

√Ба 252629

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

ЛЕЙНОВА Светлана Леонидовна

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, РАДИОНУКЛИДНЫЙ  
СОСТАВ И РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ "ГОРЯЧИХ" ЧАСТИЦ  
НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Специальность 02.00.04 - физическая  
химия -- 02.00.14 - радиохимия

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата химических наук

Минск - 1992

Работа выполнена в научно-исследовательской лаборатории радиационной химии химического факультета Белорусского государственного университета.

Научный руководитель

доктор химических наук,  
профессор ПЕТРЯЕВ Е. П.

Официальные оппоненты

член-корреспондент АН  
Украины, доктор геолого-  
минералогических наук,  
профессор СОБOTOВИЧ Э. В.

доктор химических наук,  
профессор ДАВЫДОВ Ю. П.

Ведущая организация

Научно-исследовательский  
институт геологии, гео-  
химии и геофизики АН  
Беларуси

Защита диссертации состоится " " 1992 года  
в часов на заседании специализированного Совета Д 056.03.04  
при Белорусском государственном университете (220080, г. Минск,  
пр. Ф. Скорины, 4, Белгосуниверситет, главный корпус, ауд. 206).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского  
государственного университета.

Автореферат разослан " " 1992 года.

1992 года.

Ученый секретарь  
специализированного Совета,  
доктор химических наук

КРУЛЬ Л. П.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

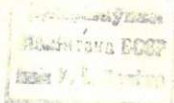
Актуальность темы. Проблемы, связанные с аэрозольным радиоактивными или "горячими" частицами, появились с первым искусственным ядерным взрывом. Исследование условий формирования "горячих" частиц, их состава, физических и химических свойства, биологического воздействия на организм и распространения в природе подробно проводилось в период интенсивных испытаний ядерного оружия в конце 50-х - начале 60-х годов. Было установлено, что, зная условия и место проведения ядерного взрыва, можно оценить, какие радиоактивные частицы и на какую высоту будут выброшены в атмосферу, и, в соответствии с этим, сделать прогнозную оценку их устойчивости, распространенности, а, следовательно, времени существования в окружающей среде и опасности для людей.

При образовании "горячих" частиц в результате аварий на ядерных реакторах процесс формирования аэрозольных выпадений идет неконтролируемо, и, поэтому, каждая конкретная авария характеризуется своим собственным радиоактивным выбросом со специфическим набором "горячих" частиц. Авария на Чернобыльской АЭС является самой крупной за всю историю развития атомной энергетики. Аэрозольные выпадения чернобыльской аварии в соответствии с механизмами выброса радиоактивных продуктов в атмосферу сформировали "горячие" частицы, которые можно условно разделить на два типа: конденсационные, представляющие собой продукты конденсации радионуклидов, конструкционных и других материалов техногенного происхождения, и топливные, основой которых является диспергированное ядерное топливо. Если конденсационные частицы во многом аналогичны "горячим" частицам глобальных выпадений, то топливные частицы являются уникальными как по составу, так и по свойствам. Вклад радиоактивных частиц в суммарную активность выпадений на загрязненной территории необходимо учитывать, поскольку их поведение существенно отличается от поведения радионуклидов, присутствующих в выпадениях в других формах. Загрязнение территории Республики Беларусь крайне неравномерно, так как радиоактивный выброс из реактора происходил длительное время, в течение которого менялись термодинамические и метеорологические условия. Вследствие этого в выпадениях присутствуют частицы, отличающие-

252629

Бел. аддзр  
1994

022010



ся дисперсностью, активностью, составом и другими физико-химическими свойствами, а так как дальнейшая судьба радиоактивных выпадеий определяется природными условиями, в которых они оказались, существует необходимость проведения экспериментальных исследований характера радиационного загрязнения в каждом конкретном регионе. Поскольку "горячие" частицы, с одной стороны, могут представлять ингаляционную опасность, а с другой, могут служить источником дополнительных загрязнений в результате их разрушения и перераспределения выделившихся радионуклидов в природной среде и биологических объектах, необходимы знания о механической, химической устойчивости, составе, свойствах частиц, а также о возможности их поступления и задержки в организме человека.

Целью работы являлось определение характера радиоактивных загрязнений на территории Республики Беларусь, исследование физико-химических свойств обнаруженных "горячих" частиц, их радионуклидного и элементного состава, распространенности по территории и по глубине почвенных разрезов, изучение миграции частиц, возможности поступления их в атмосферу и, как следствие, биологической опасности для человека.

