

in Bryansk region of Russia following the Chernobyl accident // *Health Phys.* — 2003. — № 84. — P. 46–60.

16. Yamashita S., Shibata Y. Chernobyl // *A Decade. Excerpta Medica, ICS 1156.* — Amsterdam, 1997. — P. 613.

17. Yamashita S., Shibata Y., Hoshi M., Fujimura K. Chernobyl: Message for the 21<sup>st</sup> Century. *Excerpta Medica ICS 1234.* — Amsterdam, 2001. — P. 354.

18. Rabes H., Demidchik E.P., Sidorov J.D., Lengfelder E., Beimfohr C., Hoelzel D., Klugbauer S. Pattern of radiation-induced RET and NTRK1 rearrangements in 191 post-Chernobyl papillary thyroid carcinomas: biological, phenotypic and clinical implication // *Clin Cancer Res.* — 2000. — № 6. — P. 1093–1103.

19. Ciampi R., Knauf J.A., Kerier R. et al. Oncogenic AKFP0-BRAF fusion is a novel mechanism of MAPK pathway activation in thyroid cancer // *J Clin Invest.* — 2005. — № 115. — P. 94–101.

20. Kumagai A., Namba H., Saenko V.A. et al. Low frequency of BRAFT1796A mutations in childhood thyroid carcinomas // *J Clin. Endocrinol. Metab.* — 2004. — № 89. — P. 4280–4284.

21. Lima J., Trovisco V., Soares P. et al. BRAF mutations are not a major event in post-Chernobyl childhood thyroid carcinomas // *J Clin. Endocrinol. Metab.* — 2004. — № 89. — P. 4267–4271.

22. Detours V., Wattel S., Venet D. et al. Absence of a specific radiation signature in post-Chernobyl thyroid cancers // *British J Cancer.* — 2005. — № 92. — P. 1545–1552.

23. Rogounovitch T.I., Saenko V.A., Ashizawa K., Sedliarou I.A., Namba H. et al. TP53 codon 72 polymorphism in radiation-associated human papillary thyroid cancer // *Oncol. Rep.*, in press. — 2006.

24. Nakamura N. A hypothesis: radiation-related leukaemia is mainly attributable to the small number of people who carry pre-existing clonally expanded preleukemic cells // *Radiat Res.* — 2005. — № 163. — P. 258–265.

25. <http://www.chernobyltissuebank.com/>.

26. Imaizumi M., Usa T., Tominaga T. et al. Radiation dose-response for thyroid nodules and autoimmune thyroid diseases in Hiroshima and Nagasaki Atomic Bomb Survivors 55–58 years after radiation exposure // *JAMA.* — 2006. — № 295. — P. 1011–1022.

Поступила 15.03.2006

#### УДК 614.876.001.5

### АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАДИАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПРОВЕДЕННЫХ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

Ю.И. Гаврилин

Государственный научный центр Институт биофизики, г. Москва

Рассматриваются результаты различного рода радиационных исследований, проведенных разными авторами после аварии на Чернобыльской АЭС. Проведен анализ полученных результатов на предмет их соответствия описанным в литературе процессам выноса радиоактивного вещества (РВ) из 4-го блока и его распространения в атмосфере. Рассмотрены реализованные радионуклидные соотношения в объектах окружающей среды. Следствием ядерной природы развития аварии на Чернобыльской АЭС является необходимость пересмотра вклада короткоживущих изотопов йода в дозу внутреннего облучения щитовидной железы, обусловленной поступлением в организм йода-131, для жителей территорий, расположенных в первичных направлениях распространения радиоактивного вещества.

Ключевые слова: авария, вынос радионуклидов, изотопные соотношения, йод-131, щитовидная железа.

