

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫМИ НОВООБРАЗОВАНИЯМИ ЯИЧНИКОВ ЖЕНЩИН, ПРОЖИВАЮЩИХ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПОЛУЧНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ (2000–2019 ГГ.)

А. А. Головлева<sup>1</sup>✉, А. В. Корсаков<sup>2</sup>, В. П. Трошин<sup>1</sup>, О. Ю. Милушкина<sup>2</sup>, Ю. П. Пивоваров<sup>2</sup>, В. В. Королик<sup>2</sup>, Д. Г. Лагереv<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия

<sup>2</sup> Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова, Москва, Россия

Радиоактивное и химическое загрязнение может влиять на процессы канцерогенеза, в том числе на формирование злокачественных новообразований яичников (ЗНОЯ) у женщин. Целью исследования было выполнить сравнительную оценку состояния окружающей среды в городах и районах Брянской области по химическому, радиоактивному и сочетанному радиационно-химическому загрязнению и уровня первичной заболеваемости женщин ЗНОЯ на основании данных официальной статистики за 2000–2019 гг. Данные для исследования предоставили Брянский областной онкологический диспансер, Брянскстат, Ростехнадзор, Роспотребнадзор. Не выявлено как значимых различий уровня первичной заболеваемости ЗНОЯ, так и повышенного риска заболеваемости ЗНОЯ у женского населения 18–80 лет, независимо от экологических условий проживания в 2000–2019 гг. Установлено значимое повышение относительного риска (ОР) первичной заболеваемости низкодифференцированными формами ЗНОЯ у женщин 41–60 лет, проживающих в экологически неблагополучных районах, по сравнению с проживающими на контрольных территориях — ОР 1,88 (95% ДИ: 1,43–2,48);  $p < 0,0001$ ). Частота низкодифференцированных форм ЗНОЯ у женщин 41–60 лет на территориях сочетанного воздействия составляет  $17,6 \pm 1,96$ , что в 1,5 раза превышает значения территорий радиоактивного загрязнения ( $11,7 \pm 2,73$ ) и в 1,2 раза — значения территорий химического загрязнения ( $15,2 \pm 1,31$ ). Сочетанное воздействие радиационно-химического загрязнения привело к более высокому ОР заболеваемости низкодифференцированными формами ЗНОЯ по сравнению с территориями, где присутствует только один фактор загрязнения — радиоактивное загрязнение (ОР 1,51 (95% ДИ: 1,00–2,28)), химическое загрязнение (ОР 1,17 (95% ДИ: 0,90–1,50)). Полученные результаты позволяют предположить синергическое влияние радиационного и химического факторов на заболеваемость низкодифференцированными формами ЗНОЯ.

**Ключевые слова:** авария на ЧАЭС, ЗНОЯ, радиоактивное загрязнение, химическое загрязнение, сочетанное загрязнение, регрессионный анализ, относительный риск, Брянская область

**Благодарности:** авторы благодарят главного врача Брянского областного онкологического диспансера А. И. Маклашова за предоставленную обезличенную статистическую информацию о заболеваемости женщин ЗНОЯ в городах и районах Брянской области в период с 2000 по 2019 г.

**Вклад авторов:** А. А. Головлева — поиск литературы, статистическая обработка, написание рукописи, редактирование и обсуждение статьи; А. В. Корсаков — анализ литературных данных, концепция и дизайн исследования, интерпретация полученных результатов, утверждение окончательного варианта статьи; В. П. Трошин — анализ и интерпретация данных, написание, редактирование и обсуждение статьи; О. Ю. Милушкина — анализ литературных данных, анализ и интерпретация данных, редактирование и обсуждение статьи; Ю. П. Пивоваров, В. В. Королик — анализ и интерпретация данных, редактирование и обсуждение статьи; Д. Г. Лагереv — статистическая обработка, анализ и интерпретация данных.

**Соблюдение этических стандартов:** для исследования использовали обезличенную статистическую информацию о заболеваемости женщин ЗНОЯ на территориях Брянской области в период с 2000 по 2019 г.

✉ **Для корреспонденции:** Александра Андреевна Головлева  
Бульвар 50 лет Октября, д. 7, г. Брянск, 241035, Россия; aleksgolovleva@yandex.ru

**Статья получена:** 08.11.2023 **Статья принята к печати:** 10.05.2024 **Опубликована онлайн:** 24.12.2024

**DOI:** 10.24075/rbh.2024.114

## COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE INCIDENCE OF MALIGNANT NEOPLASMS OF THE OVARIES IN WOMEN LIVING IN THE ENVIRONMENTALLY DISADVANTAGED AREAS (2000–2019)

Golovleva AA<sup>1</sup>✉, Korsakov AV<sup>2</sup>, Troshin VP<sup>1</sup>, Milushkina OYu<sup>2</sup>, Pivovarov YuP<sup>2</sup>, Korolik VV<sup>2</sup>, Lagerev DG<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia

