

На правах рукописи

ХРАМЧЕНКОВА Ольга Михайловна

**НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОСТУПЛЕНИЯ СТРОНЦИЯ-90
В ОРГАНИЗМ ЛЮДЕЙ И ЕГО РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ ДОЗ
ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ОРГАНИЗМА
В УСЛОВИЯХ АВАРИИ НА ЧЕРНОВЫЛЬСКОЙ АЭС**

Специальность 03.00.01 — радиобиология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Гомель 1996

Диссертация выполнена в Гомельском филиале научно-исследовательского института радиационной медицины Министерства здравоохранения Республики Беларусь.

Научный руководитель — кандидат химических наук
Р. И. Погодин.

Официальные оппоненты: доктор биологических наук,
профессор **В. Ф. Дричко**
(Санкт-Петербургский аграрный университет);

кандидат технических наук
С. В. Фесенко (ВНИИСХРАЭ).

Ведущая организация — Новозыбковский филиал Санкт-Петербургского НИИ радиационной гигиены (г. Новозыбков, Брянской обл.)

Защита диссертации состоится « . . . » 1996 г.
на заседании Диссертационного совета Д 120.81.01 во Всероссийском научно-исследовательском институте сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии. Отзывы на автореферат просим отправлять по адресу: 249020, Калужская обл., г. Обнинск, ВНИИСХРАЭ, Диссертационный совет.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
ВНИИСХРАЭ.

Автореферат разослан « . . . » 1996 г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета,
кандидат биологических наук

Н. И. Санжарова

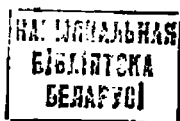
ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и состояние проблемы. Отличительной особенностью аварии на ЧАЭС является беспрецедентность размеров радиационного воздействия на население. Для оценки возможных биологических эффектов, разработки научно-обоснованных защитных мероприятий, позволяющих снизить уровни облучения людей, необходим комплексный учет всех факторов радиационного воздействия на население. В отдаленный период после аварии формирование доз внутреннего облучения людей происходит в основном за счет изотопов ^{137}Cs и ^{90}Sr . Необходимость изучения поведения ^{90}Sr Чернобыльского происхождения обусловлена особенностями поведения этого нуклида в почве (длительное пребывание в обменной, доступной для растений форме), трофических цепях (поступление в рацион питания людей с основными продуктами питания) и организме человека (долгосрочное депонирование при поступлении в организм - преимущественное отложение в скелете, большой период полураспада). Особенности радиационно-экологической ситуации в Республике Беларусь, ограничивающие использование закономерностей поведения ^{90}Sr в биосфере, полученных по результатам изучения глобальных выпадений, определяются следующими характеристиками:

- большая площадь загрязнения республики;
- неравномерность, мозаичность, пятнистость загрязнения даже в пределах одного населенного пункта и прилегающих мест;
- наличие различных физико-химических форм выпадений;
- биохимические особенности почвы на территориях загрязнения, обуславливающие различия в радиационной подвижности ^{90}Sr в пищевых цепочках.

Поведение ^{90}Sr , выходящего в окружающую среду в результате Чернобыльской аварии, можно проследить при описании цепочки событий, отдельными звеньями которой являются трансформация выпадений при взаимодействии их с почвой, охотение в пищевой цепочке и поступление в рацион питания человека, содержание и отложение в организме, формирование дозовой нагрузки. Необходимость такого комплексного подхода к изучению поведения ^{90}Sr аварийного происхождения диктуется, с одной стороны, задачей корректной оценки вклада его в дозу внутреннего облучения населения, с другой, выделением внутри сниженной поступления стронция-90 в организм людей в каждом звене пищевой цепочки.

Наиболее достоверная и корректная оценка доз внутреннего облучения может быть сделана на основании результатов анализа содержания ^{90}Sr в организме человека, а их долгосрочный прогноз - на основе изучения поступления стронция-90 в организм, а также динамики содержания нуклида в рационе. Знание закономерностей загрязнения продуктов питания дает воз-



возможность комплексной оценки миграции ^{90}Sr по индексам цезия, позволяющая разработку научно обоснованных мероприятий, направленных на снижение уровня облучения населения.

Настоящее исследование выполнялось в рамках Государственной программы Республики Беларусь по минимизации последствий аварии на ЧАЭС и проводилось в сравнительном аспекте с ^{137}Cs - основным дозобразующим нуклидом, с целью оценки вклада ^{90}Sr и дозу внутреннего облучения людей.

Цель и основные задачи исследования. Целью работы является оценка уровня поступления и содержания ^{90}Sr в организме жителей Гомельской области для расчета и прогнозирования дозовых нагрузок.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

1. Исследовать особенности распределения ^{90}Sr по территории Гомельской области.
2. Изучить динамику физико-химического состояния ^{90}Sr в почве.
3. Исследовать динамику и уровни загрязнения ^{90}Sr основных продуктов питания.
4. Исследовать содержание ^{90}Sr в организме людей.
5. Оценить дозы внутреннего облучения организма инкорпорированными ^{90}Sr .

Научная новизна работы. Впервые на примере крупного региона Гомельской области, проведено комплексное изучение миграции ^{90}Sr по индексам цезия в условиях аварии, содержания его в рационе жителей пострадавших регионов, поступления и накопления в организме человека, уровня дозовых нагрузок на критические органы и их долгосрочный прогноз, вклада стронция-90 в суммарную дозу внутреннего облучения. Изучены особенности распределения стронция 90 по территории Гомельской области, физико-химического состояния нуклида в почве, а также уровней содержания его в основных продуктах питания и рационе в целом. На большом фактическом материале изучены уровни содержания ^{90}Sr в организме человека, оценены дозовые нагрузки на критические органы и вклад в дозу внутреннего облучения.

Теоретические и практические значения работы. Теоретическую ценность представляют исследования распределения отношения плотностей выпадения $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ по территории Гомельской области, динамики физико-химического состояния ^{90}Sr в почве, динамики содержания ^{90}Sr и ^{137}Cs и отношения $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ в молоке коров, а также результаты определения содержания ^{90}Sr в костной ткани и зубах жителей Гомельской области, позволяющие оценить уровни текущих дозовых нагрузок и интегральных доз на критические органы за 10 и 70 лет.

Практическая значимость полученных результатов состоит в том, что

они показывают роль ^{90}Sr в формировании доз внутреннего облучения, позволяют прогнозировать дозовые нагрузки на отдаленный срок и на этой основе разрабатывать в случае необходимости профилактические мероприятия по снижению поступления ^{90}Sr в организм, что позволит снизить радиационный риск населения. Результаты исследования были использованы при подготовке Постановления Совета Министров Республики Беларусь № 782 от 5 ноября 1992 года "О переселении некоторых населенных пунктов на территории Гомельской области, расположенных на территории с плотностью загрязнения свыше 15 Ки/км^2 ", а также для подготовки проекта Республиканских допустимых уровней (ДДУ) для Республики Беларусь.