### DATA ANALYSIS OF RADIATION RESEARCH CONDUCTED AFTER CHERNOBYL DISASTER

Yu.I. Gavrilin

State Research Center of Biophysics Institute, Moscow

This article represents the results of various radiation research conducted by different authors after the Chernobyl disaster. The analysis of the results for their correspondence to the process of the radioactive substance release in the 4<sup>th</sup> block and its distribution in the air has been made. The article describes the realized radionuclide correlations between the environmental objects. The nuclear nature of the Chernobyl disaster resulted in the necessity to re-consider the contribu-

tion of short-lived iodine isotopes into the dose of internal thyroid irradiation determined by iodine-131 entering into the organism, for residents of areas located along the primary direction of the radioactive substance distribution.

**Key words:** disaster, radionuclides release, isotope correlation, iodine-131, thyroid gland.

### Материалы и методы

При анализе результатов радиационных исследований, полученных различными исследователями после аварии на ЧАЭС, сопоставлялись данные о концентрации РВ в воздухе, в выпадениях, в топливных частицах и в лаве («слоновой ноге»). При проведении измерений авторами применялись спектрометрические методы определения содержания радионуклидов в отобранных пробах, как правило, с помощью полупроводниковых детекторов излучения. В качестве регистрирующей аппаратуры использовались различные типы многоканальных анализаторов импульсов.

### Основные результаты

#### 1. Взрыв гремучего газа

В работе Пазухина Э.М. утверждается, что взрыв воздушно-водородной смеси может являться причиной разрушения центрального зала 4-го блока ЧАЭС. Автор оценивает количество образовавшегося водорода в  $7,02 \times 10^{-5}$  моля при  $1600^\circ\text{C}$ . Учтем, что при соединении одного моля водорода с кислородом воздуха ( $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$ ) образуется водяной пар. При этом выделяется энергия  $241,8 \times 10^3$  Дж/моль. Следовательно, при соединении  $7,02 \times 10^{-5}$  моля водорода с  $\text{O}_2$  выделенная энергия (E) будет равна:

$$E = 7,02 \times 10^{-5} \times 241,8 \times 10^3 / 2 \approx 8,5 \text{ Дж}, \quad (1)$$

Следовательно, мощность взрыва ( $T < 10^{-5}$  с) составит  $\approx 8,5 \times 10^5$  Вт

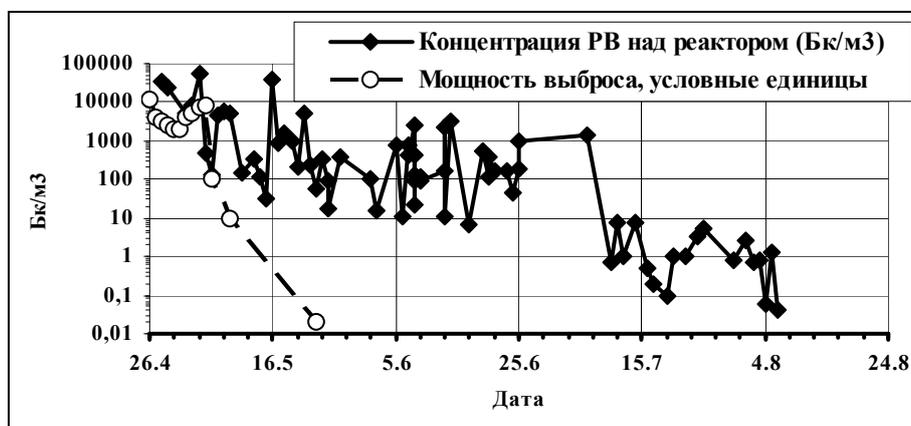
Количество энергии, необходимой для подъема 5000 тонн на высоту 14 м, составляет:  $E = 5,0 \times 10^6 \times 9,8 \times 14 \approx 6,9 \times 10^8$  Дж, (2) где:  $9,8 \text{ м/с}^2$  — ускорение силы тяжести.