<sup>2</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Radioactive and chemical contamination can affect carcinogenesis, including the development of malignant neoplasms of the ovaries (MNOs) in women. The study aimed to perform comparative assessment of environmental situation in the towns and districts of the Bryansk Region based on chemical, radioactive, and combined radioactive contamination, as well as primary incidence of MNOs in women in accordance with official statistics for the years 2000–2019. The data for the study were provided by the Bryansk Regional Oncology Dispensary, Bryanskstat, Rostekhnadzor, Rospotrebnadzor. Neither significant differences in primary incidence of MNOs, nor increased risk of MNO were revealed in female population aged 18–80 years, regardless of the environmental conditions of living in 2000–2019. We revealed a significantly elevated relative risk (RR) of primary incidence of low-grade MNOs in women aged 41–60 years living in the environmentally disadvantaged areas compared to women living in the control areas: RR 1.88 (95% CI: 1.43–2.48);  $p < 0.0001$ ). The rate of low-grade MNOs in women aged 41–60 years in the areas of the combined exposure is  $17.6 \pm 1.96$ , which 1.5-fold exceeds the values reported for radioactively contaminated areas ( $11.7 \pm 2.73$ ) and 1.2-fold exceeds the values reported for chemically contaminated areas ( $15.2 \pm 1.31$ ). The combined effects of radioactive and chemical contamination results in the higher RR of low-grade MNOs compared to the areas with only one pollution factor, i.e. radioactive contamination (RR 1.51 (95% CI: 1.00–2.28)), chemical contamination (RR 1.17 (95% CI: 0.90–1.50)). The findings suggest synergistic effect of radiation and chemical factors on the incidence of low-grade MNOs.

**Keywords:** Chernobyl accident, malignant neoplasms of the ovaries, radioactive contamination, chemical pollution, combined contamination, regression analysis, relative risk, Bryansk region

**Acknowledgements:** the authors would like to thank A.I. Maklashova, Chief Physician at the Bryansk Regional Oncology Dispensary, for provision of impersonal statistical information about the incidence of MNOs in women in the towns and districts of the Bryansk Region for the years 2000–2019.

**Author contribution:** Golovleva AA — search for literature, statistical analysis, manuscript writing, editing and discussion; Korsakov AV — literature data analysis, study concept and design, interpretation of the results, approval of the final version of the article; Troshin VP — data analysis and interpretation, manuscript writing, editing and discussion; Milushkina OYu — literature data analysis, data analysis and interpretation, manuscript editing and discussion; Pivovarov YuP, Korolik VV — data analysis and interpretation, manuscript editing and discussion; Lagerev DG — statistical processing, data analysis and interpretation.

**Compliance with ethical standards:** the study involved the use of impersonal statistical information about the incidence of MNOs in women in the areas of the Bryansk Region for the years 2000–2019.

✉ **Correspondence should be addressed:** Alexandra A. Golovleva  
Bulvar 50 let Oktyabrya, 7, Bryansk, 241035, Russia; aleksgolovleva@yandex.ru

**Received:** 08.11.2023 **Accepted:** 10.05.2024 **Published online:** 24.12.2024

**DOI:** 10.24075/rbh.2024.114

Согласно последним оценкам ВОЗ GLOBOCAN 2020 [1], отмечено увеличение частоты злокачественных новообразований (ЗНО) в мире до 19,3 млн впервые выявленных случаев и 10,0 млн летальных исходов. Злокачественные новообразования яичников (ЗНОЯ) занимают седьмое место среди всех онкологических заболеваний, в целом являясь при этом одним из фатальных заболеваний женской репродуктивной системы [2]. По данным ФГБНУ РОНЦ имени Н. Н. Блохина, в России по масштабам заболеваемости ЗНОЯ уступают лишь раку эндометрия и раку шейки матки [3].

В работах [4–12] была установлена значимая связь между риском возникновения ЗНОЯ и повышением уровня экологического неблагополучия.

Радиоэкологический мониторинг на юго-западных территориях (ЮЗТ) Брянской области указывает на то, что плотность радиоактивного загрязнения цезием-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) спустя 37 лет после аварии на ЧАЭС превышает установленные радиологические нормы, при этом среднегодовые эффективные дозы достигают сотен мЗв [13–18]. Кроме того, в последние годы в Брянской области отмечают увеличение выброса поллютантов в атмосферный воздух [19].

**Таблица 1.** Ранжирование территорий Брянской области по уровню радиационного, химического и сочетанного загрязнения окружающей среды и уровень первичной заболеваемости ЗНОЯ (2000–2019 гг.)

