

INCIDENCE OF MALIGNANT NEOPLASMS IN POPULATION OF GOMEL REGION FOLLOWING THE CHERNOBYL ACCIDENT

ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫМИ НОВООБРАЗОВАНИЯМИ СРЕДИ НАСЕЛЕНИЯ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ ПОСЛЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ КАТАСТРОФЫ

A.E. Okeanov, A.V. Yakimovich

N.N. Alexandrov's Research Institute of Oncology and Medical Radiology
Minsk, Belarus

А.Е. Океанов, А.В. Якимович

Научно-исследовательский институт онкологии и медицинской радиологии
им. Н.Н. Александрова, Минск, Беларусь

Abstract

In the period following the Chernobyl accident (1987–1996) a significant increase in incidence values and rate growth of some malignant tumours, including stomach, rectum, lung and bladder cancer typical only of Gomel region was revealed. The thyroid cancer incidence growth in all population of the Gomel region caused most likely by additive irradiation following the Chernobyl NPP accident and some factors potentiating this growth is observed. The dependence of cancer incidence of all sites including kidney, lung and stomach in population on soil radionuclide contamination density in different regions of residence was revealed. The cancer risk increase is most markedly manifested in rural population that received double doses of irradiation compared to the urban one.

Keywords: Chernobyl accident, malignant neoplasms.

RESEARCH OBJECT AND METHODS

The Cancer Registry data of the Republic of Belarus have been used as research material. The radiation factor influence evaluation on cancer incidence dynamics presume a control group of population presence that received no irradiation or only significantly lower doses following the nuclear accident compared to the main study group. The Minsk region is the most suitable for comparison here as the radionuclide contamination level there is considerably lower compared to the Gomel one. Cancer incidence and its growth rate in both regions during the pre-accident period were comparable. The forms of malignant neoplasms were taken into account the incidence growth of which or respective trend to it were caused according to Japanese researchers (Effect of A-bomb radiation on the human body, 1995), by A-bombing radiation exposure effect.

Comparative analysis was carried out:

- in all the regions of Belarus
- between Minsk and Gomel regions
- in districts contaminated with radionuclides and non-contaminated ("clean") ones
- in different age groups

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

В качестве материала использованы данные Канцер-регистра Республики Беларусь. Оценка влияния радиационного фактора на динамику заболеваемости злокачественными новообразованиями предполагает наличие контрольной группы населения, не получившей совсем или получившей вследствие радиационной аварии значительно меньшее облучение, чем исследуемая группа. Наиболее подходящей для сравнения является Минская область, незначительно, по сравнению с Гомельской областью, загрязненная радионуклидами и имеющая сравнимые с доаварийными уровни и темпы роста заболеваемости. Обращено внимание на те формы злокачественных новообразований, относительно которых, согласно данным японских ученых (Effect of A-bomb radiation on the human body, 1995), установлено влияние ионизирующих излучений вследствие атомных бомбардировок — отмечается рост заболеваемости, превышающий естественный, или имеется тенденция к таковому.

Сравнительный анализ проводили:

- по всем областям Беларуси
- между Минской и Гомельской областями
- по "чистым" и загрязненным радионуклидами районам
- по возрастным группам

- in population subgroups (urban and rural)
- in time periods (10 years before and 10 years after the Chernobyl NPP (ChNPP) accident — 1976–1985 and 1987–1996).

The applied research methods:

- incidence rate comparison among different districts of Republic
- changes in age pattern incidence analysis
- changes analysis in incidence ratio between urban and rural population
- ranging of incidence rate among territories with different radionuclide contamination density
- trend analysis (regressive analysis)
- calculation of relative risks
- component analysis
- parameters mapping.

RESULTS AND DISCUSSION

Average cancer incidence rates for two decades (1976–1985 and 1987–1996) i.e. before and after the Chernobyl accident both with regression ratios characterising changes in growth rate or decrease of cancer incidence are presented in tables 1 and 2. It must be noted that the ten-year period following the Chernobyl accident is a latent period of radiation effect realisation for most solid tumours. In this connection averaged values for 10 years before and after the accident are being analysed to determine the incidence rate increase in definite cancer types. Regression ratios and standard deviations characterising changes in incidence trends dynamics that could be partly caused by additive low radiation doses impact have been calculated.

