

**Н. Н. Цыбулько**

*Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС*

## **НАУЧНО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ МЕР РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ ПОСЛЕ КАТАСТРОФЫ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС**

*Описана эволюция формирования концепций, критериев и нормативных документов радиационной защиты населения, пострадавшего в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС. Приведены схема зонирования территории радиоактивного загрязнения Беларуси, динамика количества населенных пунктов в зонах радиоактивного загрязнения и проживающего в них населения. Представлены данные изменения эффективных доз облучения населения за послеаварийный период. Изложена методология нормирования содержания радионуклидов в пищевых продуктах. Анализируются современные международные подходы и рекомендации по радиационной защите в отдаленный послеаварийный период.*

➤ **Ключевые слова:** авария, радиационная защита, радиоактивное загрязнение, концепции, критерии, облучение, доза, нормирование, зонирование территории.

### **Введение**

Авария на Чернобыльской АЭС – самая масштабная и тяжелая в истории радиационная авария, приведшая к загрязнению окружающей среды на огромном пространстве. На значительной территории Беларуси сформировался малоподвижный запас радионуклидов, которые присутствуют практически во всех компонентах экосистем, вовлечены в геохимические и трофические циклы миграции. Сложная радиоэкологическая ситуация в послеаварийный период потребовала кардинальных мер по организации системы радиационной защиты населения, а ее научное обоснование обусловило необходимость проведения масштабных исследований, не имеющих аналогов в мировой науке и практике. Результатом деятельности специалистов различных областей – радиационной гигиены, сельскохозяйственной радиологии, радиоэкологии и других, явилось создание концептуально-методологической и нормативной основы регулирования и управления в области преодоления последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, радиационной и социальной защиты населения, правового режима территорий радиоактивного загрязнения.

Опыт крупномасштабных работ по ликвидации последствий аварии продолжает быть предметом анализа и обобщений. Всесторонняя оценка предшествующего опыта имеет важное значение для совершенствования готовности к управлению чрезвычайными ситуациями радиационного характера, соответствующего априорного планирования и нормативно-методического регулирования. Наиболее сложным вопросом в случае крупной аварии с радиоактивным загрязнением обширных территорий является своевременное и адекватное ситуации принятие решений по защите населения. В настоящей работе приводится анализ формирования концепций и критериев радиационной защиты населения после чернобыльской катастрофы, национальный опыт Беларуси и современные международные рекомендации на отдаленный послеаварийный период.

### **Формирование концепций и критериев радиационной защиты населения**

К моменту аварии на Чернобыльской АЭС в Советском Союзе действовали нормы радиационной безопасности (НРБ-76), разработанные Национальной комиссией по радиационной защите (НКРЗ), согласно которым в случае возникновения аварии «исходя из масштабов и характера, Министерством здравоохранения СССР могут устанавливаться для населения временные основные дозовые пределы и допустимые уровни» [1]. Основные положения, заложенные в НРБ-76, соответствовали рекомендациям Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ) того времени. В НРБ-76 устанавливались предельно допустимая доза для профессионалов и предел дозы для ограниченной части населения за календарный год, которые не вызывали неблагоприятных изменений в состоянии здоровья при равномерном облучении в течение 50 лет профессиональной деятельности и 70 лет жизни соответственно, обнаруживаемых современными методами.

На ранних стадиях после аварии на Чернобыльской АЭС наибольшей радиологической значимостью обладали короткоживущие радионуклиды. Основным источником облучения являлся  $^{131}\text{I}$  с периодом полураспада ( $T_{1/2}$ ) 8,05 суток, который примерно через 2 месяца после аварии практически полностью распался.

Полученные на ранних этапах после аварии данные о динамике мощности дозы гамма-излучения на местности и составе радиоактивного загрязнения территории свидетельствовали о доминирующей роли радионуклидов цезия ( $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ). Прогноз динамики уровней внешнего гамма-излучения и поступления радионуклидов цезия в организм с продуктами питания показал, что накопленная доза за 50-70 лет в 2-3 раза превысит дозу за первый год [2]. С учетом данного фактора и распространения радиоактивного загрязнения на обширные территории с большим количеством жителей были введены критерии для ограничения облучения ликвидаторов и принятия решений по защите населения. В мае 1986 года в качестве предела дозы облучения всего тела за первый год после аварии было регламентировано 100 мЗв (10 бэр в единицах, которые использовались в то время), с квотами по 50 мЗв на внешнее и внутреннее облучение. В результате естественных процессов и проведения защитных мер в течение первого года и в дальнейшем происходило снижение уровней радиоактивного загрязнения, внешнего излучения и поступления радионуклидов в организм жителей загрязненных территорий. Поэтому по мере улучшения радиационной обстановки пределы годовой дозы облучения снижались до 30 мЗв на второй год после аварии и по 25 мЗв в 1988-1989 годах (таблица 1).