Территории	Основные газообразные поллютанты в атмосферном воздухе					Плотность радиоактивного загрязнения, кБк/м <sup>2</sup>		Первичная заболеваемость ЗНОЯ, М ± m
	Всего	Из них:				$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	
		ЛОС	NOx	SO <sub>2</sub>	CO			
Валовые выбросы на площадь района, г/м <sup>2</sup>								
Рогнединский р-н	11,5	0	6	0	7	21,7	0,8	25,8 ± 6,5
Суземский р-н	27	5	9	1	13	18,6	2,5	26,3 ± 4,5
Мглинский р-н	31	6	6	2	17	6,6	0,6	17,5 ± 3,1
Клетнянский р-н	47	27	5	5	10	5,4	0,5	21,6 ± 3,5
Навлинский р-н	53	12	13	4	25	18,9	0,8	18,7 ± 3,6
Дубровский р-н	56	13	17	0,4	26	7,2	0,4	19,4 ± 5,0
Брасовский р-н	64	10	19	6	29	25,2	0,4	20,0 ± 3,2
Севский р-н	68	20	10	24	14	18,9	1,4	19,4 ± 4,5
Комаричский р-н	98,7	24,9	18,9	9,2	46,1	27	1	15 ± 2,9
Карачевский р-н	114,8	28,8	35,1	1,1	50,8	14	0,9	25,7 ± 2,7
Суражский р-н	128,2	35,1	34,8	5,8	51,9	8	0,3	18 ± 3,2
<b>Среднее значение</b>	<b>63,5</b>	<b>16,1</b>	<b>15,7</b>	<b>5,3</b>	<b>26,4</b>	<b>15,6</b>	<b>0,9</b>	<b>20,5 ± 1,3 (-8,8%*)</b>
Погарский р-н	123	65	22	4	32	29,9	1,1	29,3 ± 3,9
Жирятинский р-н	154,8	103	17	0,9	34,9	5	0,84	18 ± 4,5
Жуковский р-н	195,9	23	52	40,5	80,7	6,68	0,85	20 ± 1,7
Трубчевский р-н	276	87	28	2,1	157,7	23,67	0,88	16,3 ± 2,5
Почепский р-н	363,8	224	33	2,9	105,9	5	0,54	19 ± 3,2
Унечский р-н	559	292	58	32	177	7,2	0,8	24,1 ± 3,1
Выгоничский р-н	857	749	37	2	70	9,5	0,4	12,7 ± 3,9
Брянский р-н	959	813	47	13	86	5,7	0,4	23,8 ± 1,9
г. Сельцо	5207,6	772	2406	96,8	1935	4	0,86	23 ± 2,7
Дятьковский р-н	8044,8	340	3759	1140	2808	38	1	22,2 ± 1,8
г. Брянск	32189	5218	10887	2617,7	13471	9	6	24 ± 1,5
<b>Среднее значение</b>	<b>4450,8</b>	<b>792,2</b>	<b>1576,8</b>	<b>359,4</b>	<b>1723,4</b>	<b>13,7</b>	<b>1,39</b>	<b>22,8 ± 1,2 (+0,4%*)</b>
Красногорский р-н	16	1	5	0	9	303,4	9,3	18,8 ± 4,2
Гордеевский р-н	29	2	11	0,2	15	328,6	5	11,0 ± 4,2
Злынковский р-н	36,8	4,8	10,8	4,1	18,1	412	16	18 ± 3,7
Новозыбковский р-н	52	11	0,1	0,2	40,7	460	8,6	14,8 ± 5,7
Климовский р-н	71,9	15,9	8,1	14,5	32,9	139,8	6,3	21 ± 3,6
Клинцовский р-н	169,3	16,8	69,8	2,1	81	194	4,8	20,2 ± 3,1
<b>Среднее значение</b>	<b>62,2</b>	<b>8,4</b>	<b>17,6</b>	<b>3,6</b>	<b>32,6</b>	<b>305,8</b>	<b>8,3</b>	<b>18,2 ± 2,0 (-19,0%*)</b>
Стародубский р-н	392	316	24	9	43	45,4	1,4	20,9 ± 2,4
г. Клинцы	7264	2059	2616	139	2450	195,6	3	17,4 ± 1,1
г. Новозыбков	7422	1778	2159	406	3079	456,5	9,7	24,0 ± 2,1
<b>Среднее значение</b>	<b>5026</b>	<b>1384,3</b>	<b>1599,7</b>	<b>184,7</b>	<b>1857,3</b>	<b>232,5</b>	<b>4,7</b>	<b>20,1 ± 0,9 (-11,1%*)</b>

**Примечание:** \* — отличие (%) от общероссийского показателя первичной заболеваемости ЗНОЯ (2000–2019 гг.). Различия первичной заболеваемости ЗНОЯ по U-критерию Манна–Уитни: на экологически благополучных территориях и территориях химического ( $p = 0,67$ ), радиоактивного ( $p = 0,22$ ) и сочетанного ( $p = 0,95$ ) загрязнения; химического и радиоактивного ( $p = 0,11$ ), химического и сочетанного ( $p = 0,94$ ), радиоактивного и сочетанного ( $p = 0,30$ ) загрязнения.

**Таблица 2.** Относительный риск (ОР) первичной заболеваемости ЗНОЯ женщин 18–80 лет на территориях с различным уровнем радиационного, химического и сочетанного загрязнения окружающей среды в 2000–2019 гг.

Вид территории	Численность населения	Заболели, абс.	Не заболели, абс.	ОР (95% ДИ)
Химического, радиоактивного и сочетанного загрязнения (сумма)	9599974	2096	9597878	1,07 (0,96–1,19)
Экологически благополучные	2058551	420	2058131	
Химического загрязнения	7319942	1657	7318285	1,11 (1,00–1,23)
Экологически благополучные	2058551	420	2058131	
Радиоактивного загрязнения	906651	163	906488	0,88 (0,74–1,06)
Экологически благополучные	2058551	420	2058131	
Сочетанного загрязнения	1373381	276	1373105	0,98 (0,85–1,15)
Экологически благополучные	2058551	420	2058131	
Химического загрязнения	7319942	1657	7318285	1,26 (1,07–1,48)
Радиоактивного загрязнения	906651	163	906488	
Сочетанного загрязнения	1373381	276	1373105	0,89 (0,78–1,00)
Химического загрязнения	7319942	1657	7318285	
Сочетанного загрязнения	1373381	276	1373105	1,12 (0,92–1,36)
Радиоактивного загрязнения	906651	163	906488	

На отдельных территориях Брянской области население подвергается сочетанному воздействию радиоактивного и химического загрязнения [20–22].