Отсюда следует, что мощность выделения энергии, необходимой для подъема 5000 т груза на  $H = 14$  м, например, за 3 с, должна составлять не менее  $2,3 \times 10^8$  Вт. Следовательно, дефицит мощности гипотетического взрыва гремучего газа только по этому фактору  $\approx 270$  раз меньше необходимой величины. Но ведь еще необходимо учесть основные энергетические затраты на диспергирование, нагрев, плавление и испарение части топлива и элементов конструкции, а также на разрушение 4-го блока и разброс фрагментов зоны.

**Вывод:** версия о взрыве гремучего газа, как основной причины разрушения 4-го блока не соответствует реалиям — шахта пуста, пожара в ней не было. На крыше блока обнаружена часть ТВЭЛа, стоявшая в самом низу активной зоны [2].

#### 2. Вынос РВ был реализован в течение 10 дней после аварии

На рисунке 1 представлены в сопоставлении: график зависимости от времени значений концентрации РВ (аэрозоль) над реактором (отбор проб воздуха с помощью самолета) [3] и официально представленный в МАГАТЭ, график зависимости от времени мощности ежесуточного выброса РВ [4], выраженной, в данном случае, в условных единицах.



**Рис. 1.** График зависимости от времени значений удельной бета-активности (Бк/м³) РВ в воздухе над реактором и мощности ежесуточного выброса РВ в атмосферу (условные единицы)

Из данных рисунка 1 следует удовлетворительное согласование двух кривых только по 05.05.86 г. После 05.05.1986 г. наблюдается их полное рассогласование. Наблюдаемое по 5 мая согласование связано с тем, что авторы работы [4] использовали при своих оценках результаты анализа проб, отобранных над реактором с помощью вертолета [5] (и хорошо согласующиеся с данными [3]). Но, по каким-то причинам, были использованы данные только по 05.06.86 г. Если использовать подход авторов работы [4] при оценке мощности выброса с ориентацией на кривую изменения концентрации РВ в воздухе над реактором, то необходимо принять, что вынос радиоактивного вещества продолжался не 10 дней, а в 10 раз дольше. Однако, как будет показано, это далеко не так. Где же истина? Для решения этого вопроса рассмотрим вопрос о значимости выноса йода-131 в течение 10 дней после аварии на ЧАЭС.

Учтем, что в течение 10 дней после аварии максимальное значение концентрации йода-131 над реактором зафиксировано 04.05.86 г. —  $32000 \text{ Бк/м}^3$  [5] с помощью вертолета на  $H = 50 \text{ м}$ . Минимальное значение составило менее  $100 \text{ Бк/м}^3$  (30.04.86 г.). Среднее значение равно  $9000 \text{ Бк/м}^3$ . Положим, далее, что в течение всех 10 дней концентрация йода-131 на выходе из разрушенного реактора в среднем составляла

$C = 10^7 \text{ Бк/м}^3$  (то есть в **1000 раз больше**). Площадь свободного выхода РВ из шахты примем равной  $S = 50 \text{ м}^2$ , а скорость газового потока при выходе из шахты —  $V = 10 \text{ м/с}$ . В таком случае поступление ( $P_{10}$ ) йода-131 в атмосферу за 10 суток будет составлять:

$$P_{10} = (C \times S \times V = 10^7 \times 50 \times 10^1 \times 10^1 \times 10^1 \times 8,64 \times 10^4) / (3,7 \times 10^{10}) \approx 1,2 \times 10^5 \text{ Ки} \quad (3)$$

В соответствии с рекомендациями [6], согласующимися с данными [7], оценочное значение полного выброса ( $P_{\Pi}$ ) йода-131 составляет:

$$P_{\Pi} \approx 5,0 \times 10^7 \text{ Ки}$$

Таким образом, даже в рамках сделанных предположений оценка реального выноса йода-131 превышает оценку его гипотетического выноса за 10 дней, как минимум, в 400 раз. Из этого следует **вывод: основной вынос йода-131 (а следовательно, и прочих радионуклидов) произошел до момента разрушения и во время завершающего этапа разрушения активной зоны реактора**. Но это означает, что ход кривой, характеризующей удельную бета-активность РВ в воздухе над реактором, обусловлен выпадениями сверху, а не выходом РВ из разрушенного реактора!

