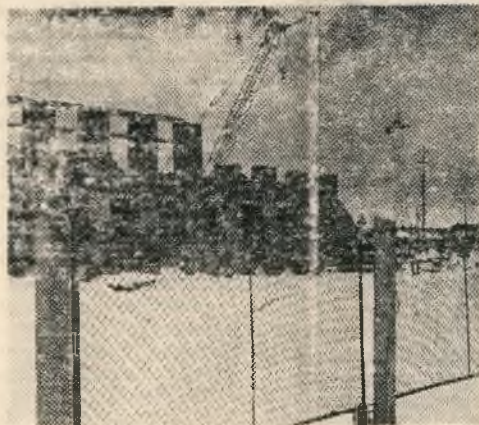


АМЕРИЦИЙ-241: НИЧЕГО НЕОЖИДАННОГО?

Почти полтора года назад «Вестник Чернобыля» [№ 67, август 1992 г.] впервые из уст доктора геолого-минералогических наук Валерия Копейкина сообщил о появлении америция-241. Этот радионуклид, являясь производным элементом плутония-241, также опасен и долговечен, но более миграционный и токсичный.

Последующие публикации газеты («ВЧ» № 9, январь 1993 г.) и особенно недавняя («ВЧ» № 72, ноябрь 1993 г.) об обнаружении профессором В. Копейкиным растворенного в воде америция-241 всерьез взволновали общественность, но вызвали неоднозначную реакцию у специалистов. Предлагаем читателям познакомиться с точкой зрения на проблему работников управления дозиметрического контроля НПО «Припять».

В результате аварии на ЧАЭС в окружающую среду были выброшены сотни различных радионуклидов. Большинство из них к настоящему времени в результате радиоактивного распада прекратили свое существование. Сейчас радиационная обстановка определяется цезием-137, стронцием-90 и трансураниевыми нуклидами. Такая смесь нуклидов весьма неблагоприятна с радиобиологической точки зрения, поскольку задействованы все пути формирования доз: цезий-137 создает внешнее облучение, стронций-90 и цезий-137 — внутреннее облучение при вдыхании. Такая смесь трудна и для дозиметрического контроля, так как определение содержания стронция-90 и трансураниевых нуклидов в объектах окружающей среды и в теле человека требуют выполнения трудоемких радиохимических анализов. Кроме того, цезий-137 создает в теле человека поле излучения, на фоне ко-



плутония. Через 73 года после остановки реактора активность америция-241 достигает максимума. Содержание америция-241 в продуктах аварийного выброса ЧАЭС изменяется во времени следующим образом:

Годы Кюри	1986	1993	2011	2060	2086	2486
	110	1430	3280	4240	4160	2210

торого распознать присутствие трансураниевых нуклидов весьма сложно.

Трансураниевые радионуклиды привлекают особое внимание, поскольку с ними связан долговременный риск для здоровья человека. Многие трансураниевые нуклиды, нарабатываемые в реакторах АЭС, заключенные в «могильниках» и боеголовках или рассеянные в окружающей среде, переживут современную цивилизацию.

Сейчас радиологическую значимость в зоне ЧАЭС имеют плутоний-238, 239, 240, 241 и америций-241. Объединяет их происхождение и сходство химических и физических свойств — все они, за исключением плутония-241, — альфа-излучатели.

В ряду радионуклидов Чернобыльского выброса америций-241 занимает особое место — его количество (активность) в настоящее время не уменьшается, а напротив, возрастает. Накопивается америций-241 в результате бета-распада плутония-241; с последним связана подавляющая часть (98%) активности смеси изотопов реакторного

В настоящее время 37% суммарной активности альфа-излучающих нуклидов обусловлено америцием-241; через 7 лет активность америция-241 сравняется с суммарной активностью изотопов плутония-238, 239, 240.

Несмотря на сравнительно быстрое накопление америция-241, суммарная радиобиологическая значимость смеси радионуклидов практически не увеличивается — сказывается распад относительно короткоживущих нуклидов цезия-137, стронция-90, плутония-241, а в более поздние времена и плутония-238.

Динамика радионуклидного состава продуктов аварийного выброса ЧАЭС во многом определяет приоритеты в прикладных радиобиологических и радиозоологических исследованиях и в задачах радиационной защиты.

Замена бета-излучающего плутония-241 на более токсичный альфа-излучающий америций-241 — факт, конечно, неприятный, но хорошо известный, отраженный в специальной общедоступной литературе задолго до аварии на

ЧАЭС. Законы природы не бывают плохими или хорошими — все они должны использоваться и учитываться в деятельности человека. В данном случае именно по америцию-241 можно осуществлять контроль за плутонием-241, определение которого прямыми методами затруднено вследствие низкой энергии бета-частиц, но который, как отмечалось, вносит значительный вклад в суммарную радиобиологическую значимость трансураниевых нуклидов.

Указанные обстоятельства учитывались при обеспечении радиационной безопасности на производствах, связанных с переработкой отработанного ядерного топлива (см., например, книгу Л. А. Булдакова и др. «Радиационная безопасность в ядерной энергетике», М., Атомиздат, 1981). Учитываются они и в УДК НПО «Припять» при определении допустимых уровней и расчете ингаляционных доз в зоне отчуждения ЧАЭС. В докладе «Использование основных принципов нормирования в практике дозиметрического контроля в зоне аварийного выброса ЧАЭС» (авторы А. К. Сухоручкин, С. В. Казаков) на 2 Всесоюзной конференции по итогам ДПА (Чернобыль, 1990) исследовано, в частности, влияние накопления америция-241 на допустимые уровни радиоактивного загрязнения почвы и воздуха и предложен способ, позволяющий учитывать плутоний-241 и америций-241 без их прямого измерения, то есть существенно удешевляющий систему рутинного повседневного контроля.