Таким образом, в результате загрязнения окружающей среды ускоряются темпы мутационного процесса, что создает угрозу генетической безопасности всего живого [23].

Целью исследования было провести сравнительную оценку состояния окружающей среды в городах и районах Брянской области по химическому, радиоактивному и сочетанному радиационно-химическому загрязнению и уровня первичной заболеваемости женщин ЗНОЯ на основании данных официальной статистики за 2000–2019 гг.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анализ плотности радиоактивного загрязнения территорий цезием-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) и стронцием-90 ( $^{90}\text{Sr}$ ) в результате аварии на ЧАЭС осуществляли по данным [17], средние накопленные эффективные дозы облучения (СГЭД<sub>90</sub>) — по данным [24], уровень химического загрязнения атмосферного воздуха CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> и летучими органическими соединениями (ЛОС) — по данным [25] за 2010–2019 гг.

Заболеваемость женского населения впервые выявленными ЗНОЯ (в возрасте 18–80 лет) в Брянской области анализировали, используя официальные данные Брянского областного онкологического диспансера [26]. В 2000–2019 гг. выявлено 2647 случаев ЗНОЯ. Анализ гистологических форм ЗНОЯ выполнен в описанных 942 случаях (возраст 41–60 лет). Пересчет абсолютных величин осуществлялся на 100 000 населения.

Выполнен расчет линейной регрессии и относительного риска (ОР) первичной заболеваемости ЗНОЯ в зависимости от уровня химического и радиоактивного загрязнения для периода с 2000 по 2019 г. Статистический анализ выполняли с использованием критерия Шапиро–Уилка, U-критерия Манна–Уитни, теста Спирмена, линейной регрессии; рассчитывали 95%-й доверительный интервал (95% ДИ); уровни статистической значимости —  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$ ,  $p < 0,001$ . Статистический анализ полученных данных проводили с использованием средств пакета МойОфис («Новые облачные технологии»; Россия).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Города и районы Брянской области были разбиты на четыре группы в зависимости от уровня химического и радиоактивного загрязнения и уровня первичной заболеваемости ЗНОЯ в 2000–2019 гг. (табл. 1). Анализ представленных в таблице результатов описан ранее в работе [27].

Анализ данных, представленных в табл. 2, показал, что на территориях химического, радиоактивного и сочетанного загрязнения не было выявлено повышение ОР заболеваемости ЗНОЯ у женщин по сравнению с контрольными (экологически благополучными) территориями: ОР 1,07 (95% ДИ: 0,96–1,19). Однако риск заболеваемости ЗНОЯ у женщин, проживающих на территориях химического загрязнения, был немного выше, чем у проживающих в контрольных районах (ОР 1,11 (95% ДИ: 1,00–1,23)), при этом различия не были значимыми ( $p = 0,06$ ). Следует отметить, что был выявлен значимо ( $p = 0,005$ ) повышенный риск заболеваемости ЗНОЯ на территориях химического загрязнения относительно территорий радиоактивного загрязнения: ОР 1,26 (95% ДИ: 1,07–1,48). На других территориях такие закономерности выявлены не были (табл. 2).

Как показано на рис., значимое повышение многолетнего тренда первичной заболеваемости ЗНОЯ выявлено только в группе территорий химического загрязнения ( $p < 0,05$ ).

В результате сравнительной оценки первичной заболеваемости женщин 41–60 лет высоко-, умеренно и низкодифференцированными формами ЗНОЯ на экологически различных территориях Брянской области в 2000–2019 гг. установлено, что частота высокодифференцированных форм ЗНОЯ на экологически благополучных территориях составляет  $7,1 \pm 0,83$ , превышая значения территорий радиоактивного ( $1,4 \pm 0,65$ ), химического ( $1,6 \pm 0,35$ ) и сочетанного ( $3,2 \pm 0,75$ ) загрязнения в 5,1, 4,4 и 2,2 раза соответственно ( $p < 0,001$ ) (табл. 3).

Не установлены существенные различия в частоте умеренно дифференцированных форм ЗНОЯ в городах и районах Брянской области, независимо от условий проживания (значения колеблются между 7,0 и 8,8) (табл. 3).

Частота низкодифференцированных форм ЗНОЯ на территориях химического загрязнения составляет

Тренд  
 $y = 1,833x + 15,6$   
 Критерий Фишера = 0,02  
 Стандартная ошибка = 0,54  
 Коэффициент корреляции Спирмена  
 $\rho = 0,79, p = 0,04$   
 Коэффициент детерминации = 0,70  
 95%-й ДИ коэффициента А (0,45; 3,22)

Тренд  
 $y = 2,338x + 9,53$   
 Критерий Фишера = 0,12  
 Стандартная ошибка = 1,27  
 Коэффициент корреляции Спирмена  
 $\rho = 0,64, p = 0,12$   
 Коэффициент детерминации = 0,41  
 95%-й ДИ коэффициента А (-0,91; 5,59)

Тренд  
 $y = -0,038x + 20,2$   
 Критерий Фишера = 0,92  
 Стандартная ошибка = 0,37  
 Коэффициент корреляции Спирмена  
 $\rho = -0,07, p = 0,88$   
 Коэффициент детерминации = 0,002  
 95%-й ДИ коэффициента А (-0,99; 0,92)