Before the ChNPP accident the cancer incidence in the Gomel region was one of the lowest in the country and constituted 147.5 per 100,000 residents on the average in 1976–1985 compared to 158.2 and 166.4 in Vitebsk and Mogilev regions in the same period respectively. The post-accident period is characterised by significant changes in solid tumours incidence values and rates. That is background for radiation component quota study in those changes' origin. Total incidence of all cancer sites in the Gomel region on average for 10 years (1987–1996) after the accident was 204.9 exceeding respective index (202.5) in the Vitebsk region. In 1995–1996 cancer incidence in the Gomel region became the highest in Belarus.

- по контингентам населения (городское, сельское)
- по временным периодам: 10 лет до аварии на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС) и 10 лет после нее (1976–1985 гг. и 1987–1996 гг.).

Применяли следующие методы исследования:

- сравнение уровней заболеваемости в различных регионах республики
- анализ изменений возрастной структуры заболеваемости
- анализ изменений соотношения заболеваемости среди городского и сельского населения
- ранжирование уровня заболеваемости по территориям с различными плотностями загрязнения радионуклидами
- анализ трендов (регрессионный анализ)
- расчет относительных рисков
- компонентный анализ
- картографирование.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В таблицах 1 и 2 представлены средние за два десятилетия показатели онкологической заболеваемости (1976–1985 и 1987–1996 гг.), а также коэффициенты регрессии, характеризующие изменение темпа роста или снижения этой заболеваемости. Следует отметить, что десятилетний период, прошедший после Чернобыльской аварии, является латентным при реализации радиационных эффектов для большинства форм солидных опухолей. В связи с этим для определения темпов прироста заболеваемости отдельными формами злокачественных опухолей рассмотрены усредненные показатели за десять лет до аварии и за такой же срок после нее: рассчитаны коэффициенты регрессии и стандартные отклонения, характеризующие изменения тенденции динамики заболеваемости, которые могут быть частично обусловлены влиянием дополнительных малых доз ионизирующих излучений.

До аварии на ЧАЭС онкологическая заболеваемость в Гомельской области была одной из самых низких в республике и составляла 147,5 на 100 000 населения в среднем за 1976–1985 гг. (для сравнения: заболеваемость в Витебской и Могилевской областях за этот же период составляли соответственно 158,2 и 166,4). Послеаварийный период характеризуется существенным изменением уровней и темпов заболеваемости рядом солидных опухолей, что требует изучения роли радиационного компонента в возникновении указанных изменений. Общая заболеваемость всеми формами злокачественных опухолей в Гомельской области составила в среднем за 10 лет (1987–1996 гг.) после аварии 204,9 на 100 000 населения, превысив заболеваемость в Витебской области (202,5). В 1995–1996 гг. заболеваемость в Гомельской области стала самой высокой в республике.

TABLE 1

CANCER OF SOME SITES INCIDENCE AMONG GOMEL REGION POPULATION STANDARDISED VALUES ("WORLD" STANDARD)

ТАБЛИЦА 1

ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫМИ НОВООБРАЗОВАНИЯМИ ОТДЕЛЬНЫХ ЛОКАЛИЗАЦИЙ НАСЕЛЕНИЯ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ, СТАНДАРТИЗОВАННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ (СТАНДАРТ "WORLD")

ICD-9	Sites	Average incidence and mean error		P	Ration of linear regression and standard deviation		P
		1976-1985	1987-1996		1976-1985	1987-1996	
151	Stomach	30.1±0.77	28.9±0.34	>0.05	-0.65±0.03	-0.03±0.06	<0.001
153	Colon	4.3±0.20	7.3±0.37	<0.001	0.17±0.04	0.35±0.04	<0.01
154	Rectum	6.2±0.22	8.6±0.38	<0.001	0.14±0.02	0.37±0.04	<0.001
151	Larynx	2.7±0.13	4.3±0.23	<0.001	0.08±0.02	0.22±0.02	<0.001
162	Lung	15.4±0.71	26.9±1.16	<0.001	0.64±0.07	1.14±0.08	<0.001
174	Breast*	20.2±0.57	30.9±1.39	<0.001	0.59±0.09	1.20±0.08	<0.001
188	Bladder	2.2±0.12	5.1±0.31	<0.001	0.02±0.02	0.27±0.04	<0.001
189	Kidney	1.8±0.13	4.8±0.40	<0.001	0.09±0.01	0.39±0.02	<0.001
193	Thyroid	1.2±0.10	5.8±0.93	<0.001	0.05±0.03	0.92±0.09	<0.001

