

**Заключение**

Доля рентгенологических процедур в структуре исследований населения как города, так и районов составляет менее половины, а вклад ее в коллективную дозу существенно ниже в районах — 30%, чем вклад от флюорографий, в то время как в г. Гомеле он составляет 70%, а в целом по области — 55%.

Дозы облучения, полученные при проведении рентгенодиагностических процедур жителями г. Гомеля, на порядок величины выше доз, полученных за счет проживания на загрязненной радионуклидами территории, а для сельских жителей они составляют 67%; для области в целом — 79%.

Дозы облучения детского населения от всех видов медицинских процедур, проведенных в Гомельской областной детской клинической больнице и ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ» существенно ниже, чем у взрослых. Это свидетельствует, что здесь обеспечивается соблюдение мер радиационной безопасности — за счет использования качественных рентгеновских аппаратов и того, что персонал руководствуется специально разработанными протоколами.

В Гомельском областном клиническом онкологическом диспансере дозы ниже по сравнению с другими 4 учреждениями за

счет введения системы обеспечения и контроля качества в рентгенодиагностических исследованиях.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Административное деление, численность и возрастной состав сельского населения Гомельской области по состоянию на 1 января 2005 года: Справочник. — Гомель, 2005.
2. Описание программы «Расчет эффективных доз и доз на органы на пациента за счет рентгенодиагностических процедур». Центральный научно-исследовательский рентгено-радиологический институт Минздрава России. — СПб., 1997.
3. Татулин, И. Г. Определение дозовых нагрузок на взрослых пациентов при рентгенодиагностических исследованиях: Методические рекомендации / И. Г. Татулин. — Минск, 1999.
4. Оценка эффективной дозы внешнего и внутреннего облучения лиц, которые проживают на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению в результате аварии на ЧАЭС: Методические указания: утв. Гл. гос. санитар. врачом Республики Беларусь 20.02.2003. — Минск, 2003.
5. Радиационная защита в медицинской рентгенологии / Ставицкий, Р. В. [и др.]. — М.: Кабур, 1994.
6. Татулин, И. Г. Радиационная защита при медицинском облучении / И. Г. Татулин. — Минск: Выш. шк., 2005.

*Поступила 10.03.2006*

**УДК 577.391**

**ДИНАМИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИЗЕМНОГО ВОЗДУХА ЮГА  
БЕЛАРУСИ ИЗОТОПАМИ ПЛУТОНИЯ**

**С.В. Гриневич, В.П. Кудряшов**

**Институт радиобиологии НАН Беларуси, г. Гомель**

Определены долговременные, сезонные и случайные колебания содержания изотопов плутония в приземном слое воздуха Гомельской области, которые являются основой для оценки ингаляционной составляющей дозовых нагрузок на организм человека и животных.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, приземный воздух, трансурановые элементы, изотопы плутония, ресуспензия, ветровой перенос.

**THE DYNAMICS OF PLUTONIUM CONTAMINATION  
OF NEAR GROUND AIR OF BELARUS SOUTH REGION**

**S.V. Grinevich, V.P. Kudrjashov**

**Institute of Radiobiology of National Academy of Sciences of Belarus, Gomel**

The long-term, seasonal and random changes of the contents of isotopes of plutonium in near ground layer of air of the Gomel region was defined. Results will be used for calculation of inhalation doses fraction of human and animals organism.

Key words: radioactive contamination, near ground layer of air, transuranium elements, plutonium isotopes, resuspension, air transition.

### **Введение**

В результате Чернобыльской катастрофы на значительной части территории Республики Беларусь возникла опасная радиационная обстановка. Неблагоприятные изменения экологической обстановки, обусловленные выбросом значительного количества радионуклидов, привели к нарушению жизнедеятельности человека, а также растительного и животного сообществ [1].