Научная новизна. В работе впервые показано наличие "горячих" частиц на территории Республики Беларусь за пределами 30-и километровой зоны отчуждения в почве, воздухе и легких проживающих там людей, осуществлены идентификация и выделение "горячих" частиц из соответствующих образцов.

Изучены физико-химические свойства "горячих" частиц, обнаруженных в различных районах Республики Беларусь, и исследовано изменение этих свойств со временем.

Определен радионуклидный и элементный состав частиц, рассчитана доля топливной и конденсационной составляющей в выпадениях, находящихся на различном расстоянии от места аварии.

Получены данные о содержании "горячих" частиц в почве, воздухе и легких людей, проживающих вне зоны отчуждения, оценена доля активности, связанная с "горячими" частицами, и проанализирован вопрос о возможной миграции "горячих" частиц со временем по территории и по глубине почвенных разрезов.

Практическая ценность работы. Полученные результаты могут

быть использованы при составлении долгосрочного прогноза перераспределения радионуклидов по биогеохимическим цепочкам, а также при оценке возможности безопасного проживания и производительности организации трудовой деятельности в условиях реальной радиэкологической обстановки.

**Апробация работы.** Материалы диссертации доложены и обсуждены на I Всесоюзном радиобиологическом съезде (Москва, 1989 г.), на Всесоюзном совещании по принципам и методам ландшафтно-геохимических исследований и миграции радионуклидов (Суздаль, 1989 г.), на VI научной конференции по аналитической химии (Рига, 1990 г.), на IV Всесоюзной конференции научного Совета при ГЕОХИ АН СССР по программе "АЭС-ВО": "Геохимические пути миграции искусственных радионуклидов в биосфере" (Гомель, 1990 г.), на Республиканских научно-практических конференциях по радиобиологии и радиэкологии (Минск, 1988 и 1990 г.г.); на Всесоюзной конференции по химии радиоактивных элементов (Суздаль, 1990 г.), на Координационном совещании по созданию систем машин для районов, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС (Минск, 1991 г.), на II Всесоюзном совещании по геохимии техногенеза (Минск, 1991 г.), на Всесоюзной конференции по проблемам ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС в агропромышленном производстве (Обнинск, 1991 г.), на I координационном совещании по программе "Радиологическое действие "горячих" бета-частиц: оценка риска" (Киев, 1991 г.), на Рабочем семинаре по изучению физико-химических свойств и распространенности аэрозольных частиц (Вена, 1991 г.). По теме диссертации опубликовано 20 печатных работ.

**Объем и структура работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов и списка цитируемой литературы. Работа изложена на 138 страницах, включая 5 рисунков, 41 таблицу и библиографию из 116 наименований.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Приведен обзор имеющихся литературных данных о возникновении

понятия "горячие" частицы, об основных методах, используемых для их идентификации, регистрации, выделения и исследования состава и физико-химических свойств. Рассмотрены процессы, связанные с механизмами формирования "горячих" частиц при ядерных взрывах и при аварии на ЧАЭС. Выделены основные направления исследования радиоактивных частиц, наметил себя еще в начале 60-х годов: физико-химическое, географическое и радиационно-гигиеническое. Под радиоактивными или "горячими" частицами подразумеваются устойчивые образования микронных или субмикронных размеров, которые обладают абсолютной активностью на несколько порядков большей, чем средняя активность исследуемого образца (в качестве фонового в частицах минерального происхождения принято значение активности  $0,01 \text{ Бк/кг}$ ). Подробно описаны физико-химические свойства и приведены данные о составе частиц, образовавшихся в период интенсивных испытаний ядерного оружия и при аварии на ЧАЭС, выявлены их сходство и различия. Показано, что состав и свойства "горячих" частиц конденсационного происхождения чернобыльского выброса и частиц глобальных выпадений аналогичны, поэтому и поведение радионуклидов в этих частицах во многом идентично. Однако, для чернобыльских выпадений характерно наличие "горячих" частиц различного радионуклидного и элементного состава, а, следовательно, обладающих неодинаковыми физико-химическими свойствами.

Геоднородность распределения частиц по территории Республики Беларусь и, главное, наличие топливных частиц, характерных только для чернобыльской аварии, не позволяет использовать опыт, накопленный при исследовании глобальных выпадений, без внесения соответствующих поправок, поэтому изучение поведения "горячих" частиц чернобыльского происхождения представляет собой серьезную проблему и требует детального научного исследования в каждом конкретном регионе, в котором они были зарегистрированы.

