

А. В. Рожко, А. А. Чешик, И. В. Вейлкин, С. Н. Никонович*Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека,
Гомель, Республика Беларусь***ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫМИ НОВООБРАЗОВАНИЯМИ КРОВИ
И ЛИМФАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ У ЛИКВИДАТОРОВ КАТАСТРОФЫ НА ЧАЭС
В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

Аннотация. Авария на Чернобыльской АЭС была наиболее масштабной радиационно-экологической катастрофой, в ликвидации последствий которой принимало участие порядка 100 000 граждан Беларуси. На основании накопленного опыта в первые годы после аварии прогнозировался рост заболеваемости злокачественными новообразованиями крови у пострадавшего населения, однако до настоящего времени не сформировалось однозначного мнения о вкладе радиационного фактора в заболеваемость лейкозами и лимфомами.

Таким образом, целью работы явилось изучение особенностей формирования заболеваемости злокачественными новообразованиями крови и лимфатической системы у ликвидаторов катастрофы на ЧАЭС в Республике Беларусь. В работе использованы данные Государственного регистра лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, за период с 1987 по 2015 г. С использованием показателя стандартизованного соотношения заболеваемости (SIR) проведен эпидемиологический анализ заболеваемости лейкозами, лимфомами и множественной миеломой. По итогам оценки риска развития гемобластозов сделан вывод об избыточности заболеваемости лейкозами в когорте ликвидаторов аварии на ЧАЭС ($SIR = 1,3 (1,2-1,46)$). Показано, что высокий риск развития лейкозов формировался за счет хронических лимфоцитарных ($SIR = 1,3 (1,14-1,53)$) и миелоцитарных ($SIR = 1,7 (1,35-2,03)$) лейкозов. Однако при этом не получено четкой зависимости между риском развития гемобластозов и плотностью загрязнения, а также индивидуализированными поглощенными дозами на красный костный мозг. В то же время в 32 % случаев миеломная болезнь отмечалась у ликвидаторов, выполнявших работы на территории с плотностью загрязнения ^{137}Cs свыше 40 Ки/км² ($SIR = 1,8 (1,16-2,8)$). Таким образом, проведенное исследование позволило охарактеризовать риски развития различных форм гемобластозов и выявить тенденции в их распределении у ликвидаторов.

Ключевые слова: ликвидаторы, авария на ЧАЭС, радиационный фактор, злокачественные новообразования крови и лимфатической системы, заболеваемость

Для цитирования: Заболеваемость злокачественными новообразованиями крови и лимфатической системы у ликвидаторов катастрофы на ЧАЭС в Республике Беларусь / А. В. Рожко [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. мед. навук. – 2017. – № 3. – С. 82–90.

A. V. Rozhko A. A. Cheshik, I. V. Veyalkin, S. N. Nikanovich*Republican Research Center of Radiation Medicine and Human Ecology, Gomel, Republic of Belarus***INCIDENCE OF MALIGNANT NEOPLASMS OF BLOOD AND LYMPHATIC SYSTEM OF LIQUIDATORS
OF THE CHERNOBYL ACCIDENT IN THE REPUBLIC OF BELARUS**

Abstract. The accident at the Chernobyl nuclear power plant was the most huge radiation and ecological catastrophe. About 100,000 Belarusian citizens took part in the liquidation of the Chernobyl accident. During the first years after the accident, the growth of incidence of malignant neoplasms of blood of the affected population was predicted. But till now, there is no clear conclusion about the contribution of the radiation factor to the incidence of leucosis and lymphomas. The purpose of the study was to analyze the features of forming the incidence of malignant neoplasms of the blood and lymphatic system of the liquidators of the Chernobyl accident in the Republic of Belarus. The data of the State Register of persons exposed to radiation following the Chernobyl catastrophe for the period from 1987 to 2015 were used. The epidemiological analysis of the incidence of leukemias, lymphomas and multiple myeloma was made using the standardized incidence ratio (SIR). The excess of incidence of leukemias in the cohort of liquidators of the Chernobyl accident was noted. The excess fraction of leukemias was about 20–40 % ($SIR = 1.3 (1.2-1.46)$). It was shown that the high risk of leukemia was formed due to chronic lymphocytic ($SIR = 1.3 (1.14-1.53)$) and myelocytic ($SIR = 1.7 (1.35-2.03)$) leukemias regardless of the status of a liquidator. There was also no clear dependence between the risk of hemoblastosis and the density of contamination, as well as the individualized absorbed dose on the blood marrow. However, it can be stated that a large proportion of cases of myeloma (32 %) was found in the liquidators who performed

their work in the territory with the Cs^{137} pollution density of more than 40 Ku/km^2 ($SIR = 1.8$ (1.16–2.8)). Thus, the conducted research allowed one to characterize the risks of development of various forms of hemoblastosis in liquidators and to show trends in the distribution of incidence of certain their forms.

Keywords: Chernobyl accident, liquidators, radiation, malignant neoplasms of blood and lymphatic system, incidence ratio.

For citation: Rozhko A. V., Cheshik A. A., Veyalkin I. V., Nikanovich S. N. Incidence of malignant neoplasms of blood and lymphatic system of liquidators of the Chernobyl accident in the Republic of Belarus. *Vesti Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seriya meditsinskikh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Medical series*, 2017, no. 3, pp. 82–90 (in Russian).