Таблица 1

*Изменение предельных значений доз облучения населения и ликвидаторов в первый послеварийный период, мЗв·год<sup>-1</sup>*

Норматив	Годы			
	1986	1987	1988	1989
Предельные дозы облучения ликвидаторов	250	100	100	100
Предельные дозы облучения населения	100	30	25	25

На основании этих уровней вмешательства осуществлялась система превентивных мер – переселение жителей, ограничение на производство и реализацию сельскохозяйственной продукции, потребление продуктов питания. Так, с целью радиационной защиты населения на первом этапе (1986 г.) из белорусской зоны отчуждения (Брагинского, Хойникского, Наровлянского районов), было эвакуировано 24,7 тыс. жителей из 107 наиболее загрязненных населенных пунктов [3].

Применение жестких контрмер, основанных на указанных уровнях вмешательства, было оправдано необходимостью предотвращения высокого облучения населения.

В 1988-89 годах НКРЗ разработана Концепция безопасного проживания на загрязненных территориях в отдаленный период. Предлагалось установить допустимый предел облучения за жизнь эффективную эквивалентную дозу 350 мЗв (35 бэр), включая дозу облучения, полученную населением до 1990 года. Если по прогнозу ожидалась доза ниже предельной, то предлагалось снять ограничения на проживание, а где этот уровень был выше – рекомендовалось отселение людей [4].

Считалось, что предел дозы за жизнь (350 мЗв) – консервативная величина, рассчитанная с большим запасом, исходя из требований разумной «перестраховки» вследствие наличия целого ряда неопределенностей как научного, так и организационного характера. Консервативный подход обеспечивал двукратный запас по ожидаемой дозе за 70 лет, то есть средняя прогнозируемая ожидаемая индивидуальная доза облучения людей составляла бы порядка 100-170 мЗв за жизнь. Однако данная, так называемая «35-бэрная», концепция вызвала многочисленные дискуссии, острую критику и под давлением социально-политических факторов была официально отвергнута. Основным предметом критики являлся уровень вмешательства 350 мЗв, который расценивался как неприемлемо высокий.

В 1990 году с учетом социально-психологической обстановки и общественного восприятия радиационного риска была выдвинута «Концепция безопасного проживания населения в районах, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС», одобренная постановлением правительства СССР 8 апреля 1991 года. Согласно концепции устанавливалась сверх фоновая годовая эквивалентная доза облучения 1 мЗв·год<sup>-1</sup> (70 мЗв или 7 бэр за жизнь), которая была положена в основу национальных нормативных правовых документов в области преодоления последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС [5]. Так, в соответствии с законодательством проживание и трудовая деятельность населения на территории радиоактивного загрязнения не требуют каких-либо ограничений, если средняя годовая эффективная доза облучения населения (СГЭД) не превышает 1 мЗв·год<sup>-1</sup> над уров-

нем естественного и техногенного радиационного фона. При превышении СГЭД  $1 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$  проводятся защитные мероприятия, при снижении ее до значений в интервале от  $1,0$  до  $0,1 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$  защитные мероприятия не отменяются, а при значениях менее  $0,1 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$  не проводятся.

Для определения территории радиоактивного загрязнения используются критерии: величина средней годовой эффективной дозы облучения населения; плотность загрязнения почв радионуклидами; возможность производства продукции, содержание радионуклидов в которой не превышает республиканских допустимых уровней.

К территории радиоактивного загрязнения относится часть территории с плотностью загрязнения почв  $^{137}\text{Cs}$  либо  $^{90}\text{Sr}$  или  $^{238-240}\text{Pu}$  соответственно  $37, 5,55, 0,37 \text{ кБк м}^{-2}$  ( $1,0, 0,15, 0,01 \text{ Ки}\cdot\text{км}^{-2}$ ) и более, а также иные территории, на которых средняя годовая эффективная доза облучения населения может превысить (над уровнем естественного и техногенного фона)  $1 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$ . На территории радиоактивного загрязнения в зависимости от плотности загрязнения почв радионуклидами и (или) средней годовой эффективной дозы облучения населения выделяется 5 зон радиоактивного загрязнения (табл. 2).

