

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСПОЗИЦИИ
И ОЦЕНКА РИСКА ВОЗДЕЙСТВИЯ
СТОЙКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ КОНТАМИНАНТОВ
ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

Раиса СЫРКУ, Татьяна СТРАТУЛАТ,
Мариана ЗАВТОНИ, Елена БОЙЦУ,
Алла ОУАТУ, Раиса МИГАЛАТИЕВ,
Светлана НЕГРУ, Алена ПАТЛАТИ,
Национальный центр общественного здоровья

Summary

Exposure Determination and Risk Estimation of the Impact of Persistent Organic Food Pollutants over Human Health

The results of exposure determination and risk assessment of organochlorine food contaminants effect over human health are presented in the paper. DDT was established to be the main pollutant of breast milk. The naturally fed newborns thus represent a potential group of health risk.

Three contaminants were detected in fish: DDT, hexachlorocyclohexane and polychlorinated biphenyls. The established values of noncarcinogenic risks are very small. Nevertheless, even at low exposition levels the most vulnerable parts of the organism are liver and reproduction system.

Keywords: organochlorine food contaminants, risk noncarcinogenic, public health.

Rezumat

Determinarea expoziției și evaluarea riscului impactului contaminanților organici persistenți din produsele alimentare asupra organismului uman

Lucrarea prezintă rezultatele determinării expoziției și estimării riscului generat de impactul contaminanților alimentari clororganici asupra sănătății populației. S-a determinat că DDT este poluantul principal al laptelui matern. Astfel, grupa potențială de risc pentru sănătate include nou-născuții alimentați natural.

Trei contaminanți au fost detectați în pește: DDT, hexaclorciclohexan și bifinili policlorurați. Valorile determinate ale riscurilor noncancerogeni sunt nesemnificative. Cu toate acestea însă, chiar și în cazul nivelelor atât de mici ale expoziției, cele mai vulnerabile organe ce pot fi afectate de acțiunea DDT, hexaclorciclohexan și bifinili policlorurați, încorporate cu pește, sunt ficatul și sistemul reproductiv al organismului uman.

Cuvinte-cheie: contaminanți alimentari clororganici, risc noncancerogen, sănătate publică.

Введение

В настоящее время в мировой практике для оценки влияния факторов окружающей среды на здоровье населения используется методология риска, критериями которой должны служить показатели риска. Важность данной проблемы подчеркнута в декларациях европейских конференций по состоянию окружающей среды и охране здоровья, на международных форумах по охране окружающей среды и химической безопасности (Modeling of the Environmental Chemical Exposure and Risk, 1999; Ecological Chemistry, 2005, 2007, 2012).

Современная методология анализа риска (ущерба) для здоровья позволяет качественно и количественно охарактеризовать степень воздействия неблагоприятных условий на здоровье населения, оценить комплексное действие химических соединений и особенности биологической активности этих веществ.

В соответствии с концепцией риска, факторы риска рассматриваются как причины или условия, увеличивающие вероятность развития заболевания, его неблагоприятного течения или исхода, т.е. те факторы, которые «запускают» патологический процесс или усиливают его. При этом следует учитывать, что спектр изменений в здоровье населения, возникновение которых может быть связано с влиянием факторов окружающей среды, достаточно широк и, следовательно, для характеристики степени риска недостаточно анализировать только традиционные показатели риска возникновения заболеваний [1].

Цель данной работы – определить экспозицию населения пилотных районов стойкими органическими загрязнителями в связи с употреблением пищевых продуктов, содержащих эти соединения, и оценка риска воздействия на здоровье данных контаминантов пищи.

Материалы и методы

Остаточные количества хлорорганических пестицидов в пробах грудного молока и рыбы определяли методами тонкослойной и газожидкостной хроматографии на хроматографах *Цвет-106*, *Цвет-500* и *Цвет-164* с детектором постоянной скорости рекомбинации электронов *ДПП-1*, *HEWLETT PACKARD*. Определение ДДТ в пробах грудного молока проводили в соответствии с *Методическими указаниями* № 3151-84 от 27.11.1984 г. [2].

Определение экспозиции и оценку риска воздействия химических контаминантов пищевых продуктов на население проводили согласно *Методическим указаниям* 2.3.7.2519-09 [3].