Введение. По данным Международного агентства по изучению рака, ионизирующее излучение является канцерогенным для человека, что подтверждено достоверными сведениями. В ряде публикаций сообщается о высоком риске развития злокачественных новообразований крови уже через 2–3 года после острого облучения [1, 2]. В результате аварии на ЧАЭС массивному радиоактивному загрязнению подверглись большие территории Беларуси, России и Украины. В Республике Беларусь к пострадавшему в результате аварии населению было отнесено порядка 2 млн человек [3]. Уже в первые годы после аварии наблюдался значительный рост заболеваемости раком щитовидной железы, особенно в группах пострадавшего населения [4]. Однако схожего по темпам роста заболеваемости злокачественными новообразованиями крови в Беларуси в «постчернобыльский» период отмечено не было: в структуре заболеваемости злокачественными опухолями лейкозы (C91–C95) на протяжении всего послеварийного периода составляли порядка 2–3 % как у мужчин, так и у женщин [5]. После аварии в Республике Беларусь не отмечалось и выраженного подъема заболеваемости лимфомой Ходжкина (ЛХ) и множественной миеломой (ММ) [6, 7], но в то же время, по данным Белорусского республиканского канцер-регистра, в последние 30 лет наблюдается рост заболеваемости неходжкинскими лимфомами (НХЛ) [6, 7]. Согласно постановлению Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 73 от 26.06.2009 г., острые лейкозы, хронические миелоидные лейкозы, миелодиспластические синдромы и ММ относятся к заболеваниям, возникновение которых может быть связано с катастрофой на Чернобыльской АЭС, в том числе у ликвидаторов последствий этой аварии. Последние во время выполнения работ получили значительные дозы радиационного облучения и могут быть отнесены к группе высокого радиационного риска [3]. В то же время проведенный анализ литературных источников не показал достаточного количества публикаций, характеризующих риск развития злокачественных новообразований крови у ликвидаторов в Республике Беларусь в разрезе влияния целого ряда факторов, связанных с нахождением в зоне радиоактивного загрязнения.

Цель данной работы – изучение особенностей формирования заболеваемости злокачественными новообразованиями крови и лимфатической системы у ликвидаторов катастрофы на Чернобыльской АЭС в Республике Беларусь.

Материалы и методы исследования. В работе проанализированы данные Государственного регистра лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС (Госрегистр), проживающих в Республике Беларусь, за период с 1987 по 2015 г. Проведен анализ заболеваемости злокачественными новообразованиями крови, лимфатической и кроветворной системы (ЗНКЛКС) у 98 496 ликвидаторов аварии на ЧАЭС (79 978 мужчин и 18 518 женщин).

Для проведения детального исследования ликвидаторы были разделены на группы в зависимости от пола, места пребывания (учитывая плотность загрязнения ^{137}Cs в 1986 г.); продолжительности (10 дней и меньше или больше 10 дней), периода нахождения в зоне радиоактивного загрязнения (1986, 1987, 1988, 1989 гг., в первые 40 дней, от 40 до 99 и через 100 дней и более после аварии); от индивидуализированной накопленной эквивалентной дозы (ИД) на красный костный мозг (ККМ) и окружающую костную ткань, рассчитанной по утвержденной Министерством здравоохранения методике [8]). Сформированные группы были неоднородны: большинство ликвидаторов (81,1 %) были мужчины (68,2 % в возрасте от 20 до 39 лет на момент аварии), 77,5 % участвовали в ликвидации в 1986 г., 78,9 % находились больше 10 дней в зоне эвакуации (отчуждения), по 40 % ликвидаторов находились в зоне эвакуации в первые 40 и 100 дней и более, 52,2 % находилось в зоне с плотностью загрязнения Cs^{137} 15,0–39,9 Ku/km^2 и 22,9 % – 40 Ku/km^2 и выше, а также порядка 50 % ликвидаторов имели ИД на ККМ в интервале 20–49 мЗв и только 11,5 % – свыше 100 мЗв.

В работе использована международная классификация болезней 10-го пересмотра (МКБ-10), учтены особенности заболеваемости как всеми лейкозами (С91–С95), так и наиболее распространенными их формами: острым лимфобластным лейкозом (ОЛЛ: С91.0), острым миелобластным лейкозом (ОМЛ: С92.0, С93.0, С94.0, С94.2, С94.4–94.5), хроническим лимфоцитарным лейкозом (ХЛЛ: С91.1) и хроническим миелоцитарным лейкозом (ХМЛ: С92.1, С93.1, С94.1), а также НХЛ (С82.0–С85.9, С96), ЛХ (С81) и ММ (С90.0).

В работе использовали непрямой метод стандартизации данных по возрасту, календарному времени и месту проживания. Определяли стандартизованные соотношения заболеваемости (SIR), представленные отношением установленных случаев злокачественных новообразований к ожидаемому числу случаев, рассчитанному на основании референтных, популяционных, уровней заболеваемости. В качестве контроля использовали уровни заболеваемости злокачественными новообразованиями в популяции Республики Беларусь. Статистическую значимость показателей определяли согласно распределению Пуассона [9, 10]. Различия считали статистически значимыми при вероятности ошибки $p < 0,05$. Силу связи между величиной фактора и риском развития злокачественного новообразования оценивали с помощью коэффициента корреляции Спирмена (r_s).

Результаты и их обсуждение. За весь период в исследуемой когорте установлено 420 случаев лейкозов (SIR = 1,3 (1,19–1,45); $p < 0,05$), 258 лимфом, из которых ЛХ – 72 (SIR = 1,1 (0,87–1,4); $p > 0,05$), НХЛ – 186 (SIR = 1,1 (0,91–1,22); $p > 0,05$), а также 85 случаев ММ (SIR = 1,2 (0,93–1,44); $p > 0,05$) (табл. 1). Таким образом, в целом за период с 1987 по 2015 г. статистически значимые отличия риска развития ЗНКЛКС от популяционного отмечались только у ликвидаторов с лейкозами. При этом риск заболеть ЛХ, НХЛ и ММ был на 10–20 % выше республиканского уровня, но статистически незначим.