Тренд  
 $y = 1,164x + 16,0$   
 Критерий Фишера = 0,21  
 Стандартная ошибка = 0,82  
 Коэффициент корреляции Спирмена  
 $\rho = 0,64, p = 0,12$   
 Коэффициент детерминации = 0,29  
 95%-й ДИ коэффициента А (-0,94; 3,27)

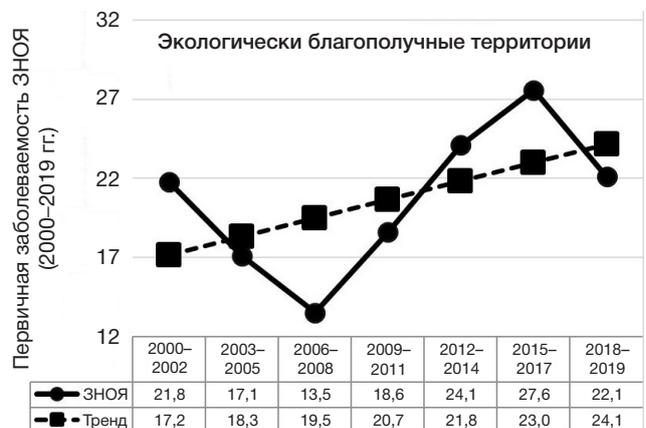
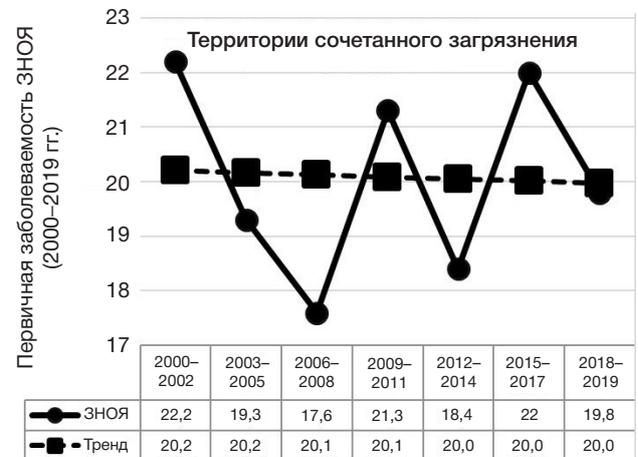
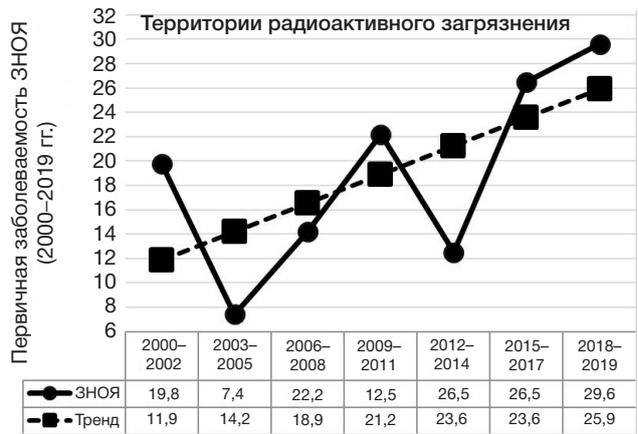


Рис. Динамика первичной заболеваемости ЗНОЯ женщин 18–80 лет на экологически различных территориях Брянской области с линиями многолетнего тренда по трехлетиям в 2000–2019 гг. (в пересчете на 100 000 населения)

**Таблица 3.** Сравнительная оценка первичной заболеваемости женщин 41–60 лет высоко-, умеренно и низкодифференцированными формами ЗНОЯ на экологически различных территориях Брянской области в 2000–2019 гг. (в пересчете на 100 000 населения)

Исследуемые территории Формы ЗНОЯ	Экологически благополучные территории (контроль)	Территории химического загрязнения	Территории радиоактивного загрязнения	Территории сочетанного загрязнения	Значимость межгрупповых различий по U-критерию Манна–Уитни: $p_1$ (I–II), $p_2$ (I–III), $p_3$ (I–IV), $p_4$ (II–III), $p_5$ (II–IV), $p_6$ (III–IV).
	I (n = 166)	II (n = 603)	III (n = 62)	IV (n = 111)	
Все формы	23,9 ± 2,00	25,4 ± 2,55	22,0 ± 3,84	27,6 ± 2,5	$p_1$ н/з; $p_2$ н/з; $p_3$ н/з; $p_4$ н/з; $p_5$ н/з; $p_6$ н/з
из них:					
Высокодифференцированные	7,1 ± 0,83	1,6 ± 0,35	1,4 ± 0,65	3,2 ± 0,75	$p_1^{**}$ ; $p_2^{**}$ ; $p_3^{**}$ ; $p_4^*$ ; $p_5$ н/з; $p_6$ н/з
Умеренно дифференцированные	8,7 ± 1,20	8,6 ± 1,11	8,8 ± 2,17	7,0 ± 1,32	$p_1$ н/з; $p_2$ н/з; $p_3$ н/з; $p_4$ н/з; $p_5$ н/з; $p_6$ н/з
Низкодифференцированные	8,1 ± 1,20	15,2 ± 1,31	11,7 ± 2,73	17,6 ± 1,96	$p_1^{**}$ ; $p_2$ н/з; $p_3^{**}$ ; $p_4^*$ ; $p_5$ н/з; $p_6^*$

**Примечание:** \* — различия значимы при  $p < 0,05$ ; \*\* — различия значимы при  $p < 0,001$ ; н/з — различия незначимы при  $p > 0,05$ .