Таблица 2

Зонирование территории радиоактивного загрязнения

Наименование зоны	СГЭД, $\text{мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$	Плотность загрязнения, $\text{Ки}\cdot\text{км}^{-2}$		
		$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{238-240}\text{Pu}$
Проживания с периодическим радиационным контролем	$< 1$	1-5	0,15-0,5	0,01-0,02
С правом на отселение	1-5	5-15	0,5-2,0	0,02-0,05
Последующего отселения	$> 5$	15-40	2,0-3,0	0,05-0,1
Первоочередного отселения	-	$> 40$	$> 3,0$	$> 0,1$
Эвакуации (отчуждения)	Территория вокруг Чернобыльской АЭС, с которой в 1986 г. эвакуировано население (30-км зона)			

Принятие на законодательном уровне дозового предела в  $1 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$  и отнесение к зонам радиоактивного загрязнения территорий с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs} \geq 37 \text{ кБк}\cdot\text{м}^{-2}$  ( $\geq 1 \text{ Ки}\cdot\text{км}^{-2}$ ) привело к многократному расширению территорий, с которых необходимо было проводить отселение жителей, осуществлять комплекс защитных мер в аграрном производстве и лесном хозяйстве. Так, после 1991 года проведено отселение из загрязненных территорий в чистые районы республики 113 тыс. жителей из 364 населенных пунктов.

### **Нормирование содержания радионуклидов в пищевых продуктах**

Гигиеническая регламентация содержания радионуклидов в пищевых продуктах, питьевой воде, сельскохозяйственном сырье одна из основных краткосрочных и долгосрочных мер по радиационной защите населения после чернобыльской катастрофы. Допустимые уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  изменялись в соответствии с годовыми квотами на внутреннее облучение и на разных этапах развития аварийной и послеаварийной ситуации в соответствии с улучшением радиационной обстановки, естественных процессов радиоактивного распада и закрепления радионуклидов в почвенном комплексе периодически пересматривались в сторону ужесточения.

На первых этапах после аварии действовали временные допустимые уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  в пищевых продуктах и питьевой воде (ВДУ-86, ВДУ-88), принятые Министерством здравоохранения СССР. В 1990 году в Беларуси разработаны национальные «Республиканские контрольные уровни содержания радионуклидов цезия и стронция в продуктах питания и питьевой воде (РКУ-90)». Нормативы РКУ-90, действовавшие на протяжении 1990-92 годов, учитывали конкретные послеаварийные условия и были рассчитаны, чтобы за счет поступления радионуклидов с пищевыми продуктами доза внутреннего облучения критической группы населения не превышала  $1,7 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$ . В дальнейшем принимались республиканские допустимые уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-92, РДУ-96, РДУ-99), которые обеспечивали не превышение годового дозового предела в  $1 \text{ мЗв}$  [6, 7]. В настоящее время на территории Республики Беларусь действует гигиенический норматив №10-117-99 «Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99)», установленный Министерством здравоохранения в 1999 году, который регламентирует содержание  $^{137}\text{Cs}$  в 20 группах пищевых продуктов, содержание  $^{90}\text{Sr}$  – в 4 (табл. 3).

## Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия и стронция в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99)

н/п	Наименование продукта	Содержание радионуклида, Бк·кг <sup>-1</sup> , Бк·л <sup>-1</sup>	
		<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr
1.	Вода питьевая	10	0,37
2.	Молоко и цельномолочная продукция	100	3,7
3.	Молоко сгущенное и концентрированное	200	-
4.	Творог и творожные изделия	50	-
5.	Сыры сычужные и плавленые	50	-
6.	Масло коровье	100	-
7.	Мясо и мясные продукты, в том числе:		-
7.1.	Говядина, баранина и продукты из них	500	-
7.2.	Свинина, птица и продукты из них	180	-
8.	Картофель	80	3,7
9.	Хлеб и хлебобулочные изделия	40	3,7
10.	Мука, крупы, сахар	60	-
11.	Жиры растительные	40	-
12.	Жиры животные и маргарин	100	-
13.	Овощи и корнеплоды	100	-
14.	Фрукты	40	-
15.	Садовые ягоды	70	-
16.	Консервированные продукты из овощей, фруктов и ягод садовых	74	-
17.	Дикорастущие ягоды и консервированные продукты из них	185	-
18.	Грибы свежие	370	-
19.	Грибы сушеные	2500	-
20.	Специализированные продукты детского питания в готовом для потребления виде	37	1,85
21.	Прочие продукты питания	370	-

Расчет допустимых уровней радионуклидов в пищевых продуктах проводился с использованием общепринятого подхода, основанного на законодательно установленном пределе дозы облучения для населения – 1 мЗв·год<sup>-1</sup>, рационе питания жителей, вкладе основных компонентов рациона в поступление радионуклидов в организм, международных коэффициентов перехода от поступления к эффективной дозе внутреннего облучения. При разработке РДУ-99 использован рацион питания сельских жителей 1998 года, а дозы внутреннего облучения были рассчитаны при условии потребления в течение всего года продуктов с содержанием <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr на уровне нормативов. Дозы внутреннего облучения, которые может получить население при потреблении в течение всего года продуктов питания, загрязненных на уровне нормативов РДУ-99, рассчитаны по формуле:

$$E = \sum GL(A) \times M(A) \times e_{ing}(A),$$

где E – доза внутреннего облучения, мЗв·год<sup>-1</sup>; GL(A) – допустимый уровень, Бк·кг<sup>-1</sup>; M – годовое потребление продукта, кг в год; e<sub>ing</sub> – возраст-зависимый дозовый коэффициент (мЗв·Бк<sup>-1</sup>).