Основные положения, вытекающие из доклада:

1. Процесс перехода растворимых форм ^{90}Sr в почвах разных типов в нерастворимое состояние практически закончился к 3 годам контакта нуклида с почвой. Процесс выщелачивания ^{90}Sr из частиц, выпавших в дальней зоне загрязнения, закончился к 1992 году и в дальнейшем не будет оказывать влияния на изменение коэффициента пропорциональности нуклида в звене почва - растительность - молоко.

2. С четырьмя видами пищевых продуктов - молоком, хлебобулочные, картофель, овощи в рацион поступает около 75% ^{90}Sr ; оставшиеся 25% приходится на долю мяса и фруктов, вклад молочных продуктов и грибов является незначительным.

3. Поступление ^{90}Sr с рационом в организм жителей Гомельской области оценивается величиной 1,05 кБк/год для горожан и 1,64 кБк/год для сельского населения, что составляет около 10% предела годового поступления для лиц категории В. Уровни содержания ^{90}Sr в рационе сельского и городского населения отличаются в 1,5 раза, что определяется в основном различиями в структуре потребления основных пищевых продуктов.

4. Содержание ^{90}Sr в организме жителей Гомельской области составляет 74 - 236 Бк, что превышает доаварийный уровень в 3,1 - 9,8 раза. Мощность дозы облучения красного костного мозга жителей Гомельской области в 1994 году составляла 13,2 мкГр (по результатам оценки поступления с рационом - 60-110 мкГр). Дозы, оцененные по результатам прямого определения содержания ^{90}Sr в организме не превышают 10% дозы внутреннего облучения от естественных радионуклидов, присутствующих в организме.

5. Величины интегральных доз за 10 и 20 лет жизни различаются в 1,8 раза и превышают ожидаемые на 1980г. дозы от ^{90}Sr , образовавшегося в результате ядерных взрывов в атмосфере в 1,3 - 2,5 раза. Годовая эффективная доза от ^{90}Sr составляет в 1994 году 1,75 мкЗв для г. Гомеля и 1,44 мкЗв для Гомельской области. Ее вклад не превышает 5% от эффектив-

ции дозы от ^{137}Cs .

Публикации и апробация работы. Материалы диссертации опубликованы в 12 работах и были представлены на: международном симпозиуме "Медицинские аспекты радиоактивного воздействия на население, проживающее на загрязненной территории в результате аварии на ЧАЭС", Гомель, 1994 г.; международном научном конгрессе "Молодые ученые и решение проблемы ликвидации медицинских последствий Чернобыльской катастрофы сегодня и в будущем", Гомель, 1994г.; Гамбург, ФРГ, 1994г; международной конференции "Чернобыльская катастрофа: прогноз, профилактика, лечение и медико-психологическая реабилитация пострадавших", Минск, 1995г.

Диссертация апробирована на Ученом совете НИИ РМ ИЗ РБ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, описания объектов и методов исследования, результатов исследований и их обсуждения, заключения, выводов и списка литературы. Диссертация изложена на листах, иллюстрирована 26 таблицами и 7 рисунками. Список литературы включает 123 источника, в т.ч. 26 иностранных.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основными объектами исследования в настоящей работе являются: пробы почвы, продуктов питания, экстрагированных зубов, а также реберных костей человека. Пробы почвы были отобраны на целинных угодьях в районах, отстоящих от ЧАЭС на 5-30 и 60-250 км. Пробы продуктов питания (молоко, картофель, овощи и др.) отбирались в личных подсобных хозяйствах жителей Гомельской области. Отбор проб экстрагированных зубов был организован на базе стоматологических поликлиник области и г. Гомеля. Одна проба формировалась из не менее чем 25 зубов, взятых у лиц одного года рождения. Особое внимание уделялось сбору зубов, экстрагированных у детей не старше 1985 года рождения. Отбор проб реберных костей был организован на базе служб судебно-медицинской экспертизы гг. Гомеля и Речицы, а также на базе ирпог г. Гомеля и области. Масса пробы составляла 150 - 250г. Объем собственных исследований: кость реберная - 1991 проба, зубы - 82 пробы от 2100 человек; молоко - 415 проб ^{90}Sr и 667 проб ^{137}Cs ; картофель - 407 проб ^{90}Sr и 504 пробы ^{137}Cs ; почва - 400 проб. В работе была использована следующая информация: данные Глязгидромета РБ о плотности загрязнения 2702 населенных пунктов Гомельской области ^{90}Sr и ^{137}Cs ; результаты исследования содержания ^{90}Sr и ^{137}Cs в продуктах питания за 1987-1995 гг., полученные ГФ НИИ РМ и организациями

Госагропрома и Минздрава РБ, свыше 37000 данных; результаты определения содержания ^{137}Cs в организме человека на установке СИЧ - 2000 данных.

При изучении физико-химического состояния ^{90}Sr в почве были использованы традиционные методы, основанные на последовательном выщелачивании нуклида растворами различных реагентов (дистиллированная вода, 1н раствор ацетата аммония, 1н и 6н растворы соляной кислоты). Содержание ^{137}Cs в отобранных пробах определяли при помощи стационарной гамма-спектрометрической установки со сцинтилляционным блоком детектирования типа БДЭГ-39 в свинцовой защите и многоканальным анализатором импульсов типа ЛР-1900В. Нижняя граница диапазона измерения удельной активности составляла 3 Бк/кг. Метод выделения ^{90}Sr основан на преимущественной экстракции дочернего ^{90}Y моноизооктилметилфосфоновой кислотой. Определение содержания нуклида в предварительно подготовленных пробах производилось по аттестованной в ЦИИ метрологии стандартных образцов методике измерения удельной активности с относительной погрешностью в диапазоне 0,25 - 100 Бк/дм³ 10% при доверительной вероятности 0,95. Измерительные установки - УМФ-1500 и РИВ-01В. Выход носителя ^{90}Sr контролировался пламенно-фотометрическим методом на установке ПАФ-2 с лютевым светофильтром.

Содержание ^{137}Cs в организме людей измерялось по его гамма-излучению с помощью высокочувствительных сцинтилляционных гамма-спектрометров излучений человека типа СИЧ 2,5 в геометрии "стандартного кресла".

Исходным материалом для оценки радиэкологических особенностей Гомельской области являются данные Гидромета РБ о плотности загрязнения населенных пунктов ^{90}Sr и ^{137}Cs . Основной подход заключался в статистической обработке данных, группировке их по районам и в зависимости от расстояния от ЧАЭС для выяснения региональных особенностей распределения ^{90}Sr и ^{137}Cs , а также отношения плотностей загрязнения $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ по территории Гомельской области.

На основании данных о содержании ^{90}Sr и ^{137}Cs в молоке коров в 1987-1994 гг была оценена динамика снижения содержания этих нуклидов, а также отношения содержания $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ в молоке. Исследования по оценке роли основных компонентов рациона в поступлении ^{90}Sr в организм человека проводились на основании результатов определения содержания его в продуктах питания, потребляемых в различных регионах области. В основу расчетов содержания ^{90}Sr в рационе жителей Гомельской области была положена информация Гомельского статуправления о структуре и объеме потребления населением различных продуктов питания.