15,2 ± 1,31, что в 1,3 раза ( $p < 0,05$ ) превышает значения территорий радиоактивного загрязнения (11,7 ± 2,73) и позволяет предположить ведущую роль химического фактора относительно радиоактивного в формировании заболеваемости ЗНОЯ (табл. 3).

Частота низкодифференцированных форм ЗНОЯ в районах сочетанного загрязнения достигает максимальных значений (17,6 ± 1,96), она в 2,2 раза превышает ( $p < 0,001$ ) показатели контрольных районов (8,1 ± 1,20), в 1,5 раза ( $p < 0,05$ ) — показатели районов радиоактивного загрязнения (11,7 ± 2,73) и в 1,17 раза ( $p > 0,05$ ) — показатели районов химического загрязнения (15,2 ± 1,31). Полученные результаты позволяют предположить синергическое влияние радиационного и химического факторов на заболеваемость низкодифференцированными формами ЗНОЯ (табл. 3).

В результате анализа данных, представленных в табл. 4, установлено значимое превышение ОР первичной заболеваемости низкодифференцированными формами ЗНОЯ у женщин 41–60 лет, проживающих на экологически неблагоприятных территориях (суммарно на территориях химического, радиоактивного и сочетанного загрязнения) по сравнению с экологически благополучными (контрольными) территориями (ОР 1,88 (95% ДИ: 1,43–2,48);  $p < 0,0001$ ). Кроме того, по сравнению с контрольными районами ОР превышен на территориях радиоактивного

(ОР 1,45 (95% ДИ: 0,95–2,23)), химического (ОР 1,88 (95% ДИ: 1,42–2,50)) и в большей степени сочетанного загрязнения (ОР 2,20 (95% ДИ: 1,55–3,11)) окружающей среды.

Сочетанное воздействие радиационно-химического загрязнения привело к более высокому ОР заболеваемости низкодифференцированными формами ЗНОЯ по сравнению с территориями, где присутствует только один фактор загрязнения — радиоактивное загрязнение (ОР 1,51 (95% ДИ: 1,00–2,28)), химическое загрязнение (ОР 1,17 (95% ДИ: 0,90–1,50)) (табл. 4). Полученные результаты полностью подтверждает анализ данных из табл. 3.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В работах [28, 29] установлено, что с повышением уровня химического [28] и радиоактивного [29] загрязнения окружающей среды частота низкодифференцированных форм ЗНОЯ солидного строения стала выше частоты высокодифференцированных ЗНОЯ, что указывает на худший прогноз, характеризующийся низкой пятилетней выживаемостью и ранним метастазированием.

Полученные нами результаты подтверждают данные исследований [28, 29] и указывают на рост частоты низкодифференцированных форм ЗНОЯ у женщин 41–60 лет, проживающих на экологически неблагоприятных территориях, с наиболее значимым увеличением

**Таблица 4.** Относительный риск (ОР) первичной заболеваемости женщин 41–60 лет низкодифференцированными формами ЗНОЯ на территориях с различным уровнем радиационного, химического и сочетанного загрязнения окружающей среды в 2000–2019 гг.

Вид территории	Численность населения	Заболели, абс.	Не заболели, абс.	ОР (95% ДИ)
Химического, радиоактивного и сочетанного загрязнения (сумма)	153394	465	152929	1,89 (1,43–2,49)
Экологически благополучные	34823	56	34767	
Химического загрязнения	119153	361	118792	1,88 (1,42–2,50)
Экологически благополучные	34823	56	34767	
Радиоактивного загрязнения	14127	33	14094	1,45 (0,95–2,23)
Экологически благополучные	34823	56	34767	
Сочетанного загрязнения	20114	71	20043	2,20 (1,55–3,11)
Экологически благополучные	34823	56	34767	
Химического загрязнения	119153	361	118792	1,30 (0,91–1,85)
Радиоактивного загрязнения	14127	33	14094	
Сочетанного загрязнения	20114	71	20043	1,17 (0,90–1,50)
Химического загрязнения	119153	361	118792	
Сочетанного загрязнения	20114	71	20043	1,51 (1,00–2,28)
Радиоактивного загрязнения	14127	33	14094	

при сочетанном воздействии радиационного и химического факторов.

Ограничением настоящего исследования было то, что при анализе первичной заболеваемости ЗНОЯ женского населения не учитывали распределение по стадиям заболевания и иммуногистохимическому профилю.

## Выводы

1. В ходе исследования не выявлены как значимые различия уровня первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями яичников (ЗНОЯ), так и повышенный риск заболеваемости ЗНОЯ у женского населения 18–80 лет, независимо от экологических условий проживания в 2000–2019 гг.

2. Установлено значимое превышение относительного риска (ОР) первичной заболеваемости низкодифференцированными формами ЗНОЯ у женщин 41–60 лет, проживающих в экологически неблагоприятных районах (суммарно на территориях химического, радиоактивного и сочетанного

загрязнения) в сравнении с экологически благополучными (контрольными) территориями (ОР 1,88 (95% ДИ: 1,43–2,48);  $p < 0,0001$ ).