В соответствии с рекомендациями МАГАТЭ [8] для расчета дозы внутреннего облучения при употреблении продуктов питания, загрязненных <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr, использованы дозовые коэффициенты перехода от удельной активности радионуклида в продукте к дозе облучения (возраст-зависимый дозовый коэффициент) – ожидаемая эффективная доза на единицу перорального поступления. Критической группой при пероральном поступлении <sup>137</sup>Cs являются взрослые, а <sup>90</sup>Sr – дети 12-17 лет.

При обосновании допустимых уровней учитывалось, что загрязненная продукция не является импортируемой, а производится внутри страны, и потребление такой продукции составляет 100%, что наиболее характерно для территорий, загрязненных одновременно <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr.

После введения РДУ-99 дозы внутреннего облучения не должны были превышать 0,98 мЗв/год, в том числе за счет поступления <sup>137</sup>Cs – 0,9 мЗв·год<sup>-1</sup>, за счет поступления <sup>90</sup>Sr – 0,08 мЗв·год<sup>-1</sup>.

### Динамика эффективных доз облучения населения

В первый год после аварии доминирующим фактором формирования эффективной дозы являлось внешнее облучение человека от осевших на почву и растительность радионуклидов. После 1986 года и по настоящее время доза внутреннего облучения формируется главным образом за счет поступления <sup>137</sup>Cs в организм жителей с пищевыми продуктами. Вклад <sup>90</sup>Sr в дозу внутреннего облу-

чения населения составляет единицы процентов. Вклад, обусловленный поступлением изотопов плутония ( $^{238,239,240}\text{Pu}$ ) и  $^{241}\text{Am}$ , составляет доли процентов [3]. Внутреннее облучение от радионуклидов, поступающих в организм с продуктами питания, связано в основном с потреблением молока и продукции леса (грибы, ягоды, мясо диких животных) [9, 10].

На рис. 1 приведены динамика (за период с 1992 по 2015 гг.) количества населенных пунктов, расположенных в зонах радиоактивного загрязнения, в которых СГЭД превышала  $1 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$ . Так, в 1992 г. средняя годовая эффективная доза облучения населения превышала  $1 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$  в 1022 населенных пунктах, что составляло 29% от общего количества (3513) населенных пунктов, расположенных в зонах радиоактивного загрязнения. В 2004 и 2010 гг. СГЭД была выше  $1 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$  соответственно в 723 и 191 населенном пункте [11, 12].

Согласно Каталогу средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов Беларуси в 2015 году средняя годовая эффективная доза облучения населения равна или превышает  $1 \text{ мЗв}$  в 82 населенных пунктах, что составляет 3,4% от общего количества (2396) населенных пунктов, расположенных в зонах радиоактивного загрязнения. В этих населенных пунктах проживает 23,4 тыс. человек или 2% населения, проживающего на территории радиоактивного загрязнения. Ни в одном населенном пункте средняя годовая эффективная доза облучения не превышает  $3,0 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$ .

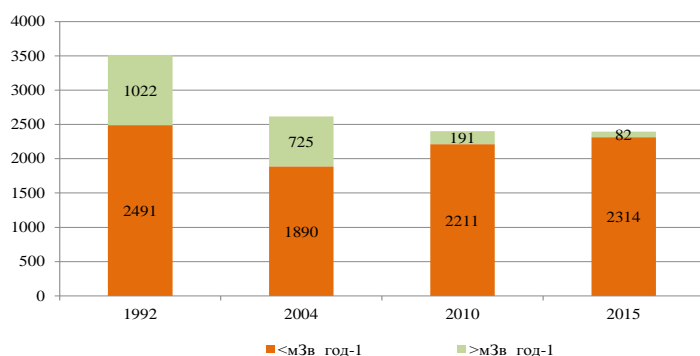


Рисунок 1 – Динамика распределения населенных пунктов по диапазонам средней годовой эффективной дозы облучения  $> 1$  и  $< 1 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$

Современные данные распределения населенных пунктов Беларуси, расположенных на территории радиоактивного загрязнения, по величине средней годовой эффективной дозы облучения в разрезе административных областей, показывают, что из 82 населенных пунктов с интервалом СГЭД от  $1,00$  до  $1,99 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$  70 населенных пунктов или 85,4% сконцентрированы в Гомельской области, 8 населенных пунктов (9,7%) – в Могилевской области и 4 населенных пункта (4,9%) – в Брестской области (табл. 4).

