

# ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ ВТОРИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ, ВОЗНИКАЮЩИХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОБЛУЧЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

**Т.В. Мельникова, Л.П. Полякова, Г.В. Козьмин**

*Обнинский институт атомной энергетики, г. Обнинск*



В статье рассматривается проблема вторичного загрязнения пищевой продукции, подвергшейся радиационной обработке, остатками разложившихся под действием ионизирующих излучений хлорорганических пестицидов (ХОП). Показано отсутствие в ранее опубликованных материалах системности в решении вопросов, касающихся данной тематики. По результатам проведенного мониторинга ХОП определены диапазоны колебания их концентраций в тех продуктах питания, которые могут подвергаться радиационной обработке. Проведено облучение и дана оценка степени разложения ХОП в модельных объектах. Предложены походы к изучению новых химических соединений, возникающих после облучения объектов, содержащих хлорорганические пестициды.

## ВВЕДЕНИЕ

В результате техногенного загрязнения окружающей среды и при использовании средств химизации в сельском хозяйстве продукция агропромышленного производства и пищевой промышленности неизбежно содержит подлежащие контролю загрязняющие вещества, в том числе остаточные количества ХОП. В мировой практике получили распространение радиационные технологии, обеспечивающие существенное увеличение сроков хранения сельскохозяйственного сырья и продуктов питания. При этом облучению подвергается продукция, содержащая в своем составе различные химические загрязнители. Дозовые нагрузки, рекомендуемые для обработки пищевой продукции, способны вызывать радиационно-химические превращения с участием первичных загрязнителей, приводящие к образованию новых вторичных химических соединений. В связи с этим возникает проблема идентификации образовавшихся химических соединений и определения их токсичности.

Целью настоящей работы являлась оценка состояния научных исследований по проблеме вторичного загрязнения сельскохозяйственной и пищевой продукции после ее облучения и разработке методических подходов к решению этой проблемы на примере анализа последствий радиационного разложения ХОП.

## АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

Анализ отечественной и зарубежной информации показывает, что ионизирующие излучения (гамма, электронное) используются для обработки пищевых продуктов [1]. Применение радиационных технологий основано на полезном действии ионизирующих излучений при сохранении качества сельскохозяйственной продукции: замедляется прорастание картофеля и лука, увеличиваются сроки хранения мяса и рыбы в замороженном состоянии в связи с подавлением развития микроорганизмов, уничтожаются вредители в зерне и фруктах. В табл.1 представлены дозы ионизирующего излучения, применяющиеся при радиационной обработке пищевых продуктов [1, 2, 3].

Таблица 1

### Дозы ионизирующего излучения, применяемые при радиационной обработке пищевых продуктов

Идентификация	Доза, кГр	Назначение
Обработка картофеля, лука	0.05 - 0.15	Замедление прорастания
Обработка мяса, рыбы	0.15 - 0.50	Увеличение срока хранения
Обработка фруктов, овощей	0.5 - 1.0	Уничтожение вредителей
Обработка зерна	1.5 - 3.0	Уничтожение вредителей
Обработка молока, масла	2.0 - 5.0	Уничтожение микроорганизмов
Обработка пшеницы, риса	2.0 - 10	Уничтожение вредителей
Обработка сахара, меда	10 - 50	Уничтожение микроорганизмов
Обработка чая, кофе	30 - 50	Уничтожение микроорганизмов

Сравнение доз облучения, использующихся при радиационной обработке пищевых продуктов (0,05 - 50 кГр) [4-6] и диапазона доз, в котором исследовалось разложение хлорорганических пестицидов в растворах (0,15 - 50 кГр), показывает, что они сопоставимы [1-3].