Отметим, что имеющиеся литературные данные о физико-химических свойствах, составе и распространенности "горячих" частиц связаны с анализом выпадений в ближней зоне. Отсутствие данных о характере радиоактивных загрязнений на территории Республики Беларусь вне зоны отчуждения во многом определило цели и направления исследований в данной работе.

## 2. МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТА

Приведены характеристики исследуемых образцов и описаны способы их подготовки к проведению экспериментов по определению содержания "горячих" частиц в почве, воздухе загрязненных районов Республики Беларусь и в легочной ткани людей, проживавших на данной территории. Описана методика выделения радиоактивных частиц с целью определения их состава и исследования физико-химических свойств.

Определение содержания радиоактивных частиц в почве загрязненных районов Республики Беларусь осуществлялось в течение четырех лет в образцах проб, отобранных послойно в 11 реперах контрольных участков, расположенных в Гомельской и Могилевской областях. Участки были выбраны как достаточно типичные для соответствующего региона как по показателям загрязнения, так и по ландшафтно-геохимическим признакам и находились на расстоянии 40, 200 и 250 км от места аварии. Изучение содержания "горячих" частиц в воздухе загрязненных районов осуществлялось посредством исследования планшетов, расположенных на высоте 1 м от земли в юго-восточной и северо-западной части республики и при исследовании содержания фильтров установок ФВУ, через которые продувался определенный объем воздуха. Образцы легких представляли собой секционный материал легочной ткани людей, умерших по различным причинам в юго-восточных и северо-западных районах Республики Беларусь.

Исследование содержания радиоактивных частиц в образцах проводилось методом радиографии с последующим контролем на радиометре БЭТА. Чувствительность метода высока - с его помощью удавалось обнаружить частицы с активностью 0,01 Бк. В качестве фотоматериала использовалась рентгеновская пленка марки *Pf-1, PT-6, PM-B, и Hyper film Beta-max* (Швеция). Количество радиоактивных частиц оценивалось по следам почернения на пленке. Последующие измерения активности выявленных радиграфических точек предполагаемого нахождения "горячей" частицы, механическое удаление ее из образца и последующая повторная радиография позволили выделить из исследуемых материалов более 300 "горячих" частиц.

Определение распределения "горячих" частиц по фракциям рав-

личных размеров в почвах исследуемых участков осуществлялось методом гранулометрического анализа с последующим контролем размеров выделенных частиц с помощью микроскопа **NEOFOT-2**.

Активность гамма-излучающих изотопов ( $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ) всех исследуемых образцов определялась на гамма-спектрометре **ADCSU-300** фирмы **ORTEC** с полупроводниковым германиевым детектором.

Анализ образцов по определению содержания в них  $^{90}\text{Sr}$  проводился радиохимическим методом. Количество  $^{90}\text{Sr}$  оценивалось по данным радиометрического определения бета-активности дочернего изотопа  $^{90}\text{Y}$ . Измерения проводились на радиометре **KPK-1-01A** с обязательным исследованием кинетики радиоактивного распада для проверки чистоты выделенного  $^{90}\text{Y}$ . Химический выход стронция определялся с помощью атомно-абсорбционного спектрометра **AAC-1**.

Метод, использованный при определении содержания плутония в образцах, был основан на извлечении его из отожженных при 823 К проб почвы раствором 7.5 М азотной кислоты с последующей концентрацией его на анионите **ВП-1АП**. Альфа-излучение измеряли на альфа-спектрометре **ALPHAMAT** фирмы **ORTEC**. Контроль химического выхода осуществляется с помощью радиоактивной метки (изотопа  $^{238}\text{Pu}$ ).

Элементный состав неактивной части "горячих" частиц был определен методом рентгеновского флуоресцентного анализа на установке **XFRACanberra S10C** с детектором **SiLi-117** фирмы **ORTEC**.

Внешний вид и размеры "горячих" частиц определялись с помощью оптического микроскопа **NEOFOT-2**.

Кроме этого был разработан и осуществлен ряд методик по изучению устойчивости радиоактивных частиц, обнаруженных на исследованной территории. Определение механической устойчивости "горячих" частиц проводилось с помощью ультразвуковой центрифуги **УЦ-113**. Исследование химической устойчивости осуществлялось при воздействии на образцы, содержащие частицы, различных кислот. Определение количества радиоактивных частиц и их активности проводилось до и после соответствующей обработки.