При анализе заболеваемости лейкозами по подгруппам отмечался статистически значимо высокий риск развития хронических лейкозов: для ХЛЛ SIR = 1,3 (1,14–1,53), для ХМЛ SIR = 1,7 (1,35–2,03). При этом в динамике по 5-летним временным интервалам риск хронических лейкозов не всегда был статистически значимым: достоверно высоким риск ХМЛ был в 1990–1994 гг. (SIR = 2,0 (1,16–3,3)) и 1995–1999 гг. (SIR = 2,3 (1,44–3,47)), в то время как для ХЛЛ он был значимо выше в более отдаленном периоде (в 2000–2004 гг. (SIR = 1,5 (1,05–2,0)) и 2010–2015 гг. (SIR = 1,4 (1,03–1,75)).

Т а б л и ц а 1. Распределение по временным интервалам наблюдаемых случаев (Н) ЗНКЛКС и показателей стандартизованного соотношения заболеваемости злокачественными новообразованиями крови, лимфатической и кроветворной системы, скорректированных по полу и месту жительства (SIR)

Table 1. Distribution of the time intervals of the observed cases (H) of incidence of malignant neoplasms of blood, lymphatic and blood systems, and the standardized incidence ratios (SIR) adjusted by sex and residence place

Локали- зация	1987–1989		1990–1994		1995–1999		2000–2004		2005–2009		2010–2015		1987–2015	
	Н	SIR (95 % ДИ)	Н	SIR (95 % ДИ)	Н	SIR (95 % ДИ)	Н	SIR (95 % ДИ)	Н	SIR (95 % ДИ)	Н	SIR (95 % ДИ)	Н	SIR (95 % ДИ)
ЛХ	7	0,8 (0,3–1,55)	8	0,5 (0,23–1,06)	13	1 (0,56–1,78)	18	1,8 (1,05–2,8)*	11	1,2 (0,58–2,08)	15	1,8 (1,01–2,97)*	72	1,1 (0,87–1,4)
ММ	0	0,0 (0,0–11,58)	4	0,7 (0,19–1,79)	8	0,8 (0,36–1,63)	17	1,2 (0,71–1,96)	22	1,2 (0,76–1,85)	34	1,3 (0,93–1,87)	85	1,2 (0,93–1,44)
НХЛ	5	0,7 (0,21–1,54)	12	0,7 (0,35–1,17)	25	1,0 (0,64–1,47)	37	1,3 (0,88–1,72)	47	1,2 (0,88–1,59)	60	1,1 (0,81–1,37)	186	1,1 (0,91–1,22)
ОЛЛ	0	0,0 (0,0–5,92)	3	0,8 (0,17–2,42)	2	0,5 (0,06–1,9)	7	2,0 (0,8–4,09)	12	2,9 (1,49–5,03)*	2	0,7 (0,08–2,36)	26	1,4 (0,9–2,03)
ОМЛ	0	0,0 (0,0–5,75)	3	0,6 (0,13–1,78)	10	1,1 (0,53–2,05)	8	0,7 (0,31–1,41)	8	0,7 (0,32–1,46)	21	1,6 (1,01–2,49)*	50	1,0 (0,75–1,34)
ХЛЛ	5	2,8 (0,9–6,47)	17	1,1 (0,65–1,79)	25	1,2 (0,79–1,79)	40	1,5 (1,05–2,0)*	46	1,3 (0,92–1,68)	59	1,4 (1,03–1,75)*	192	1,3 (1,14–1,53)*
ХМЛ	2	3,5 (0,43–12,73)	16	2,0 (1,16–3,3)*	22	2,3 (1,44–3,47)*	17	1,4 (0,79–2,18)	22	1,6 (1,0–2,41)	21	1,3 (0,82–2,04)	100	1,7 (1,35–2,03)*
Все лейкозы	13	0,7 (0,35–1,14)	48	1,2 (0,89–1,6)	67	1,4 (1,11–1,82)*	78	1,3 (1,05–1,66)*	101	1,4 (1,17–1,75)*	113	1,3 (1,11–1,62)*	420	1,3 (1,19–1,45)*

П р и м е ч а н и е. Здесь и в табл. 2, 3 * – $p < 0,05$.

Острые лейкозы у ликвидаторов встречались реже, чем хронические (отмечено 76 случаев – 26 ОЛЛ и 50 ОМЛ). Риск развития как ОЛЛ, так и ОМЛ в разные периоды наблюдения в целом значительно не отличался от популяционного уровня. Однако в 2005–2009 гг. выявлен резкий подъем риска ОЛЛ, который статистически значительно превысил популяционный уровень в 2,9 (1,49–5,03) раза, а для ОМЛ значимое превышение соотношения заболеваемости отмечено в 2010–2015 гг. (SIR = 1,6 (1,01–2,49)).

Следует отметить увеличение риска развития ЛХ начиная с 2000 г. Так, если до этого времени заболеваемость ЛХ у ликвидаторов была сопоставима с популяционным уровнем, то после в 2000 г. она стала превышать популяционный уровень: статистически значимо в 2000–2004 гг. (SIR = 1,8 (1,05–2,8)) и 2010–2015 гг. (SIR = 1,8 (1,01–2,97)).