**3. Первоначальный подъем РВ не превысил 1,0 км.**

В таблице 1 представлены результаты определения концентрации йода-131 в тропосфере и стратосфере над Польшей в апреле-мае 1986 г.

Таблица 1

**Удельное содержание аэрозолей йода-131 в тропосфере и стратосфере над Польшей в апреле-мае 1986 г [8]**

Территория	H км	Удельное содержание ( $\text{мБк/м}^3$ ) в апреле-мае 1986 г.									
		29.04	30.04	01.05	02.05	05.05	07.05	08.05	11.05	13.05	20.05
Варшава	0	11492	5195	256	285	178	2001	1387	8,6	2,8	1,5
	0	—	8070	439	419	225	1797	1950	28	6,7	3,0
Миколайка 180 км сев.-вост. от Варшавы	1	—	637	944	282	65	979	614	16	1,9	<0,9
	3	22	1336	—	5,3	13	97	193	39	1,0	1,8
	6	13	23	—	—	267	277	341	1,0	0,4	0,9
	9	13	43	—	—	627	866	258	7,2	0,9	0,2
	12	26	37	—	—	6,6	52	2,7	7,4	<1,2	0,7
	15	—	155	—	—	17	50	13	<10	<10	<8,0

Представленные данные [8] свидетельствуют о том, что первоначальный подъем РВ не был ограничен высотой 1,0 км. Часть РВ поступила в верхние слои тропосферы и нижние слои стратосферы, где скорость распространения ветровых потоков с запада на вос-

ток (западные ветры) превышает 30 м/с [9] (до 200–300 км/час). О масштабах аварии и о направлениях первоначального распространения РВ красноречиво говорят данные таблицы 2, составленной на основании информации, опубликованной в [10]. Из этих данных

следует, что в течение первых 6,5 часа после аварии аэрозольные выпадения йода-131 и теллура-132 на планшеты были зафиксированы во многих направлениях от ЧАЭС. Исключение составляет северо-западное направ-

ление. О том, что это именно аэрозольные выпадения свидетельствуют повышенные значения отношения  $^{132}\text{Te}/^{131}\text{I}$ .

Данные колонки 4 свидетельствуют также о большой скорости распространения РВ.

Таблица 2

Выпадения  $^{132}\text{Te}$  и  $^{131}\text{I}$  на планшеты в течение 6,5 часа после аварии на разных расстояниях и в различных направлениях от ЧАЭС

№	Название населенного пункта	R от ЧАЭС (км)	Минимальная скорость, V (м/с)	Направление от ЧАЭС	Выпадения $^{132}\text{Te}$ и $^{131}\text{I}$ (Бк/м <sup>2</sup> )		
					$^{132}\text{Te}$	$^{131}\text{I}$	$^{132}\text{Te}/^{131}\text{I}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Гомель	150	6,4	С. С. В.	2000	83	24
2	Киев	100	4,2	Юг	200	152	1,3
3	Барышевка	100	4,2	Юг	200	63	3,2
4	Брест	440	18,8	Запад	11486	300	38
5	Пинск	300	12,8	С.З.З.	2000	354	5,6
6	Барановичи	340	14,5	Северо-запад	4000	150	27
7	Клайпеда	765	32,7	Северо-запад	4000	200	20
8	Витебск	430	18,4	Север	—	109	—
9	Сумы	315	13,8	Восток	—	150	—
10	Херсон	525	22,4	Ю.Ю.В	—	137	—
11	Луганск	715	30,5	Ю.В.В.	—	50	—
12	Минск	340	14,5	С.С.З.	—	25	—
13	Обнинск	600	—	Северо-восток	—	0,0	—
14	Москва	690	—	Северо-восток	—	0,0	—
15	Одесса	525	22,4	Юг	—	2849	—
16	Чернобыль	—	—	Юг	—	4270	—

О преимущественном распространении РВ с запада на восток (в результате их поступления на большие высоты) свидетельствует синхронное появление максимумов

и минимумов концентрации йода-131 и цезия-137 в воздухе к югу и северу от ЧАЭС, а также над самой ЧАЭС. Об этом говорят данные рисунка 2.