Note: * — per 100,000 female population

Примечание: * — на 100 000 женского населения

TABLE 2

CANCER OF SOME SITES INCIDENCE AMONG MINSK REGION POPULATION STANDARDISED VALUES ("WORLD" STANDARD)

ТАБЛИЦА 2

ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫМИ НОВООБРАЗОВАНИЯМИ ОТДЕЛЬНЫХ ЛОКАЛИЗАЦИЙ НАСЕЛЕНИЯ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ, СТАНДАРТИЗОВАННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ (СТАНДАРТ "WORLD")

ICD-9	Sites	Average incidence and mean error		P	Ration of linear regression and standard deviation		P
		1976-1985	1987-1996		1976-1985	1987-1996	
151	Stomach	33.2±0.67	30.6±0.63	<0.01	-0.51±0.12	-0.38±0.16	>0.05
153	Colon	4.5±0.26	7.4±0.37	<0.001	0.24±0.02	0.31±0.05	>0.05
154	Rectum	6.4±0.24	9.3±0.27	<0.001	0.19±0.04	0.09±0.04	>0.05
151	Larynx	3.3±0.22	5.4±0.21	<0.001	0.18±0.02	0.15±0.03	>0.05
162	Lung	19.3±0.94	33.3±0.92	<0.001	0.93±0.13	0.88±0.10	>0.05
174	Breast*	17.6±0.70	28.3±1.35	<0.001	0.50±0.12	1.29±0.11	<0.001
188	Bladder	3.0±0.18	5.6±0.20	<0.001	0.14±0.04	0.13±0.02	>0.05
189	Kidney	1.8±0.16	5.8±0.57	<0.001	0.11±0.03	0.58±0.02	<0.001
193	Thyroid	1.0±0.11	2.7±0.44	<0.01	0.06±0.01	0.39±0.05	<0.001

Note: * — per 100 000 female population

Примечание: * — на 100 000 женского населения

Reliable growth of thyroid cancer incidence is marked among the population of the Gomel region. Average incidence of thyroid cancer in all population of the Gomel region during 1987–1996 constituted 5.8 and in rural population — 8.5 per 100,000 persons respectively compared to 2.7 and 3.5 in the Minsk region population per 100000 residents. Collective thyroid radiation dose in rural population of the Gomel region is by 14.1 fold over to that in rural population of the Minsk region (315,748 and 22,416 manSv, respectively).

Incidence dynamics of lung cancer in the Minsk and Gomel region differed reliably already in the period before the accident. At the same time one must note the significant acceleration of lung cancer incidence index growth in the Gomel region, while no such regularity is marked in the populations of Minsk and other regions of Belarus. Either no change in trends or no reliable decrease in regression ratios are noted (among Brest and Grodno regions).

Confidential increase in growth rate incidence of some cancer sites, such as colon, rectum, lar-

Отмечается достоверное превышение заболеваемости раком щитовидной железы среди населения Гомельской области. Средняя заболеваемость раком щитовидной железы среди всего населения Гомельской области за 1987–1996 гг. составила 5,8 на 100 000, для сельского населения — 8,5 (для сравнения: в Минской области соответственно 2,7 и 3,5 на 100 000). Коллективная доза облучения щитовидной железы у сельского населения Гомельской области в 14,1 раза больше таковой у сельских жителей Минской области (315 748 и 22 416 челЗв соответственно).

Динамика заболеваемости населения раком легкого в Гомельской и Минской областях достоверно различалась уже в доаварийные годы. Вместе с тем следует отметить достоверное ускорение темпов роста показателей заболеваемости раком легкого в Гомельской области, тогда как среди населения Минской и других областей Беларуси такой закономерности не отмечено. Наблюдается либо отсутствие изменения тенденций либо достоверное снижение коэффициентов регрессии (в Брестской и Гродненской областях).