Из общего количества жителей 23,4 тыс. человек, проживающих на территориях со средней годовой эффективной дозой облучения  $1,00$ - $1,99 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$ , 18,5 тыс. (79,0%) находится в Гомельской области, 4,7 тыс. (20,1%) – в Брестской области и незначительное количество (0,2 тыс. или 0,9%) – в Могилевской области. Все 9 населенных пунктов, где СГЭД равна или превышает  $2,0 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$ , расположены в Гомельской области. В этих населенных пунктах проживает 1,0 тыс. человек.

### **Вывод территорий и населенных пунктов из зон радиоактивного загрязнения**

С 1992 года в соответствии с законодательством на постоянной основе ведется работа по возвращению территорий и населенных пунктов из зон радиоактивного загрязнения. Согласно действующей в республике процедуре один раз в пять лет проводится пересмотр населенных пунктов, относящихся к зонам радиоактивного загрязнения. В результате этого населенные пункты и, соответственно проживающее там население, в которых плотность загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  либо  $^{90}\text{Sr}$  или  $^{238-240}\text{Pu}$  ниже соответственно 37, 5.55,  $0.37 \text{ кБк}\cdot\text{м}^{-2}$  ( $1,0$ ,  $0.15$ ,  $0.01 \text{ Ки}\cdot\text{км}^{-2}$ ), а также средняя годовая эффективная доза облучения населения ниже  $1 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$  над уровнем естественного и техногенного фона, выводятся из зон радиоактивного загрязнения и на этих территориях прекращается проведение защитных и реабилитационных мероприятий. В результате снижения уровней загрязнения территорий и доз облучения населения часть населенных пунктов переводится из более «жестких» зон в менее «жесткие» зоны.

Распределение населенных пунктов и проживающего населения в разрезе административных областей по величине средней годовой эффективной дозы облучения

Область	Интервал СГЭД, м <sup>3</sup> в-год <sup>-1</sup>	Населенные пункты в зонах радиоактивного загрязнения		Население, проживающее в зонах радиоактивного загрязнения	
		единиц	% от общего количества населенных пунктов в республике	тыс. человек	% от общего количества населения в республике
Брестская	<1,00	115	5,0	109,3	9,8
	1,00-1,99	4	4,9	4,7	20,1
	≥2,00	0	0	0	0
Витебская	<1,00	1	0,04	0,008	<0,001
	1,00-1,99	0	0	0	0
	≥2,00	0	0	0	0
Гомельская	<1,00	1231	53,4	869,9	77,8
	1,00-1,99	70	85,4	18,5	79,0
	≥2,00	9	100	1,0	100
Гродненская	<1,00	106	5,0	17,7	1,6
	1,00-1,99	0	0	0	0
	≥2,00	0	0	0	0
Минская	<1,00	118	5,1	10,4	0,9
	1,00-1,99	0	0	0	0
	≥2,00	0	0	0	0
Могилевская	<1,00	734	31,8	110,9	9,9
	1,00-1,99	8	9,7	0,2	0,9
	≥2,00	0	0	0	0
<b>Всего по Беларуси</b>	<1,00	<b>2305</b>	<b>100</b>	<b>1118,2</b>	<b>100</b>
	1,00-1,99	<b>82</b>	<b>100</b>	<b>23,4</b>	<b>100</b>
	≥2,00	<b>9</b>	<b>100</b>	<b>1,0</b>	<b>100</b>

На рис. 2 приведена динамика вывода населенных пунктов и проживающего в них населения из зон радиоактивного загрязнения за послеаварийный период. Согласно Перечню населенных пунктов и объектов, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения, в настоящее время на территории радиоактивного загрязнения находится 2396 населенных пунктов, в которых проживает 1142,6 тыс. человек. По прогнозу на 2015 год из зоны проживания с периодическим радиационным контролем целесообразно вывести 203 населенных пункта, где проживает 30,9 тыс. жителей. На этих территориях СГЭД значительно ниже дозового предела 1 мЗв-год<sup>-1</sup>, плотность загрязнения <sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr или <sup>238-240</sup>Pu ниже соответственно 37, 5,55, 0,37 кБк·м<sup>-2</sup>, обеспечивается стабильное производство нормативно чистой продукции.

