

2. На 15 сутки эмбриогенеза наблюдается сужение центрального канала спинного мозга белой крысы с последующим его расширением на 16 сутки внутриутробного развития.

3. Сужение центрального канала спинного мозга белой крысы на 15 сутки эмбриогенеза связано с утолщением росткового слоя, и его расширение на 16 сутки обусловлено истончением последнего.

4. Рентгеновское облучение на 12–14 сутки в дозе 2,24 Гр приводит к нарушению внутриутробного формирования центрального канала спинного мозга белой крысы, облучение на 15–16 сутки не вызывает его анатомических изменений.

5. Рентгеновское облучение в дозе 2,24 Гр на 12 сутки эмбриогенеза у белой крысы приводит к возникновению кровоизлияния в полость центрального канала спинного мозга с последующей его облитерацией; при облучении на 13 сутки наблюдается вращение в просвет центрального канала клеточного материала росткового слоя спинного мозга с формированием удвоения центрального канала.

6. Облучение на 14 сутки эмбриогенеза влечет за собой расширение центрального канала спинного мозга белой крысы в сравнении с нормой.

7. Критическим периодом морфогенеза центрального канала спинного мозга белой крысы следует считать 12–14 сутки внутриутробного развития.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Автандилов Г.Г. Медицинская морфометрия. — М.: Медицина, 1990. — 384 с.
2. Дыбан А.П. Теоретические и прикладные аспекты экспериментальной тератологии // Онтогенез. — 1977. — Т. 8, № 6. — С. 528–598.
3. Кабак С.Л. Морфогенез лучевых повреждений тазобедренного сустава формирующих его кос-

тей и спинного мозга у зародышей белой крысы // В сб.: Функциональная морфология органов и систем в норме и при патологии. — Мн., 1981. — С. 150–154.

4. Леонтьев А.С. Динамика морфогенеза грудного отдела спинного мозга человека и животных. // В кн.: 6-е научн. Совещ. И симпозиум по эволюционной физиологии. — Л., 1972. — С. 127–128.

5. Лобко П.И., Пивченко П.Г., Ковалева Д.В. Макро- и микроанатомия спинного мозга // Структурные органы и системы под влиянием ионизирующей радиации. — Мн., 1991. — С. 42–45.

6. Манина А.А. Лучевые повреждения и восстановительные процессы в центральной нервной системе. — Л.: Медицина, 1964. — 227 с.

7. Москалев Ю.И. Отдаленные последствия воздействия ионизирующих излучений. — М.: Медицина, 1991. — С. 270–276.

8. Оленев С.Н. Развивающийся мозг. — М.: Наука. — 1978. — 221 с.

9. Пучков В.Д. Эквивалентные возрасты в эмбриогенезе цыпленка, крысы и человека // Докл. АН СССР. — 1959. — Т. 125, № 3. — С. 684–687.

10. Рассел Л. Б. Действия излучения на внутриутробное развитие млекопитающих // Радиобиология / Под ред. А. Холлендера. — М., 1960. — С. 56–126.

11. Светлов П.Г. Физиология (механика) развития. — Л.: Наука, 1978. — Т. 1. — 253 с.; Т. 2. — 225 с.

12. Brent R. Radiation and physical agents // Handb. Teratol. — New-York – London, 1977. — Vol. 1. — P. 153–223.

13. Desmond M.E. A description of the occlusion of the spinal cord in early human embryo // Anat Rec. — 1982. — P. 89–93.

14. Ullrich R.L., Storer J.B. The influence of split dose fractionation interval on the carcinogenic effects of fission spectrum neutrons // Radiat. Res. — 1982. Vol. 91. — P. 411–412.

15. Wilson J.G. Karr J.W. Difference in the effects of X-irradiation in rat embryos of different ages // Anat. Rec. — 1950. — Vol. 106, № 2. — P. 259–260.

Поступила 06.03.2006

УДК 539.12.08

## ПОСТУПЛЕНИЕ ТРАНСУРАНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ( $^{239+240}\text{Pu}$ , $^{241}\text{Am}$ ) ЧЕРНОБЫЛЬСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ЛУГОВУЮ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

О.А. Шуранкова, В.П. Кудряшов

Институт радиобиологии НАН Беларуси, г. Гомель

Отмечено значительное содержание трансураниевых радионуклидов в наземной фитомассе луговой растительности, произрастающей на территории радиоактивного загрязнения, что свидетельствует о реальной опасности поступления их в организм человека через пищевые цепи. Накопление этих радионуклидов в листьях луговых растений выше, чем в стеблях в 4–140 раза. За вегетационный период наблюдалось увеличение содержания  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  в растительности.