Планку содержания ^{90}Sr в организме жителей Гомельской области про-

водили двумя способами: по результатам радиохимического анализа проб реберных костей, отобранных в 1981 - 1985 гг., а также расчетным методом по поступлению цуклида с рационом питания. При этом принималось, что отношение удельных активностей реберных костей и скелета равно единице. При оценке содержания ^{90}Sr в организме по поступлению его с рационом использовали расчетную формулу метаболической модели стронция-90 (Дегтава М.П., 1989). На основании результатов анализа проб экстрагированных зубов, отобранных у детей на старте 1985 года рождения, был оценен ритм поступления ^{90}Sr в организм людей, и по результатам изучения динамики загрязнения молока были введены уравнения регрессии, характеризующие степень снижения уровней загрязнения рациона. Введение этих данных в формулу метаболической модели позволяло рассчитать содержание ^{90}Sr в организме человека любого возраста.

Оценку доз внутреннего облучения от инкорпорированного ^{90}Sr проводили по формуле расчета эквивалентной дозы с использованием модели метаболизма стронция-90, учитывающей возрастные особенности минерального обмена и геометрию облучения радиочувствительных клеток. Для оценки вклада ^{90}Sr в дозу внутреннего облучения были использованы результаты определения ^{137}Cs в организме жителей Gomельской области. При этом из базы данных ГФ НИИ РМ были выбраны результаты измерения на СКЧв лиц, у которых после их смерти были взяты пробы аутопсийного материала для определения содержания ^{90}Sr . Оценку доз внутреннего облучения от ^{90}Sr проводили с использованием коэффициента пересчета от содержания радиоцезия в организме к дозе внутреннего облучения 35 (мкЗв/кБк)/организм.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ

Распределение ^{90}Sr по загрязненной территории и особенности физико-химического состояния цуклида в выпадениях и почве

В результате статистической обработки данных Главгидромета РБ о плотности загрязнения населенных пунктов исследуемого региона ^{90}Sr и ^{137}Cs было получено, что в целом ^{90}Sr распределен по территории Gomельской области относительно равномерно, причем, плотности загрязнения свыше 111 кБк/м² встречаются только в районах, непосредственно прилегающих к 30-км зоне. При размахе выборки 7,4 - 886 кБк/м² для Брагинского, 15 - 925 для Хойникского и 7,4 - 289 кБк/м² для Наровлянского района интерквартильный размах этих выборок составляет: 30 - 67; 37 - 74 и 19 - 44 кБк/м² соответственно.

Известно, что большая часть ^{137}Cs , а также мелкодисперсная составля-

мая выпадений ^{90}Sr были сосредоточены на поверхности аэрозольных частиц, которые переносились на большие расстояния и их преимущественное выпадение в северо-восточном направлении от ЧАЭС обусловлено совокупностью метеорологических факторов в период активного выброса аэрозолей из реактора. За счет этого сформировалась большая область загрязнения ^{137}Cs с локальными пятнами ^{90}Sr на севере Гомельской области, а также на территории Могилевской и Бранской областей РФ, называемая "северо-восточным следом". Из анализа количественного распределения населенных пунктов Гомельской области по градициям плотности загрязнения следует, что 32,7% количества населенных пунктов расположены в зоне загрязнения ^{137}Cs до 32 кбк/м², 36,4% - в зоне 32 - 185 кбк/м², 15,7% - в зоне 185 - 370 кбк/м², 4,6% - в зоне 370 - 555 кбк/м² и 10,6% - в зоне >555 кбк/м². Распределение населенных пунктов Гомельской области в пределах зон загрязнения ^{90}Sr следующее: 91,9% находится в зоне до 32 кбк/м², 5,8% - в зоне 32-74 кбк/м², 0,9% - в зоне 74-111 кбк/м² и 1,4% - в зоне > 111 кбк/м².

Степень фракционирования чернобыльских выпадений на территории Гомельской области характеризует отношение плотностей загрязнения $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$. Тенденция обеднения выпадений ^{90}Sr относительно ^{137}Cs хорошо прослеживается в пределах северо-восточного следа, где величина отношения плотности загрязнения $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ уменьшается в 1,5 - 10 раз на расстоянии 50 - 200 км от ЧАЭС, тогда как в других регионах области данная тенденция имеет место начиная с расстояния 150 км от реактора. Отмечены также сравнительно высокие среднерайонные значения отношения плотностей загрязнения $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ в районах, непосредственно прилегающих к 30-км зоне (0,212 в Брагинском и 0,181 в Хойникском). Полученные данные фактически отражают картину фракционирования аварийного выброса по мере удаления от реактора на фоне глобального соотношения нуклидов.

Высвечение в окружающую среду в результате аварии радионуклиды находились в воде-кислоторастворимом и нерастворимом состояниях. В результате взаимодействия со структурами почвы некоторые формы нуклидов претерпели изменения и перешли в обменное и фиксированное состояние, уменьшив свою миграционную способность, а некоторые, например, аэрозольные частицы топливной матрицы, остались в первичном состоянии.

Доступность ^{90}Sr , большая часть которого в выпадениях как ближней, так и дальней зон выпадений (до 85%) находилась в составе частиц топливной матрицы, изменялась в зависимости от времени контакта с почвой под влиянием двух одновременно протекающих разнонаправленных процессов: выщелачивание нуклида из плохо растворимых частиц и переход его в обменное состояние. Была оценена скорость перехода нуклида в почвах

в обменное состояние. Процесс перехода растворимых форм ^{90}Sr в почвах разных типов в обменное состояние практически закончился к 3 годам контакта нуклида с почвой.

Другим процессом, влияющим на изменение со временем доступности ^{90}Sr и коэффициента пропорциональности нуклида в звене почва-растительность-молоко, является выщелачивание нуклида из плохо растворимых частиц выпадений (рис. 1). Скорость выщелачивания ^{90}Sr из частиц выпадений в дальней зоне (60-200 км от ЧАЭС) значительно выше, чем в ближней (0-30 км). Выщелачивание ^{90}Sr из частиц, выпавших в дальней зоне, практически закончилось к 1992 году и в дальнейшем не будет оказывать влияния на изменение коэффициента пропорциональности нуклида в звене почва-растительность-молоко.

Динамика и уровни загрязнения ^{90}Sr основных продуктов питания

Содержание ^{90}Sr в основных продуктах питания варьирует в достаточно широких пределах (табл. 1.), что обусловлено особенностями почв исследуемого региона, степенью перехода нуклида в обменное состояние, величиной коэффициента пропорциональности в звене почва-растительность.

Таблица 1.

Средние концентрации стронция-90
в основных пищевых продуктах,
Бк/кг, а в 1994 г.

Пищевые продукты	Содержание ^{90}Sr
Хлеб	1.45 ± 0.94*
Молоко	1.60 ± 1.33
Молочные продукты	0.42 ± 0.21
Картофель	1.30 ± 1.19
Овощи	3.15 ± 2.65
Фрукты	2.81 ± 0.81
Мясо	1.78 ± 0.85

* - ошибка среднего.