Испытания ядерного оружия и различные аварии на предприятиях ядерно-топливного цикла привели к тому, что в среде обитания человека появились ранее отсутствующие трансурановые элементы (ТУЭ), в том числе и изотопы плутония, содержание которых в отдельных компонентах биосферы достаточно велико. Данные радионуклиды обладают наивысшей из всех известных радионуклидов радиотоксичностью при ингаляционном поступлении. Практически все они имеют очень высокий период полураспада, что делает эту группу элементов одной из наиболее критических в биосфере. ТУЭ представляют собой, в основном, альфа-излучающие радионуклиды, высокая энергия и малый пробег которых создает в клетках и тканях высокую плотность ионизации. Поэтому процессы восстановления в этих клетках и тканях при воздействии альфа-излучения практически отсутствуют, вследствие чего повреждения, вызываемые ТУЭ, суммируются во времени [2]. Основным путем поступления альфа-излучающих радионуклидов в организм человека является ингаляционный, поэтому важное значение имеет исследование поведения ТУЭ в атмосферном воздухе на загрязненных радионуклидами территориях.

Первичным путем распространения радионуклидов в биосфере является атмосферный перенос. Радиоактивные частицы от ядерных испытаний и аварий поступают в нижние слои атмосферы, что приводит к радиоактивному загрязнению приземного слоя воздуха. Радионуклиды, поступившие в атмосферу, образуют аэрозоли и под влиянием гравитационных сил, а также под воздействием ряда метеорологических факторов (дождей, тумана, снега) выпадают на поверхность земли [4]. Выпавшие на поверхность почвы и растительности радиоактивные частицы могут вновь перейти в воздух в результате процесса ресуспензии [5]. В настоящее время радиоактивное за-

грязнение воздуха формируется под действием процессов вторичного ветрового подъема (ресуспензии) и переноса радиоактивных частиц, которые зависят от многочисленных факторов природного и антропогенного происхождения.

### **Материалы и методы**

Объектом наших исследований является приземный воздух на территориях, загрязненных радионуклидами — зона отселения ЧАЭС (н.п. Масаны и Бабчин) и прилегающие к ней территории (н.п. Хойники).

Для контроля за радиоактивностью атмосферы использовались изокINETические пробоотборники аэрозолей типа ИПА-1 с фильтрами из ткани Петрянова (ФПП 15-1.5). Фильтрация аэрозолей в этих пробоотборниках проводится за счет энергии ветра. При типичных для Беларуси скоростях ветра объем профильтрованного воздуха — 10 000 м<sup>3</sup> достигается при времени экспозиции порядка одного месяца.

Радиохимический анализ проб аэрозольных фильтров на содержание изотопов плутония проводился по стандартной методике [3]. Альфа-спектрометрические измерения активности исследуемых трансурановых радионуклидов проводились на полупроводниковом альфа-спектрометре CANBERRA-7401.

### **Результаты и обсуждение**

Регулярные наблюдения за содержанием радионуклидов в зоне отселения и прилегающих к ней районов начались с октября 1989 года и продолжаются по настоящее время.

В динамике радиоактивного загрязнения воздуха можно выделить три компонента: долговременную, сезонную и случайную.

Долговременная компонента представляет собой детерминированный тренд к понижению концентрации радионуклидов в воздухе (рис. 1–3).

Из представленных результатов видно, что с течением времени происходит уменьшение содержания изотопов плутония в приземном воздухе за счет их миграции по почвенному профилю, аккумуляции растениями, сорбции на поверхности почвенных частиц, т.е. происходит миграция и перераспределение радионуклидов в других компонентах биосферы, приводящих к уменьшению их концентрации в воздухе. Исключения составляют те годы, в которые происходили многочисленные лесные пожары на исследуемых территориях, влияние которых на

радиоактивное загрязнение приземного воздуха было настолько велико, что привело к

повышению значений среднегодовых концентраций (1992, 2002 гг.).