Экспозицию контаминантами пищевых продуктов на население рассчитывали по формуле:

$$Exp = \frac{C \times M}{BW}, \quad \text{где:}$$

Exp – значение экспозиции контаминантом, мг/кг массы тела/сутки (мг/кг массы тела/неделю, мг/кг массы тела/месяц);

C – содержание контаминанта в продукте, мг/кг;

M – потребление продукта, кг/сутки (кг/месяц);

BW – масса тела человека, кг (стандартное значение – 70 кг).

Оценку влияния рассчитанной экспозиции химическими контаминантами пищевых продуктов на здоровье населения осуществляли в соответствии с общими принципами методологии оценки риска [4].

Риск развития *неканцерогенных эффектов* оценивали через расчет коэффициента опасности (HQ), выражающего отношение оцененной дозы контаминанта к допустимой дозе.

Расчет коэффициента опасности проводили по формуле:

$$HQ = \frac{Exp}{УПМП}, \quad \text{где:}$$

HQ – коэффициент опасности;

Exp – экспозиция контаминантами;

$УПМП$ – условно переносимое месячное поступление.

Этот параметр используется для контаминантов, обладающих кумулятивными свойствами, и представляет собой допустимое для человека месячное поступление контаминанта в результате его естественного содержания в продуктах и питьевой воде.

$УПМП$ для изучаемых контаминантов:

ДДТ – 0,0005 мг/кг сут. x 30 сут. = 0,015 мг/кг м.т. месяц;

ГХЦГ – 0,001 мг/кг сут. x 30 сут. = 0,030 мг/кг м.т. месяц;

ПХБ – 70×10^{-9} мг/кг м.т. месяц.

Если коэффициент опасности содержания контаминантов в пищевых продуктах превышает 1,0, то такое воздействие характеризуется как не допустимое и требует принятия соответствующих управленческих решений.

Результаты и обсуждение

В последние годы повышенное внимание уделяется анализу воздействия на среду обита-

ния и организм человека соединений из группы стойких органических загрязнителей. Многие из них были известны уже давно и широко использовались в промышленности и сельском хозяйстве большинства стран, например, ДДТ, гексахлорбензол (ГХЦГ), полихлорированные бифенилы (ПХБ). Результатом этого явилось повсеместное их распространение и загрязнение ими объектов окружающей среды и организма человека. Гигиеническая оценка поступления этих поллютантов в организм человека и меры профилактики по предупреждению контаминации данными соединениями представлены в работе [5].

Оценка экспозиции является этапом оценки риска, в процессе которого устанавливается количественное поступление химического агента в организм человека различными путями (ингаляционным, пероральным, кожным) в результате контакта с различными факторами среды обитания (воздух, вода, почва, пищевые продукты). В основном, экспозиция человека стойкими контаминантами обусловлена употреблением в пищу продуктов, загрязненных остаточными количествами этих веществ: мясо, молочные продукты, рыба и морепродукты, яйца.

Выбор пилотных районов для определения экспозиции и оценки риска хлорорганических контаминантов пищевых продуктов проводился с учетом бывшей интенсивности применения хлорорганических препаратов (ДДТ, ГХЦГ), наличия на территории района крупных подстанций (источники загрязнения полибифенилами окружающей среды) и предприятий перерабатывающей промышленности, наличия больших поверхностных водоемов, где население производит отлов рыбы. В результате было отобрано два района на юге республики – Кагульский и Чадыр-Лунгский.

Для расчета экспозиции контаминантами пищевых продуктов на население пилотных районов использовали результаты определения остаточных количеств загрязнителей в продуктах питания и данные о суточном потреблении рыбы населением.

Рыба. В результате проведенного анкетирования населения пилотных районов было установлено, что в основном жители потребляют данный продукт один раз в неделю. Из представленных в *таблице 1* данных видно, что в рыбе были определены три потенциально вредных химических вещества: ДДТ, ГХЦГ, ПХБ.

Район Чадыр-Лунга. Экспозиция населения, потребляющего рыбу в селе Копчак, сформирова-

на загрязнении ГХЦГ (0,000012 мг/кг массы тела в месяц). Село Казаклия также характеризуется экспозицией ГХЦГ (0,00002 мг/кг массы тела в месяц). Наибольший вклад в экспозицию населения села Баурчи при употреблении в пищу контаминированной рыбы вносит ДДТ и составляет 0,000124 мг/кг массы тела в месяц. Поступление в организм жителей этого села ПХБ и ГХЦГ характеризуется величинами 0,000044 мг/кг массы тела в месяц. В среднем по трем селам основной вклад в экспозицию населения контаминантами рыбы вносит ДДТ, затем следует ГХЦГ и ПХБ.