Отмечается достоверное увеличение заболеваемости в Гомельской области и в отношении злокачественных

ynx, bones, breast, bladder, kidney is noted in Gomel region. This trend remaining in future could result in reliable incidence increase in the Gomel region compared to that in Minsk region.

Regarding gastric cancer cases there is a trend to decrease in the period before the accident. In the post-accident decade this trend was characterised with evolution towards stabilisation and in recent years — towards a small incidence growth more manifested in rural population (differences are statistically significant).

Breast cancer incidence and regression ratios have increased reliably in Minsk and Gomel regions. Growth rate acceleration of larynx cancer is noted in the Vitebsk region practically not contaminated with radionuclides. Statistically significant increase in regression ratio of colon cancer is noted in the Brest region. Marked renal cancer growth and its acceleration is characteristic for all the regions of Belarus.

Thus, the significant increase in cancer incidence and incidence rate that is typical only of the Gomel region is noted concerning the stomach, rectum, lung and bladder cancers. However, that fact is not enough to conclude the absence of influence of small radiation doses on the incidence increase of other cancer forms. For example, study of renal cancer incidence within territories with various contamination levels revealed reliable dependence of incidence excess value on contamination level (table 3). Such dependence is noted among population concerning stomach and lung cancer and that in all sites in total.

The comparison between cancer incidence in urban and rural populations is an important component of the analysis. Collective and cumulative personal irradiation doses received by the rural population are twice as high as in urban residents (collective radiation dose in the period of 1986–1994 is twice as high as the dose received by urban residents of the Gomel region — 7,349 and 3,656 manSv) (Kenigsberg Ya.F. et al., 1995).

опухолей: ободочной и прямой кишки, гортани, костей, молочной железы, мочевого пузыря, почки. Сохранение этой тенденции может привести к достоверному превышению заболеваемости в Гомельской области по сравнению с таковой в Минской области.

В отношении опухолей желудка следует отметить тенденцию к снижению заболеваемости в доаварийный период. Послеаварийное десятилетие характеризуется изменением этой тенденции в сторону стабилизации, а в последние годы — небольшого роста заболеваемости более выраженного среди жителей сельской местности (различия достоверны).

Заболеваемость раком молочной железы и коэффициенты регрессии достоверно возросли в Минской и Гомельской областях. Ускорение темпов роста заболеваемости раком гортани отмечено также в Витебской области, практически не загрязненной радионуклидами. Достоверное увеличение коэффициента регрессии заболеваемости раком ободочной кишки отмечено в Брестской области. Заметный рост заболеваемости раком почки и его ускорение характерно для всех областей Беларуси.

Таким образом, достоверное превышение уровня и скорости роста заболеваемости, характерное только для Гомельской области, отмечено в отношении рака желудка, прямой кишки, легкого, мочевого пузыря. Однако это не дает основания для заключения об отсутствии влияния малых доз ионизирующих излучений на прирост заболеваемости другими формами рака. Например, изучение заболеваемости раком почки на территориях с различными уровнями загрязнения радионуклидами показало достоверную зависимость прироста заболеваемости от уровня загрязнения (таблица 3). Такая зависимость отмечена в отношении заболеваемости населения раком желудка, легкого и суммарно всеми формами рака.

Важным компонентом анализа является сопоставление заболеваемости раком среди городского и сельского населения. Коллективные и кумулятивные индивидуальные дозы облучения сельского населения в два раза выше, чем у городских жителей (коллективная доза облучения за 1986–1994 гг. в два раза превышает таковую, полученную городскими жителями Гомельской области — соответственно 7349 и 3656 челЗв) (Кенигсберг Я.Ф. и соавт., 1995).