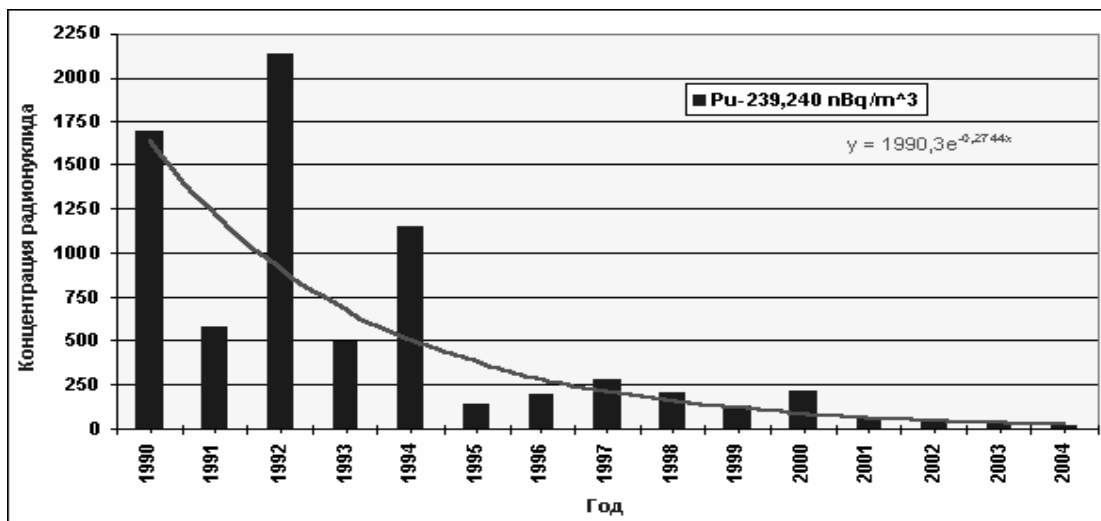


Рис. 1. Динамика содержания плутония-239, 240 в воздухе н.п. Хойники

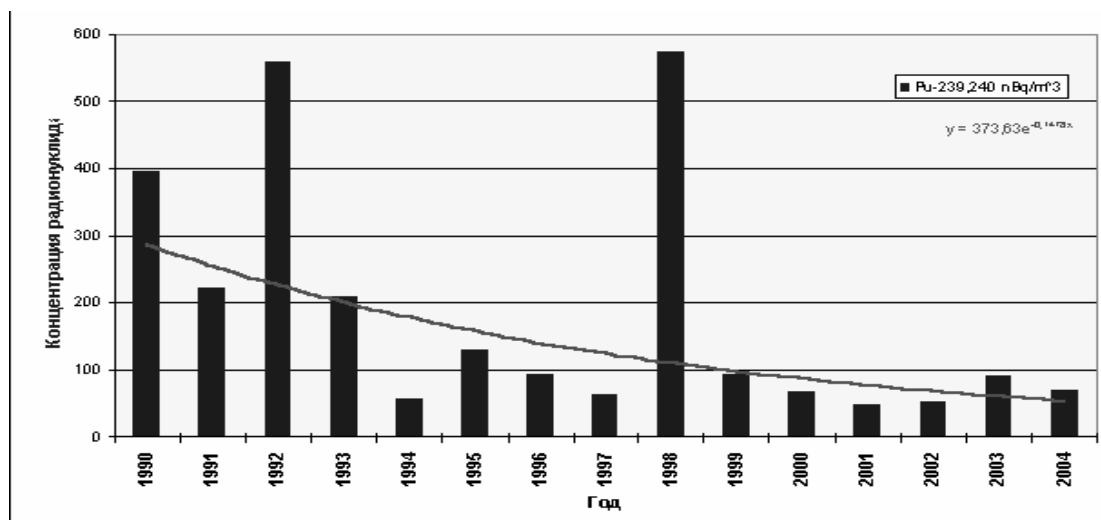


Рис. 2. Динамика содержания плутония-239, 240 в воздухе н.п. Бабчин

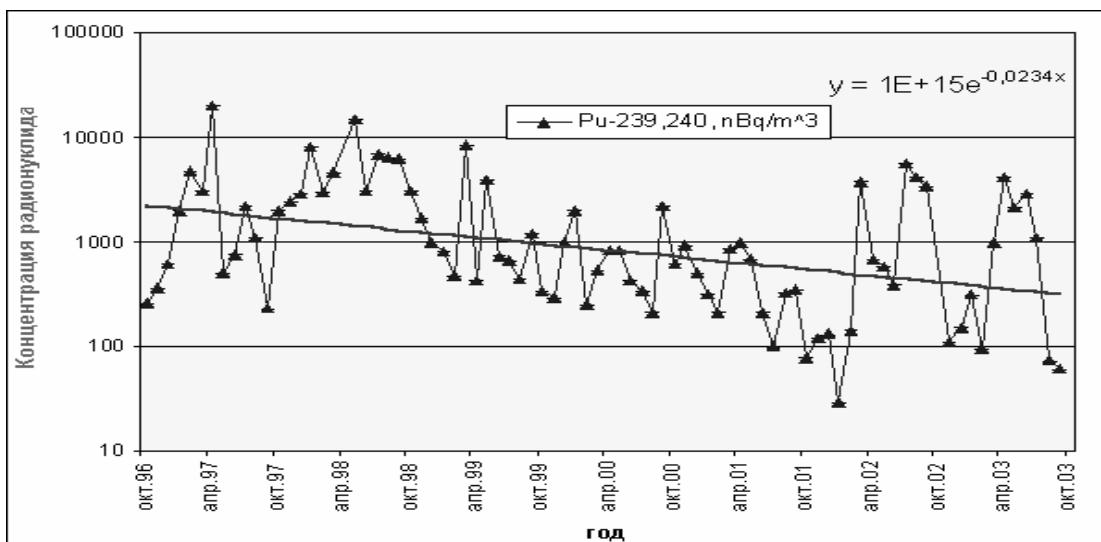


Рис. 3. Динамика содержания плутония-239, 240 в воздухе н.п. Масаны

Сезонная компонента — обуславливает циклические изменения — весенний и осенний подъем радиоактивности атмосферы за счет ресуспензии. Установлено, что уровни радиоактивного загрязнения воздуха

изотопами плутония (как и всеми ТУЭ) в зоне отселения и прилегающих к ней районах определяются как содержанием пыли в воздухе, так и ее удельной активностью (табл. 1, 2).

Таблица 1

**Содержание пыли в воздухе зоны отселения ЧАЭС и прилегающих к ней районов (2004 г.)**

Место отбора воздуха	Содержание пыли, мкг/м <sup>3</sup> за год					
	январь февраль	март апрель	апрель май	июнь июль	август сентябрь	октябрь ноябрь
Хойники*	7,5±1,3	390±68	48±8	80±12	420±81	29±5
Бабчин	10±2	25±4	5,4±1,1	17±2	29±6	4,0±0,8
Масаны	2,1±0,4	26±5	15±3	10±2	24±5	14±3

Примечание: \* — зона проживания.

Из таблицы 1 следует, что запыленность в приземном слое атмосферы в разных пунктах зоны отселения колеблется в диапазоне 2–29 мкг/м<sup>3</sup>, что хорошо согласуется с литературными данными для неурбанизированных районов (9–79 мкг/м<sup>3</sup>) [2]. Содержание пыли в воздухе практически одинаково для всех точек и, в основном, не превышает 25 мкг/м<sup>3</sup>, в то время

