

13. Клинические исследования влияния на гиперлипидемию, фосфолипидный состав липопротеидов высокой плотности и параметры безопасности генерика симвастина — симвахола / Н. В. Перова [и др.] // Кардиология. — 2004. — № 10. — С. 2–7.
14. Ройтберг, П. Г. Метаболический синдром / П. Г. Ройтберг. — М.: Медпресс-информ. — 2007. — 222 с.
15. Соколов, Е. И. Мелкие плотные частицы липопротеидов низкой плотности: механизмы образования, атерогенные свойства, возможности изменения их содержания в плазме крови / Е. И. Соколов, Н. В. Перова, Г. Н. Щукина // Кардиология. — 2005. — № 10. — С. 91–96.
16. Щербакова, М. Ю. Нарушение липидного обмена / М. Ю. Щербакова // Педиатрия. — 2000. — № 4. — С. 76–80.
17. The role of dietary fat in body fatness: evidence from a preliminary meta-analysis of ad libitum low-fat dietary intervention studies / A. Astrup [et al.] // Br. J. Nutr. 2007. — Vol. 83, № 1. — P. 25–32.
18. Bergman, R. Non-esterified fatty acids and the liver: why is insulin secreted into the portal vein? / R. Bergman // Diabetologia. — 2000. — Vol. 43, № 8. — P. 946–953.
19. Boden, G. Free acids in obesity and type 2 diabetes: defining their role in the development of insulin resistance and b-cell dysfunction / G. Boden, G. I. Shulman // Eur. J. Clin. Invest. — 2002. — Vol. 32, № 12. — P. 14–23.
20. Prevalence and Characteristics of the Metabolic Syndrome in the San Antonio Heart and Framingham Offspring Studies / J. B. Meigs [et al.] // Diabetes. — 2003. — Vol. 52, № 9. — P. 2160–2167.
21. Stumvoll, M. Oral glucose tolerance test indexes for insulin sensitive and secretion based on various availabilities of sampling times / M. Stumvoll // Diabetes Care. — 2001. — Vol. 24 — P. 796–797.

Поступила 06.12.2010

УДК 614.876.06.:621.039.58

ОЦЕНКА АДЕКВАТНОСТИ МЕТОДА РАСЧЕТА СРЕДНЕЙ ДОЗЫ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ПО ДАННЫМ ПРЯМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СОДЕРЖАНИЯ ^{137}Cs В ОРГАНИЗМЕ

Ю. М. Жученко¹, А. М. Скрябин¹, Ю. А. Бельский²

¹Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины

²Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека, г. Гомель

Проведено исследование с целью верификации расчетного метода оценки средней дозы внутреннего облучения на основе данных СИЧ-измерений. Установлено, что расчетный метод удовлетворительно прогнозирует дозу лишь для 6 из 10 населенных пунктов (НП). С целью повышения адекватности расчетной модели необходимо продолжение исследования.

Ключевые слова: доза внутреннего облучения, модель, СИЧ-измерения, адекватность.

ESTIMATION OF METHOD ADEQUACY OF AVERAGE INTERNAL DOSE CALCULATION BY DATA OF DIRECT MEASUREMENTS OF ^{137}Cs IN THE BODY

Yu. M. Zhuchenko¹, A. M. Skryabin¹, Yu. A. Belsky²

¹Skoryna Gomel State University

²Republican Research Centre for Radiation Medicine and Human Ecology», Gomel

The research aimed at the calculation method verification of the evaluation of average internal dose based on the data of HRC-measurements has been carried out.

It has been ascertained, that the calculation method satisfactorily forecasts the dose only for 6 of 10 centers of population (CP). To increase the adequacy of the calculation model, the continuation of the research is needed.

Key words: internal dose, model, HRC-measurements, adequacy.