Как видно из табл. 2, статистически значимые стандартизованные соотношения заболеваемости лейкозами наблюдались у всех ликвидаторов независимо от пола. Как указывалось выше, высокий риск лейкозов был обусловлен в основном вкладом хронических форм как у мужчин (SIR = 1,3 (1,07–1,48)) для ХЛЛ и SIR = 1,7 (1,35–2,1) для ХМЛ), так и у женщин (SIR = 1,6 (1,11–2,17))

Таблица 2. Распределение наблюдаемых случаев (Н) лейкозов и показателей стандартизованного соотношения заболеваемости, скорректированных по полу и месту жительства (SIR)

Table 2. Distribution of the observed cases (H) of leukemias and standardized incidence ratios (SIR) adjusted by sex and residence place

Показатель	Объем выборки	Локализация									
		ОЛЛ		ОМЛ		ХЛЛ		ХМЛ		Все лейкозы	
		Н	SIR (95 % ДИ)	Н	SIR (95 % ДИ)	Н	SIR (95 % ДИ)	Н	SIR (95 % ДИ)	Н	SIR (95 % ДИ)
Женщины	18 518	5	1,3 (0,41–2,97)	15	1,4 (0,78–2,3)	37	1,6 (1,11–2,17)*	17	1,5 (0,9–2,47)	82	1,4 (1,12–1,75)*
Мужчины	79 978	21	1,4 (0,87–2,16)	35	0,9 (0,63–1,26)	153	1,3 (1,07–1,48)*	83	1,7 (1,35–2,1)*	338	1,3 (1,16–1,44)*
Возраст на момент аварии, лет:											
15–19	2846	2	5,4 (0,65–19,35)	1	1,8 (0,05–10,29)	0	0,0 (0,0–8,91)	1	1,6 (0,04–8,99)	5	2,0 (0,67–4,78)
20–24	14 844	3	1,6 (0,33–4,65)	7	2,0 (0,79–4,07)	6	1,3 (0,46–2,72)	5	1,1 (0,37–2,63)	23	1,3 (0,81–1,91)
25–29	19 790	3	1,3 (0,27–3,78)	3	0,5 (0,1–1,39)	10	0,8 (0,4–1,53)	9	1,3 (0,57–2,38)	29	0,9 (0,6–1,28)
30–34	17 836	1	0,5 (0,01–2,54)	12	1,8 (0,92–3,1)	21	1,1 (0,69–1,7)	9	1,1 (0,52–2,17)	48	1,2 (0,88–1,58)
35–39	14 680	3	1,2 (0,25–3,54)	6	0,8 (0,28–1,67)	34	1,5 (1,04–2,11)*	16	1,7 (0,95–2,69)	71	1,5 (1,14–1,85)*
40–44	7220	2	1,1 (0,14–4,1)	2	0,4 (0,05–1,46)	18	1,1 (0,65–1,74)	12	1,9 (0,99–3,34)	43	1,3 (0,93–1,73)
45–49	10 365	8	2,6 (1,1–5,03)*	9	1,0 (0,47–1,96)	43	1,4 (1,04–1,93)*	23	2,0 (1,29–3,05)*	92	1,5 (1,2–1,82)*
50–54	6045	3	1,3 (0,28–3,9)	8	1,3 (0,58–2,65)	26	1,2 (0,82–1,83)	17	2,5 (1,46–4,01)*	59	1,4 (1,06–1,8)*
55–59	3772	1	0,5 (0,01–2,85)	2	0,5 (0,06–1,85)	29	1,9 (1,27–2,73)*	6	1,2 (0,45–2,69)	42	1,3 (0,96–1,8)
60–64	821	0	0,0 (0,0–10,03)	0	0,0 (0,0–4,76)	5	1,6 (0,53–3,78)	2	2,2 (0,26–7,84)	8	1,2 (0,53–2,41)
Год начала работы на загрязненной территории:											
1986	76 163	21	1,4 (0,84–2,07)	40	1,0 (0,7–1,34)	153	1,3 (1,08–1,49)*	90	1,8 (1,46–2,24)*	342	1,3 (1,16–1,44)*
1987	16 597	5	1,8 (0,59–4,23)	10	1,4 (0,65–2,5)	36	1,8 (1,23–2,43)*	9	1,0 (0,46–1,93)	70	1,5 (1,2–1,95)*
1988	3541	0	0,0 (0,0–9,54)	0	0,0 (0,0–3,63)	2	0,8 (0,09–2,76)	1	0,8 (0,02–4,51)	6	1,0 (0,37–2,18)
1989	1920	0	0,0 (0,0–24,44)	0	0,0 (0,0–9,21)	1	1,0 (0,02–5,46)	0	0,0 (0,0–7,48)	2	0,9 (0,1–3,12)