**Ключевые слова:** трансураниевые элементы (ТУЭ), луговая растительность, коэффициент накопления.

## THE TRANSURANIUM ELEMENTS ( $^{239+240}\text{Pu}$ , $^{241}\text{Am}$ ) OF THE CHERNOBYL PARENTAGE ENTERING IN A MEADOW PLANTS

O.A. Shurankova, V.P. Kudrjashov

Institute of radiobiology of a National Academy of sciences of Belarus, Gomel

The transuranium isotopes contents in green part of meadow plants which growing on territory contaminated with radionuclides was showed. Our Data show the real danger of it's entering in organism of the man by alimentary food chains. The transuranium isotopes contents in lives of meadow plants in 4–140 times higher than in stalks. More than that the level of  $^{239+240}\text{Pu}$  and  $^{241}\text{Am}$  contents in plants grow on whole period of vegetation.

**Key words:** transuranium elements, meadow plants, the factor of transferring

### **Введение**

В результате Чернобыльской катастрофы из реактора было выброшено значительное количество продуктов деления урана ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , ТУЭ и т.д.). Около 70% радиоактивных веществ выпало на территорию Беларуси, вследствие чего 46,45 тыс. км<sup>2</sup>, что составляет около 23% от общей площади, оказались загрязненными биологически опасными радионуклидами. Наиболее высокие уровни загрязнения поверхностного слоя радионуклидами, в том числе трансурановыми характерны для южной части нашей страны, прилегающей к ЧАЭС [1].

На заселенных участках юго-восточной части территории нашей страны, где установлены коэффициенты накопления  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в растения, которые превышают в несколько раз полученные для других загрязненных районов Беларуси, следует ожидать, что коэффициенты накопления ТУЭ также будут аномально высокими.

При прогнозе радиэкологической ситуации как в зоне отчуждения ЧАЭС, так и за ее пределами необходимо принимать во внимание процессы деструкции топливных частиц, приводящие к вовлечению ТУЭ в биогеохимические циклы миграции. Наиболее важной при этом представляется проблема с америцием-241, так как по сравнению с изотопами плутония он обладает более высокой биологической подвижностью и эффективная эквивалентная доза для этого радионуклида будет определяться помимо ингаляционного и его пероральным поступлением [2]. Кроме того, изменение содержания америция в почве обусловлено бета-распадом его материнского радионуклида плутония-241, доля

которого постепенно уменьшается по мере накопления дочернего радионуклида.

Существует возможность вовлечения ТУЭ в пищевые цепочки через дикорастущие растения природных комплексов. Так, использование некоторых видов луговых растений человеком в лечебных целях будет способствовать поступлению данных радионуклидов в организм, что приведет к дополнительному облучению. Поскольку для сбора берутся некоторые органы лекарственных растений, особое внимание уделялось изучению распределения трансурановых элементов по ним. В формировании дозы внутреннего облучения населения может сыграть роль потребление продуктов животноводства (мяса, молока), так как при стойловом и пастбищном содержании скота будет осуществляться поступление ТУЭ в организм животных из потребляемой растительности или заготовленных кормов. Именно поэтому следует не только установить уровни поступления данных трансурановых элементов в луговую растительность, но и провести исследования динамики накопления трансурановых элементов в разные периоды вегетации для установления оптимальных сроков заготовки зеленой массы с минимальным содержанием плутония и америция.

### **Материалы и методы**

Исследования проводились в зоне отчуждения ЧАЭС. Для определения уровней загрязнения луговых растений пробы были отобраны в окрестностях н.п. Мокиш (30-километровая зона ЧАЭС) на тех травостоях, где местные жители выпасают свой скот. Для исследования распределения трансурановых элементов по различным органам растений, а также сезонных изме-

нений в накоплении луговыми растениями данных радионуклидов отбор проб осуществлялся в окрестностях н.п. Масаны (10-километровая зона ЧАЭС). Данный выбор обусловлен достижением максимально возможного уровня загрязнения пробы растительности, так как при проведении радиохимического анализа используется небольшая навеска пробы и при незначительной концентрации  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  ошибка измерения удельной активности значительно увеличивается.