### 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

#### 3.1. Исследование содержания "горячих" частиц в почве выбранных стационаров

Данные изучения гранулометрического состава почв и определения в выделенных фракциях радиоактивных элементов и "горячих" частиц показали, что для всех исследуемых реперов в 1988 году фракции, имеющие размеры меньше 100 мкм, то есть те, которые вследствие своих размеров наиболее подвижны и наиболее опасны с точки зрения ингаляционного поступления, характеризуются наибольшей гамма-, бета-активностью, а также наибольшим количеством "горячих" частиц и плутония. Наблюдаемое увеличение со временем содержания "горячих" частиц в самых мелких фракциях может быть связано с уменьшением и дезагрегацией частиц, происходящими под воздействием различных природных факторов. Изменение дисперсного состава частиц наиболее ярко выражено в торфяно-болотных почвах и на дальних участках осуществляется более интенсивно, чем на ближних.

Исследование распределения гамма-, бета-излучающих радионуклидов, "горячих" частиц и плутония в верхних слоях почвы и по глубине почвенных разрезов проводилось на протяжении 1987-1990 годов.

Сопоставление данных о содержании радиоактивных частиц в верхних слоях почвы в 1987-1990 годах показывает явно прослеживаемую тенденцию к уменьшению со временем общего числа частиц во всех исследуемых образцах. Их количество в 1990 году, как и раньше, зависит от расстояния до места аварии и изменяется от  $10^5$  до  $10^3$  на  $m^2$  (в 1987 году - от  $10^6$  до  $10^4$  на  $m^2$ ).

Доля бета-активности, связанная с "горячими" частицами, также зависит от месторасположения исследуемого участка и составляет в 1990 году 21-40% и 8.0-21% для ближних (40 км от ЧАЭС) и дальних (200 и 250 км от ЧАЭС) участков соответственно (в 1987 году - 28-48% и 9.8-43%). Наблюдаемое из года в год уменьшение доли бета-активности, связанной с "горячими" частицами, более ярко прослеживается для дальних участков.

Исследование характера распределения "горячих" частиц по

глубине почвенных разрезов показало, что последнее определяется, главным образом, типом исследуемой почвы - в большинстве песчаных и супесчаных почв присутствие "горячих" частиц было зафиксировано на глубине, не превышающей 5 см, в торфяно-болотных почвах - во всех исследованных слоях, вплоть до глубины 30 см. Однако, большая часть гамма-, бета-излучающих радионуклидов, плутония и радиоактивных частиц до 1990 года была сосредоточена в верхних слоях независимо от месторасположения исследуемого участка и типа почвы. В 1990 году прослеживается тенденция к увеличению их содержания во вторых (1-2 см) слоях и уменьшению в верхних (0-1 см) слоях. Наблюдается незначительная миграция "горячих" частиц, которая происходит и как механическое их движение (реперы N 1, N 6, в которых уменьшение радиоактивных частиц в верхних слоях почвы сопровождается соответствующим увеличением их количества во вторых слоях и соответствующим увеличением содержания плутония и доли активности, приходящейся на "горячие" частицы, в этих слоях относительно верхних), и как процесс выхода радионуклидов из частиц с последующей сорбцией и десорбцией на компонентах почвы или рыхлых отложениях (все остальные реперы, в которых количество радиоактивных частиц в верхних слоях меняется незначительно по сравнению с уменьшением бета-активности, приходящейся на их долю, а увеличение их количества в более глубоких слоях почвы не сопровождается соответствующим увеличением содержания плутония и доли активности, приходящейся на "горячие" частицы, а связано лишь с их диспергированием). Выход радионуклидов можно рассматривать как еще один, наряду с деагрегацией, механизм разрушения частиц.

### 3.2. Состав и свойства "горячих" частиц, обнаруженных на контрольных участках

Микроскопический анализ радиоактивных частиц показал, что среди них встречаются, главным образом, округлые с оплавленными краями.

Данные о радионуклидном составе "горячих" частиц, наиболее часто встречающихся на территории Республики Беларусь, представлены в таблице 1.