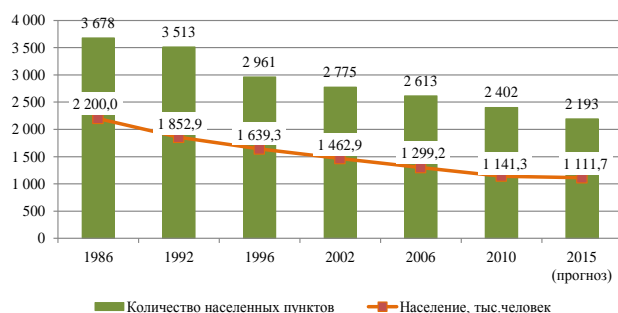


Рисунок 2 – Динамика количества населенных пунктов, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения, и проживавшего в них населения

Всего за послеаварийный период из зон радиоактивного загрязнения выведено 811 населенных пунктов (22% от общего их количества). С учетом эвакуированного и отселенного населения к условиям жизнедеятельности без ограничений по радиационному фактору возвращено около 712 тыс. жителей или 38% населения, проживавшего в 1992 г. на территории радиоактивного загрязнения (рисунки 3 и 4). Кроме этого в результате снижения уровней загрязнения территорий и доз облучения населения часть населенных пунктов переведено из более «жестких» зон в менее «жесткие» зоны.

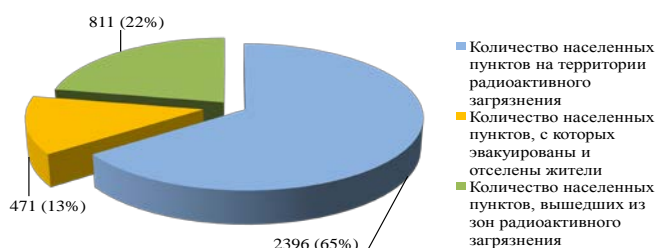


Рисунок 3 – Возврат населенных пунктов к условиям жизнедеятельности без ограничений по радиационному фактору

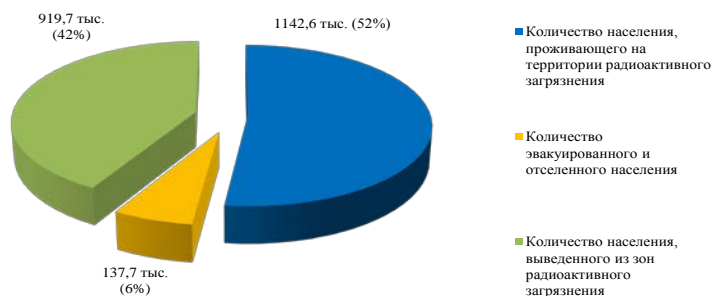


Рисунок 4 – Возврат населения, пострадавшего в результате чернобыльской катастрофы к условиям жизнедеятельности без ограничений по радиационному фактору

Из 2396 населенных пунктов, расположенных на территории радиоактивного загрязнения, 1900 населенных пунктов или 79,3% находятся в зоне проживания с периодическим радиационным контролем, 478 (19,9%) – в зоне с правом на отселение и 18 населенных пунктов (0,8%) – в зоне с последующего отселения (таблица 5).

Из общей численности населения 1142,6 тыс. человек, проживающего на территории радиоактивного загрязнения, 90% сконцентрировано в зоне проживания с периодическим радиационным контролем, 9,8% – в зоне с правом на отселение и только 0,2% – в зоне последующего отселения.

Таблица 5

Количество населенных пунктов и населения по зонам радиоактивного загрязнения

Зона радиоактивного загрязнения	Количество населенных пунктов		Численность населения	
	единиц	% от общего	тыс. человек	% от общего
Эвакуации (отчуждения)	0	0	0	0
Первоочередного отселения	0	0	0	0
Последующего отселения	18	0,8	1,8	0,2
С правом на отселение	478	19,9	112,6	9,8
Проживания с периодическим радиационным контролем	1900	79,3	1028,2	90,0
<b>Всего</b>	<b>2396</b>	<b>100</b>	<b>1142,6</b>	<b>100</b>

## **Современные международные подходы и рекомендации по радиационной защите населения**

В 2007 г. МКРЗ утвердила новую редакцию Рекомендаций по системе радиационной защиты (Публикация 103), в которых отражена концепция перехода от использующегося ранее подхода «практик» и «вмешательств» к использованию метода, основанного на характеристиках ситуаций радиоактивного облучения. Определены 3 типа ситуаций облучения: планируемое облучение, аварийное облучение и существующее облучение. В Рекомендациях сохранены ключевые принципы радиационной защиты. Принципы обоснования и оптимизации применимы во всех трех ситуациях облучения, а принцип применения пределов доз применим только к тем дозам, которые будут получены при ситуации планируемого облучения [13].