Для определения поверхностного загрязнения почвы в качестве пробоотборников обычно использовалось металлическое кольцо с внутренним диаметром 15 см и высотой 5 см (метод «кольца»). Надземную массу травянистых видов срезали секатором на высоте 10–15 см от поверхности почвы, определяли видовую принадлежность луговых растений, измельчали и

составляли среднюю пробу, которую затем высушивали в термостате при  $105^\circ\text{C}$  (сухая масса 100–200 г). Затем пробу озоляли в муфельной печи при  $600^\circ\text{C}$ .

Радиохимический анализ проб почвы и растительности проводился по стандартной методике [3]. Измерения активности  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  проводились с использованием  $\alpha$ -спектрометрической системы CANBERRA-7401.

#### Результаты и обсуждение

Уровни удельной активности загрязнения почвы трансурановыми элементами реперного участка, расположенного вблизи н.п. Мокиш Хойникского района, составляли по  $^{239+240}\text{Pu}$  — 5,4 Бк/кг, по  $^{241}\text{Am}$  — 12 Бк/кг.

Данные радиохимических анализов о содержании ТУЭ в растительности представлены в таблице 1.

Таблица 1

### Содержание $^{239,240}\text{Pu}$ и $^{241}\text{Am}$ в надземной фитомассе луговой растительности (н.п. Мокиш)

Вид растения	Удельная активность, Бк/кг		Коэффициент накопления	
	$^{239+240}\text{Pu}$	$^{241}\text{Am}$	$^{239+240}\text{Pu}$	$^{241}\text{Am}$
Ежа сборная	0,084	1,7	0,020	0,14
Овсяница луговая	0,024	2,2	0,004	0,18
Кострец безостый	0,045	3	0,008	0,25
Полевица	0,069	2,9	0,012	0,24
Тимофеевка луговая	0,043	6,3	0,008	0,52
Тысячелистник обыкновенный	0,049	4,8	0,009	0,40
Клевер ползучий	0,016	3,9	0,003	0,32
Лютик едкий	0,028	8,9	0,005	0,74

Как видно из таблицы 1, показатели содержания трансурановых радионуклидов в надземной фитомассе луговых растений варьировали в довольно широких пределах — от 0,003 до 0,020 Бк/кг для  $^{239+240}\text{Pu}$  и от 1,7 до 8,9 Бк/кг для  $^{241}\text{Am}$ . Хотя значения показателей накопления растениями данных трансурановых радионуклидов могут показаться незначительными, их стоит учитывать, так как биологическая опасность этих радионуклидов неизмеримо велика. С учетом прогнозных оценок дальнейшего нарастания содержания америция-241 в почве за счет естественного радиоактивного распада плутония-241 будет увеличиваться и биологический риск от значительного распространения америция-241

по пищевой цепочке «почва – растение – животное – человек».

Для оценки интенсивности накопления нуклидов растениями оперировали расчетными показателями — коэффициентами накопления ( $K_n$  — отношение удельной активности (УА) фитомассы к УА почвы). Значения коэффициентов накопления доходили до 0,02 для  $^{239+240}\text{Pu}$  и до 0,74 для  $^{241}\text{Am}$ , что вызывает опасения при использовании травостоев, загрязненных ТУЭ, для выпаса скота и заготовки кормов.

Уровни удельной активности загрязнения трансурановыми элементами почвы, отобранной в окрестностях н.п. Масаны, составили для плутония-239+240 — 270 Бк/кг и для америция-241 — 480 Бк/кг.

Установлено, что наибольшее накопление плутония-239+240 (рис.1) происходит листьями луговых растений, что в 4–140 раз превышает этот показатель в стебле. Аналогично происходит и накопление америция-241 (рис. 2), а именно: его аккумуляция в ли-

стьях в 4 раза выше, чем в стеблях. Результаты данных исследований дают возможность предположить, что употребление внутрь отваров и т.п. листьев лекарственных растений увеличивает внутреннее облучения организма данными трансурановыми элементами.