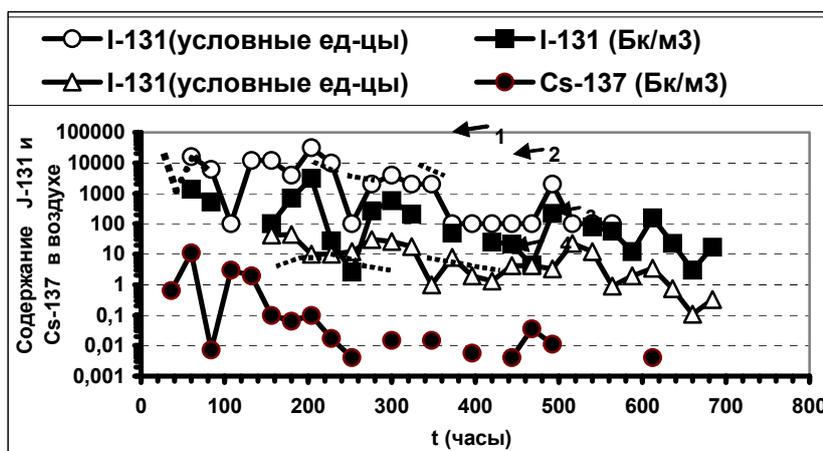


Рис. 2. Изменение содержания йода-131 над реактором (кривые 1 и 2) и в приземном слое воздуха за Киевом около 140 км к югу от Припяти (кривая 3), а также содержания цезия-137 в приземном слое воздуха Березинского заповедника Белоруссии в 550 км почти на север от Припяти (кривая 4)

Примечание: пунктирные линии изображают предполагаемый условный ход кривой.

4. Первоначальное распространение радиоактивного вещества происходило в северо-западном направлении после взрыва активной зоны «в слое 0,7–1,5 км».

Из данных работы [10] следует, что первоначальное распространение РВ проходило также в западном и южном направлениях (что обусловлено различным направлением воздушных потоков на разных высотах). Из данных работы [11] следует первоначальное распространение РВ и в восточном направлении (выпадения РВ в Японии зарегистрированы на планшеты, экспонировавшиеся с 30.04 по 01.05.1986 г.). Характер загрязнения южных территорий Белоруссии (в северном направлении от ЧАЭС) свидетельствует о самом начальном распространении радиоактивного вещества (обогащенного легко плавкими элементами) и в северном направлении на самых малых высотах в период до окончательного разрушения активной зоны. Об этом свидетельствуют также результаты анализа радионуклидных отношений в относительной близости от станции и на больших расстояниях от нее. Из-за ограничения объема статьи этот вопрос не может быть детально рассмотрен в ее рамках.

5. Топливо локализовано ( $\approx 96\%$ ) в шахте реактора и в помещениях пароводяных и нижних водяных коммуникаций. Вынос РВ составил (без ИРГ) 3,5–4%.

За отсутствием каких-либо иных доказательств этого утверждения, авторы работы [12] утверждают, что «анализ сотен тысяч проб почвы, отобранных за 15 лет исследований последствий аварии, показал, что на земле лежит не более 5% топлива из разрушенного блока». Положим, что в атмосферу поступило  $1,0 \times 10^6$  Ки  $^{137}\text{Cs}$  (около 14% [7]). Тогда среднее значение интегральной активности  $^{137}\text{Cs}$  ( $A_{\text{CS}}$ ), приходящейся на единицу поверхности северной половины Земли ( $S_{1/2} = 2,5 \times 10^8 \text{ км}^2$ ), равно:

$$A_{\text{CS}} = 1,0 \times 10^6 / 2,5 \times 10^8 \approx 0,004 \text{ Ки/км}^2 \quad (4)$$