как оно увеличивается на несколько порядков (до 420 мкг/м<sup>3</sup>) в зоне проживания в период проведения сельскохозяйственных и других работ, связанных с пылеобразованием. Особенно высокая плотность запыления воздуха отмечается в весенний период (конец март — начало апреля), когда ведутся интенсивные сельскохозяйственные работы.

Таблица 2

**Содержание плутония-239, 240 в воздухе в 2004 г.**

Месяц	Удельная активность плутония-239, 240, нБк/м <sup>3</sup>		
	Хойники	Бабчин	Масаны
Январь	63	49	200
Февраль	42	690	250
Март	64	720	530
Апрель	77	1700	2830
Май	44	2400	3840
Июнь	4,1	350	1430
Июль	32	760	1340
Август	88	220	1200
Сентябрь	69	48	2200
Октябрь	91	27	620
Ноябрь	43	35	930

Результаты измерений среднегодового содержания изотопов плутония в воздухе показывают, что удельная активность ТУЭ снижается по мере удаления от ЧАЭС. Для зоны отселения характерна прямая зависимость между удельными активностями радионуклидов в почве и воздухе, причем по мере удаления от ЧАЭС значительное за-

грязнение подстилающей поверхности почвы техногенными радионуклидами уменьшается, что приводит к снижению их удельной активности в воздухе. Однако в районах с интенсивной сельскохозяйственной деятельностью, прилегающих к зоне отселения (Хойники), содержание радионуклидов в воздухе может достигать, а иногда и превы-

шать данный показатель для зоны отселения в весенне-осенний период.