AVERAGE RENAL CANCER INCIDENCE RATES AMONG GOMEL REGION DISTRICTS WITH ¹³⁷Cs
SOIL VARIOUS CONTAMINATION DENSITY

TABLE 3

СРЕДНИЕ УРОВНИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ РАКОМ ПОЧКИ ПО РАЙОНАМ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ
С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПО ¹³⁷Cs

ТАБЛИЦА 3

Soil contamination density	Average incidence and mean error		Incidence growth, %	P
	1976–1985	1987–1996		
1. >15 Ci•km ⁻²	1.2±0.5	4.8±1.3	300.0	<0.05
2. 5–15 Ci•km ⁻²	1.9±0.5	5.7±1.1	200.0	<0.01
3. <5 Ci•km ⁻²	2.2±0.8	3.1±1.1	40.1	>0.05
1/2 – P>0.05	1/2 – P>0.05			
1/3 – P>0.05	1/3 – P>0.05			
2/3 – P>0.05	2/3 – P>0.05			

Ratio of cancer cases increase is noted in rural population compared to urban residents for some cancer sites including pancreas, larynx, lung, thyroid, cervix uteri. The increase in rural cervix uteri cancer patients is related to a more rapid decrease in incidence in cities due to more active screening and cancer prevention.

The regression ratio changes analysis before and after the accident showed more manifested incidence growth acceleration in rural population compared to that in the urban one. Regression ratios reliable increase of colon, rectum larynx and lung cancer is present in rural residents, whereas that is not observed in the urban population. Gastric cancer incidence growth was noted in rural areas, in cities incidence decrease after the accident became slower, but no growth was noted. The incidence growth of bone, breast, endometrium cancer in rural areas is higher than that in cities. However, incidence growth of urinary system tumours is higher in the urban population (table 4).

Component incidence analysis (Dvoiryn V.V., Aksel Ye.M., 1990) showed that its growth among urban population before the accident was caused for 20.3% by changes in population age pattern and for 75.6% — by the disease risk, after the ChNPP accident — for 44.5% and 47.9% respectively. In rural population the growth of incidence before the accident was caused by changes in age pattern for 39.7% and by the disease risk — for 49.7%, after the accident these values constituted 28.4% and 71.7% respectively, i.e. the considerable increase in risk component is present. In rural population increase in risk component of colon, rectum, lung, breast, bladder, kidney and thyroid cancer was noted.

CONCLUSIONS

Average thyroid cancer incidence in all population of the Gomel region during the period of 1987–

Отмечено увеличение соотношения заболеваемости сельских жителей и заболеваемости городского населения по раку поджелудочной железы, гортани, легкого, шейки матки, щитовидной железы. Увеличение доли сельских жительниц среди заболевших раком шейки матки обусловлено более быстрыми темпами снижения заболеваемости в городах за счет более активного проведения скрининга и профилактики рака.

Анализ изменения коэффициентов регрессии до и после аварии показал, что в сельской местности ускорение темпов роста заболеваемости более выражено, чем среди городских жителей. У сельских жителей достоверно увеличились коэффициенты регрессии заболеваемости раком ободочной и прямой кишки, гортани, легкого, в то время как у городских жителей этого не наблюдается. В сельской местности отмечен рост заболеваемости раком желудка, в городах снижение заболеваемости после аварии замедлилось, но роста ее не отмечено. В сельской местности выше, чем в городе, рост заболеваемости опухолями костей, раком молочной железы, эндометрия. Вместе с тем прирост заболеваемости опухолями мочевыводящей системы выше среди городских жителей (таблица 4).

Компонентный анализ заболеваемости (Двойрин В.В., Аксель Е.М., 1990) показал, что ее прирост среди городских жителей до аварии был обусловлен на 20,3% изменениями возрастной структуры населения и на 75,6% увеличением риска заболевания; после аварии — соответственно 44,5 и 47,9%; среди сельских жителей до аварии — 39,7 и 49,7%, после аварии — 28,4 и 71,7%, т.е. произошло значительное увеличение компоненты риска заболевания. Среди сельских жителей отмечено увеличение компоненты риска заболевания раком ободочной и прямой кишки, легкого, молочной железы, мочевого пузыря, почки, щитовидной железы.