Введение

В отдаленный период аварии на ЧАЭС, согласно [1], формируются условия для постепенной отмены мер по радиационной защите и возвращению людей к привычному укладу жизни. Поэтому актуальной становится задача максимально корректной оценки средней дозы внутреннего облучения ($\bar{d}_{\text{вн}}$). Из большого числа методов расчета с использованием данных по потреблению продуктов питания заслуживает внимания оригинальный подход, описанный в работе [2]. Особенность метода состоит в том, что реализованы следующие основополагающие принципы:

— максимальное использование всех накопленных радиоэкологических данных и вспомогательной информации по большому числу НП в динамике, формализация выполне-

ния расчетов, в частности, при оригинальной процедуре определения взвешенного значения коэффициента перехода TF;

— возможность консервативной экстраполяции $\bar{d}_{\text{вн}}$.

Предложенная методика, основываясь на массивных базах исходных данных (во многом полученных ее авторами), представляет возможность выполнить расчеты $\bar{d}_{\text{вн}}$ практически для всех НП на радиоактивно загрязненных территориях. Вместе с тем положительный результат тестирования программы расчетов должен быть дополнен верификацией самой модели. Цель верификации модели — установление соответствия между результатами расчета $\bar{d}_{\text{вн}}$ по модели и по данным, полученным при прямых измерениях содержания ^{137}Cs в организме по результатам СИЧ-мониторинга.

Большой массив данных СИЧ-измерений, накопленных к этому времени, может служить основанием надежной верификации расчетного метода.

Для решения поставленной задачи было проведено исследование, которое сводилось, в основном, к подбору тест-выборки НП по признаку наличия парных данных: с одной стороны, основные радиоэкологические данные (плотность загрязнения территории ^{137}Cs , тип почвы, активность молока) и вспомогательная информация социо-хозяйственного характера, с другой — данные по результатам измерения содержания ^{137}Cs в организме жителей данного НП. Сопоставимость рассчитанных пар доз исследовалась при помощи корреляционного и регрессионного анализа. В качестве меры адекватности результатов верифицируемой модели СИЧ-дозам использовался показатель $\bar{d}_{\text{расч}} / \bar{d}_{\text{СИЧ}}$.

Объекты, материал и методы

Объекты исследования — населенные пункты, расположенные на территории радиоактивного загрязнения в Гомельской области. Исследовательская выборка сформирована из 1672 НП по принципу парных случаев. Материал: базы данных по активности молока в НП, источники: Гомельский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья и радиологические лаборатории Гомельского сельхозпрода; база данных СИЧ-измерений ГУ «РНПЦ РМиЭЧ». Информация по плотности загрязнения территории НП — Республиканский Центр радиационного контроля и мониторинга окружающей среды Министерства природных ресурсов и окружающей среды.

Объем использованных данных составил более 180 тыс. парных случаев — данные по

активности молока и индивидуальных СИЧ-измерений по всем НП выборки. При этом на один НП приходилось в среднем более 100 измерений каждого вида за период 1992–2006 гг.

Расчет индивидуальной дозы внутреннего облучения проводился по данным СИЧ-измерений по Методическим указаниям [3]. Статистическая обработка данных проводилась с использованием программного продукта «Statistica», 6.0 (модули, «Корреляционный анализ», «Множественная регрессия»).

Метод расчета дозы внутреннего облучения по потреблению продуктов питания, использованного в описанном исследовании

При длительном потреблении загрязненных продуктов питания ^{137}Cs расчет дозы внутреннего облучения осуществляется по формуле (1):

$$D_{\text{int}} = \varepsilon \cdot \sum_{i,j} m_i \cdot \delta_{i,j} \cdot \eta_j \cdot q_i \cdot \rho_i, \quad (1)$$

где: ε — пересчетный коэффициент $1,3 \times 10^{-8}$ (Зв/Бк); m_i — годовое потребление i -го продукта (кг, л); $\delta_{i,j}$ — доля потребления j -м жителем ($j = 3$: дети в возрасте до 15 лет, трудоспособное население в возрасте от 16 до 60 лет, пенсионеры — возраст свыше 60 лет) i -го продукта от годового потребления среднестатистическим сельским жителем, отн. ед. (таблица 1); η_j — доля жителей i -ой возрастной группы в НП, отн. ед.; ρ_i — коэффициент кулинарной обработки, отн. ед.; q_i — удельная активность i -го продукта, Бк/кг, л.