Окончание табл. 2

Показатель	Объем выборки	Локализация									
		ОЛЛ		ОМЛ		ХЛЛ		ХМЛ		Все лейкозы	
		Н	SIR (95 % ДИ)	Н	SIR (95 % ДИ)	Н	SIR (95 % ДИ)	Н	SIR (95 % ДИ)	Н	SIR (95 % ДИ)
К-во дней от момента аварии до первого въезда на загрязненную территорию:											
0–39	40 145	9	1,0 (0,47–1,96)	19	0,8 (0,51–1,31)	85	1,2 (0,98–1,52)	42	1,5 (1,08–2,03)*	176	1,2 (1–1,35)*
40–99	17 018	5	1,6 (0,51–3,63)	11	1,3 (0,64–2,31)	31	1,2 (0,84–1,76)	19	1,8 (1,11–2,89)*	74	1,3 (1,06–1,69)*
≥100	41 147	12	1,8 (0,91–3,07)	20	1,1 (0,67–1,7)	76	1,5 (1,18–1,87)*	39	1,8 (1,27–2,44)*	170	1,5 (1,29–1,75)*
Продолжительность нахождения на загрязненной территории, дней:											
≤10	20 754	5	1,1 (0,35–2,52)	12	1,0 (0,52–1,74)	59	1,6 (1,23–2,08)*	30	2,0 (1,38–2,91)*	119	1,5 (1,24–1,79)*
>10	77 556	21	1,5 (0,92–2,27)	38	1,0 (0,72–1,4)	133	1,2 (1,03–1,46)*	70	1,5 (1,2–1,95)*	301	1,3 (1,12–1,41)*
Плотность загрязнения ¹³⁷ Cs территорий, на которых выполнялись работы, Ки/км ² :											
1,0–4,99	1932	1	3,6 (0,09–20)	0	0,0 (0,0–5,18)	3	1,4 (0,3–4,24)	3	3,4 (0,7–9,9)	7	1,5 (0,6–3,09)
5,0–14,99	14 699	4	1,5 (0,4–3,76)	5	0,7 (0,23–1,64)	24	1,2 (0,75–1,74)	14	1,6 (0,89–2,73)	52	1,1 (0,85–1,49)
15,0–39,99	35 234	10	1,5 (0,7–2,68)	16	0,9 (0,5–1,43)	77	1,5 (1,15–1,83)*	30	1,4 (0,93–1,97)	151	1,3 (1,1–1,53)*
≥40	15 397	6	2,0 (0,73–4,32)	13	1,6 (0,86–2,76)	28	1,2 (0,78–1,69)	16	1,6 (0,93–2,64)	70	1,3 (1,05–1,7)*
Индивидуализированная поглощенная доза на ККМ и окружающую костную ткань, мЗв:											
<20	9727	1	0,5 (0,01–2,62)	3	0,5 (0,11–1,6)	21	1,2 (0,76–1,89)	14	2,0 (1,12–3,43)*	46	1,2 (0,91–1,66)
20–49	24 108	8	1,6 (0,69–3,13)	15	1,2 (0,65–1,91)	46	1,2 (0,85–1,55)	21	1,3 (0,81–1,99)	100	1,2 (0,94–1,4)
50–99	7171	2	1,3 (0,16–4,74)	4	1,0 (0,27–2,57)	17	1,4 (0,82–2,26)	7	1,5 (0,58–2,99)	32	1,2 (0,83–1,72)
100–149	2417	1	1,8 (0,04–9,81)	0	0,0 (0,0–2,48)	6	1,4 (0,5–2,99)	4	2,3 (0,63–5,9)	11	1,1 (0,57–2,05)
150–300	2015	0	0,0 (0,0–8,11)	4	3,4 (0,92–8,65)	1	0,3 (0,01–1,54)	3	2,1 (0,43–6,1)	8	1,0 (0,44–2)
>300	911	0	0,0 (0,0–17,89)	0	0,0 (0,0–6,87)	0	0,0 (0,0–2,17)	1	1,5 (0,04–8,35)	1	0,3 (0,01–1,54)

для ХЛЛ и SIR = 1,5 (0,9–2,47)) для ХМЛ). Риск развития ОЛЛ был повышен, однако статистически незначимо, что может говорить о возможной связи ОЛЛ с воздействием радиационного фактора.

Анализ заболеваемости лейкозами в зависимости от возраста на момент аварии показал высокий риск развития хронических лейкозов практически во всех возрастных группах, однако статистически значимо высокий показатель SIR для ХЛЛ был у ликвидаторов, которым на момент аварии было 35–39 лет (SIR = 1,5 (1,04–2,11)), 45–49 лет (SIR = 1,4 (1,04–1,93)) и 55–59 лет (SIR = 1,9 (1,27–2,73)), значимо высокий риск развития ХМЛ – у ликвидаторов, которым на момент аварии было 45–49 лет (SIR = 2,0 (1,29–3,05)) и 50–54 года (SIR = 2,5 (1,46–4,01)). Данные

формы лейкозов сформировали статистически значимо высокий показатель соотношения заболеваемости в этих возрастных группах и для всех лейкозов в целом. Следует отметить 5-кратное увеличение риска ОЛЛ в возрастной группе 15–19 лет на момент аварии, которое не является статистически значимым (всего 2 случая). При этом достоверно высокий риск развития ОЛЛ отмечался у ликвидаторов, которым на момент аварии было 45–49 лет ($SIR = 2,6 (1,1–5,03)$).

При исследовании заболеваемости по периодам нахождения в зоне эвакуации у ликвидаторов, участвовавших в работах в 1986 г., отмечен статистически значимо высокий риск развития ХЛЛ ($SIR = 1,3 (1,08–1,49)$ и ХМЛ ($SIR = 1,8 (1,46–2,24)$) и повышенный ($p > 0,05$) риск развития ОЛЛ ($SIR = 1,4 (0,84–2,07)$). У ликвидаторов, участвовавших в работах в 1987 г., наблюдался значимо высокий риск развития только ХЛЛ ($SIR = 1,8 (1,23–2,43)$) и повышенный ($p > 0,05$) риск развития как ОЛЛ ($SIR = 1,8 (0,59–4,23)$), так и ОМЛ ($SIR = 1,4 (0,65–2,5)$). При этом для всех лейкозов в целом отмечалась корреляционная зависимость между показателем SIR и количеством дней после аварии, прошедших до первого въезда в зону эвакуации ($r_s = 1,0, p < 0,01$). Статистическая значимость выявлена и в отношении заболеваемости ХМЛ независимо от времени начала работ после аварии: риск находился в пределах от 1,5 (1,08–2,03) у тех, кто находился в зоне эвакуации в первые 39 дней, до 1,8 (1,27–2,44) у тех, кто прибыл в зону через 100 дней и более. Также для последней группы был показан достоверно высокий риск развития ХЛЛ ($SIR = 1,5 (1,18–1,87)$).