3. Показано, что частота низкодифференцированных форм ЗНОЯ у женщин 41–60 лет на территориях сочетанного воздействия составляет  $17,6 \pm 1,96$ , что в 1,5 раза превышает значения территорий радиоактивного загрязнения ( $11,7 \pm 2,73$ ) и в 1,2 раза — значения территорий химического загрязнения ( $15,2 \pm 1,31$ ).

4. Сочетанное воздействие радиационно-химического загрязнения привело к более высокому ОР заболеваемости низкодифференцированными формами ЗНОЯ по сравнению с территориями, где присутствует только один фактор загрязнения — радиоактивное загрязнение (ОР 1,51 (95% ДИ: 1,00–2,28)), химическое загрязнение (ОР 1,17 (95% ДИ: 0,90–1,50)).

5. Полученные результаты позволяют предположить синергическое влияние радиационного и химического факторов на заболеваемость низкодифференцированными формами ЗНОЯ.

## Литература

- Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Laversanne M, Soerjomataram I, Jemal A, et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin.* 2021; 71 (3): 209–49. DOI: 10.3322/caac.21660.
- Ferlay J, Soerjomataram I, Dikshit R, Eser S, Mathers C, Rebelo M, et al. Cancer incidence and mortality worldwide: sources, methods and major patterns in GLOBOCAN 2012. *Int J Cancer.* 2015; 136 (5): E359–86. DOI: 10.1002/ijc.29210.
- Аксель Е. М. Заболеваемость и смертность от злокачественных новообразований органов женской репродуктивной системы в России. *Онкогинекология.* 2015; (1): 6–15.
- Чекин С. Ю., Максюттов М. А., Кащев В. В., Меняйло А. Н., Власов О. К., Щукина Н. В. и др. Прогноз отдаленных медицинских радиологических последствий аварии на Чернобыльской АЭС для граждан России и Республики Беларусь по основным радиационно-обусловленным заболеваниям. *Радиация и риск (Бюллетень НРЭР).* 2016; 25 (4): 7–17. DOI: 10.21870/0131-3878-2016-25-4-07-19.
- Dehghani S, Moshfeghinia R, Ramezani M, Vali M, Oskoei V, Amiri-Ardekani E, et al. Exposure to air pollution and risk of ovarian cancer: a review. *Rev Environ Health.* 2022; 38 (3): 439–50. DOI: 10.1515/revheh-2021-0129.
- Kentros PA, Huang Y, Wylie BJ, Khoury-Collado F, Hou JY, de Meritens AB, et al. Ambient particulate matter air pollution exposure and ovarian cancer incidence in the USA: An ecological study. *BJOG.* 2024; 131 (5): 690–8. DOI: 10.1111/1471-0528.17689.
- Villanueva C, Chang J, Ziogas A, Bristow RE, Vieira VM. Ambient air pollution and ovarian cancer survival in California. *Gynecol Oncol.* 2021; 163 (1): 155–61. DOI: 10.1016/j.ygyno.2021.07.036.
- Hanchette C, Zhang CH, Schwartz GG. Ovarian cancer incidence in the U.S. and toxic emissions from pulp and paper plants: a geospatial analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2018; 15 (8): 1619. DOI: 10.3390/ijerph15081619.
- Coleman NC, Burnett RT, Ezzati M, Marshall JD, Robinson AL, Pope CA 3rd. Fine particulate matter exposure and cancer incidence: analysis of SEER cancer registry data from 1992–2016. *Environ Health Perspect.* 2020; 128 (10): 107004. DOI: 10.1289/EHP7246.
- Zhou S, Xi Y, Chen Y, Zhang Z, Wu C, Yan W, et al. Ovarian dysfunction induced by chronic whole-body PM2.5 exposure. *Small.* 2020; 16 (33): e2000845. DOI: 10.1002/smll.202000845.
- Luderer U, Lim J, Ortiz L, Nguyen JD, Shin JH, Allen BD, et al. Exposure to environmentally relevant concentrations of ambient fine particulate matter (PM2.5) depletes the ovarian follicle reserve and causes sex-dependent cardiovascular changes in apolipoprotein E null mice. *Part Fibre Toxicol.* 2022; 19 (1): 5. DOI: 10.1186/s12989-021-00445-8.
- Utada M, Brenner AV, Preston DL, Cologne JB, Sakata R, Sugiyama H, et al. Radiation risk of ovarian cancer in atomic bomb survivors: 1958–2009. *Radiat Res.* 2021; 195 (1): 60–5. DOI: 10.1667/RADE-20-00170.1.
- Израэль Ю. А., Богдевич И. М. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси. М.: Минск: Инфосфера, 2009; 140 с.
- Постановление Правительства Российской Федерации от 08.10.2015 № 1074 «Перечень населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС».
- Яблоков А. В., Нестеренко В. Б., Нестеренко А. В., Преображенская Н. Е. Чернобыль: последствия Катастрофы для человека и природы. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016; 826 с.
- Bréchnignac F, Oughton D, Mays C, Barnthouse L, Beasley JC, Bonisoli-Alquati A, et al. Addressing ecological effects of radiation on populations and ecosystems to improve protection of the environment against radiation: Agreed statements from a Consensus Symposium. *J Environ Radioact.* 2016; 158-159: 21–9. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2016.03.021.
- Яхрушин В. Н. Данные по радиоактивному загрязнению территории населённых пунктов Российской Федерации цезием-137, стронцием-90 и плутонием-239+240. Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун», 2022; 228 с.
- Романович И. К., Брук Г. Я., Базюкин А. Б., Братилова А. А., Яковлев В. А. Динамика средних годовых и накопленных доз облучения взрослого населения Российской Федерации после аварии на Чернобыльской АЭС. *Здоровье населения и среда обитания — ЗНиСО.* 2020; (3): 33–8.
- Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году». М.: Минприроды России; МГУ им. М. В. Ломоносова, 2023; 686 с.
- Korsakov AV, Geger EV, Lagerev DG, Pugach LI, Mousseau TA. De novo congenital malformation frequencies in children from the Bryansk region following the Chernobyl disaster (2000–2017). *Heliyon.* 2020; 6 (8): e04616. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e04616.
- Корсаков А. В., Крюкова А. Е., Трошин В. П., Милушкина О. Ю., Лагерева Д. Г. Первичная заболеваемость злокачественными новообразованиями шейки матки населения, проживающего на экологически неблагоприятных территориях (2000–2020 гг.). *Гигиена и санитария.* 2023; 102 (1): 14–21.
- Корсаков А. В., Домахина А. С., Трошин В. П., Гергер Э. В. Заболеваемость детского и взрослого населения Брянской области в зависимости от уровней радиационного, химического и сочетанного загрязнения: экологическое исследование. *Экология человека.* 2020; (7): 4–14.