Публикации последних лет, посвященные вопросам радиохимической стабильности некоторых представителей группы ХОП, содержат в основном сведения о результатах разложения этих соединений в среде различных органических растворителей после их гамма-облучения. К настоящему времени проведены исследования по изучению действия гамма-излучения на такие классы пестицидов как хлорорганические (ДДТ и его метаболиты, изомеры ГХЦГ, альдрин и т.д.) и фосфорорганические (форате, атразин и т.д.) [4]. Наиболее полно изучены процессы разложения ДДТ и его метаболитов (ДДД и ДДЕ). В эксперименте на модельных растворах было показано, что основными путями радиолиза п,п'-ДДТ и его аналогов являются процессы дегидрохлорирования в алифатической цепи и ароматических циклах. С помощью методов ЯМР и хромато-масс-спектрометрии было идентифицировано 10 дегидрохлорированных продуктов, хлорорганических веществ с разным количеством атомов Cl и наличием  $\pi$ -связей в структуре молекулы. Были также выделены и идентифицированы комплексы присоединения между промежуточными хлорсодержащими продуктами и растворителями. Обнаружены в реакционной смеси и продукты окисления хлорорганических соединений. На рис.1 представлена схема разложения п,п'-ДДТ и его метаболитов п,п'-ДДД и п,п'-ДДЕ в циклогексане. По результатам исследования [5] было показано, что в любом растворителе ДДТ интенсивнее

разлагается, чем его метаболиты. Кроме того, была оценена степень разложения п,п'-ДДТ и его метаболитов в различных по полярности растворителях (табл.2). Также было установлено [4], что степень разложения исходного пестицида существенно зависит от состава его водного раствора смеси (табл.3).

Таблица 2

**Степень разложения ДДТ, ДДД и ДДЕ после облучения дозой 10кГр в различных растворителях [5]**

	Исходное вещество	Степень разложения, %		
		Вода	Этанол	Диметилсульфоксид
Водный раствор	ДДТ	99,2	24,5	47,5
Этанол	ДДТ	71,8	60,4	53,9
Диметилсульфоксид	ДДТ	47,8	42,0	25,0