Активность глобальных выпадений цезия-137 на единицу поверхности по состоянию на 25 апреля 1986 г. составляла по территории СССР около  $0,06 \text{ Ки/км}^2$ . Однако часть РВ от их общего количества, поступившего в окружающую среду, локализована преимущественно на относительно небольших расстояниях от ЧАЭС. Следовательно, фоновое содержание цезия-137 «в сотнях тысяч проб почвы», отобранных после 1986 г.,

по остальным загрязненным территориям превышает ожидаемый уровень чернобыльских выпадений более чем в 12 раз. А ведь еще необходимо учесть флуктуацию фона, не говоря уж о погрешности измерений.

Вывод: определение полного выноса РВ по сотням тысяч и более проб почвы невозможно.

#### **Радионуклидные соотношения**

Большую информативность имеют значения представленных в таблице 3 изотопных соотношений, реализованных в различных объектах окружающей среды. В ней фигурируют пары изотопов, ожидаемая вариативность которых при неядерном процессе развития аварии не могла быть значительной. Так, например, из-за малой разницы в периодах полураспада двух тугоплавких элементов — церия-144 и рутения-106 соотношение  $^{144}\text{Ce}/^{106}\text{Ru}$  не могло варьировать более, чем в 1,2 раза. Особое значение имеет соотношение  $^{140}\text{La}/^{140}\text{Ba}$ . Через три периода полураспада дочернего изотопа —  $^{140}\text{La}$  (т.е. через 120 часов) отношение его активности к активности материнского изотопа —  $^{140}\text{Ba}$  должно было бы стать равным 1,0. До этого момента значения указанного соотношения могут быть только меньше 1,0. Однако большие значения в воздухе над реактором и во всех направлениях от него [3] были зафиксированы ранее этого срока и до практического распада  $^{140}\text{La}$ . При этом только 5 из 37 значений меньше значения 1,0. Среднее значение в воздухе равно **1,74**. В пробах почвы, отобранных в Белоруссии, среднее значение существенно меньше и равно  $\approx 1,2$  с намного большей вариативностью. Следует ожидать, что по мере приближения к реактору среднее значение отношения  $^{140}\text{La}/^{140}\text{Ba}$  в выпадениях будет стремиться к 1,0. Наблюдаемые большие значения рассматриваемого соотношения могли быть реализованы только в результате быстрого развития высоких температур с преимущественным выходом из топлива элементов с низкими и средними температурами кипения и соответствующим его обогащением тугоплавкими элементами (лантан —  $T_{\text{кип}} = 3454^\circ\text{C}$ , барий —  $T_{\text{кип}} = 1640^\circ\text{C}$ ).

На рисунке 3 в сравнении представлены распределение (А) реализованных в объектах окружающей среды значений  $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs} = v$  ( $v_{\text{ср}} = 0,551$ ) и распределение (Б) топливных каналов по заданным интервальным значениям « $v_{\text{р}}$ », перед аварией.

Таблица 3

## Изотопные соотношения, реализованные в различных объектах окружающей среды

Изотопные соотношения	T <sub>1/2</sub> Изотопа 1	T <sub>1/2</sub> Изотопа 2	Среднее (реактор)	Min	Max	Max Min
<sup>144</sup> Ce/ <sup>106</sup> Ru (разные объекты)	284 сут.	368,2 сут.	1,75	0,037 воздух	102 ЛТСМ	2800
<sup>133</sup> I/ <sup>131</sup> I (воздух – запад)	20,8 часа	8,04 сут	1,5	0,45 на 26.04.86 г.	163* на 26.04.86г.	360
<sup>90</sup> Sr/ <sup>137</sup> Cs (153-топл. частицы)	28,5 года	30,174 года	1,0	0,024	190	8000
<sup>140</sup> La/ <sup>140</sup> Ba (37 проб – воздух)	40,224 часа	12,789 сут.	—	0,5	3,1	6,2
<sup>140</sup> La/ <sup>140</sup> Ba (471 проба – выпадения)	40,224 часа	12,789 сут.	—	0,08	9,0	110
<sup>134</sup> Cs/ <sup>137</sup> Cs = v 4121 (1659 топл. частиц)	2,062 года	30,174 года	0,48	0,05	>5,0	>100

Примечание: \* — не опубликованное значение из данных, полученных в Польше.