В зависимости от продолжительности работ в зоне ликвидации последствий аварии статистически значимо высокий риск развития отмечался только у ликвидаторов с ХЛЛ и ХМЛ, работавших как 10 дней и меньше (для ХЛЛ $SIR = 1,6 (1,23–2,08)$, для ХМЛ $SIR = 2,0 (1,38–2,91)$), так 10 дней и больше (для ХЛЛ $SIR = 1,2 (1,03–1,46)$, для ХМЛ $SIR = 1,5 (1,2–1,97)$). При этом у ликвидаторов, пробывших в зоне 10 дней и меньше риск заболеть как ХЛЛ, так и ХМЛ был выше, чем у тех, кто проработал в зоне больше 10 дней. Как указывалось выше, при хронических лейкозах формировался высокий риск заболеваемости всеми формами лейкозов в зависимости от продолжительности нахождения ликвидаторов в зоне выполнения работ ($SIR_{\leq 10 \text{ дней}} = 1,5 (1,24–1,79)$ и $SIR_{> 10 \text{ дней}} = 1,3 (1,12–1,41)$). В отличие от ликвидаторов с хроническими лейкозами, у ликвидаторов с ОЛЛ заболеваемость была выше у тех, кто пробыл в зоне радиоактивного загрязнения больше 10 дней.

Анализ зависимости заболеваемости ликвидаторов от плотности загрязнения ^{137}Cs показал значимо высокий риск заболеваемости только ХЛЛ при работах на территориях с плотностью загрязнения 15–39,99 Ки/км² ($SIR = 1,5 (1,15–1,83)$). Однако суммарно для всех лейкозов статистически значимо высокий риск (за счет увеличения количества случаев) отмечался у лиц, занятых на территориях с плотностью загрязнения 15–39,99 Ки/км² ($SIR = 1,3 (1,1–1,53)$) и 40 Ки/км² и выше ($SIR = 1,3 (1,05–1,7)$). При этом сильная прямая корреляционная зависимость выявлена между плотностью загрязнения и риском развития ОМЛ ($r_s = 1, p < 0,01$). Для других локализаций корреляционной зависимости не выявлено.

При проведении радиационно-эпидемиологического анализа риска развития лейкозов особенно значимым является показатель эквивалентной поглощенной дозы на ККМ. Однако нами не установлено четкой корреляционной зависимости между ИД на ККМ и риском развития лейкозов. Для лиц с ХМЛ высокий риск отмечался при всех дозовых интервалах без четкой зависимости доза–эффект. Статистически значимо высокий риск выявлен только у лиц с ХМЛ в диапазоне низких доз (до 20 мЗв) – $SIR = 2,0 (1,12–3,43)$, $p < 0,05$. В то же время у лиц с ИД на ККМ в диапазоне 150–300 мЗв риск достиг достаточно высокого значения ($SIR = 3,4 (0,92–8,65)$), $p > 0,05$). Следует, однако, отметить, что в диапазоне высоких ИД на ККМ (свыше 300 мЗв) количество ликвидаторов составило всего 2 % (при этом установлен только 1 случай ХМЛ), в связи с чем данная выборка является недостаточной для проведения статистического анализа.

Анализ риска развития как лимфом, так и ММ у ликвидаторов показал в основном сопоставимость данных показателей с популяционными уровнями (табл. 3). Статистически значимо высокий показатель стандартизованного соотношения заболеваемости у ликвидаторов отмечался в группе ликвидаторов с ЛХ, выполнявших работы на территориях с плотностью загрязнения 1,0–4,99 Ки/км² ($SIR = 3,9 (1,07–10,07)$), однако при этом выявлена обратная корреляционная зависимость между риском ЛХ и плотностью загрязнения территорий, на которых находился

Таблица 3. Распределение наблюдаемых случаев (Н) лимфом и множественных миелом и показателей стандартизованного соотношения заболеваемости, скорректированных по полу и месту жительства (SIR)

Table 3. Distribution of the observed cases (H) of lymphomas and multiple myeloma, and the standardized incidence ratios (SIR) adjusted by sex and residence place