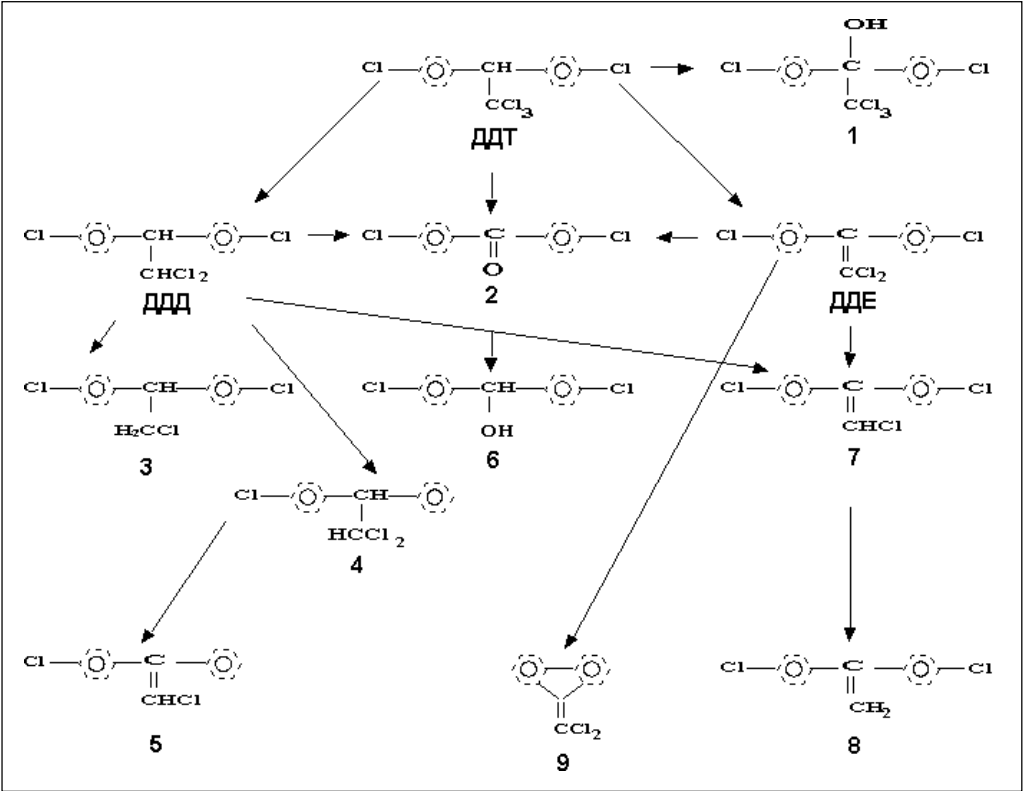


Рис.1. Продукты разложения п,п'-ДДТ, п,п'-ДДЕ и п,п'-ДДД после облучения (доза 10 кГр) в циклогексане:  
п,п'-ДДТ- 2,2 - бис (4-хлорфенил)-2,2,2-трихлорэтан;  
п,п'-ДДЕ - 2,2 - бис (4-хлорфенил)-1,1-дихлорэтилен;  
п,п'-ДДД - 2,2 - бис (4-хлорфенил)-1,1-дихлорэтан;  
1 - 1,1-бис(4-хлорфенил)-2,2,2-трихлорэтанол; 2 - DSBP - 4,4'-дихлорбензофенон;  
3 - 1,1-бис(4-хлорфенил)-2-хлорэтан; 4 - 1-хлорфенил-1-фенил-2,2-хлорэтан;  
5 - 1-хлорфенил-1-фенил-2-хлорэтилен; 6 - 1- бис(4-хлорфенил)этанол;  
7 - DDMU - 2,2-бис(4-хлорфенил)-1-хлорэтилен;  
8 - 1,1-бис(4-хлорфенил)этилен; 9 - 9-(дихлорметил)флорин

Таблица 3

**Степень разложения линдана в технических смесях при облучении дозой**

Īāñðëöëä	Īāçāāīēā āīāīūō ðāñðāīōīā ðāōīē+āñëöō ñī āñāé	Ēīīōāīōðāöëÿ, ppm	Ñðāīāīū ðāçēīæāīēÿ, %
Ēēīāāī	Neocid	10	11,4
Ēēīāāī	Sana Flor	10	31,4
Ēēīāāī	Timor	10	40,7
Ēēīāāī	ðāö. ēēīāāī	10	64,5

Как следует из представленного анализа опубликованных материалов, имеющиеся на сегодняшний день сведения о радиационном разложении ХОП недостаточны для токсикологической оценки последствий облучения. Остается неопределенной зависимость степени разложения ХОП от свойств растворителя (табл.2-3). До конца не идентифицированы продукты разложения ХОП после радиационной обработки растворов пестицидов в чистых растворителях [4, 5, 6]. Не исследован вопрос качественного состава облученного раствора, содержащего несколько различных ХОП. В связи с этим попытки экстраполировать данные модельных экспериментов на сложные пищевые продукты с целью прогнозирования возможных изменений в них, вызванных облучением, связаны с рядом неопределенностей. Главные из них - влияние природной матрицы на процесс радиолитического разложения пестицидов и достоверность оценки супернизких концентраций, как индивидуальных объектов исследований, так и их смесей.

Установлено [4, 5, 6, 7], что продуктами разложения загрязнителей при радиационной обработке являются различные по токсичности вещества, суммарная же токсичность, этих химических соединений, образующихся в самых различных сочетаниях в настоящее время практически не изучена. В связи с этим вопрос токсичности продуктов питания, подвергнувшихся облучению, нуждается в проведении комплексных научных исследований.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ**

Исследование проводилось в два этапа: с природным биообъектом и в модельных условиях. Натурные эксперименты были связаны с анализом пищевых продуктов (зерно, молоко, сливочное масло, рыба и мясо) по оценке содержания реальных концентраций в них пестицидов (альфа-ГХЦГ, гамма-ГХЦГ, ДДТ, ДДЕ). В модельных условиях изучался процесс гамма-облучения растворов отдельных ХОП (альфа-ГХЦГ, ДДТ, ДДЕ).

**ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ РЕАКТИВЫ И ОБОРУДОВАНИЕ**

В работе были использованы стандартные образцы растворов пестицидов: альфа-ГХЦГ, гамма-ГХЦГ, п,п'-ДДТ с концентрациями 100мкг/мл и п,п'-ДДЕ - 1000мкг/мл (Научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева, экспериментальная лаборатория Р/К ХИИУ КАЛУР); гексан, ч. ("Реахим", Черкасский завод химреактивов); диэтиловый эфир, медицинский; оксид алюминия, нейтральный, для хроматографии (Lachema, Chemapol); силикагель, L 100/160 для хроматографии (Lachema, Chemapol); сульфат натрия, безводный, х.ч. Все реактивы были подготовлены в соответствии с требованиями к чистоте веществ для хроматографических исследований ХОП, по методикам [8, 9, 10].