Рыба, выловленная в плавнях реки Прут *р-не Кагул*, загрязнена ПХБ. Экспозиция населения, проживающего вдоль реки, составляет 0,00002 мг/кг массы тела в месяц.

Таблица 1

Оценка экспозиции населения контаминантами, содержащимися в рыбе

№ п/п	контаминант	сод-е в пробе, мг/кг	масса тела, кг	потр. прод. за месяц, кг	Эксп., мг/кг м.т./мес.
Р-н Чадыр-Лунга					
с. Копчак					
1.	Σ ДДТ	0,016	10	0,75	0,0012
с. Казаклия					
2.	Σ ДДТ	0,017	10	0,75	0,001275
с. Баурчи					
1.	Σ ДДТ	0,019	10	0,75	0,001425
ср. по селам					
1.	ДДТ	0,0166	10	0,75	0,0013
Р-н Кагул					
с. Манта					
1.	Σ ДДТ	0,044	10	0,75	0,0033
с. Джурджулешть					
1.	Σ ДДТ	0,081	10	0,75	0,0061
г. Кагул					
1.	Σ ДДТ	0,022	10	0,75	0,0017
с. Рошу					
1.	Σ ДДТ	0,014	10	0,75	0,0011
ср. по району (включая еще 4 села)					
1.	Σ ДДТ	0,0269	10	0,75	0,0020

Грудное молоко, р-н Чадыр-Лунга. В таблице 2 представлена информация по оценке экспозиции детей контаминантами грудного молока. Видно, что в с. Баурчи уровень экспозиции организма ребенка первого года жизни, сформированной ДДТ, содержащимся в грудном молоке, составляет 0,001425 мг/кг массы тела. Уровень экспозиции в селах Копчак и Баурчи примерно одинаков. В среднем по району оцененная экспозиция ДДТ равна 0,0013 мг/кг массы тела в месяц.

Села *р-на Кагул* характеризуются более высокими уровнями экспозиции ДДТ. В селе Джурджулешть в организм ребенка данный контаминант поступает в количестве 0,0061 мг/кг массы тела в месяц. Средние значения по данному району составляют 0,0020 мг/кг массы тела в месяц.

Таблица 2

Оценка экспозиции детей хлорорганическими контаминантами, содержащимися в грудном молоке

№ п/п	контаминант	сод-е в пробе, мг/кг	масса тела, кг	потр. прод. за месяц, кг	Эксп., мг/кг м.т./мес.
Р-н Чадыр-Лунга					
с. Копчак					
1.	Σ ДДТ	0,016	10	0,75	0,0012
с. Казаклия					
2.	Σ ДДТ	0,017	10	0,75	0,001275
с. Баурчи					
1.	Σ ДДТ	0,019	10	0,75	0,001425
ср. по селам					
1.	ДДТ	0,0166	10	0,75	0,0013
Р-н Кагул					
с. Манта					
1.	Σ ДДТ	0,044	10	0,75	0,0033
с. Джурджулешть					
1.	Σ ДДТ	0,081	10	0,75	0,0061
г. Кагул					
1.	Σ ДДТ	0,022	10	0,75	0,0017
с. Рошу					
1.	Σ ДДТ	0,014	10	0,75	0,0011
ср. по району (включая еще 4 села)					
1.	Σ ДДТ	0,0269	10	0,75	0,0020

Характеристику риска развития неканцерогенных эффектов проводили на основе расчета коэффициента опасности, HQ , который представляет оценку экспозиции на основе референтных доз. В *таблице 3* представлены результаты расчета коэффициента опасности для потенциального источника риска здоровью ребенка – грудного молока. Рассчитанные коэффициенты опасности (референтные дозы представлены в методах исследования) для сел районов республики, Кагул и Чадыр-Лунга, показывают, что они меньше единицы. При этом, коэффициенты опасности и риски, связанные с потреблением детьми грудного молока, контаминированного ДДТ, в селах Кагульского района на порядок выше.