Справочная информация о годовом потреблении среднестатистическим сельским жителем основных продуктов питания [4] с учетом возраста приведена в таблице 1.

Таблица 1 — Годовое потребление среднестатистическим сельским жителем основных продуктов питания и относительная доля потребления с учетом возраста

Продукт	Годовое потребление, m_i , кг, л	Доля потребления продуктов питания, $\delta_{i,j}$			Коэффициент кулинарной обработки, ρ_i
		дети	трудоспособное население	пенсионеры	
Молоко	260	0,8	1	0,6	1
Картофель	240	0,7	1	0,6	1
Говядина	10	0,7	1	0,4	1
Свинина	50	0,7	1	0,4	1
Грибы	4	0,1	1	0,2	0,3

Удельная активность потребляемых продуктов питания рассчитывается отдельно по каждому продукту. Так, среднее значение удельной активности молока в НП берется по эмпирическим данным либо находится из соотношения (2):

$$q_{\text{мол}} = \sigma_n \sum_k v_k \cdot TF_k, \quad (2)$$

где: σ_n — плотность загрязнения территории ^{137}Cs в 5-километровом ареале n -го населенного пункта (кБк/м²); v_k — доля типа почвы

на кормовых угодьях (минеральные, торфяно-болотные, пойменные) и лесных сенокосах в радиусе 5 км n -го населенного пункта; TF_k — коэффициент перехода для вышеперечисленных кормовых угодий (таблица 2).

В соответствии с известным соотношением коэффициентов перехода из рациона в молоко и мясо крупного рогатого скота удельная активность говядины в 4 раза выше, чем удельная активность молока [5].

Таблица 2 — Сравнение значения TFK и их статистическая оценка для луговой растительности (сено) на различных типах почв

Статистические параметры	Минеральные	Торфяно-болотные	Пойменные		Лесные
			минеральные	торфяные	
TF, $n \times 10^{-3}$ (м ² /кг)	0,65	4,79	2,12	4,20	6,07
Стат. ошибка, $n \times 10^{-3}$ (м ² /кг)	0,09	0,56	0,28	0,98	0,28
t-критерий (240)	7,60	8,50	7,62	4,29	22,01
Уровень значимости, p	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01

При расчете $\bar{d}_{\text{вн}}$ за счет потребления молока учитывается численность населения и количество голов крупного рогатого скота, при этом предполагается, что одна корова обеспечивает молоком в среднем шесть жителей населенного пункта. При дефиците молока коров в производстве частного сектора конкретного населенного пункта годовой рацион жителей компенсируется из государственной торговли. В соответствии с этими условиями взвешенное значение удельной активности молока определяется по формуле (3):

$$q_{\text{мол}}^{\text{взв}} = \frac{6 \cdot n_{\text{крс}}}{N_{\text{жит}}} \cdot q_{\text{мол}}^{\text{част}} + \left(1 - \frac{6 \cdot n_{\text{крс}}}{N_{\text{жит}}}\right) \cdot q_{\text{мол}}^{\text{г-торг}}; \quad (3)$$

Для картофеля и грибов проводится расчет по известным значениям TF и σ территории ареала на

селенного пункта (σ для картофеля и грибов равны $0,05 \times 10^{-3}$ м²/кг, $1,5 \times 10^{-2}$ м²/кг соответственно).

Расчет удельной активности свинины осуществляется по формуле (4):

$$q_{\text{св}} = 0,2 \cdot (3 \cdot q_{\text{зерно}} + 2 \cdot q_{\text{карт}}), \quad (4)$$

где: $q_{\text{зерно}}$, $q_{\text{карт}}$ — удельная активность зерна и картофеля (Бк/кг); 2 и 3 — масса зерна и картофеля в рационе (кг); 0,2 — коэффициент перехода ¹³⁷Cs из рациона в мясо свиньи (отн. ед.).

Результаты и обсуждение

После выполнения расчетов доз внутреннего облучения по вышеописанной модели и данным СИЧ-измерений проведена статистическая обработка значений «парных» доз для всей исследовательской выборки. Результаты представлены в таблице 3 и на рисунке 1.