Для инструментального анализа применялись:

- газовый хроматограф "Модель 3700" - насадочная колонка (l=2м), фаза SE-52, детектор электронного захвата, газ-носитель - азот, осч. Температура колонки - 210°C, испарителя - 220°C, детектора - 250°C. Объем вводимой пробы - 4мкл;

- газовый хроматограф “Цвет 500М” - насадочная колонка ( $l=2\text{м}$ ), фаза ХЕ-52, детектор электронного захвата, газ-носитель - азот, о.с.ч. Температура колонки -  $210^{\circ}\text{C}$ , испарителя -  $230^{\circ}\text{C}$ , детектора -  $280^{\circ}\text{C}$ . Объем вводимой пробы -  $4\text{мкл}$ ;
- адсорбционная колонка -  $200\text{мм} \times 5\text{мм}$ , работающая под давлением.

Вся стеклянная посуда непосредственно перед экспериментом была очищена и проверена на присутствие остаточных количеств ХОП.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРООРГАНИЧЕСКИХ ПЕСТИЦИДОВ (АЛЬФА-ГХЦГ, ГАММА-ГХЦГ, П,П'-ДДТ, П,П'-ДДЕ) В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ**

Пробоподготовка образцов продуктов осуществлялась по специально разработанной методике, которая включает в себя следующие основные стадии: экстрагирование ХОП из объекта и осушка, предварительное концентрирование экстракта, очистка и разделение экстракта на адсорбционной колонке, завершающее концентрирование отдельных хроматографических фракций с последующим вводом их проб в газовый хроматограф. Операции осушки и концентрирования были одинаковы для всех видов продуктов, очистка экстракта специфична для каждой органической матрицы [8,9,10]. Методика подготовки образцов, таким образом, позволяет с помощью одной адсорбционной колонки (сорбент: силикагель и оксид алюминия) провести одновременно: 1) очистку экстракта от соизвлеченных органических соединений биообъекта; 2) групповое фракционирование индивидуальных полихлорбифенилов (ПХБ) и 19 хлорорганических пестицидов для последующего инструментального разделения их с целью идентификации и оценки количественного содержания. Газохроматографический анализ подготовленных фракций выполнялся по методике [9]. Расчет содержания ХОП в пробе выполнялся по площади пика методом соотношения со стандартом по формуле:

$$X = \frac{C \cdot S_x \cdot v \cdot K}{S_{\text{ст}} \cdot P}, \quad (1)$$

где  $X$  – содержание пестицида,  $\text{мг/кг}$ ;  $C$  – концентрация рабочего стандартного или калибровочного раствора,  $\text{мкг/мл}$ ;  $S_{\text{ст}}$  и  $S_x$  – площадь пика пестицида на хроматограммах стандартного раствора и экстракта пробы соответственно;  $v$  – объем экстракта,  $\text{мл}$ ;  $P$  – масса пробы,  $\text{г}$ ;  $K$  – коэффициент, учитывающий систематические потери при выполнении пробоподготовки и полноту извлечения пестицидов [9].

Коэффициент  $K$  определялся по методу “внесено – обнаружено” [9]. В табл.4 представлены результаты определения  $K$  для различных пестицидов в диапазоне концентраций  $9,6 \cdot 10^{-2} - 4,0 \text{ мг/кг}$ .

## **ГАММА-ОБЛУЧЕНИЕ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ ОТДЕЛЬНЫХ ПЕСТИЦИДОВ**

Ампулы стандартных образцов пестицидов альфа-ГХЦГ, гамма-ГХЦГ, п,п'-ДДТ объемом  $2-3\text{мл}$  с концентрациями  $100\text{мкг/мл}$  и п,п'-ДДЕ объемом  $2\text{мл}$  с концентрацией  $1000\text{мкг/мл}$  в гексане были облучены на установке КСВ-500 ( $^{60}\text{Co}$ ) с дозой  $16\text{кГр}$  при мощности дозы  $0,11\text{кГр/мин}$ .

Степень разложения хлорорганических пестицидов определялась по концентрации пестицида путем сравнения площадей пиков на хроматограммах стандартных растворов пестицидов, до и после их радиационной обработки [6].