Таблица 1

## Радионуклидный состав "горячих" частиц

Номер п/п	Гамма-активность	Радионуклидный состав			
		$^{144}\text{Ce}$ , Бк	$^{106}\text{Ru}$ , Бк	$^{134}\text{Cs}$ , Бк	$^{137}\text{Cs}$ , Бк
1	$1.47 \times 10^2$	$6.38 \times 10^1$	$2.21 \times 10^1$	2.43	$1.18 \times 10^1$
2	$1.69 \times 10^2$	$6.73 \times 10^1$	$3.26 \times 10^1$	3.95	$1.89 \times 10^1$
3	$5.29 \times 10^2$	$1.18 \times 10^2$	$4.34 \times 10^1$	7.32	$3.40 \times 10^1$
4	$2.54 \times 10^2$	$1.00 \times 10^2$	$5.48 \times 10^1$	$1.08 \times 10^1$	$4.20 \times 10^1$
5	$2.95 \times 10^3$	$3.41 \times 10^1$	$1.92 \times 10^1$	-	-
6	$1.72 \times 10^2$	$6.39 \times 10^1$	$4.71 \times 10^1$	-	-
7	$7.84 \times 10^1$	-	$2.80 \times 10^1$	-	-
8	$5.92 \times 10^1$	-	$1.24 \times 10^1$	1.48	4.47
9	$3.19 \times 10^2$	-	$2.47 \times 10^1$	2.13	$1.11 \times 10^1$
10	$3.32 \times 10^2$	-	$2.73 \times 10^2$	-	3.15
11	$9.50 \times 10^1$	-	$3.67 \times 10^1$	4.78	$1.70 \times 10^1$
12	$1.97 \times 10^2$	$1.30 \times 10^2$	-	1.34	$2.19 \times 10^1$
13	$1.34 \times 10^2$	$7.77 \times 10^1$	-	4.08	-
14	$5.39 \times 10^1$	-	-	2.67	$1.40 \times 10^1$
15	$5.47 \times 10^1$	-	-	1.86	9.76

Количество плутония в проанализированных частицах составило от 0.2 до 0.001 Бк на частицу (и менее). Содержание  $^{90}\text{Sr}$  изменялось от 17 до 0.1 Бк на частицу (и менее). Причем, количество частиц, обогащенных цезием и плутонием, уменьшается по мере удаления от места аварии, а доля цезиевых частиц возрастает.

При исследовании элементного состава "горячих" частиц, выделенных с участков, расположенных на различном расстоянии от ЧАЭС, было выявлено присутствие таких элементов, как Fe, Al, Si, Ca, Pb, Zn, Cu, Cr. В отдельных частицах были зарегистрированы Zr и Ag.

Изучение механической устойчивости "горячих" частиц показало, что она зависит от месторасположения участка, с которого выделены радиоактивные частицы: чем ближе к ЧАЭС они были обнаружены, тем более трудно было их разрушить. Так, при воздействии на образцы, содержащие радиоактивные частицы, механических колебаний с частотой 22 кГц в течение 60 сек, наблюдалось разрушение более 40% и более 70-85% активных частиц соответственно с ближ-

них и дальних участков.

Данные по исследованию химической устйчивости "горячих" частиц в образцах 1987 года показали, что полное растворение частиц наблюдалось лишь в отдельных случаях при использовании  $\text{HNO}_3$  или  $\text{HClO}_4 + \text{HF}$  и только в образцах, предварительно отожженных при температуре 873 К. Данные, полученные при исследовании образцов 1990 года показали, что растворимость "горячих" частиц повысилась в среднем на 10% на всех участках во всех используемых кислотах.

### 3.3. Содержание "горячих" частиц в приземном слое воздуха южных районов Республики Беларусь

Было показано, что в юго-восточных районах Республики Беларусь в воздухе обнаружено значительно больше "горячих" частиц, чем в северо-западных. Существенно больше и процент активности, приходящийся на долю "юго-восточных" частиц по сравнению с "северо-западными", то есть наблюдается одинаковый характер зависимости концентрации активных частиц на поверхности почвы и в воздухе от расстояния до ЧАЭС: чем ближе к месту аварии, тем их больше, и тем больше вклад их активности в суммарную бета-активность.

### 3.4. Содержание "горячих" частиц в легких людей, проживающих на загрязненной территории

В образцах исследуемого секционного материала 1987-1988 г.г. "горячие" частицы регистрировались в 70% легочной ткани людей, проживавших в юго-восточных районах Республики Беларусь, и в 50% легочной ткани людей, проживавших в северо-западных районах. По мере удаления от места аварии уменьшается как число образцов, содержащих "горячие" частицы, так и количество "горячих" частиц в единичном образце. В образцах 1990-1991 годов наблюдается значительное (в десятки раз) уменьшение количества радиоактивных частиц в легких по сравнению с ранее полученными результатами. Однако, количество образцов легких, в которых обнаруживаются "горячие" частицы, продолжает оставаться высоким до настоящего

времени (10-70% всего исследованного материала). Содержание плутония при этом в легких составляет  $1.3 \times 10^{-3}$  -  $1.9 \times 10^{-2}$  Бк/кг, в печени -  $3.8 \times 10^{-3}$  -  $5.0 \times 10^{-2}$  Бк/кг.