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) в развитие Рекомендаций МКРЗ разработало Нормы по безопасности для регулирующих и других государственных органов и организаций [14]. Этим документом определено, что к ситуациям существующего облучения относятся ситуации облучения от природных источников излучения, остаточного радиоактивного материала, сохранившегося после предыдущей деятельности, а также после ситуации аварийного облучения.

Следовательно, проживание или профессиональная деятельность на территории радиоактивного загрязнения в отдаленный послеаварийный период рассматривается как ситуация существующего облучения. Для таких ситуаций фундаментальные принципы радиационной защиты включают обоснование защитных стратегий и оптимизацию защиты, достигнутых в результате реализации этих стратегий. При планировании и реализации процесса оптимизации в ситуациях существующего облучения рекомендуется использовать референтные (контрольные) уровни – уровень дозы, риска или активности радионуклидов, выше которого планировать допустимое облучение неприемлемо, а ниже которого следует проводить оптимизацию защиты. Рекомендован диапазон референтного уровня от 1 до 20 мЗв·год<sup>-1</sup>. Величина его зависит от сложившихся обстоятельств в рассматриваемой ситуации облучения и преобладающих условий облучения.

Следует отметить, что в Публикации 103 МКРЗ описаны общие принципы реализации системы радиационной защиты в зависимости от одного из трех типов ситуаций облучения, а руководством по применению рекомендаций МКРЗ по защите лиц, проживающих на территориях долгосрочного загрязнения в результате ядерной или радиационной аварийной ситуации, является Публикация 111 МКРЗ [15]. Данный документ разработан для конкретной категории ситуаций существующего облучения, в частности для ситуации облучения в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС.

Долгосрочной целью в ситуациях существующего облучения является снижение уровней облучения до значений, приближенных или идентичных уровням в случаях, считающихся нормальными [13]. Поэтому МКРЗ рекомендует [15], что референтный уровень должен быть выбран в нижней части диапазона 1-20 мЗв·год<sup>-1</sup> для этой категории ситуаций облучения, то есть уровень 1 мЗв·год<sup>-1</sup>, действующий в настоящее время в Беларуси.

Нормами по безопасности МАГАТЭ также определено, что разработку и принятие мер по переходу от ситуации аварийного облучения к ситуации существующего облучения обеспечивает правительство, включая разработку правовой и регулирующей основы по обеспечению защиты и управлению ситуацией существующего облучения. Регулирующий орган или другой соответствующий компетентный орган, которому поручена разработка стратегии защиты в ситуации существующего облучения, устанавливает соответствующие референтные (контрольные) уровни.

### **Заключение**

Реализованные после катастрофы на Чернобыльской АЭС меры радиационной защиты обеспечили предотвращение масштабного и высокого по уровню облучения населения. Однако введение после завершения острой фазы аварии дозового предела в 1 мЗв·год<sup>-1</sup> и отнесение к зонам радиоактивного загрязнения территорий с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs} \geq 37 \text{ кБк} \cdot \text{м}^{-2} (\geq 1 \text{ Ки} \cdot \text{км}^{-2})$  привело к многократному расширению территорий, с которых необходимо было в последующем проводить отселение жителей. В то же время наиболее эффективной мерой защиты населения, проживающего на территории радиоактивного загрязнения, является ограничение поступления в организм радионуклидов с пищевыми продуктами за счет применения системы защитных мер в аграрном производстве, проведения жесткого радиационного контроля продукции и управления ее потоками.

За почти 30-летний послеаварийный период в результате естественных процессов распада радионуклидов и системного применения защитных мероприятий произошло значительное улучшение радиационной обстановки на территории радиоактивного загрязнения. В настоящее время СГЭД равна или превышает законодательно установленный дозовый предел в 1 мЗв·год<sup>-1</sup> в 82 из 2396



населенных пунктов, расположенных в зонах радиоактивного загрязнения, что составляет 3,4%. В этих населенных пунктах проживает 23,4 тыс. человек или 2% населения, проживающего на территории радиоактивного загрязнения. Ни в одном населенном пункте средняя годовая эффективная доза облучения не превышает 3,0 мЗв·год<sup>-1</sup>.

Учитывая существенное улучшение радиационной обстановки на значительной части территории радиоактивного загрязнения, снижение доз облучения населения и производство продукции, отвечающей допустимым уровням по содержанию радионуклидов, а также принимая во внимание современные международные рекомендации (МКРЗ, МАГАТЭ), национальные нормативные правовые и методические документы в области радиационной защиты населения, целесообразно предпринять шаги по выводу части территории из «аварийной ситуации» и оптимизации радиационной защиты в отдаленный период после катастрофы на Чернобыльской АЭС.