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Результаты анализа хлорорганических пестицидов (альфа-ГХЦГ, гамма-ГХЦГ, п,п'-ДДТ и п,п'-ДДЕ) в отдельных продуктах питания (зерно, сливочное масло, молоко) за период 1996-1998 гг. представлены в табл.5. Выбор анализируемых продуктов питания был обусловлен следующими обстоятельствами:

Таблица 4

**Результаты определения К для методики адсорбционной очистки экстрактов биологических объектов**

$\bar{x} \pm \Delta x$	$\bar{E}, \%$	S	$S_x$	$v, \%$	$\Delta x$	$x_{\text{сист.}}$	$\epsilon, \%$	$\langle \bar{E} \rangle \pm \Delta x$
$\bar{x} \pm \Delta x$	51,1	3,40	1,52	2,67	4,10	43,2	7,22	$56,8 \pm 4,10$
	57,3							
	57							
	60							
	58,6							
$\bar{x} \pm \Delta x$	75	6,04	2,47	3,03	6,42	18,58	7,88	$81,42 \pm 6,42$
	84							
	86,5							
	85,5							
	72,5							
	85							
$\bar{x} \pm \Delta x$	120	5,72	2,55	2,28	7,15	12,04	6,38	$112,04 \pm 7,15$
	110							
	109							
	115,6							
	105,6							
$\bar{x} \pm \Delta x$	102,5	1,51	0,61	0,60	1,72	2,17	1,68	$102,17 \pm 1,72$
	101							
	101,5							
	101							
	102							
	105							

S – среднее квадратическое отклонение;  $S_x$  – среднее квадратическое отклонение среднего;  $v$  – воспроизводимость;  $\Delta x$  – доверительный интервал;  $x_{\text{сист.}}$  – систематическая погрешность;  $\epsilon$  – относительная погрешность;  $\langle K \rangle$  – среднее значение

- видами биологических объектов, в которых происходит максимальное накопление хлорорганических пестицидов по трофической цепочке;
- частотой потребления человеком пищевых продуктов, потенциально загрязненных ХОП;
- перечнем продуктов, которые могут проходить радиационную обработку [1, 2, 3].

Как видно из табл.5 концентрации альфа- и гамма-ГХЦГ, п,п'- ДДТ и п,п'- ДДЕ лежат в пределах: сливочное масло ( $5.1 \cdot 10^{-2} - 6.5 \cdot 10^{-2}$  мг/кг), молоко ( $4.7 \cdot 10^{-2} - 6.8 \cdot 10^{-2}$  мг/кг) и зерно ( $4.3 \cdot 10^{-4} - 9.4 \cdot 10^{-3}$  мг/кг). Содержание хлорорганических пестицидов не превышает МДУ [11].

Результаты исследования процесса облучения стандартных растворов пестицидов п,п-ДДТ, п,п-ДДЕ, альфа-ГХЦГ в гексане показали, что облучение дозами (доза 16 кГр и мощность дозы 0,11 кГр/мин), применяющимися при обработке пищевых продуктов приводит к частичному разрушению пестицидов. Были получены предварительные данные по кинетике разложения пестицидов в растворе. Стандартные растворы каждого в отдельности пестицида исследовались методом газожидкостной хроматографии через неделю и через 2 мес. после облучения (табл.6).

Как следует из табл.6 степень разложения пестицидов для альфа-ГХЦГ составила 63,6%, для ДДТ - 61,8% и для ДДЕ - 55,6%. Анализ полученных хроматограмм показал, что концентрация остатков неразложившихся пестицидов в указанный период времени не изменилась. Как было показано выше незарегистрированная часть пестицидов представляет собой токсичные продукты, свойства которых детально не исследовались.

Полученные результаты показывают, что разложение первичных токсикантов после радиационной обработки может создавать иллюзию отсутствия токсичных веществ в контролируемом объекте, если контроль осуществляется только на наличие первичного токсиканта. Данное обстоятельство требует дальнейшего развития аппаратурно-методической базы контроля сельскохозяйственной и пищевой продукции, прошедшей радиационную обработку.

Представленные результаты позволяют предложить общую методологию оценки качества радиационно-обработанных продуктов питания с учетом возможности образования вторичных токсикантов. Для этого предлагается следующая последовательность этапов исследования:

- Установление реальных уровней содержания хлорорганических пестицидов в отдельных продуктах растительного и животного происхождения.