Наибольшие уровни содержания ^{90}Sr среди продуктов питания были обнаружены в овощах и фруктах, удельная активность которых в 1,5 раза выше, чем любого другого продукта, входящего в рацион. Обращают на себя вни-

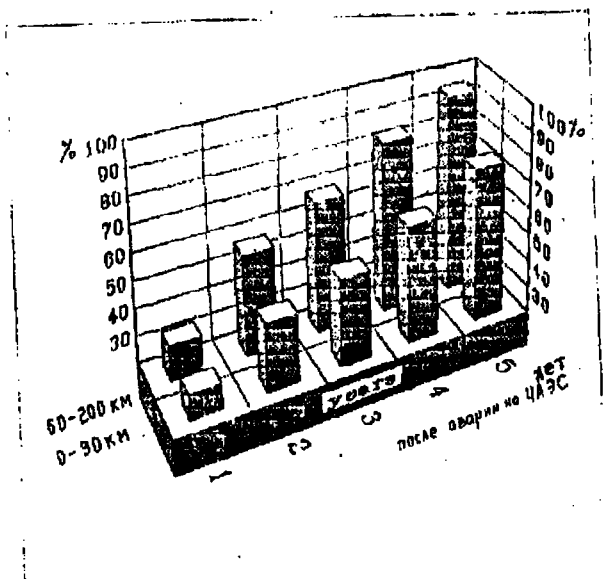


Рис. 1. Степень перехода ^{90}Sr в обменное состояние в почве в зависимости от времени, %

мание довольно небольшие значения содержания стронция-90 в молочных продуктах. Сравнительно невысокие уровни содержания ^{90}Sr в них объясняются особенностями перехода стронция-90 в молочные продукты. Так, средний процент перехода ^{90}Sr в сливки, сметану, кефир, творог и сливочное масло составляет 8; 6,7; 14; 6,4 и 1,3 соответственно. Таким образом, переработка цельного молока с уровнем содержания ^{90}Sr , превышающим нормативы, на молочные продукты является действенной мерой снижения содержания радиостронция в рационе.

Для выяснения закономерностей переноса радионуклидов в звено почва-молоко были определены значения коэффициентов пропорциональности (КП) для ^{90}Sr и ^{137}Cs , а также величины их отношений в молоке коров для различных районов Гомельской области (табл. 2.).

Таблица 2.

Значения КП, (Бк/л) / (кБк/м²), ^{90}Sr и ^{137}Cs в молоке коров и их отношений в 1984 году

Район	КП ^{90}Sr	КП ^{137}Cs	$\frac{^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}}{\text{молоко}}$
			$\frac{^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}}{\text{почва}}$
Брагинский	0.09	0.06	0.83
Буда-Косшелевский	0.11	0.12	0.92
Ветковский	0.08	0.07	1.14
Гомельский	0.07	0.62	0.12
Добрушский	0.11	0.11	1.00
Ельский	0.11	0.17	0.65
Кормянский	0.08	0.05	1.60
Лельчицкий	0.22	0.80	0.28
Наровлянский	0.08	0.06	1.33
Речицкий	0.14	0.59	0.24
Хойникский	0.05	0.06	0.63
Чечерский	0.07	0.08	0.88
Гомельская область	0.10	0.22	0.81

Существует прямая связь между значениями коэффициентов пропорциональности ^{90}Sr и ^{137}Cs в звене почва-молоко для различных регионов Гомельской области (коэффициент корреляции равен 0,85). В последней колонке

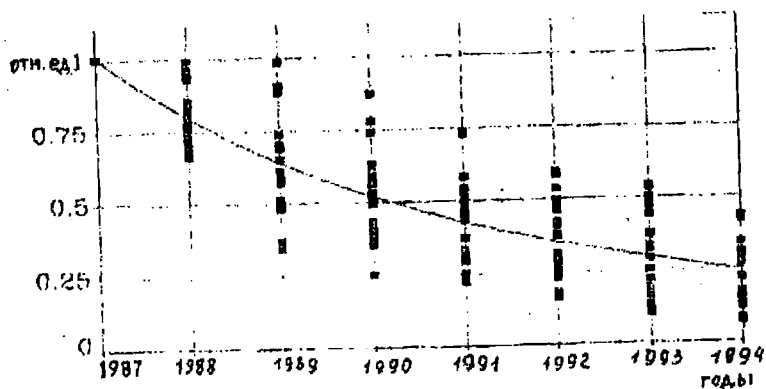


Рис. 2. Динамика содержания ^{90}Sr в молоке коров в 1987 - 1994 гг. (отн. ед.)

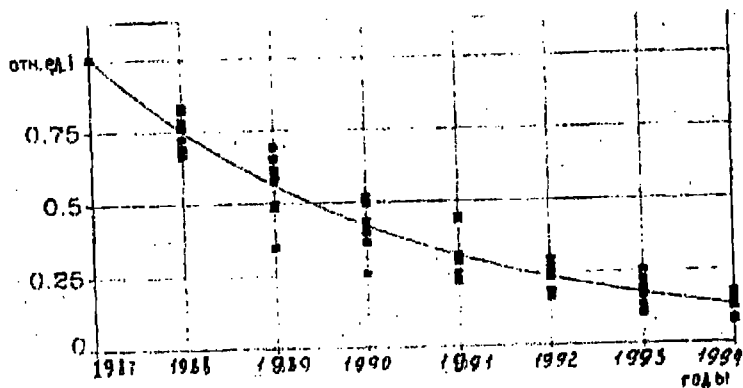


Рис. 3. Динамика содержания ^{137}Cs в молоке коров в 1987 - 1994 гг. (отн. ед.)

табл. 2. приведены значения отношений, нормализованные на плотность загрязнения ^{90}Sr и ^{137}Cs . В среднем по всей выборке нормализованное значение отношения составило 0,81 и может быть использовано для оценки содержания ^{90}Sr в молоке по уравнению:

$$C_{\text{мл}} = 0,81 C_{\text{тл}} \frac{B_{\text{тл}}}{B_{\text{мл}}} ; \text{ Бк/л,}$$

где $C_{\text{тл}}$ - содержание ^{137}Cs в молоке, Бк/л;

$B_{\text{тл}}$ и $B_{\text{мл}}$ - плотности загрязненной территории ^{90}Sr и ^{137}Cs , кБк/м².

Начиная со второй вегетационного периода после аварии на Чернобыльской АЭС основным механизмом вовлечения радионуклидов в миграционные цепочки становится корневое усвоение их из почвы растениями. Величина поступления радионуклидов в продукты питания постепенно уменьшается, что является следствием постепенного уменьшения подвижности нуклидов в почве, их распада, а также применения защитных мероприятий в агропромышленном комплексе. Прогноз дозовых нагрузок от ^{90}Sr может быть сделан на основе изучения закономерностей поступления его в рацион с критическими продуктами, к числу которых в первую очередь относятся молоко. На рис. 2. и 3. приведена динамика содержания ^{90}Sr и ^{137}Cs в молоке коров в 1987 - 1994 гг.

Снижение содержания ^{90}Sr в молоке описывается суммой двух экспонент с периодами полужизни 1,1 и 5,1 года. Эти данные вполне согласуются с результатами исследования физико-химических форм выпадений ^{90}Sr в почве. Начальная составляющая результирующей кривой с периодом полужизни 1,1 года отражает процесс фиксации растворимых форм выпадений в почве, тогда как вторая экспонента с периодом полужизни 5,1 года, по-видимому, характеризует сумму процессов деструкции частиц топливной матрицы и фиксации в почве высвободившегося ^{90}Sr . К 10 году после аварии на ЧАЭС уровень содержания стронция-90 в молоке приблизился к 0,3 - 0,5 Бк/л, что соответствует значениям, полученным для периода интенсивных испытаний ядерного оружия 1962-1965 гг.