#### 4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Проведенные экспериментальные исследования радиоактивных выпадений в Республике Беларусь свидетельствуют о том, что в значительная часть радиоактивных изотопов присутствует на всей исследованной территории в виде активных частиц, наличие которых было убедительно доказано.

Используя выведенные профессором А. А. Тер-Сааковым уравнения, позволяющие определить долю топливной и конденсационной составляющей в выпадениях, и полученные в работе результаты о содержании в исследованных реперах  $^{144}\text{Ce}$  и  $^{137}\text{Cs}$  (оксиды которых различаются по температурам плавления и кипения), сделано заключение, что наибольшее количество топливных частиц содержится в реперах 4 и 6 (83% от всех выпадений), в репере 3 (78%) и в репере 1 (64%). Все перечисленные реперы относятся к контрольному участку, расположенному в 40 км от ЧАЭС. В реперах контрольных участков, удаленных от места аварии на 200 и 250 км, основное количество "горячих" частиц имеет конденсационное происхождение. Полученный результат подтверждается данными о составе "горячих" частиц: по мере удаления от ЧАЭС увеличивается доля цезиевых частиц и уменьшается содержание плутония в образцах почвы.

Результаты, полученные при исследовании механической и химической устойчивости "горячих" частиц, показали, что частицы, выявленные на расстоянии 40 км от ЧАЭС и относящиеся, главным образом, к топливным (содержащим большое количество малорастворимой двуокиси урана), более устойчивы, чем частицы, выявленные на дальних участках. Наличие значительного количества относящихся к высокорастворимым стронций-содержащих "горячих" частиц позволяет ожидать дальнейшего снижения их устойчивости. Разрушение частиц за счет выхода из них цезия и стронция, данные о небольшой механической устойчивости частиц, наличие Fe, который был обнаружен в частицах и на ближних, и на дальних участках, и который способствует их корродированию - все это вместе должно приводить к

разрушению и увеличению дисперсности "горячих" частиц. Такой процесс и наблюдается как на ближних, так и на дальних участках. Данные гранулометрического анализа показали, что диспергирование радиоактивных частиц на дальних участках происходит быстрее, чем на ближних.

Различия физико-химических свойств "горячих" частиц объясняются, главным образом, отличиями в их радионуклидном и элементном составе.

Уменьшение со временем доли активности, приходящейся на "горячие" частицы, присутствующие на всей исследованной глубине почвенных разрезов во всех контрольных реперах, свидетельствует о том, что миграция частиц обуславливается преимущественно их разрушением и частичным химическим растворением. Имеющий место процесс разрушения "горячих" частиц делает их потенциальным источником радионуклидов, поступающих в почву и перераспределяющихся затем по биогеохимическим цепочкам. Увеличивающаяся дисперсность частиц не исключает возможности новых ингаляционных поступлений, что в свою очередь увеличивает биологическую опасность, обусловленную наличием "горячих" частиц на территории Республики Беларусь.

## В В О Д Ы

1. Установлено, что характерной особенностью радиоактивного загрязнения Республики Беларусь является наличие "горячих" частиц как топливного, так и конденсационного происхождения.

2. Показано, что распределение "горячих" частиц на территории участков, расположенных на расстоянии 40, 200 и 250 км от ЧАЭС, практически не меняется на протяжении всех лет исследования и определяется первоначальным распределением выпадений.

3. Наблюдается незначительная миграция "горячих" частиц со временем, связанная с их перераспределением в верхних слоях почвы. Начиная со 2-го слоя (1 - 2 см), характер распределения "горячих" частиц по глубине почвенных разрезов практически не меняется на протяжении всех лет исследования и определяется, главным образом, типом анализируемой почвы: в песчаных и супесчаных почвах "горячие" частицы регистрируются, в основном, в верхних пяти

- семи слоях (0 - 5 см, 0 - 7 см), в торфяно-болотных - во всех анализируемых слоях, вплоть до глубины 30 см.

4. Замечено, что с течением времени происходит уменьшение доли бета-активности, связанной с "горячими" частицами, содержащимися в каждом из почвенных разрезов всех исследуемых участков. Для верхних слоев (0 - 1 см) в 1989 году эта величина составляла 25 - 45% и 8.6 - 40% для участков, расположенных, соответственно, на расстоянии 40 и 200 - 250 км от ЧАЭС, и 21 - 40% и 8. - 21% в 1990 году соответственно для ближних и дальних участков.