Таблица 5  
**Содержание хлорорганических пестицидов в отдельных продуктах питания**

Год	Объект	Наименование	Содержание, мкг/кг				Σ
			α-ГХЦГ	ДДТ	ДДЕ	ДДТ	
1996	Пшеница	Пшеница	1.97*10 <sup>-3</sup>	2.24*10 <sup>-4</sup>		1.63*10 <sup>-3</sup>	3.83*10 <sup>-3</sup>
1996	Пшеница	Пшеница	2.51*10 <sup>-3</sup>	6.09*10 <sup>-4</sup>	6.77*10 <sup>-4</sup>	1.91*10 <sup>-3</sup>	5.78*10 <sup>-3</sup>
1996	Пшеница	Пшеница	2.01*10 <sup>-3</sup>	1.24*10 <sup>-3</sup>	3.47*10 <sup>-3</sup>	2.67*10 <sup>-3</sup>	9.39*10 <sup>-3</sup>
1997	Пшеница	Пшеница	2.30*10 <sup>-3</sup>	1.40*10 <sup>-3</sup>			3.70*10 <sup>-3</sup>
1997	Пшеница	Пшеница		4.30*10 <sup>-4</sup>			4.30*10 <sup>-4</sup>
1997	Пшеница	Пшеница	2.07*10 <sup>-3</sup>	4.5*10 <sup>-4</sup>	5.84*10 <sup>-4</sup>	2.17*10 <sup>-3</sup>	5.27*10 <sup>-3</sup>
1997	Пшеница	Пшеница	3.13*10 <sup>-3</sup>	2.03*10 <sup>-3</sup>		3.20*10 <sup>-3</sup>	8.36*10 <sup>-3</sup>
1997	Пшеница	Пшеница	1.84*10 <sup>-3</sup>	1.74*10 <sup>-3</sup>	7.07*10 <sup>-4</sup>	2.84*10 <sup>-3</sup>	7.13*10 <sup>-3</sup>
1998	Пшеница	Пшеница N2				6.50*10 <sup>-2</sup>	6.50*10 <sup>-2</sup>
1998	Пшеница	Пшеница	7.18*10 <sup>-3</sup>			3.96*10 <sup>-2</sup>	4.68*10 <sup>-2</sup>
1998	Пшеница	Пшеница	2.80*10 <sup>-2</sup>			4.03*10 <sup>-2</sup>	6.83*10 <sup>-2</sup>
1998	Пшеница	Пшеница				8.20*10 <sup>-2</sup>	8.20*10 <sup>-2</sup>
1998	Пшеница	Пшеница				7.62*10 <sup>-2</sup>	7.62*10 <sup>-2</sup>

\* в пересчете на жир

Таблица 6  
**Площади пиков хлорорганических пестицидов до и после облучения**

Пестицид	Площадь пика до облучения, м²	Площадь пика после облучения, м²	Площадь пика после облучения, м²
α-ГХЦГ	204,00	74,25	73,67
ДДТ	430,75	164,5	166,00
ДДЕ	120,50	53,45	52,60

На данном этапе определяются, какие именно хлорорганические пестициды и в каких соотношениях присутствуют в естественных матрицах. Особое внимание следует обратить на продукцию, ввозимую из-за рубежа, из тех стран, где продолжается использование ХОП (например, страны Южной Америки и Африки).

- Проведение серии экспериментов с растворами пестицидов с вариацией следующих параметров: полярность растворителя, концентрация пестицида, мощность дозы и доза.

- Расчет степени разложения пестицидов, установление корреляций между степенью разложения, свойствами облучаемого объекта и параметрами облучения.

На сегодняшний день нет четкого представления о существовании такой зависимости: для отдельных пестицидов (ДДЕ, ДДТ, ДДД) эта зависимость установлена, для других (гамма-ГХЦГ) - такое взаимоотношение неопределенно, а для альфа-ГХЦГ характер влияния растворителя на степень разложения вообще не определялся [4].

- Установление характера разложения пестицидов на примере облучения искусственных смесей пестицидов.

На этом этапе выясняется степень разложения пестицидов при их одновременном присутствии в растворах, а также исследуется взаимовлияние осколков разложившихся пестицидов (альфа-, гамма-ГХЦГ, ДДТ и ДДЕ) при их совместном присутствии на образование конечных продуктов превращения ХОП.