Период полужизни содержания ^{137}Cs в молоке составляет 3,5 года, что соответствует скорости фиксации его в почве. Данные за первые годы после аварии характеризуют территориальное распределение нуклида по территории Гомельской области, тогда как в последующие годы величина перехода ^{137}Cs в молоко определялась в большей степени сечкой молочных животных региона. Из данных рис. 2. и 3. следует, что снижение содержания ^{90}Sr в молоке происходит медленнее, чем ^{137}Cs . Динамика отношения содержания $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ в молоке в 1987 - 1994 гг. характеризует тенденцию отно-

стельного роста вклада ^{90}Sr в загрязнение рациона жителей загрязненных территорий. Было получено, что значение отношения содержания $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ в молоке коров растет и за период 6,2 года увеличилось в среднем по области в 2 раза, тогда как в отдельных районах (Ветковский, Коржанский и Барыняевский) – в 5- 6,5 раз.

Поступление ^{90}Sr с рационом питания в организм жителей Гомельской области

Рацион населения Гомельской области в среднем по составу смешанный с преобладанием в потреблении продуктов растительного происхождения (отношение веса растительных и животных продуктов составляет 5 : 4). Основным источником поступления ^{90}Sr в организм людей является молоко, мясо, зерновые продукты и овощи. Эти продукты на 98% определяют вес рациона и могут быть рекомбинированы в качестве основных объектов для исследования при осуществлении контроля за радиоактивностью рациона данного типа. На основании данных о структуре потребления основных продуктов питания и содержания в них ^{90}Sr , были оценены уровни поступления ^{90}Sr с рационом для различных регионов Гомельской области (табл. 3.).

Уровни поступления ^{90}Sr с рационом в организм сельских и городских жителей заметно отличаются. Суточный рацион колхозника примерно на 1 кг пищи в 1,6 раза "тяжелее" рациона рабочего и/или служащего. Учитывая различия в структуре потребления различных видов продуктов, а также зависимость обеспеченности урожаем содержания ^{90}Sr в них, можно заключить, что в рационе сельского жителя содержится ^{90}Sr в 1,5 раза больше городских. Представляется интересным проследить величину процентного вклада различных пищевых продуктов в структуру рациона по весу и по содержанию ^{90}Sr (табл. 4.).

Из таблицы 4. видно, что 73-77% активности рациона приходится на молоко, хлебобулочные, картофель и овощи, что соответствует их весовому вкладу. Следует отметить, что овощи, определяющие около 10% массы рациона формируют 20% его активности, что свидетельствует о необходимости включения их в число объектов контроля при изучении радиационной обстановки на конкретной территории. С другой стороны, 1,1-1,5% активности рациона обусловлено вкладом молочных продуктов, что дает основание предлагать исключить их из числа объектов контроля.

Таблица 3.

Поступление ^{90}Sr с рационом и организм жителей Гомельской области, Бк/сут в сутки в 1994 году

Район	Рабочие и служащие	Колхозники
Брагинский	2,56	4,93
Г. Калужский	2,50	3,93
Летовский	2,40	5,23
Гомельский	2,15	3,15
г. Гомель	2,35	—
Добружский	3,00	4,60
Ельский	3,25	4,73
Кормянский	2,60	3,77
Бельчицкий	2,21	3,31
Наровлянский	3,00	5,91
Речицкий	3,00	4,64
Хойникский	2,55	4,70
Бечерский	2,33	3,63
Гомельская область	2,67	4,49

Таблица 4.

Структура загрязненной ^{90}Sr рацион жителей Гомельской области в 1994 году.

Продукты питания	Рабочие и служащие		Колхозники	
	весовой %	% содержания ^{90}Sr	весовой %	% содержания ^{90}Sr
Хлеб	18,4	17,6 ± 1,0	23,9	23,2 ± 2,0
Молочные прод.	6,5	1,9 ± 0,2	6,9	1,1 ± 0,1
Хлебобул.	10,0	14,4 ± 0,9	18,1	14,1 ± 1,0
Макарон.	24,9	20,7 ± 2,2	26,2	22,1 ± 2,2
Мясо	10,7	25,1 ± 1,0	9,3	17,4 ± 1,3
Сыры	2,3	3,2 ± 0,4	4,0	5,4 ± 0,6
Яйца	11,1	16,9 ± 1,5	11,7	11,0 ± 1,1
Жиры	2,0	—	1,3	—
Овощи	6,1	6,1 ± 0,6	5,9	6,1 ± 0,6

Содержание ^{90}Sr в организме людей, проживающих на загрязненных территориях и его вклад в дозу внутреннего облучения

Для оценки фоновой концентрации ^{90}Sr в организме жителей Гомельской области в условиях чернобыльской аварии были использованы результаты радиохимического анализа проб реберных костей, отобранных при вскрытии трупов умерших жителей области (табл. 6.).

Полученные результаты включают и ^{90}Sr глобального происхождения, вклад которого, по данным 1980г., составляет $0,012 \pm 0,20$ Бк/г золи. Таким образом, содержание ^{90}Sr в костной ткани жителей Гомельской области в 3 - 3,8 раза превышает доанварийные. С 1991 по 1995 г. содержание ^{90}Sr в костях жителей одного района практически не менялось и, несмотря на достаточно большое количество измерений, проследить изменение содержания нуклида в золе реберных костей не удалось. Это можно объяснить тем, что проанализированный секционный материал был взят в основном у людей старше 20 лет. Известно, что при длительном поступлении обмена ^{90}Sr в костной ткани взрослых людей не превышает 2-3% в год и скорость обмена стронция с возрастом существенно не изменяется. Нами не найдены также значимые региональные различия уровней содержания ^{90}Sr в костях жителей различных районов Гомельской области.

Представляется интересным сравнить уровни содержания в организме людей ^{90}Sr и ^{137}Cs . Были рассчитаны значения отношения содержания $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ в организме людей, у которых методами прямого измерения было определено содержание этих нуклидов (табл. 6.).

Таблица 5.