5. Определен радионуклидный и элементный состав "горячих" частиц: среди них имеются обогащенные  $Ce$ ,  $Ru$ ,  $Co$  и  $Ru$ ,  $Ca$ . Содержание плутония составляет от 0.001 до 0.2 Бк на частицу,  $^{90}Sr$  - от 0.1 до 17 Бк на частицу. Показано, что доля топливных частиц в выпадениях уменьшается по мере удаления от места аварии.

6. Зафиксирована тенденция к уменьшению механической и химической устойчивости "горячих" частиц, более заметная для частиц, обнаруженных на участках, расположенных на расстоянии 200 и 250 км от ЧАЭС, что проявляется как в увеличении их дисперсности, так и в потере ими отдельных радионуклидов.

7. Установлено наличие корреляции между содержанием "горячих" частиц в почве, воздухе и легких людей, проживающих на загрязненной территории.

8. Замечено, что сложный и разнообразный состав "горячих" частиц и различные физико-химические свойства определяют их неоднозначное поведение в природных условиях и могут быть причиной неодинакового радиобиологического действия в случае попадания в организм, что вносит неопределенность при прогнозировании возможности безопасного проживания и жизнедеятельности людей на территории, загрязненной "горячими" частицами.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

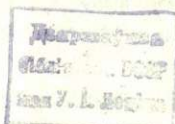
1. Лейнова С. Л., Данильченко Е. М., Неокладнова Л. Н., Соколик Г. А., Каванцева М. А. Гранулометрический состав почв Южных районов Белоруссии и распределение в них радиоактивных изотопов // Тез. докл. Республиканской научно-практической конференции по радиобиологии и радиозоологии. - Минск, 1988. - С. 105.

2. Лейнова С. Л., Петряев Е. П., Соколик Г. А., Данильченко Е. М., Неокладнова Л. Н., Каванцева М. А. Распространенность и изотопный состав "горячих" частиц в дальней зоне // Тез. докл. I Всесоюзного радиобиологического съезда. - Пушкино, 1989. - Т. 2. - С. 473.
3. Лейнова С. Л., Данильченко Е. М., Каванцева М. А. Физико-химические свойства "горячих" частиц, выпавших на территорию БССР // Тез. Докл. Всесоюзного совещания по принципам и методам ландшафтно-геохимических исследований миграции радионуклидов. - М., 1989. - С. 64.
4. Петряев Е. П., Лейнова С. Л., Данильченко Е. М., Соколик Г. А. Распространенность и изотопный состав "горячих" частиц в Южных районах Белоруссии // Тез. докл. Всесоюзного совещания по принципам и методам ландшафтно-геохимических исследований миграции радионуклидов. - М., 1989. - С. 67.
5. Петряев Е. П., Соколик Г. А., Овсянникова С. В., Лейнова С. Л., Иванова Т. Г. Особенности вертикальной миграции радионуклидов выброса ЧАЭС в почвах типичных ландшафтов загрязненной территории БССР // Тез. докл. Всесоюзного совещания по принципам и методам ландшафтно-геохимических исследований миграции радионуклидов. - М., 1989. - С. 63.
6. Петряев Е. П., Лейнова С. Л., Соколик Г. А., Данильченко Е. М., Дуксина В. В. Состав и свойства радиоактивных частиц, обнаруженных в Южных районах Белоруссии // В сб.: Атомные электрические станции (Чернобыль 1986-1988 г.г.). - Чернобыль, 1989.
7. Петряев Е. П., Соколик Г. А., Лейнова С. Л., Данильченко Е. М., Каванцева М. А. Распространенность "горячих" частиц в южных районах Белоруссии // Известия АН БССР. - Сер. фив.-энерг. наук. - 1990. - N 4. - С. 42-49.
8. Петряев Е. П., Лейнова С. Л., Соколик Г. А., Данильченко Е. М. Распределение "горячих" частиц в почвах Южных районов Белоруссии // Тез. докл. VI Научной конференции по аналитической химии Прибалтийских республик, Белорусской ССР и Калининградской области. - Рига, 1990. - С. 173.
9. Петряев Е. П., Лейнова С. Л., Данильченко Е. М., Дуксина В. В., Соколик Г. А. Распределение и вертикальная миграция активных частиц в почвах Юга Белоруссии // Тез. докл. IV Всесоюзной