Таблица 3 — Результаты статистической обработки данных (парные дозы)

Метод расчета	Ср. арифм.	Ст. откл.	r	F(1,1670)	t	p	N
Данные СИЧ	0,225	0,229	0,52	633,63	25,17	< 0,01	1672
Модель	0,178	0,126					

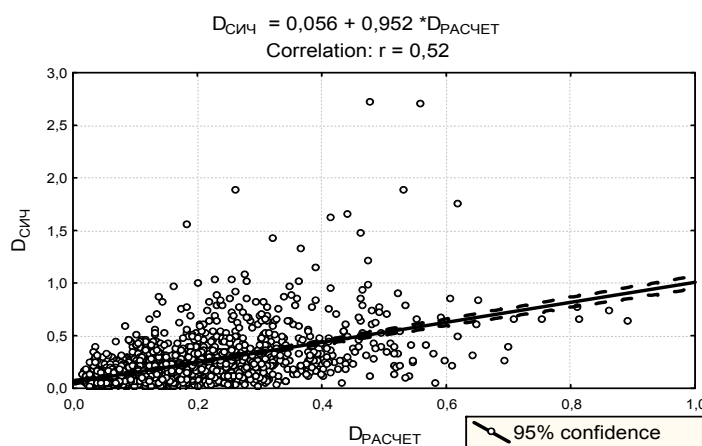


Рисунок 1 — Поле регрессии парных данных (расчетные и СИЧ-дозы) по всей выборке

Результаты выполненного анализа показывают, что корреляционная связь ($r = 0,52$) достоверна при $t = 25,17$ и уровнем значимости $p < 0,01$.

Уравнение линейной регрессии Пирсона имеет вид:

$$D_{\text{СИЧ}} = 0,056 + 0,95 \cdot D_{\text{расч}}$$

и характеризуется высоким уровнем значимости ($F = 633,63$; $p < 0,01$). Аппроксимирующая линия исходит из начала координат под углом

$\approx 45^\circ$ (коэффициент при независимой переменной равен 0,95). Оценку модели адекватности модели можно уточнить, если использовать в качестве критерия соотношение $k = d_{\text{расч}} / d_{\text{СИЧ}}$. Широкая вариабильность показателя k для всего массива парных данных (0,048–10,71) позволяет разбить его на 4 условных категории: А — $k \leq 0,5$; В — $0,5 < k \leq 2$; С — $2 < k \leq 4$; D — $k > 4$.

Результаты обработки данных по выделенным категориям НП приведены в таблице 4 и на рисунке 2.

Как видно из приведенных данных, наиболее адекватно оценивается средняя доза для

категории В, в которую входит 60 % всех НП. Относительно этой группы в других 3 категориях оценки различаются: либо существенно завышены (А), либо умеренно занижены (С) и экстремально завышены (D).

Таблица 4 — Статистическая обработка данных по 4 категориям НП при расщеплении общей выборки

Показатель	А		В		С		D		Выборка в целом	
	k ≤ 0,5		0,5 < k ≤ 2		2 < k ≤ 4		k > 4		k=1	
	расч.	СИЧ	расч.	СИЧ	расч.	СИЧ	расч.	СИЧ	расч.	СИЧ
\bar{D} , мЗв/год	0,207	0,065	0,193	0,209	0,219	0,347	0,088	0,477	0,178	0,225
Ст. откл., мЗв/год	0,126	0,052	0,129	0,150	0,102	0,295	0,101	0,530	0,126	0,229
V ⁺ , %	(61)	(80)	(67)	(72)	(68)	(85)	(115)	(111)	(71)	(102)
r	0,84		0,82		0,95		0,97		0,52	
F (1, 1670)	616,9		2063,6		3132,8		943		663,63	
t	24,84		45,42		55,97		30,71		25,17	
p	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
n, число НП	261		1007		335		69		1672	