Содержание ^{90}Sr в золе реверки гостей митлава Земельской области
в 1991 - 1995 гг., Бк/г зола

Район	Содержание ^{90}Sr , Бк/г зола									
	1991		1992		1993		1994		1995	
	среднее	max	среднее	max	среднее	max	среднее	max	среднее	max
Браунский	0,029 ± 0,014	0,066	0,037 ± 0,027	0,073	0,030 ± 0,023	0,068	0,048 ± 0,027	0,087	0,031 ± 0,020	0,090
Буде-кошелевский	0,029 ± 0,023	0,116	0,029 ± 0,033	0,073	0,034 ± 0,027	0,067	0,021 ± 0,023	0,044	0,014 ± 0,020	0,085
Ветковский	0,044 ± 0,040	0,074	0,044 ± 0,021	0,054	0,050 ± 0,041	0,110	0,023		0,029 ± 0,024	0,067
Гомельский	0,034 ± 0,027	0,308	0,036 ± 0,026	0,250	0,050 ± 0,026	0,162	0,035 ± 0,027	0,082	0,036 ± 0,032	0,118
Г.Польда	0,030 ± 0,025	0,108	0,031 ± 0,024	0,050	0,026 ± 0,029	0,162	0,030 ± 0,027	0,082	0,036 ± 0,022	0,151
Дзержинский	0,033 ± 0,025	0,125	0,037 ± 0,020	0,050	0,029 ± 0,026	0,064	0,021 ± 0,019	0,033	0,042 ± 0,028	0,102
Иорданский	0,040 ± 0,035	0,079	0,039 ± 0,037	0,068	0,025 ± 0,027	0,073	0,018 ± 0,017	0,023	0,018 ± 0,015	0,053
Львовский	0,038 ± 0,033	0,037	0,048 ± 0,048	0,030	0,039 ± 0,030	0,140	0,044 ± 0,040	0,061	0,042 ± 0,027	0,048
Речицкий	0,027 ± 0,027	0,250	0,043 ± 0,021	0,127	0,044 ± 0,037	0,158	0,040 ± 0,038	0,080	0,043 ± 0,027	0,112
Удвинский	0,036 ± 0,025	0,076	0,048 ± 0,016	0,032	0,033 ± 0,031	0,045			0,038 ± 0,027	0,047
Чечерский	0,042 ± 0,030	0,041	0,021		0,056 ± 0,031	0,071				
Земельская область	0,036 ± 0,027	0,265	0,039 ± 0,029	0,075	0,034 ± 0,030	0,140	0,026 ± 0,022	0,037	0,040 ± 0,026	0,510

Таблица 6.
Значения отношений содержания $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ в организме
жителей Гомельской области

Район	1991	1992	1993	1994
Брагинский	0,016	0,013	0,014	0,041
Буда-Косшелевский	0,025	0,046	0,038	0,032
Ветковский	0,013	0,014	0,017	*
Гомельский	0,034	0,044	0,043	0,041
Добружский	0,027	0,018	0,019	0,013
Кормянский	0,014	0,019	0,008	0,008
Лоевский	0,015	0,092	0,088	0,068
Речицкий	0,025	0,023	0,027	0,062
Хойникский	0,010	0,028	0,015	*
Чечерский	0,018	0,012	0,041	*
Гомельская область	0,016	0,020	0,019	0,029

* — нет данных

Полученные результаты довольно разноречивы и в какой-то мере отражают тенденции относительного роста содержания ^{90}Sr в организме жителей Гомельской области. Так, в отдельных районах (Кормянский и Добружский) отмечается снижение отношения $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ в организме в 1,0–2,1 раза. В ряде районов (Буда-Косшелевский, Лоевский и Хойникский) максимум описываемого параметра приходится на 1992 г., после чего наблюдается его снижение. Несколько лучше тенденция относительного роста содержания ^{90}Sr в организме людей выражена в Брагинском, Ветковском и Речицком районах. Содержание ^{90}Sr в организме людей не превышает 10% от содержания ^{137}Cs за все годы исследования.

Для оценки поступления ^{90}Sr в организм людей проводилось определение содержания его в пробах экстрагированных зубов, взятых у лиц различного возраста на момент аварии (рис. 4). Зубы являются очень информативным объектом для выяснения ритма поступления стронция-90 в организм людей, поскольку процесс формирования зубов заканчивается в течение достаточно короткого промежутка времени.

Накопление ^{90}Sr в зубной ткани людей старше 1969 года рождения было незначительным и оценивается величиной до 8 мкБк/г золи. С началом ин-

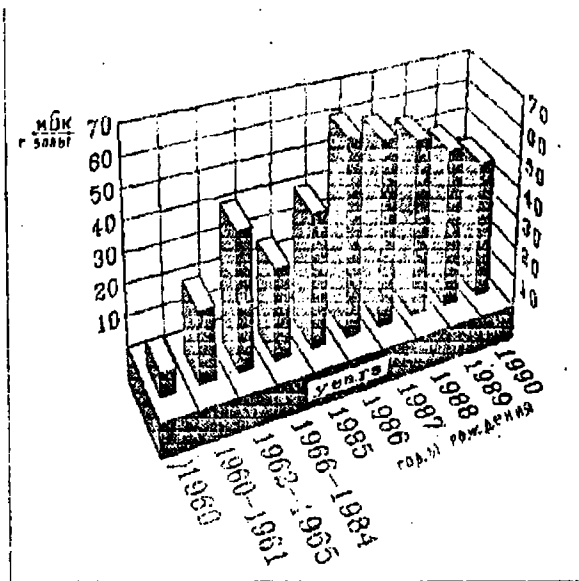


Рис. 4. Содержание ^{90}Sr в зубах жителей Гомельской области разных лет рождения, мБк/г зуба

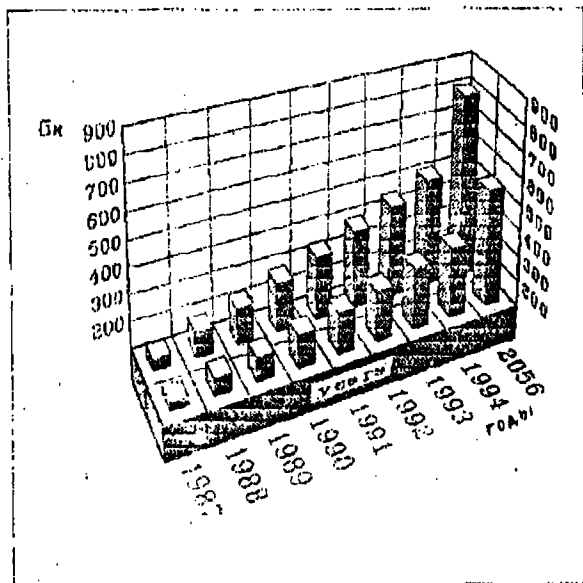


Рис. 5. Содержание ^{90}Sr в организме жителей Гомельской области, Бк, оцененное по поступлениям с рационом

тенсивных испытаний ядерного оружия 1956-1962 гг поступление ^{90}Sr в организм увеличилось и содержание его в зубах достигло к 1965г уровня 44 мБк/г зола. После подписания Московского договора о запрещении наземных испытаний ядерного оружия поступление Sr в окружающую среду резко сократилось и содержание его в зубной ткани жителей Гомельской области 1966 - 1984 гг рождения постепенно снижалось до уровня 29 мБк/г зола. Авария на ЧАЭС 1986г привела к выбросу ^{90}Sr во внешнюю среду и образованию значительного по площади пятна стронциевого загрязнения на территории Гомельской области. В связи с этим содержание ^{90}Sr в зубах детей 1985г рождения возросло до 43 мБк/г зола, что совпало с величиной, найденной для периода интенсивных ядерных испытаний. Максимальное содержание ^{90}Sr в зубах отмечено у детей 1986 года рождения - 64 мБк/г зола, что в 3 раза превышает глобальный уровень. Наблюдения последующих лет свидетельствуют о том, что происходит плавное снижение содержания ^{90}Sr в зубах детей 1987 -1990 гг рождения.