Показатель	Объем выборки	Локализация					
		ЛХ		НХЛ		ММ	
		Н	SIR (95 % ДИ)	Н	SIR (95 % ДИ)	Н	SIR (95 % ДИ)
Женщины	18 518	13	1,2 (0,66–2,11)	39	1,2 (0,85–1,62)	22	1,2 (0,78–1,88)
Мужчины	79 978	59	1,1 (0,83–1,41)	147	1,0 (0,87–1,21)	62	1,1 (0,86–1,44)
Возраст на момент аварии, лет:							
15–19	2846	3	1,1 (0,23–3,21)	1	0,5 (0,01–2,97)	0	0 (0–10,35)
20–24	14 844	13	1,1 (0,59–1,89)	14	1,1 (0,6–1,84)	4	1,3 (0,35–3,33)
25–29	19 790	20	1,5 (0,94–2,38)	22	1,0 (0,66–1,58)	9	1,4 (0,62–2,57)
30–34	17 836	11	1,0 (0,51–1,83)	33	1,3 (0,89–1,82)	10	1,0 (0,5–1,93)
35–39	14 680	10	1,1 (0,55–2,11)	32	1,1 (0,73–1,51)	18	1,3 (0,78–2,09)
40–44	7220	4	1,0 (0,26–2,43)	22	1,1 (0,72–1,74)	9	1,0 (0,46–1,93)
45–49	10 365	8	1,2 (0,54–2,45)	24	0,8 (0,5–1,16)	20	1,3 (0,79–2,01)
50–54	6045	2	0,5 (0,07–1,94)	23	1,2 (0,76–1,81)	11	1,2 (0,6–2,15)
55–59	3772	1	0,4 (0,01–2,1)	15	1,2 (0,65–1,93)	4	0,8 (0,21–1,97)
60–64	821	0	0,0 (0,0–6,89)	0	0,0 (0,0–1,5)	0	0,0 (0,0–3,76)
Год начала работы на загрязненной территории:							
1986	76 163	64	1,2 (0,96–1,6)	152	1,1 (0,89–1,24)	69	1,1 (0,89–1,45)
1987	16 597	7	0,6 (0,26–1,33)	27	1,0 (0,67–1,47)	15	1,4 (0,79–2,32)
1988	3541	1	0,6 (0,01–3,17)	4	1,1 (0,3–2,8)	0	0,0 (0,0–2,7)
1989	1920	0	0,0 (0,0–5,19)	3	2,1 (0,43–6,05)	1	1,9 (0,05–10,62)
Продолжительность нахождения на загрязненной территории, дней:							
≤10	20 754	21	1,6 (0,96–2,38)	42	1,0 (0,72–1,35)	16	0,9 (0,5–1,42)
>10	77 556	51	1,0 (0,74–1,31)	144	1,1 (0,91–1,27)	69	1,3 (0,98–1,6)
Ко-во дней от момента аварии до первого въезда на загрязненную территорию:							
0–39	40145	36	1,3 (0,94–1,85)	77	1,0 (0,76–1,21)	39	1,1 (0,82–1,57)
40–99	17018	13	1,1 (0,6–1,93)	41	1,3 (0,95–1,8)	15	1,2 (0,67–1,96)
≥100	41147	23	0,9 (0,56–1,33)	68	1,0 (0,81–1,32)	31	1,2 (0,8–1,67)
Плотность загрязнения Cs ¹³⁷ территорий, на которых выполнялись работы, Ки/км ² :							
1,0–4,99	1932	4	3,9 (1,07–10,07)*	0	0,0 (0,0–1,46)	3	2,9 (0,6–8,51)
5,0–14,99	14 699	14	1,4 (0,78–2,4)	24	0,9 (0,6–1,4)	8	0,8 (0,33–1,51)
15,0–39,99	35 234	22	0,9 (0,59–1,43)	59	0,9 (0,7–1,18)	24	0,9 (0,57–1,32)
≥40	15 397	7	0,7 (0,27–1,39)	35	1,2 (0,85–1,69)	22	1,8 (1,16–2,8)*
Индивидуализир. поглощенная доза на ККМ и окружающую костную ткань, мЗв:							
<20	9727	5	0,8 (0,25–1,8)	17	0,9 (0,51–1,41)	14	1,7 (0,93–2,86)
20–49	24 108	23	1,4 (0,91–2,15)	46	1,0 (0,74–1,34)	15	0,8 (0,44–1,29)
50–99	7171	7	1,5 (0,59–3,03)	15	1,1 (0,6–1,75)	6	1,0 (0,37–2,18)
100–149	2417	1	0,6 (0,02–3,49)	5	1,0 (0,32–2,28)	6	2,6 (0,96–5,71)
150–300	2015	1	0,7 (0,02–4,1)	4	1,0 (0,26–2,44)	3	1,7 (0,34–4,86)
>300	911	1	1,6 (0,04–8,81)	0	0,0 (0,0–1,92)	1	1,2 (0,03–6,85)

ликвидатор ($r_s = -1,0, p < 0,01$). Также статистически значимо высокий риск отмечался и у ликвидаторов с ММ, работавших на территориях с плотностью загрязнения ¹³⁷Cs 40 Ки/км² и выше (SIR = 1,8 (1,16–2,8)), при этом, в отличие от ЛХ, риск развития ММ был выше у ликвидаторов, проработавших более 10 дней в зоне эвакуации (отчуждения).

Заключение. Проведенная оценка риска развития гемобластозов позволила сделать вывод о присутствии избыточной заболеваемости лейкозами в когорте ликвидаторов аварии на ЧАЭС.

Избыточная фракция лейкозов составила порядка 30 %. Повышенная по сравнению с популяционным уровнем заболеваемость лейкозами, отмечаемая с 1990–1994 гг., сохраняется до настоящего времени. Установлено, что высокий риск развития лейкозов формировался за счет хронических лимфоцитарных и миелоцитарных лейкозов независимо от статуса ликвидатора. Изучение влияния возраста ликвидаторов на момент аварии на величину риска лейкозов не позволило сделать вывод о наличии связи между этими показателями. Риск ХМЛ и ХЛЛ менялся в зависимости от продолжительности пребывания в зоне (риск был выше у тех, кто находился в зоне меньше 10 дней) и повышался при отсрочке времени первого прибытия в зону (наиболее высокий риск отмечался у лиц, участвовавших в работах через 100 дней после аварии). Не получено четкой зависимости между риском гемобластозов и плотностью загрязнения, а также ИД на ККМ. Однако можно констатировать, что треть всех случаев миеломной болезни отмечалась у ликвидаторов, выполнявших работы на территории с плотностью загрязнения ^{137}Cs свыше 40 Ки/км² ($\text{SIR} = 1,8 (1,16–2,8)$).

Таким образом, проведенное исследование позволило охарактеризовать риски развития различных форм ЗНКЛКС у ликвидаторов, однако одним из ограничений данного исследования можно назвать небольшое количество случаев этих заболеваний. По результатам нашего исследования выявлены тенденции в распределении риска развития определенных форм ЗНКЛКС, однако для установления более четких зависимостей желательнее повысить объем анализируемой выборки за счет объединения данных российского, украинского и белорусского регистров.