- Изучение кинетики разложения хлорорганических пестицидов после их облучения.

Изучение кинетики разложения может выявить, какие изменения происходят с хлорорганическими пестицидами после облучения: продолжается ли их разложение, насколько стабильны их продукты разложения и какое время требуется, чтобы в облученном растворе или продуктах питания прекратились любые изменения, связанные с исследуемыми пестицидами.

- Проведение экспериментов с облучением загрязненных ХОП искусственных матриц, имитирующих природную органическую матрицу. Оценка степени разложения загрязнителя в зависимости от природы матрицы.

- Идентификация продуктов разложения пестицидов: в растворах; в искусственных матрицах и пищевых продуктах.

- Выявление потенциально опасных продуктов разложения пестицидов для последующей токсикологической оценки.

## ВЫВОДЫ

- В результате техногенного загрязнения окружающей среды и использования средств химизации в сельском хозяйстве продукция агропромышленного производства и пищевой промышленности неизбежно содержат подлежащие контролю загрязняющие вещества, в том числе остаточные количества ХОП. В частности, на территории Калужского региона концентрации альфа- и гамма-ГХЦГ, п,п'- ДДТ и п,п'- ДДЕ лежат в пределах: сливочное масло ( $5.1 \cdot 10^{-2} - 6.5 \cdot 10^{-2}$  мг/кг), молоко ( $4.7 \cdot 10^{-2} - 6.8 \cdot 10^{-2}$  мг/кг) и зерно ( $4.3 \cdot 10^{-4} - 9.4 \cdot 10^{-3}$  мг/кг).

- В мировой практике получили распространение радиационные технологии, обеспечивающие существенное увеличение сроков хранения сельскохозяйственного сырья и продуктов питания. При этом облучению подвергается продукция, содержащая в своем составе различные химические загрязнители. Дозовые нагрузки (до 10 кГр), рекомендуемые для обработки пищевой продукции, способны вызывать радиационно-химические превращения с участием первичных загрязнителей, приводящие к образованию новых вторичных химических соединений.



- Продуктами разложения загрязнителей при радиационной обработке являются различные по токсичности вещества, суммарная токсичность, которых в настоящее время практически не изучена.
- Облучение с дозой 16 кГр при мощности дозы 0,11 кГр/мин приводит к частичному разрушению пестицидов. Степень разложения пестицидов для альфа-ГХЦГ составила 63,6%, для ДДТ - 61,8% и для ДДЕ - 55,6%. Концентрация остатков неразложившихся пестицидов за два месяца после облучения не изменилась.
- Разложение первичных токсикантов после радиационной обработки может создавать иллюзию отсутствия вредных веществ в контролируемом объекте, если контроль осуществляется только на наличие первичного токсиканта. Данное обстоятельство требует дальнейшего развития аппаратурно-методической базы контроля сельскохозяйственной и пищевой продукции, прошедшей радиационную обработку.
- Предложена общая методология оценки качества радиационно-обработанных продуктов питания с учетом возможности образования вторичных токсикантов.

### Список литературы

1. *Francois L. Lepine* Effects of ionizing radiation on pesticides in a food irradiation perspective: A bibliographic review. J. Agric. Food Chem. - 1991. - № 39. - P. 2112-2118.
2. *Francois L. Lepine, Francois Brochu, Sylvain Milot, Orval A. Mamer and Yvon Pepin* Gamma-Irradiation-induced degradation of DDT and its metabolites in organic solvents. J. Agric. Food Chem. - 1994. - № 42. - P. 2012-2016.
3. *Francois L. Lepine, Francois Brochu, Sylvain Milot, Orval A. Mamer and Yvon Pepin* Gamma-Irradiation-induced degradation of organochlorinated pollutants in fatty acid esters and in cod. J. Agric. Food Chem. - 1993. - № 43. - P. 491-494.
4. *Лукаев А.К.* Современное состояние радиационной технологии. Успехи химии. - 1995. - № 64(6). - С. 609-640.
5. *Woods, Pikaev A.K.* Applied Radiation Chemistry. Radiation Processing. Wiley, New York, 1994
6. Радиационная химия основных компонентов пищевых продуктов/Под ред. П.С. Элиаса, А.Дж. Кохена. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983.
7. *Francois L. Lepine, Sylvain Milot, and Nathalie Gagne* Gamma irradiation induced formation of PCB-solvent adducts in aliphatic solvents. J. Agric. Food Chem. - 1990. - № 38. - P. 1873-1876.
8. Методические указания по определению микроколичеств пестицидов в продуктах питания и объектах окружающей среды. - М., 1989.
9. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли галоидорганических пестицидов ДДТ, ДДЕ, альфа-ГХЦГ, гамма-ГХЦГ, трифлуарина в пробах почвы методом ГЖХ. РД 52.18.180-89. - М., 1989.
10. *Voogt P. de, Klammer and J.C., Govers H.* Simultaneous clean up and fractionation of organochlorine compounds by adsorption chromatography. J. of Chromatography. - 1986. - № 363. - P. 407-411.
11. Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень). 1.1. Гигиена, токсикология, санитария. ГН 1.1.546-96 (Официальное издание). - М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1997.