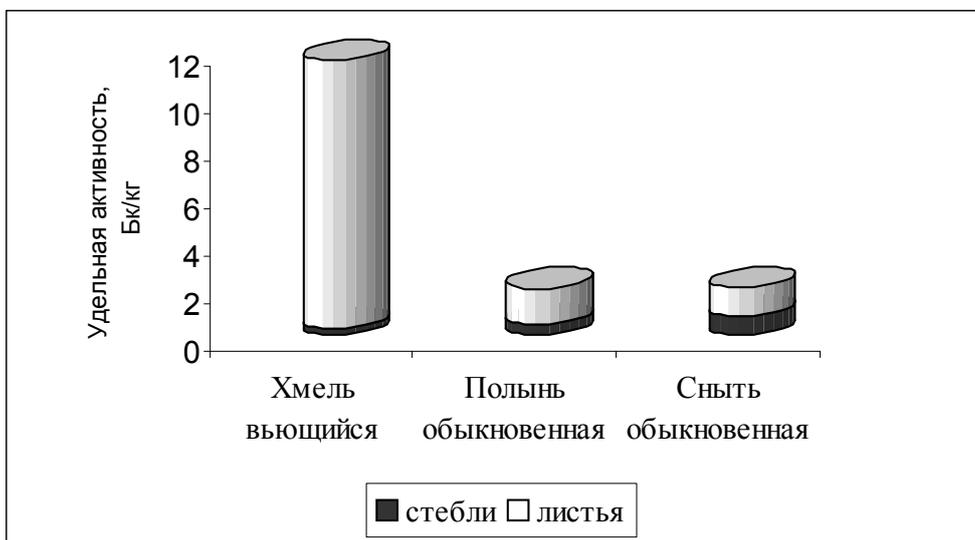


Рис. 1. Аккумуляция  $^{239+240}\text{Pu}$  в надземной фитомассе луговой растительности (н.п. Масаны)

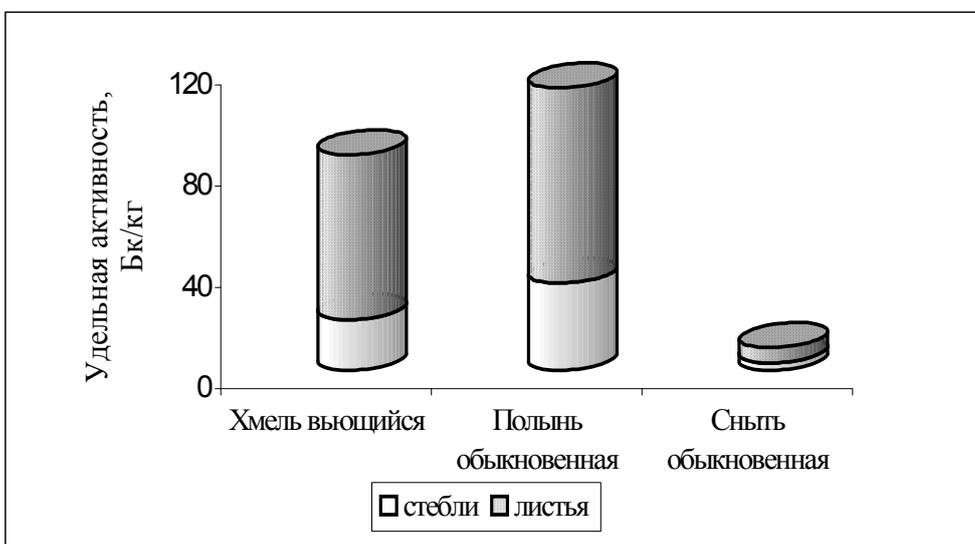


Рис. 2. Аккумуляция  $^{241}\text{Am}$  в надземной фитомассе луговой растительности (н.п. Масаны)

При изучении параметров накопления во время всего вегетационного периода (рис. 3) были отмечены следующие закономерности. Со временем роста и созревания луговых растений увеличивается накопление трансурановых элементов. Пик значений накопления приходится на сен-

тябрь. За вегетационный период при росте и развитии растений происходит постепенное накопление трансурановых элементов при незначительном их выведении, что приводит к загрязнению луговой растительности данными трансурановыми радионуклидами.