Список использованных источников

1. Radiation. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. – Lyon: IARC, 2012. – Vol. 100D. – 363 p.
2. Ionizing radiation, part 1: x- and gamma (γ)-radiation, and neutrons. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. – Lyon: IARC, 2000. – Vol. 75. – 492 p.
3. 30 лет чернобыльской аварии: итоги и перспективы преодоления ее последствий. Национальный доклад Республики Беларусь. – Минск: М-во по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь, 2016. – 116 с.
4. Океанов, А. Е. Заболеваемость раком щитовидной железы в Республике Беларусь / А. Е. Океанов, Е. П. Демидчик, М. А. Анкудович // Радиация и риск. – 1995. – № 6. – С. 236–239.
5. Чешик, А. А. Заболеваемость лейкозами в Республике Беларусь / А. А. Чешик, И. В. Веялкин, А. В. Рожко // Мед.-биол. проблемы жизнедеятельности. – 2016. – № 2 (16). – С. 62–69.
6. Эпидемиология злокачественных новообразований в Беларуси / И. В. Залуцкий [и др.]. – Минск: Зорны верасень, 2006. – 204 с.
7. Океанов, А. Е. Статистика онкологических заболеваний в Республике Беларусь (2004–2013) / А. Е. Океанов, П. И. Моисеев, Л. Ф. Левин; под ред. О. Г. Суконко. – Минск: РНПЦ ОМР им. Н. Н. Александрова, 2014. – 382 с.
8. Метод реконструкции индивидуализированных накопленных эквивалентных доз облучения красного костного мозга, включенных в Государственный регистр лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на чернобыльской АЭС, других радиационных аварий: инструкция по применению РНПЦ РМиЭЧ; рег. № 096–0914 / А. В. Рожко [и др.]. – Гомель, 2014. – 14 с.
9. Breslow, N. E. Statistical methods in cancer research. The design and analysis of cohort studies / N. E. Breslow, N. E. Day. – Lyon: IARC, 1987. – Vol. 2. – 404 p.
10. Моисеев, П. И. / Эпидемиология злокачественных новообразований: принципы и методы / П. И. Моисеев, И. В. Веялкин, Ю. Е. Демидчик // Руководство по онкологии: учебник / О. Г. Суконко [и др.]; под ред. О. Г. Суконко. – Минск: Белорус. энцикл. им. П. Бровки, 2015. – Т. 1. – С. 51–82.

References

1. Radiation. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon, IARC, 2012, vol. 100D. 363 p.
2. Ionizing radiation, part 1: x- and gamma (γ)-radiation, and neutrons. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon, IARC, 2000, vol. 75. 492 p.
3. 30 years after the Chernobyl accident: results and prospects for overcoming its consequences. National report of the Republic of Belarus. Minsk, Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus, 2016. 116 p. (in Russian).
4. Okeanov A. E., Demidchik E. P., Ankudovich M. A. Thyroid cancer incidence in the Republic of Belarus. *Radiatsiia i risk* [Radiation and Risk], 1995, no. 6, pp. 236–239. (in Russian).
5. Cheshik A. A., Veialkin I. V., Rozhko A. V. Leukemia incidence in the Republic of Belarus. *Mediko-biologicheskie problemy zhiznedeiatel'nosti* [Medical and Biological Problems of Life Activity], 2016, no. 2 (16), pp. 62–69. (in Russian).
6. Zalutskii I. V., Averkin Iu. I., Artemova N. A., Mashevskii A. A. *Epidemiology of Malignant Neoplasms in Belarus*. Minsk, Zornyy verasen, 2006. 204 p. (in Russian).
7. Okeanov A. E., Moiseev P. I., Levin L. F. *Statistics of cancer diseases in the Republic of Belarus (2004–2013)*, in Sukonko O. G. (ed.). Minsk, N. N. Alexandrov National Cancer Center of Belarus, 2014. 382 p. (in Russian).

8. Rozhko A. V., Vlasova N. G., Eventova L. N., Visinberg Iu. V., Mataras A. N., Drozd E. A. *Method for reconstruction of individual accumulated equivalent doses of red bone marrow exposure for persons included in the State Register of people were exposed to radiation due to the Chernobyl disaster and other radiation accidents: Instruksiya po primeneniyyu no. 096–0914*. Gomel, 2014. 14 p. (in Russian).

9. Breslow N. E., Day N. E. *Statistical methods in cancer research. The design and analysis of cohort studies*. Lyon, IARC, 1987, vol. 2. 404 p.

10. Moiseev P. I., Veialkin I. V., Demidchik Iu. E. *Epidemiology of malignant neoplasms: principles and methods. Manual on oncology*, in Sukonko O. G. (ed.). Minsk, 2015, vol. 1, pp. 51–82. (in Russian).

Информация об авторах

Рожко Александр Валентинович – д-р мед. наук, доцент, директор. Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека (ул. Ильича, 290, 246040, г. Гомель, Республика Беларусь). E-mail: rcrm@tut.by.

Чешик Андрей Анатольевич – заведующий отделением. Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека (ул. Ильича, 290, 246040, г. Гомель, Республика Беларусь). E-mail: acheshik@tut.by.

Веялкин Илья Владимирович – канд. биол. наук, доцент, заведующий лабораторией. Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека (ул. Ильича, 290, 246040, г. Гомель, Республика Беларусь). E-mail: veyalkin@mail.ru.

Никонович Сергей Николаевич – ст. науч. сотрудник. Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека (ул. Ильича, 290, 246040, г. Гомель, Республика Беларусь). E-mail: snikonovich@gmail.com.

Information about the authors

Alexander V. Rozhko – D. Sc. (Med.), Assistant Professor, Director. Republican Scientific and Practical Center for Radiation Medicine and Human Ecology (290, Ilyich St., 246040, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: rcrm@tut.by

Andrey A. Cheshik – Head of the Department. Republican Scientific and Practical Center for Radiation Medicine and Human Ecology (290, Ilyich St., 246040, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: acheshik@tut.by.

Ilya V. Veyalkin – Ph. D. (Biol.), Assistant Professor, Head of the Laboratory. Republican Scientific and Practical Center for Radiation Medicine and Human Ecology (290, Ilyich St., 246040, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: veyalkin@mail.ru.

Sergey N. Nikonovich – Senior researcher. Republican Scientific and Practical Center for Radiation Medicine and Human Ecology (290, Ilyich St., 246040, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: snikonovich@gmail.com.