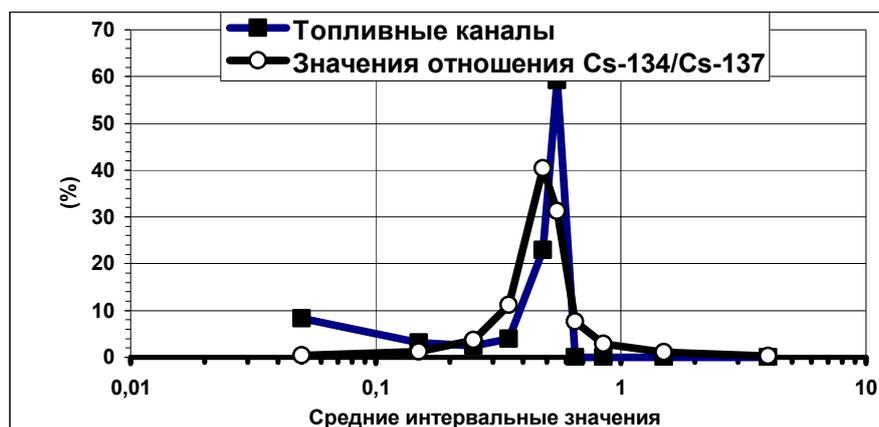


Рис. 3. Сравнение распределения реализованных в объектах окружающей среды значений «v» ( $v_{\text{ср}} = 0,551$ ) с распределением топливных каналов по заданным интервальным значениям «v<sub>p</sub>», перед аварией.

Из данных рисунка 3 следуют два важных вывода:

1. Максимум распределения (А) смещен влево по отношению к максимуму распределения (Б), что свидетельствует о развитии аварии в относительно локальной области активной зоны реактора.

2. Реализованы большие значения  $v > 5,0$ , намного превышающие наибольшее из возможных значений  $v$  в реакторе перед аварией. Все это свидетельствует о ядерном процессе развития аварии с выделением энергии, достаточной для поступления РВ в стратосферу.

#### Выводы

1. Авария на чернобыльской АЭС имела ядерную природу.

2. Следствием ядерной природы развития аварии на Чернобыльской АЭС является необходимость пересмотра вклада короткоживущих изотопов йода в дозу внутреннего облучения щитовидной железы, обусловленной поступлением в организм йода-131, для жителей территорий, расположенных в первичных направлениях распространения радиоактивного вещества.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пазухин Э.М. Взрыв воздушно-водородной смеси, как возможная причина разрушения центрального зала 4-го блока ЧАЭС во время аварии 26.04.86 г. Материалы 2-й международной научно-технической конференции, посвященной 10-й годовщине завершения работ по строительству в объекте «Укрытие». — М.: Славутич, 1977. — С. 118–127.