ВЫВОДЫ

Средняя заболеваемость раком щитовидной железы для всего населения Гомельской области за 1987–1996 гг. со-

ANALYSIS OF REGRESSION RATIO CHANGES BASED UPON STANDARDISED INCIDENCE VALUES DYNAMICS
AMONG URBAN AND RURAL POPULATION OF GOMEL REGION

TABLE 4

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ КОЭФФИЦИЕНТОВ РЕГРЕССИИ НА ОСНОВЕ ДИНАМИКИ СТАНДАРТИЗОВАННЫХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ГОРОДСКОГО И СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

ТАБЛИЦА 4

ICD-9	Site	Regression ratios					
		City			Country		
		1976-1985	1987-1996	P	1976-1985	1987-1996	P
151	Stomach	-0.93	-0.10	<0.001	-0.37	0.13	<0.01
153	Colon	0.22	0.30	>0.05	0.11	0.21	<0.05
154	Rectum	0.33	0.17	>0.05	-0.01	0.41	<0.001
157	Pancreas	0.20	-0.07	<0.01	0.21	0.20	>0.05
161	Larynx	-0.01	-0.12	<0.01	0.14	0.37	<0.001
162	Lung	0.66	0.81	>0.05	0.42	1.69	<0.001
170	Bones	-0.06	0.05	<0.001	-0.03	0.10	<0.001
174	Breast	0.44	0.99	<0.01	0.16	0.88	<0.001
180	Cervix uteri	-0.03	-0.56	>0.05	0.27	-0.04	>0.05
182	Corpus uteri	0.27	0.46	>0.05	0.21	0.72	<0.05
183	Ovaries	0.26	0.10	>0.05	0.25	0.31	>0.05
188	Bladder	0.01	0.35	<0.01	0.01	0.11	<0.05
189	Kidney	0.12	0.46	<0.001	0.05	0.12	>0.05
193	Thyroid	-0.02	0.88	<0.001	0.08	0.94	<0.001
140-208	All sites	2.63	5.51	<0.001	2.18	6.67	<0.001

1996 was 5.8 per 100,000 persons and in rural population — 8.5 per 100,000 population compared to 2.7 in urban and 3.5 in rural population of the Minsk region. Statistically significant incidence growth of lung, stomach, rectum, bladder cancer in the Gomel region population compared to all other regions of Belarus is noted. These differences are more manifest in the rural population that was exposed to higher radiation exposure doses. Component incidence analysis revealed the increase in the risk component of colon, rectum, lung, breast, bladder, kidney, thyroid cancer among rural population.

The study results of cancer incidence in areas with different contamination levels indicated significant dependence presence of incidence growth on contamination density level. This dependence is noted concerning the incidence of stomach, lung, kidney and all the cancers in total.

REFERENCES

- Двойрин В.В., Аксель Е.М. Статистическая оценка особенностей распространения и динамики заболеваемости злокачественными новообразованиями (Метод. рекомендации), Москва, 1990.
 [Dvoiryn V.V., Aksel Ye.M. Malignant neoplasms prevalence and incidence dynamics peculiarities statistical evaluation. (Methodol. guide), Moscow, 1990]
 Кенигсберг Я.Ф., Миненко В.Ф., Буглова Е.Е. и др. Коллективные дозы облучения населения Бела-

ставила 5,8 на 100 000; для сельских жителей — 8,5 на 100 000 (для сравнения: в Минской области — 2,7 и для сельского населения — 3,5 на 100 000). Отмечены достоверно более высокие темпы прироста заболеваемости раком легкого, желудка, прямой кишки, мочевого пузыря среди населения Гомельской области по сравнению с показателями в других областях республики. Эти различия более выражены среди сельского населения, подвергшегося более высоким дозам облучения. Компонентный анализ заболеваемости показал увеличение компоненты риска заболевания раком ободочной кишки, прямой кишки, легкого, молочной железы, мочевого пузыря, почки, щитовидной железы среди сельских жителей.

Изучение заболеваемости раком на территориях с различными уровнями загрязнения радионуклидами показало достоверную зависимость прироста заболеваемости от уровня загрязнения. Такая зависимость отмечена в отношении заболеваемости населения раком желудка, легкого, почки и суммарно всеми формами рака.

руси после аварии на Чернобыльской АЭС и прогноз стохастических эффектов. В сб.: Девять лет Чернобылю. Медицинские последствия, Минск, 1995, вып.2, с. 61–69.

[Kenigsberg Ya.F., Minenko V.F., Buglova Ye.Ye. et al. Belarusian population irradiation collective doses after the Chernobyl NPP accident and stochastic effects prognosis. In: Book Nine Years to Chernobyl. Health Consequences, Minsk, 1995, iss.2, p.61–69]

Effect of A-Bomb Radiation on the Human Body, Tokyo, 1995.