Случайная компонента связана с различными природными и антропогенными аномалиями (лесные пожары, ураганы и др.). Одним из важнейших проявлений случайной компоненты является перенос радиоактивных частиц с дымом лесных пожаров. Особенно это заметно на территориях с высокой плотностью радиоактивного загрязнения почвы. В те годы, которые были отмечены многочисленными лесными пожарами на исследуемых территориях, их влияние на радиоактивное загрязнение приземного воздуха было настолько велико, что привело к повышению значений среднегодовых концентраций (1992, 2002 гг.). Известно, что при пожаре выброс продуктов горения достигает высоты 2–3 км, при этом в струю вовлекаются радиоактивные частицы с подстилающей поверхности почвы и участвуют в дальнем воздушном переносе, что приводит к расширению масштабов пространственного загрязнения атмосферы. Из этого можно сделать вывод, что дым лесных пожаров является возможным трансграничным переносчиком трансурановых радионуклидов при горении загрязненных ими лесных горючих материалов, а также источником вторичного загрязнения территории сопредельных государств.

#### **Выводы**

➤ С течением времени происходит постепенное самоочищение приземного воздуха от изотопов плутония, исключение составляют те годы, в которых имели место различные атмосферные аномалии.

➤ В течение года наблюдаются циклические изменения содержания изотопов плутония в приземном воздухе со значительным повышением в весенне-осенний период, что связано как с освобождением поверхности почвы от снега весной и растительности

осенью, так и с интенсивной сельскохозяйственной деятельностью в районах, прилегающих к зоне отселения.

➤ Лесные пожары и другие атмосферные аномалии приводят к увеличению содержания радионуклидов в приземном воздухе, что ведет к возрастанию значений среднегодовых концентраций.

#### **Заключение**

Экспериментальные данные по динамике радиоактивного загрязнения воздуха на территории Республики Беларусь является основой для математического моделирования процессов ресуспензии и ветрового переноса трансурановых радионуклидов и долгосрочного прогнозирования их содержания в приземном слое атмосферы, а также оценки доз ингаляционного и перорального поступления радионуклидов в организм человека и животных.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Аб прававым рэжыме тэрыторый, якія падвергліся радыеактыўнаму забруджанню ў выніку катастрофы на Чарнобыльскай АЭС: Закон Рэсп-п. Беларусь ад 12 ліст. 1991 г. // Ведамасці Вярхоўнага Савета Рэспублікі Беларусь. — 1991. — № 35. — С. 3–24.
2. Кудряшов, В. П. Загрязнение территории Республики Беларусь трансурановыми элементами в результате глобальных выпадений и катастрофы на Чернобыльской АЭС, включение их в трофические цепи и формирование дозовых нагрузок: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.01, 03.00.16. — Минск, 1998. — 180 с.
3. Миронов, В. П. Методическое пособие к лабораторным работам по радиохимии : учебное пособие / В. П. Миронов, В. П. Кудряшов. — Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2001. — 40 с.
4. Сельскохозяйственная радиэкология / под ред. Р. М. Алексахина, Н. А. Корнеева. — М.: Экология, 1992. — 400 с.
5. Jakibic, A. J. Migration of Plutonium in Natural Soil // Transuranium Nuclides in the Environmental. — Vienna: IAEA, 1975. — P. 47–62.

*Поступила 20.02.2006*

### **УДК 614:7.330.131.7 НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННОГО РИСКА В УСЛОВИЯХ СОЧЕТАННОГО ДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ФАКТОРАМИ НЕРАДИАЦИОННОЙ ПРИРОДЫ**

**А.Ф. Маленченко, С.Н.Сушко**

**Институт радиобиологии Национальной Академии наук Беларуси, г. Гомель**

В статье дан критический анализ проблемы оценки экологического риска в условиях сочетанного действия ионизирующего излучения и факторов нерадиационной природы.