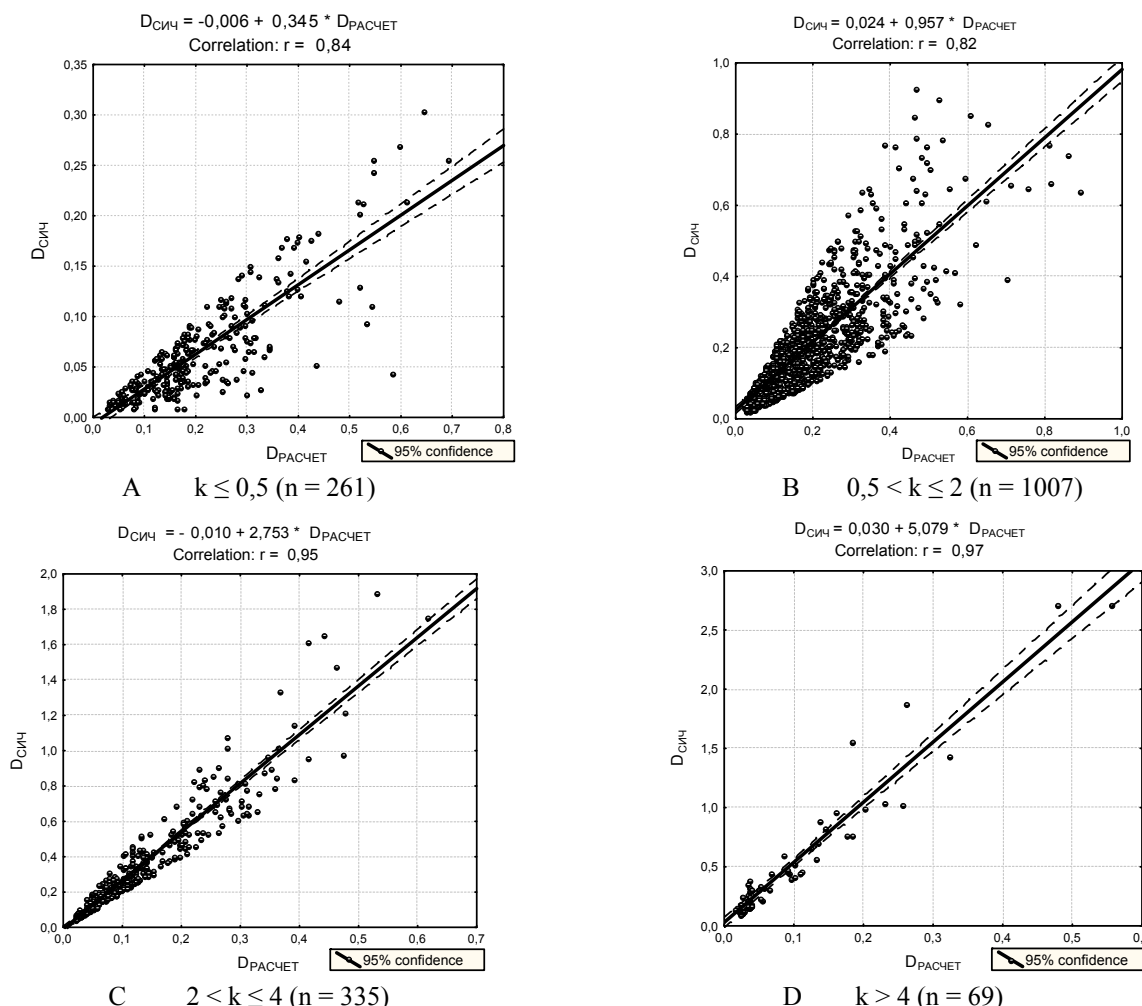


Рисунок 2 — Поле регрессии между парными данными для 4 категорий НП по показателю «k»

Для обоснования адекватности выборки В можно привести оценочный расчет годового потребления основных дозообразующих пищевых компонентов рациона — молока и грибов (лесных). Для расчета были использованы

величины ТF для молока и грибов, принятые в модели, равные $0,1 \times 10^{-3}$ и 16×10^{-3} м²/кг соответственно. В таблице 5 приведены рассчитанные средние годовые объемы потребления молока и грибов для 4 категорий НП.