Среднее значение коэффициента опасности от воздействия ДДТ для сел района Чадыр-Лунга составляет 0,087, для сел Кагульского района – 0,135. Приведенные данные свидетельствуют о том, что наибольший риск развития токсических эффектов возможен при кормлении детей грудным молоком мам, проживающих в районе Кагул. Потенциальными критическими органами и системами, на которые может влиять ДДТ при пероральном поступлении в организм, являются: печень, почки, центральная нервная система, репродуктивная и гормональная системы.

Таблица 3

Оценка неканцерогенного риска воздействия ДДТ, поступающего в организм детей с грудным молоком

Село	вещество	HQ мг/кг м. т./месяц	насел. пункт	вещество	HQ мг/кг м. т./месяц
Копчак	ДДТ	0,08	Манта	ДДТ	0,22
Казаклия		0,085	Джурджулешть		0,41
Баурчи		0,095	г. Кагул		0,11
			Рошу		0,07
Среднее		0,087	Среднее		0,135

Таким образом, группой риска здоровью являются новорожденные дети, находящиеся на естественном вскармливании. ДДТ является контаминантом грудного молока, который может нанести ущерб здоровью детей.

В таблице 4 представлена информация о суммарном неканцерогенном риске воздействия пищевых контаминантов, поступающих в организм жителей района Чадыр-Лунга с потребляемой озерной рыбой. Наибольший вклад в риск возникновения неблагоприятных эффектов на здоровье человека вносит загрязнение рыбы ДДТ, затем следует ГХЦГ и ПХБ. Суммарный неканцерогенный риск в среднем по изученным населенным пунктам составляет $8,23 \times 10^{-3}$ мг/кг массы тела в месяц. Данная величина является приемлемым уровнем неканцерогенного риска.

Таблица 4

Оценка неканцерогенного риска воздействия контаминантов, поступающих в организм жителей р-на Чадыр-Лунга с рыбой

Село	Вещество	HQ мг/кг м. т./месяц
Копчак	ГХЦГ	$0,4 \cdot 10^{-3}$
Казаклия	ГХЦГ	$0,7 \cdot 10^{-3}$
Баурчи	ГХЦГ	$1,5 \cdot 10^{-3}$
	ДДТ	$8,3 \cdot 10^{-3}$
	ПХБ	$0,63 \cdot 10^{-3}$
ИП Тельпиз Инга	ДДТ	$5,3 \cdot 10^{-3}$
Ср. по селам	ГХЦГ	$0,8 \cdot 10^{-3}$
	ДДТ	$6,8 \cdot 10^{-3}$
	ПХБ	$0,63 \cdot 10^{-3}$
Сумма средних значений		$8,23 \cdot 10^{-3}$

Для сел р-на Кагул с численностью населения в среднем 3000 человек неканцерогенный риск в связи с потреблением выловленной из озера Манта рыбы, загрязненной ПХБ, составляет $0,003 \times 10^{-3}$ мг/кг массы тела в месяц.

Анализ суммарных индексов опасности для загрязняющих рыбу веществ (таблица 5), действующих на одни и те же критические системы,

показал, что наиболее высокие значения коэффициента опасности, HQ, установлены для группы веществ, влияющих на печень, включая индукцию микросомальных ферментов, и репродуктивную систему ($8,23 \times 10^{-3}$ мг/кг массы тела в месяц). Для ДДТ и ГХЦГ, влияющих на эндокринную (гормональную) систему, установлен суммарный индекс, равный $7,6 \times 10^{-3}$ мг/кг массы тела в месяц. Суммарный индекс веществ (ДДТ, ПХБ), влияющих на центральную нервную систему, составил $7,43 \times 10^{-3}$ мг/кг массы тела в месяц.

Общий суммарный неканцерогенный риск воздействия на критические органы и системы при пероральном поступлении контаминантов рыбы для жителей трех сел (Копчак, Казаклия, Баурчи) с общей численностью населения, равной 25352 человека, составляет 0,04 мг/кг массы тела в месяц. Наибольший вклад в общую суммарную величину коэффициента опасности вносит ДДТ, наименее значимую роль в формировании риска играет ПХБ.