Одним из способов расчета содержания ^{90}Sr в организме людей является оценка по поступлению его с рационом. Использование данных о динамике содержания ^{90}Sr в рационе и накоплении его в зубах позволяет рассчитать уровни содержания радиостронция в организме людей на отдаленный период (рис. 5.).

Полученные результаты в какой-то мере соответствуют максимальным значениям результатов определения содержания ^{90}Sr в золе реберных костей. Поскольку прямое определение содержания ^{90}Sr в костной ткани является наиболее объективным критерием оценки содержания его в организме, полученные нами расчетные данные можно считать завышенными и использовать для расчета дозовых нагрузок в качестве оценочных с запасом в 100% и более. Такая оценка правомерна, если учесть, что параметр удержания ^{90}Sr , а, следовательно, и величина дозовых нагрузок в организме детей сильно отличаются от взрослых. В возрасте от 2 до 10-14 лет накопление ^{90}Sr в организме в 4 раза больше, чем у взрослых людей, потому одинаковый подход к нормированию поступления ^{90}Sr в детский и взрослый организм может создать условия переоблучения скелета детей.

Дозовые нагрузки на критические органы были оценены по результатам прямого определения содержания ^{90}Sr в костях (табл. 7.), а также по поступлению нуклида с рационом питания (табл. 8.).

Таблица 7.

Годовые дозы облучения критических органов человека ^{90}Sr в 1994 году, мкГр

Район	Костный мозг	Поверхность трабекулярной кости	Поверхность кортикальной кости
Брагинский	24,5	34,0	69,4
Буди Ковчелевский	11,2	15,5	31,6
Гомельский	12,6	17,5	35,7
г. Гомель	12,0	16,7	34,0
Добрушский	10,4	14,5	29,8
Кормянский	6,9	9,0	18,4
Левский	15,8	22,0	44,9
Речицкий	14,4	20,0	40,8
Чечерский	24,0	33,4	68,0
Гомельская область	13,2	18,0	36,7

Средние годовые дозы облучения критических органов инкорпорированным ^{90}Sr сравнительно невелики. Мощность дозы облучения красного костного мозга от естественных радионуклидов, содержащихся в теле человека, составляет: от ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{238}U - 7 мкГр/год; от космогенных ^3H , ^{14}C , ^{39}Ar , ^{21}Na - 15,2 мкГр/год; от ^{40}K , ^{87}Rb - 277 мкГр/год. С учетом вклада глобального ^{90}Sr Чернобыльская компонента не превышает 10 % годовой дозы облучения критических органов за счет естественных радионуклидов.

Таблица 8.

Дозы облучения красного костного мозга, оцененные по поступлению ^{90}Sr с рационом

Регион	Возраст на момент аварии, лет	Мощность дозы в 1994г мГр/год	Интегральная доза, мГр	
			за 10 лет	к возрасту 70 лет
Гомельская область	0	0,30 ± 1,8	1,8 ± 2,7	4,2 ± 6,4
	3	0,14 ± 2,2	1,4 ± 2,2	2,9 ± 4,5
	20	0,06 ± 0,11	1,4 ± 2,2	2,6 ± 4,0

Рассчитанная по содержанию ^{90}Sr в костной ткани мощность доз на красный костный мозг для взрослого населения в 1994 году в 4,5 - 8,3 раза ниже оцененной по поступлению ^{90}Sr в организм человека с продуктами питания. Различия величин доз внутреннего облучения у разных возрастных групп - особенностями метаболизма ^{90}Sr - возрастными особенностями отложения нуклида в скелете. Накопленная эквивалентная доза облучения от ^{90}Sr за 10 лет после аварии для различных возрастных групп составляет $1,4 \pm 2,7$ мГр, к 2056 году $2,6 \pm 6,4$ мГр. Ожидаемая доза от ^{90}Sr , образовавшегося при ядерных взрывах в атмосфере за период 1945-1980 гг. составляет для населения Северного полушария 0,94 мГр, что меньше полученных нами значений в 2,8 - 6,8 раза.

Представляется необходимым сравнить вклад в дозу внутреннего облучения населения ^{90}Sr и ^{137}Cs . Критерием оценки в данном случае может быть отношение годовых эффективных эквивалентных доз внутреннего облучения организма ^{90}Sr и ^{137}Cs (табл. 9.).

Таблица 9.
Уровни эффективной дозы от ^{90}Sr , мкЗв, и ее вклад в дозу внутреннего облучения населения Гомельской области в 1994 г.

Регион	$E_{^{90}\text{Sr}}$	$E_{^{90}\text{Sr}}/E_{^{137}\text{Cs}}$
г. Гомель	$1,75 \pm 0,87$	$0,023 \pm 0,020$
Гомельская область	$1,44 \pm 0,75$	$0,024 \pm 0,021$

$E_{^{90}\text{Sr}}$ - эффективная доза от инкорпорированного ^{90}Sr в 1994г., мкЗв;
 $E_{^{137}\text{Cs}}$ - эффективная доза от инкорпорированного ^{137}Cs в 1994г., мкЗв.

Величина эффективной дозы от ^{90}Sr составляет в 1994 году $1,75 \pm 0,87$ мкЗв для г. Гомеля и $1,44 \pm 0,75$ мкЗв для Гомельской области. Ее вклад не превышает 5% от эффективной дозы от ^{137}Cs по оценкам, сделанным по результатам прямого определения ^{90}Sr в организме. При анализе эффективной дозы от ^{90}Sr , оцененной по поступлению нуклида с рационом, получено, что она составляет $11,2 \pm 9,5\%$ от дозы, создаваемой ^{137}Cs .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной задачей исследования было изучение содержания ^{90}Sr в орга-

низме человека и некоторых закономерностей радиоактивного загрязнения пищевых продуктов для оценки и прогнозирования дозовых нагрузок. Механизм формирования доз внутреннего облучения населения Гомельской области инкорпорированным ^{90}Sr Чернобыльского происхождения логически вытекает от процессов миграции нуклида по пищевым цепям. Последовательное рассмотрение особенностей распределения ^{90}Sr по территории области, поведения его в почве, содержания в основных продуктах питания и в рационе человека в целом позволило оценить уровни содержания нуклида в организме жителей загрязненных территорий, оценить дозовые нагрузки на критические органы, сравнить эффективные дозы от двух наиболее значимых нуклидов - ^{90}Sr и ^{137}Cs .

Поскольку на протяжении всего послеаварийного периода биологическая подвижность ^{137}Cs в системе почва-продукты питания-человек снижалась, в то время как подвижность ^{90}Sr сохранялась в течение длительного времени, проблема контроля содержания стронция-90 в продуктах питания остается актуальной. Было получено, что в число "критических" продуктов питания, помимо молока, картофеля и хлебобулочных изделий, необходимо отнести овощи и фрукты, которые определяют 27-29% активности рациона жителей Гомельской области, тогда как кисломолочные продукты можно исключить из числа объектов контроля. Вместе с тем величина поступления ^{90}Sr с рационом питания в организм жителей Гомельской области не превышает 10% предела годового поступления для лиц категории Б, а вклад стронция-90 в дозу внутреннего облучения населения составляет около 5% от эффективной дозы от ^{137}Cs .