Сказанное не означает, что прямые непосредственные измерения америция-241 не осуществляются совсем — такие измерения проводятся периодически для контроля за состоянием топливных частиц чернобыльских выпадений. В случае развала топливной матрицы и последующей независимой миграции трансураниевых нуклидов упомянутые выше способы могут давать значительную погрешность. Это имеет место при миграции нуклидов по водным, растительным и пищевым цепям. Здесь возникает множество проблем, связанных с определением коэффициентов распределения и перехода изотопов плутония и америция-241 в системах «почва—вода», «почва—растительность», «вода—рыба» и т. п. Есть здесь простор для исследования и специалистам геологического профиля: необходимо определить коэффициенты распределения активности между жидкой и твердой фазами в различных грунтах в подземных водоносных горизонтах, раскрыть механизмы проникновения нукли-

АМЕРИЦИЙ-241: НИЧЕГО НЕОЖИДАННОГО?

[Окончание. Начало на 1 стр.]

дов в подземные воды, определить скорость их переноса и т. п.

Хотя растворимые формы плутония и америция давно известны («Трансурановые элементы в окружающей среде». Под ред. Э. Хэнсона. М., Энергоатомиздат, 1985), достоверных данных для точных оценок доз от пищевого поступления трансурановых нуклидов явно недостаточно. Пока миграционная способность америция-241 оценивается как промежуточная между слабоподвижным плутонием и высокоподвижным стронцием-90. По литературным данным, коэффициенты накопления в растительности изотопов плутония в сотни раз, а америция-241 в десятки раз ниже, чем аналогичные коэффициенты для стронция-90.

Поскольку коллективная доза в отличие от индивидуальной определяется не концентрацией нуклидов, а их общим количеством, поступившим в биосферу, то сравнительную обобщающую оценку радиобиологической значимости америция-241 в пищевых цепях можно сделать и сейчас. В гипотетическом случае растворения в воде всей активности важнейших нуклидов, рассеянных в зоне аварийного выброса ЧАЭС, объем воды, загрязняемой до уровня, выше допустимого, составит:

	Максимальная активность, тыс. кюри	Год достижения максимальной активности	Объем воды, куб. км
Цезий-137	1000	1986	66,6
Стронций-90	220	1986	550,0
Америций-241	4,24	2060	2,2

Для сравнения укажем, что объем Киевского водохранилища составляет 3,73 куб. км, годовой сток Днепра через створ Киевской ГЭС — 34,2 куб. км.

Поэтому нет оснований ожидать, что теоретически предполагаемый смыв и растворение америция-241 в поверхностных водах создадут в будущем для какого-либо поколения людей ситуацию более серьезную, чем существующая, обусловленная присутствием стронция-90.

Тем не менее мониторинг америция-241 и других трансурановых нуклидов в водных объектах и растительности весьма полезен как индикатор состояния локализованных или рассеянных радио-



активных отходов. Содержание изотопов плутония в стволах отдельных деревьев на особо загрязненных участках леса центральной части зоны отчуждения, по данным радиохимической лаборатории УДК, составляет величину порядка 1,0 Бк/кг. Понятно, что загрязнение несъедобных частей дерева прямой радиобиологической значимости не имеет, но и сжигать такие деревья не рекомендуется — один килограмм таких дрв способен загрязнить до допустимого уровня 1000 куб. м атмосфер-

автотранспорта, пожары) локальные (местные) концентрации в воздухе увеличиваются в десятки и сотни раз — это обстоятельство вызывает особую озабоченность и всегда учитывается при определении условий производства работ.

В заключение отметим одно полезное свойство америция-241. Этот радионуклид, помимо альфа-частиц, испускает и низкоэнергетические гамма-кванты. Это позволит со временем по мере накопления америция-241 значительно упростить контроль за трансурановыми нуклидами, если иметь высокоточную спектрометрическую аппаратуру. В настоящее время такой аппаратурой уже оборудована лаборатория итра международных исследований в г. Чернобыле, в будущем она будет установлена и в УДК НПО «Припять», что позволит более эффективно решать обсуждаемые проблемы.

Андрей СУХОРУЧКИИ,
заместитель главного инженера
УДК НПО «Припять», кандидат
физико-математических наук.

ного воздуха.

Плутоний-241 и америций 241 вносят значительный (до 50%) вклад в ингаляционные дозы. Присутствие этих радионуклидов в воздухе необходимо контролировать, особенно в ближней зоне ЧАЭС. В УДК НПО «Припять» ежемесячно анализируется около 40 проб на содержание плутония в воздухе и в атмосферных выпадениях.

Среднегодовая концентрация суммы альфа-излучающих трансурановых нуклидов в воздухе ближней зоны ЧАЭС в 1993 году составила 1,3 дКи/л. Эта величина в 20 раз ниже допустимой концентрации атмосферного воздуха. При воздействии на загрязненную поверхность (земляные работы, движение