Таблица 5

Риск возникновения неблагоприятных эффектов в здоровье жителей района Чадыр-Лунга, обусловленный присутствием контаминантов в рыбе

№ п/п	Вещество	Влияние на критические органы и системы х. в-в при пероральном поступлении	HQ, мг/кг массы тела в месяц	Суммарный индекс
1.	ДДТ	печень	$6,80 \cdot 10^{-3}$	$8,23 \times 10^{-3}$
2.	ГХЦГ		$0,80 \cdot 10^{-3}$	
3.	ПХБ		$0,63 \cdot 10^{-3}$	
1.	ДДТ	ЦНС	$6,80 \cdot 10^{-3}$	$7,43 \times 10^{-3}$
2.	ПХБ		$0,63 \cdot 10^{-3}$	
1.	ДДТ	репродуктивная	$6,80 \cdot 10^{-3}$	$8,23 \times 10^{-3}$
2.	ГХЦГ		$0,80 \cdot 10^{-3}$	
3.	ПХБ		$0,63 \cdot 10^{-3}$	
1.	ДДТ	гормональная	$6,80 \cdot 10^{-3}$	$7,6 \times 10^{-3}$
2.	ГХЦГ		$0,80 \cdot 10^{-3}$	
1.	ДДТ	почки	$6,80 \cdot 10^{-3}$	$6,8 \cdot 10^{-3}$
1.	ПХБ	иммунная	$0,63 \cdot 10^{-3}$	$0,63 \cdot 10^{-3}$
1.	ПХБ	развитие	$0,63 \cdot 10^{-3}$	$0,63 \cdot 10^{-3}$
	Суммарный индекс	Общий	$39,55 \cdot 10^{-3}$	$39,55 \cdot 10^{-3}$

В целом, вероятность возникновения неканцерогенных эффектов для источника риска – рыба, не вызывает беспокойства, поскольку коэффициенты опасности намного ниже 1.

Заключение

Полученные результаты по определению экспозиции и оценки риска воздействия контаминантов пищевых продуктов на здоровье

населения двух районов республики позволили установить загрязняющие вещества из числа хлорорганических соединений в продуктах питания.

В рыбе определены три контаминанта: ДДТ, ГХЦГ, ПХБ. Наибольший вклад в общую суммарную величину коэффициента опасности вносит ДДТ, наименее значимую роль в формировании риска играет ПХБ.

В грудном молоке основным загрязнителем является ДДТ. Данное соединение является контаминантом, который может нанести ущерб здоровью детей. Новорожденные дети, находящиеся на естественном вскармливании, являются потенциальной группой риска здоровью. Риск возникновения неблагоприятных эффектов в здоровье детского населения, обусловленный присутствием в грудном молоке ДДТ, в Кагульском районе выше по сравнению с р-ном Чадыр-Лунга.

Возможными путями сокращения уровней риска являются: снижение употребления в пищу продуктов с высоким содержанием жира, употребление нежирного куриного мяса, нежирной сметаны, расширение рациона питания за счет растительных продуктов и т. д.

Установленные значения неканцерогенных рисков не превышают единицы и являются пренебрежимо малыми. Но даже при таких уровнях экспозиции наиболее подверженными риску воздействия ДДТ, ГХЦГ и ПХБ, поступающими с контаминированными продуктами питания (рыба)

для сел района Чадыр-Лунга, являются печень и репродуктивная система.

Литература

1. Игнатъева Л.П., Погорелова И.Г., Потапова Н.О. *Гигиеническая оценка канцерогенного и неканцерогенного риска опасности перорального воздействия химических веществ, содержащихся в питьевой воде*. В журнале: Гигиена и Санитария, № 4, 2006, с. 30-32.
2. *Методические указания по избирательному газохроматографическому определению хлорорганических пестицидов в биологических средах (моче, крови, жировой ткани и грудном женском молоке)*, № 3151-84 от 27.11.1984.
3. *Методические указания Определение экспозиции и оценка риска воздействия химических контаминантов пищевых продуктов на население* 2.3.7.2519 – 09.
4. *Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду* 2.1.10.1920-04.
5. Сырку Р., Стратулат Т. *Поступление стойких органических загрязнителей в организм человека и меры профилактики по предупреждению контаминации данными соединениями*. В журнале: Sănătate Publică, Economie și Management în Medicină, nr. 1(40), 2012, с. 16-20.

Представлена 24.07.2012 г.

Raisa Sîrcu,

dr. în biologie, cercetător științific superior,
Centrul Național de Sănătate Publică
tel.: +373 22 574-628,
e-mail: rsircu@cnspl.md,
raisasircu@gmail.com