение всего вегетационного периода в обеих зонах наблюдения отбирались пробы растительности с пастбищ (см. табл.9). Концентрация стронция-90 и цезия-137 в траве зависит от плотности загрязнения территории. В целом, уровень загрязнения растительности I зоны примерно в 5 раз выше уровня загрязнения II зоны. В течение всего периода наблюдения происходило снижение уровней загрязнения растительности. Эффективный период полувыведения (т.е. время за которое концентрация радиоизотопов в растительности снижается в 2 раза) равнялся в среднем 10-15 дням. За весь вегетационный сезон уровни загрязнения естественной травянистой растительности снизились в 10-15 раз по стронцию-90 и 15-20 раз по цезию-137.

Средняя величина отношения концентраций цезия-137 к стронцию-90 в траве равна 2.7-2.9 в первые недели и 1.8 в среднем за вегетационный период, что близко к

Таблица 9

Концентрации стронция-90 и цезия-137 в траве и в молоке коров индивидуального стада
(в скобках - число наблюдений)

Нук- лид	Дата	Молоко		Трава	
		I зона	II зона	I зона	II зона
		Концентрация 10^{-10} Ки/л		Концентрация 10^{-10} Ки/кг возд.сух.в-ва	
^{90}Sr	1-15	41 ± 4 (9)	16 ± 3 (16)	100 ± 110 (5)	3.7 ± 2 (6)
^{137}Cs	мая	61 ± 7 (9)	26 ± 4 (16)	270 ± 300 (5)	11 ± 7.6 (6)
^{90}Sr	16-31	2.0 ± 0.5 (7)	1.8 ± 0.6 (13)	5.4 ± 4.1 (5)	2.6 ± 1.4 (7)
^{137}Cs	августа	7.6 ± 1.7 (7)	3.7 ± 1.1 (13)	4.4 ± 4.4 (5)	2.4 ± 2.5 (12)

величинам, характеризующим отношения изотопов в выпавшей радиоактивной смеси. Эти данные позволяют предположить, что естественная травяная растительность подвергалась дополнительному загрязнению в течение всего вегетационного периода в результате вторичного ветрового подъема первоначально выпавшего радиоактивного вещества.

Также в течение всего вегетационного периода проводились регулярные наблюдения за содержанием стронция-90 и цезия-137 в молоке коров индивидуального стада, содержащихся преимущественно на пастбищах, и коров общественного стада со смешанным содержанием (табл.9).

Отношение концентраций цезия-137 к стронцию-90 в молоке составило в среднем 2,7, что близко к их отношению в траве. Поскольку согласно имеющимся данным о закономерностях перехода этих изотопов из кормов в молоко следовало ожидать существенно большего отношения, можно предположить, что цезий-137, выпавший в составе загрязнения, являлся биологически малоподвижным и находился в труднодоступной форме.

В отчете также приведены многочисленные данные, относящиеся к

результатам измерения содержания радиоизотопов в зерновых культурах, овощах и картофеле, сене, мясе и рыбе.

3. ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ В НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ

Радиационное воздействие на человека, проживающего на загрязненной территории, определяется внешним гамма-облучением и внутренним поступлением радиоактивных веществ с продуктами питания.

Для оценки радиационной обстановки в населенных пунктах проводились измерения гамма-фона, уровней загрязнения населенных пунктов и жилищ, а также организован систематический контроль за загрязнением продуктов питания.

Поступление стронция-90 и цезия-137 в организм жителей оценивалось расчетными методами. Кроме того, проводилось измерение накопления цезия-137 в организме жителей населенного пункта Сарыкульмяк с помощью одноканального гамма-спектрометра типа "Север". Обследования проводились ежеквартально для большинства жителей д.Сарыкульмяк (300-400 человек в возрасте свыше 5 лет). Также для постоянного контроля за уровнями накопления цезия-137

в организме было выбрано 10 "контрольных" семей (46 человек, из них взрослых 25 человек, у которых измерения проводились ежемесячно.

В табл.10 приведены результаты измерения уровня гамма-облучения. В обследованных населенных пунктах в 1967 году произошло в среднем 5-кратное повышение уровня внешнего гамма-излучения по сравнению с уровнем, измеренным в 1966 году. Однако дополнительные уровни гамма-излучения в данном районе в 2 раза меньше естественного гамма-фона.

Расчетные данные по суточному поступлению стронция-90 и цезия-137 в летний

Таблица 10
Годовые дозы внешнего облучения (сверх естественного фона), мР/год

Населенный пункт	1966	1967
Опытная станция	14	93
п. Новогорный (Аргаяшская ТЭЦ)	24	71
с-з Худайбердинский (Кировское отд.)	7	72
с-з Худайбердинский (Центральное отд.)	5	26
с-з Худайбердинский (Бакшикульское отд.)	9	58
Среднее	12	64

Таблица 11

Расчетное поступление стронция-90 и цезия-137 с рационом, 10^{-10} Ки/сутки

^{90}Sr (^{137}Cs)	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
всего	16 (24)	3.5 (7.4)	2.5 (6.7)	2.3 (6.7)	1.7 (7.3)	2.1 (5.9)
в том числе:						
Молоко				1.3 (4.3)	0.9 (5.0)	1.6 (3.6)
Картофель				0.13 (1.7)	0.13 (1.6)	0.12 (1.6)
Овощи				0.6 (0.15)	0.27 (0.15)	0.1 (0.15)
Мясо, яйца				0.01 (0.1)	0.01 (0.1)	0.01 (0.1)
Хлеб				0.25 (0.41)	0.25 (0.41)	0.24 (0.41)

период времени 1967 года для населенных пунктов, относящихся к максимальной зоне загрязнения (Б.Куяш, Опытная станция, Сарыкульмяк, Худайбердинский совхоз, Голубинка) приведены в табл.11.

Накопление цезия-137 в организме взрослых жителей деревни Сарыкульмяк с июня 1967 года по март 1968 года составило в среднем 120 нКи.

В целом за 1967 год дополнительная суммарная доза внешнего и внутреннего облучения человека для населения в наиболее загрязненном районе составила величину порядка 80-100 мбэр/год.