- конференции Научного Совета при ГЕОХИ АН СССР по программе "АЭС-ВО": "Геохимические пути миграции искусственных радионуклидов в почве". - Гомель, 1990. - С. 75.
10. Петряев Е. П., Лейнова С. Л., Данильченко Е. М., Тамодуров В. П., Соколик Г. А. Механическая устойчивость "горячих" частиц, обнаруженных на территории Белоруссии // Тез. докл. IV Всесоюзной конференции Научного Совета при ГЕОХИ АН СССР по программе "АЭС-ВО": "Геохимические пути миграции искусственных радионуклидов в почве". - Гомель, 1990. - С. 76.
  11. Лейнова С. Л., Петряев Е. П., Данильченко Е. М. Физико-химические свойства "горячих" частиц и их распределение по территории // Тез. докл. Всесоюзной конференции по химии радиоактивных элементов. - М., 1990. - С. 103.
  12. Petryaev E. P., Sokolik G. A., Ovsyannikova S. V., Leynova S. L., Ivanova T. G. Forms of Occurrence and Migration of Radionuclides from Chernobyl NPP Accident in Typical Landscapes of Byelorussia // Proc. of Seminar on Comparative Assessment of the Environmental Impact of Radionuclides Released during Three Major Nuclear Accident: Kyshtym, Windscale, Chernobyl. - Luxembourg, 1990. - Commission of the European Communities. - 1991. - ECT 13574. - P. 185-210.
  13. Петряев Е. П., Овсянникова С. В., Лейнова С. Л., Любкина И. Я., Соколик Г. А. Состояние радионуклидов чернобыльских выпадений на территории Белоруссии // Тез. докл. Республиканской научно-практической конференции по радиобиологии и радиэкологии. - Минск, 1990. - С. 129.
  14. Петряев Е. П., Лейнова С. Л., Данильченко Е. М., Соколик Г. А. Активные частицы - характерная особенность загрязнения Южных районов Белоруссии // Тез. докл. II Всесоюзного совещания по геохимии техногенеза. - Минск, 1991. - С. 246-248.
  15. Петряев Е. П., Соколик Г. А., Лейнова С. Л., Данильченко Е. М. Радиоактивные частицы как характерная особенность загрязнения Южных районов Белоруссии // Тез. докл. Координационного совещания по созданию систем машин для районов, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС. - Минск, 1991. - С. 27-28.
  16. Петряев Е. П., Соколик Г. А., Лейнова С. Л., Данильченко Е. М.,

- Дуксина В. В. Распространенность, миграция и свойства радиоактивных частиц, выявленных в Южных районах Белоруссии // Тез. докл. Всесоюзной конференции по проблемам ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС в агропромышленном производстве - пять лет спустя: итоги, проблемы и перспективы. - Обнинск, 1991. - С. 40-42.
17. Петряев Е. П., Лейнова С. Л., Соколик Г. А., Данильченко Е. М., Дуксина В. В. Состав и свойства радиоактивных частиц, обнаруженных в Южных районах Белоруссии // Тез. докл. V конференции по геохимическим путям миграции искусственных радионуклидов в биосфере. - Пущино, 1991. - С. 62.
18. Петряев Е. П., Соколик Г. А., Овсянникова С. В., Лейнова С. Л., Иванова Т. Г. Формы нахождения и миграции радионуклидов выброса Чернобыльской АЭС в типичных ландшафтах Белоруссии. // Информационный бюллетень. Белорусский комитет МАВ. - Минск, 1991. - N 1. - С. 84-88.
19. Petrajev E., Sokolik G., Lejnova S., Ruchlja A., Lendfelder E., Kraacke W. Anwesenheit von Plutonium und "Heisser Teilchen" in menschlichen Lungen als Folge der Tschernobylkatastrophe // Gesellschaft für Strahlenschutz e. v. I International Konferenz Neue Bewertung des Strahlenrisikos. - Kiel, 1992. - P. 31.
20. Котловский О. А., Андреек И. С., Лейнова С. Л., Данильченко Е. М. Накопление радионуклидов в некоторых органах пациентов, проживающих в "чистых" районах Брестской области // Тез. докл. Республиканской научно-практической конференции по результатам научных исследований, выполненных в соответствии с Государственной программой по ликвидации в Республике Беларусь последствий катастрофы на ЧАЭС, и задачам по решению комплекса проблем в загрязненных радионуклидами районах. - Минск, 1992. - С. 117.



252629

*Step*

Подп. к печати 31.04.92. . Формат 60x84/16.

Объем 1,0 печ.л. Заказ № 533 . Тираж 100 экз.

Отпечатано на ротапринте Белгосуниверситета.

220080, г. Минск, Бобруйская, 7.

02

Бюл. аддзеш  
Аўтамат.



80000002487290

1