Поступила в редакцию 24.12.98.

**УДК 519.688:621.039.58**

*Information Authenticity Control in Vibro-Diagnostics System of the Novovoronezh NPP \ A.O.Skomorokhov, M.T.Slepov; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) - Obninsk, 1999. - 10 pages, 3 tables, 6 illustrations. - References, 8 titles.*

The paper is devoted to the questions of automation of spectrum spoilage check procedure for the vibration monitoring system installed at 3 and 4 units of the Novovoronezh NPP. The indications are described which allow to divide the original set of spectra into the "normal" and "abnormal" classes. The selection of the most informative spectrum indications is demonstrated. The diagnostics of specified faultiness is made based on the criteria developed by the authors.

**УДК 541.15+543.51**

*Main Objectives of the Ecological Estimation of Properties of Secondary Substances Formed after Contaminated Food Irradiation \ T.V. Melnikova, L.P. Polyakova, G.V. Kozmin; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) - Obninsk, 1999. - 9 pages, 5 tables, 1 illustration. - References, 11 titles.*

The problem of secondary contamination of irradiated food by organochlorinated pesticides (OCP) residues that degraded upon treatment with ionizing radiation is discussed in this article. The absence of systematic concept in the solution of the problem at the reviewed publications is demonstrated. On the base of performed OCP monitoring the concentration ranges of the OCP are determined at that types of food which can be exposed to radiation treatment. Irradiation of model objects is carried out and the estimation of OCP degradation is given. The methods investigating of new chemical compounds that are formed after the irradiation of OCP containing objects are proposed.

**УДК 621.039.6**

*The Energetic Approach to Solve the Problem of Tokamak Plasma Control with Gas Puffing \ O.N. Alexandrova, N.V. Pashatsky; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) - Obninsk, 1999. - 5 pages, 2 illustrations. - References, 12 titles.*

The interaction processes between the molecular hydrogen being injected into tokamak's camera and plasma were studied at the current increase stage. Using energetic approach the criterion of optimum gas puffing was calculated.

**УДК 621.039.526:621.039.534.6**

*Lead Coolant for Fast Reactor-Burner with Hard Neutron Spectrum \ G.L. Khorasanov, A.P. Ivanov, V.V. Korobeinikov, A.I. Blokhin, A.L. Shimkevich; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) - Obninsk, 1999. - 5 pages, 5 tables, 4 illustrations. - References, 4 titles.*

The possibility of increasing minor actinides (MA) burn out efficiency due to their fission in a fast reactor with lead isotope, Pb-208, as a coolant is considered. Calculation of MA fission and capture rate in a fast reactor blanket with different coolants: sodium, lead natural, and lead isotope, Pb-208, is given. It is shown that the use of Pb-208 in the fast reactor results in increase by 20-30 percent of MA incineration in comparison with a conventional fast reactor. The induced radioactivity of sodium, bismuth, lead, and its stable isotopes is analyzed.

**УДК 539.17.013**

*Simulation of Periodic Structures in Distribution of Defects, Generated in NPP Structures Materials by the Stationary Source \ I.R.Bagdasarova, V.A.Galkin; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) - Obninsk, 1999. - 9 pages. - References, 14 titles.*