Проведенные исследования охватили широкий круг вопросов, касающихся основных этапов миграции стронция-90 во внешней среде от выпадений до организма человека и определения дозовых нагрузок на критические органы, а также вклада ^{90}Sr в дозу внутреннего облучения.

ВЫВОДЫ

1. В отличие от ^{137}Cs , ^{90}Sr распределен по территории Гомельской области более равномерно, причем, плотности загрязнения свыше 111 кБк/м^2 встречаются только в Брагинском, Наровлянском и Хойникском районах, где доля населенных пунктов с плотностью загрязнения ^{90}Sr свыше 111 кБк/м^2 не превышает 10 - 15%.

2. Процесс перехода растворимых форм ^{90}Sr в почвах разных типов в необивное состояние практически закончился к 3 годам контакта нуклида с почвой. Процесс иммобилизации ^{90}Sr из частиц, выпавших в дальней зоне загрязнения, закончился к 1992 году и в дальнейшем не будет оказывать

влиянии на изменение коэффициента пропорциональности нуклида в звене почва - растительность - молоко.

3. Медианные значения содержания ^{90}Sr в молоке коров составляют в 1994г. 0,5 - 2,1 Бк/л. в картофеле - 0,3 - 2,4 Бк/кг. На основании исследования величин коэффициентов пропорциональности в звене почва-молоко найден эмпирический коэффициент, позволяющий оценить содержание ^{90}Sr в продукте, исходя из плотности загрязнения территории и содержания ^{137}Cs в молоке.

4. Снижение содержания ^{90}Sr в молоке коров в 1987 - 1994 гг. описывается суммой двух экспонент с периодами полууменьшения 1,1 и 5,1 года. Период полууменьшения содержания ^{137}Cs в молоке равен 3,5 годам. За период 6,2 года после аварии значение отношения содержания $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ в молоке коров возросло в среднем по области в 2 раза, что свидетельствует об относительном увеличении доли ^{90}Sr в загрязнении рациона.

5. С четырьмя видами пищевых продуктов - молоко, хлебобулочные, картофель, овощи в рацион поступает около 75% ^{90}Sr ; оставшиеся 25% приходится на долю мяса и фруктов, вклад молочных продуктов и грибов является незначительным.

6. Поступление ^{90}Sr с рационом в организм жителей Гомельской области оценивается величиной 1,05 кБк/год для горожан и 1,64 кБк/год для сельского населения, что составляет около 10% предела годового поступления для лиц категории Б. Уровни содержания ^{90}Sr в рационе сельского и городского населения отличаются в 1,5 раза, что определяется в основном различиями в структуре потребления основных пищевых продуктов.

7. Содержание ^{90}Sr в организме жителей Гомельской области составляет - 74 - 236 Бк, что превышает доаварийный уровень в 3,1- 9,8 раза; по результатам оценки по поступлению с рационом - 389-516 Бк (для городского и сельского населения соответственно).

8. Мощность доз облучения ^{90}Sr красного костного мозга жителей Гомельской области в 1994 году составляет 13,2 мкГр (по результатам расчета по поступлению с рационом - 60-110 мкГр/год). Дозы, оцененные по результатам прямого определения содержания ^{90}Sr в организме не превышают 10% доз внутреннего облучения от естественных радионуклидов, присутствующих в организме.

9. Величины интегральных доз за 10 и 20 лет жизни различаются в 1,8 раза и превышают ожидаемые на 1980г. дозы от ^{90}Sr , образовавшегося в результате ядерных взрывов в атмосфере в 1,3 - 2,5 раза.

10. Годовая эффективная доза от ^{90}Sr составляет в 1994 году $1,75 \pm 0,87$ мкЗв для г. Гомеля и $1,44 \pm 0,75$ мкЗв для Гомельской области. Ее вклад не превышает 5% от эффективной дозы от Cs по оценкам на осно-

в прямого определения ^{90}Sr в организме и $11,2 \pm 9,5\%$ по оценкам по поступлению нуклида с рационом.

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

1. Погодин Р.И., Скрябин А.М., Диденко А.Г., Храмченкова О.М., Попова И.Я. Закономерности загрязнения молока ^{90}Sr и ^{137}Cs в личных подсобных хозяйствах Гомельской области//Научно-практические аспекты сохранения здоровья людей, подвергшихся радиационному воздействию в результате аварии на ЧАЭС. Тез. докл. 3-й респуб. конф. - Гомель, 15-17 апреля 1992, С.- 18.

2. Погодин Р.И., Скрябин А.М., Храмченкова О.М., Сходкина Т.М. Содержание ^{90}Sr в организме жителей Гомельской области//Научно-практические аспекты сохранения здоровья людей, подвергшихся радиационному воздействию в результате аварии на ЧАЭС. Тез. докл. 3-й респуб. конф. - Гомель, 15-17 апреля 1992. С.- 30.

3. Погодин Р.И., Храмченкова О.М., Сходкина Т.М. Оценка динамики накопления ^{90}Sr в организме жителей Гомельской области в 1991 - 1994 годах/Мат.-лы междунар.науч.конгресса.- Гомель, сентябрь 1994.- С. 84.

4. Погодин Р.И., Храмченкова О.М., Сходкина Т.М., Лещева С.В., Скрябин А.М. Содержание ^{90}Sr и изотопов Рn в организме жителей Гомельской области//Научно-практические аспекты сохранения здоровья людей, подвергшихся радиационному воздействию в результате аварии на ЧАЭС. Тез. докл. 4-й респуб. конф.- Могилев, 11-13 апреля 1994.- С. 91-92.

5. Погодин Р.И., Храмченкова О.М., Сходкина Т.М., Скрябин А.М. Оценка значимости ^{90}Sr и изотопов Рn во внутреннем облучении организма человека в результате аварии на ЧАЭС//Медицинские аспекты радиоактивного воздействия на население, проживающее на загрязненных территориях после аварии на ЧАЭС. Мат.-лы междунар.симп.- Гомель (6-7 мая 1994).- С. 87.

6. Погодин Р.И., Храмченкова О.М., Лещева С.В. Некоторые закономерности загрязнения продуктов питания ^{90}Sr в условиях Чернобыльской аварии//Чернобыльская катастрофа: прогноз, профилактика, лечение и медико-психологическая реабилитации пострадавших. Сб. материалов IV международной конф.- Минск, 1995.- С. 20 - 25.

7. Погодин Р.И., Храмченкова О.М. Содержание ^{90}Sr в рационе жителей Гомельской области//Мат.-лы международной науч. конф. Гомель, 1995.- С. 47 - 49.

8. Погодин Р.И., Храмченкова О.М., Лещева С.В. "Горячие" частицы в проблеме радиационной безопасности населения, пострадавшего в резуль-

Подписано в печать 30. 09. 96 г. Формат бумаги 60x84 ¹/₁₆.
Бумага писчая № 1. Печ. лист. 1. Тир 100 экз. Зак. 2044.

Резервировано в типографии ВолУГА, 246022, г.Гомель,
ул. Кирова, 34. Лицензия № 73.

2A419409