Таблица 5 — Годовое потребление грибов и молока ($KП_{гр} = 16 \times 10^{-3}$ и $KП_{мол} = 0,1 \times 10^{-3}$), кг, л/год

Продукт	Категория НП			
	A (< 0,5)	B (0,5–2)	C (2–4)	D (4–10)
Грибы	1	4	10	18
Молоко	80	300	750	1200

Действительно, если принять, что для категории В расчетное потребление продуктов соответствует среднестатистическому для сельских жителей, то для остальных категорий потребление этих продуктов можно рассматривать как экстремально низкое (А) либо высокое и экстремально высокое (С и D).

Заключение

Выполненное исследование показало, что несмотря на то, что верифицируемая модель на сегодня является наиболее совершенной в своем классе, тем не менее, ее адекватность реальным дозам (СИЧ-измерения) не однозначна. Хотя 60 % результатов фактически можно признать удовлетворительными, все же нельзя согласиться с тем, что по неясным причинам модель в 24 % случаев дозы переоценивает в 2–10 раз (400 НП), а в 16 % — существенно их недооценивает. Это обстоятельство следует принимать во внимание, например, при интерпретации оценки эффективности защитных мер и риска отдаленных последствий облуче-

ния малыми дозами. Это констатация существующего положения. Следует надеяться, что дальнейшая работа над моделью позволит снизить неопределенность расчетного метода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Концепция защитных мер в восстановительный период для населения, проживающего на территории Республики Беларусь, подвергшейся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС. — Мн., 2005.
2. Использование электронных карт загрязнения молока для оптимизации системы радиационного контроля. Проблемы радиологии загрязненных территорий / Ю. М. Жученко [и др.] // Юбилейный тематический сборник РНИУП «Институт радиологии». — Гомель, 2006. — Вып. 2. — С. 70–79.
3. Реконструкция среднегрупповых и коллективных накопленных доз облучения жителей населенных пунктов Беларуси, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС: метод. указания. — Мн., 2003.
4. Remediation Strategies for Contaminated Territories Resulting from the Chernobyl Accident. Final Report for the contract B7-5200/ 97/000646/ MAR/C3 of the European Commission / P Jacob [et al.]. — March, 2001. — 316 p.
5. Правила ведения агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2002–2005 гг. / Мин-во сел. хоз-ва и продовольствия РБ. — Мн., 2002. — 74 с.

Поступила 17.11.2010

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА И БИОЛОГИЯ

УДК 53.082.56:612.396.13

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ГЛЮКОЗЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ СОБСТВЕННОЙ И ЗОНДОВОЙ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ БЫЧЬЕГО СЫВОРОТОЧНОГО АЛЬБУМИНА

П. А. Авдеев¹, В. А. Игнатенко², Ю. В. Корноушенко¹

¹Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины

²Гомельский государственный медицинский университет

Показания интенсивности зондовой флуоресценции снижаются с ростом концентрации глюкозы в растворе белка. Данное изменение зондовой флуоресценции наиболее вероятно обусловлено снижением количества связанного с белком АНС. Тогда можно предположить, что с ростом концентрации глюкозы в крови происходит снижение связывающей способности альбумина к другим лигандам.

С ростом концентрации глюкозы показания интенсивности собственной флуоресценции белка снижаются. Связывание глюкозы с белком вызывает изменение перераспределения электронной плотности в белковой глобуле, что способствует внутримолекулярным конформационным перестройкам в белке, на что указывает снижение показателя интенсивности флуоресценции триптофанилов.

Ключевые слова: сывороточный альбумин, зонд ANS, спектрометрия, флуоресцентная спектрометрия, глюкоза, флуоресцентные пробы, триптофан.

EFFECT OF GLUCOSE CONCENTRATION ON THE LEVEL OF PROBE FLUORESCENTION OF BULL AND SERUM ALBUMINS

P. A. Avdeev¹, V. A. Ignatenko², Yu. V. Kornoushenko¹

¹Gomel State University named after F.Skorina

²Gomel State Medical University

The rise of glucose concentration in protein solutions gives a decrease in intensity indices of probe fluorescence. This change of probe fluorescence is most probably caused by the decreased quantity of ANS binded with the