В первую очередь важным является разработка Концепции перехода от ситуации аварийного облучения к ситуации существующего облучения. Данный документ позволит выработать систему принципов, подходов и направлений, определяющих действия по переходу к ситуации существующего облучения, выделить целевые показатели, способствующие принятию решения – на каком основании и когда этот переход может быть осуществлен. Концепция явится системой взглядов, позволяющей органам государственного управления и общественности понять необходимость выхода из ситуации аварийного облучения, а также необходимость изменения нормативной правовой базы без ухудшения мер социальной защиты населения.

Реализация на практике системы радиационной защиты населения при ситуации существующего облучения требует концептуального пересмотра сложившихся подходов к зонированию территории радиоактивного загрязнения и нормированию содержания радионуклидов в пищевых продуктах, оптимизации системы радиационного контроля продуктов питания, решения других вопросов.

### **Список литературы**

1. Балонов, М.И. Критерии защиты населения и реабилитации территорий России в отдаленный период после чернобыльской аварии / М.И. Балонов, Л.И. Анисимова, Г.С. Перминова // Радиация и риск. – 1999. – №11. – С. 108-116.
2. Константинов, Ю.О. Чернобыльская авария: обоснование и реализация решений по защите населения / Ю.О. Константинов // Радиационная гигиена. – 2011. – Том 4. – № 2. – С. 59-67.
3. Четверть века после чернобыльской катастрофы: итоги и перспективы преодоления. Национальный доклад Республики Беларусь. Минск: Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. 2011. – 90 с.
4. Факторы риска последствий Чернобыльской катастрофы / Под общ. ред. А.Б. Чешевики. Мн.: ИСПИ, 2001. – 321 с.
5. Сборник нормативных правовых актов по вопросам преодоления последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС. Минск: Институт радиологии, 2013. – 160 с.
6. Кенигсберг, Я.Э. Гигиенические нормативы содержания цезия-137 и стронция-90 в продуктах питания: чернобыльский опыт Беларуси Я.Э. Кенигсберг // Радиационная гигиена. – 2008. – Т.1. – № 2. – С. 28-31.
7. Научные основы реабилитации сельскохозяйственных территорий, загрязненных в результате крупных радиационных аварий / под общ. ред. Н.Н. Цыбулько. Минск: Институт радиологии, 2011. – 438 с.
8. International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. Vienna: IAEA Publ., – 1996. – 48 p.
9. Проблемы радиационной реабилитации загрязненных территорий. Гомель: РНИУП «Институт радиологии», 2004. – 121 с.
10. Стратегии реабилитации сельских населенных пунктов, пострадавших после аварии на Чернобыльской АЭС /Рабочий документ: ТС проект RER/9/074 «Стратегии долгосрочных защитных мероприятий и мониторинг облучения населения сельских территорий, пострадавших после чернобыльской аварии. Вена, Австрия, 2007. – 75 с.
11. Каталог доз облучения жителей населенных пунктов Республики Беларусь. Минск, 1992. – 94 с.
12. Чернобыль 20 лет спустя. Стратегия восстановления и устойчивого развития пострадавших регионов. Часть I. 20 year after Chernobyl. Strategy for recovery and sustainable Development of the Affected regions. Part I: матер. международ. конф., 19-21 апр., 2006., Минск / Ком. по проблемам послед-

ствий катастрофы на Чернобыль. АЭС при Совете Министров Республики Беларусь. Минск: Беларусь, 2006. – С. 158.

13. ICRP, 2008. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103 // Annals of the ICRP. – 2007. – V. 37. – N 2-4. – 332 p.

14. IAEA Safety Standards. Radiation protection and safety of radiation sources: International Basic Safety Standards, General Safety Requirements, No. GSR, Part 3 (Interim). Vienna: IAEA, 2011.

15. ICRP, 2009. Application of the Commission's Recommendations to the Protection of People Living in Long-term Contaminated Areas after a Nuclear Accident or a Radiation Emergency. ICRP Publication 111 // Annals of the ICRP. – 2009. – V. 39. – N 3. – 69 p.

***N. N. Tsybulka***

**SCIENTIFIC-METHODOLOGICAL STUDY AND IMPLEMENTATION OF MEASURES  
FOR RADIATION PROTECTION OF THE POPULATION AFTER  
THE CHERNOBYL ACCIDENT**

*The article describes the evolution of the formation of conceptual approaches, criteria and regulations for radiation protection of the population affected by the Chernobyl disaster. The schemes of zoning of Belarus affected by radioactive contamination, and the dynamics of the number of settlements located in areas of radioactive contamination, and the population living in them. The data changes effective doses to the population of the post-accident period. The methodology of the valuation of radionuclide content in food. Analyzes the current international approaches and recommendations on radiation protection in the remote post-accident period.*