2. Киселёв А.Н., Чечеров К.П. Модель процесса разрушения реактора 4-го энергоблока Чернобыльской АЭС // Атомная энергия. — 2001. — Т. 91, вып. 6. — С. 425–434.
3. Материалы в/ч 46179 с результатами самолетного определения концентрации радиоактивных веществ в воздухе над 4-ым блоком ЧАЭС и по различным маршрутам, а также с результатами определения среднесуточных выпадений РВ по различным территориям СССР в 1986 г.
4. Абагян А.А., Асмолов В.Г., Гуськова А.Г. и др. Информация об аварии на Чернобыльской АЭС и ее последствиях, подготовленная для МАГАТЭ // Атомная энергия. — 1986. — Том 61, вып. 5. — С. 301–320.
5. Dobrunin Yn.L., Khramtsov P.B. Data verification methodology and new data of Chernobyl source term // Radiation Protection Dosimetry. — 1993. — Vol. 50, № 2–4. — P. 307–310.
6. Боровой А.А., Гагаринский А.Ю. Курчатовский институт. Выброс радионуклидов из разрушенного блока Чернобыльской АЭС // Атомная энергия. — 2001. — Т. 90, вып. 2. — С. 137–145.
7. Израэль Ю.А., Вакуловский С.М., Ветров В.А. и др. Чернобыль: радиоактивное загрязнение природных сред / Под ред. Ю.А. Израэля. — Л.: Гидрометеоздат, 1990. — 296 с.
8. Kownacka L., Jaworwski Z. Rtical distribution of  $^{131}\text{I}$  and radiocesium in the atmosphere over poland after Chernobyl accident // Acta Geophysica Polonica. — 1987. — Vol. 35, № 1.
9. Прох Л.З. Словарь ветров. — Л.: Гидрометеоздат, 1983. — 312 с.
10. Махонько К.П., Козлова Е.Г., Волокутин А.А. Динамика накопления радиойода на почве и реконструкция доз от его излучения на территории, загрязненной после аварии на Чернобыльской АЭС. Бюллетень «Радиация и Риск». — М. — Обнинск, 1996. — Вып. 7. — С. 140–191.
11. Yukio Takizawa, Touru A.B.E., And Shun-Ichi Hisamatsu. Effects of the Chernobyl reactor accident in the U.S.S.R. on Akita, Northern Japan // Reprinted from Acta Medica et Biologica. — 1988. — № 3–4.
12. Пазухин Э.М., Богатов С.А. Некоторые ошибки статьи А.Н. Киселёва и К.П. Чечерова «Модель процесса разрушения реактора 4-го энергоблока Чернобыльской АЭС» // Атомная энергия. — 2001. — Т. 92, вып. 5. — С. 419–420.

Поступила 15.03.2006

УДК 614.876(476)

## ОБЛУЧЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ БЕЛАРУСИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ КАТАСТРОФЫ. РЕАЛЬНЫЕ И ВОЗМОЖНЫЕ СТОХАСТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ

Я.Э. Кенигсберг, Ю.Е. Крюк

Национальная комиссия по радиационной защите  
при Совете Министров Республики Беларусь  
РНИУП «Институт радиологии»

Несмотря на отсутствие сегодня явных свидетельств увеличения радиационно-индуцированных патологий, исключая рак щитовидной железы, для пострадавшего населения вследствие аварии на ЧАЭС в вопросах эпидемиологического анализа еще рано ставить окончательную точку. Основными рекомендованными экспертами ВОЗ направлениями дальнейших исследований для жителей пострадавших территорий являются рак и доброкачественные заболевания щитовидной железы, злокачественные опухоли других локализаций, сердечно-сосудистые и цереброваскулярные заболевания, катаракты, психологический и когнитивный статус у детей, психические расстройства.

Ключевые слова: дозы облучения, ликвидаторы, рак щитовидной железы, стохастические эффекты.

## IRRADIATION OF BELARUSSIAN POPULATION IN RESULT OF CHERNOBYL DISASTER. REAL AND POSSIBLE STOCHASTIC EFFECTS.

Ya.E. Kenigsberg, Yu.E. Kryuk

National Commission on Radiation Protection  
of Council of Ministers of the Republic of Belarus  
Republican Research Unitary Enterprise of Radiology Institute

Despite the absence of the evidence of the increased number of radiation-induced pathologies excluding thyroid cancer due to Chernobyl disaster, the issue of the epidemiological analysis has not been solved yet. The main directions for research recommended by WHO experts are thyroid cancer and benign illnesses of thyroid gland, malignant tumors of other localization, cardio-vascular and cerebrovascular diseases, cataracts, psychological and cognitive status in children, mental disorders.

Key words: irradiation doses, liquidators, thyroid cancer, stochastic effects.