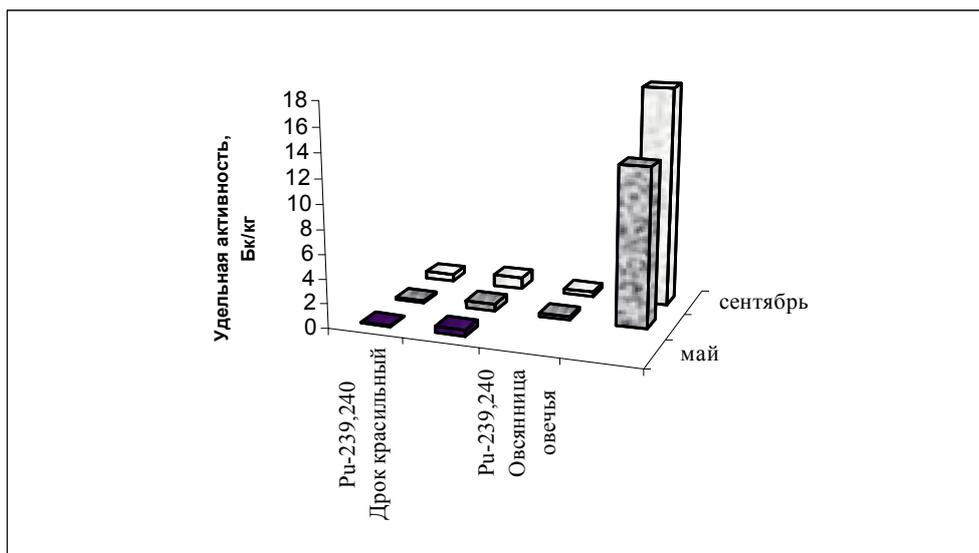


Рис. 3. Сезонное накопление пастбищной растительностью трансураниевых радионуклидов  $^{239,240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  (н.п. Мокиш).

#### Выводы

- Показатели содержания трансураниевых радионуклидов в наземной фитомассе луговых растений варьировали в довольно широких пределах — от 0,003 до 0,020 Бк/кг по  $^{239+240}\text{Pu}$  и от 1,7 до 8,9 Бк/кг по  $^{241}\text{Am}$ .

- Выявлено, что наибольшее накопление плутония-239+240 происходит в листьях травянистых растений, что в 4–140 раз превышает этот показатель в стебле. Аналогично происходит и накопление америция-241, а именно: его аккумуляция в листьях в 4 раза выше, чем в стеблях.

- Во время вегетационного периода происходит увеличение накопления ТУЭ растительностью, наиболее высокие показатели отмечены в осенний период.

#### Заключение

Результаты исследования поступления трансураниевых элементов ( $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ) в растительность свидетельствуют, что

существует реальная опасность их поступления в организм человека через пищевые цепи. В связи с этим в настоящее время остаются актуальными исследования по накоплению и движению трансураниевых радионуклидов в пищевой биологической цепи «почва – растения – животные – человек».

#### ЛИТЕРАТУРА

- Алексахин Р.М. Радиоактивное загрязнение почвы и растений. — М.: Академия Наук СССР, 1963. — 403 с.
- Кудряшов В.П., Якушев Б.И., Будкевич Т.А. и др. Америций-241 в растительности природных комплексов и агроценозов на территории Беларуси, загрязненной аварийными выбросами на ЧАЭС / Доклады НАН Беларуси. — 2000. — № 2. — С.73–76.
- Методика определения активности стронция-90 и трансураниевых элементов в биологических объектах: МВИ. МН 1992–2003 / Национальная Академия Наук Беларуси. — Мн., 2003. — 17 с.

Поступила 20.02.2006

УДК 615.849.7(476)

### ДИНАМИКА ЙОДНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ РЕГИОНОВ БЕЛАРУСИ В 1996–2005 гг.

Петренко С.В., Гомолко Н.Н., Мохорт Т.В., Океанов А.Е., Яблонская И.В.

Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова,  
НИЦ РУП «Диалек»,  
Концерн «Белбиофарм»;

Белорусский государственный медицинский университет

За последнее десятилетие йодное обеспечение ряда регионов Беларуси существенно улучшилось благодаря целенаправленной работе Правительства республики и международных организаций (ЮНИСЕФ/ВОЗ). Снижение йодного дефицита в обследованных ре-