23. Яблоков А. В. О концепции популяционного груза (обзор). Гигиена и санитария. 2015; (6): 11–4.
24. Трапезникова Л. Н. Дозы облучения населения Брянской области от различных источников ионизирующего излучения за 2020 год (информационный справочник). Брянск: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Брянской области, 2021; 51 с.
25. Города и районы Брянской области (статистический сборник). Брянск: Управление Федеральной службы государственной статистики по Брянской области, 2020; 255 с.
26. Первичная заболеваемость женского населения злокачественными новообразованиями яичников за 2000–2019 гг. Материалы Брянского областного онкологического диспансера. Брянск, 2021.
27. Korsakov AV, Golovleva AA, Troshin VP, Lagerev DG, Pugach LI. Ovarian malignancies frequency in the female population from the Bryansk Region living in conditions of radioactive, chemical and combine contamination (2000–2020). *Life*. 2021; 11 (11): 1272. DOI: 10.3390/life11111272.
28. Мильчаков Д. Е., Новичков Е. В., Вотинцев А. А. Клинико-морфологические особенности серозного рака яичников в районах Кировской области. *Вестник Чувашского университета*. 2006; (2): 129–36.
29. Grant EJ, Brenner A, Sugiyama H, Sakata R, Sadakane A, Utada M, et al. Solid cancer incidence among the life span study of atomic bomb survivors: 1958–2009.

## References

1. Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Laversanne M, Soerjomataram I, Jemal A, et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin*. 2021; 71 (3): 209–49. DOI: 10.3322/caac.21660.
2. Ferlay J, Soerjomataram I, Dikshit R, Eser S, Mathers C, Rebelo M, et al. Cancer incidence and mortality worldwide: sources, methods and major patterns in GLOBOCAN 2012. *Int J Cancer*. 2015; 136 (5): E359–86. DOI: 10.1002/ijc.29210.
3. Aksel EM. Zabolevaemost' i smertnost' ot zlokachestvennyh novoobrazovaniy organov zhenskoy reproduktivnoy sistemy v Rossii. *Onkoginekologija*. 2015; (1): 6–15 (in Rus.).
4. Chekin SJu, Maksjutov MA, Kashheev VV, Menjajlo AN, Vlasov OK, Shhukina NV, et al. Prognoz otdaljonnnyh medicinskih radiologicheskikh posledstvij avarii na Chernobyl'skoj AJeS dlja grazhdan Rossii i Respubliki Belarus' po osnovnym radiacionno-obuslovlennym zabolevanijam. *Radiacija i risk (Bjulleten' NRJeR)*. 2016; 25 (4): 7–17 (in Rus.). DOI: 10.21870/0131-3878-2016-25-4-07-19.
5. Dehghani S, Moshfeghinia R, Ramezani M, Vali M, Oskoei V, Amiri-Ardekani E, et al. Exposure to air pollution and risk of ovarian cancer: a review. *Rev Environ Health*. 2022; 38 (3): 439–50. DOI: 10.1515/reveh-2021-0129.
6. Kentros PA, Huang Y, Wylie BJ, Khoury-Collado F, Hou JY, de Meritens AB, et al. Ambient particulate matter air pollution exposure and ovarian cancer incidence in the USA: An ecological study. *BJOG*. 2024; 131 (5): 690–8. DOI: 10.1111/1471-0528.17689.
7. Villanueva C, Chang J, Zogias A, Bristow RE, Vieira VM. Ambient air pollution and ovarian cancer survival in California. *Gynecol Oncol*. 2021; 163 (1): 155–61. DOI: 10.1016/j.ygyno.2021.07.036.
8. Hanchette C, Zhang CH, Schwartz GG. Ovarian cancer incidence in the U.S. and toxic emissions from pulp and paper plants: a geospatial analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2018; 15 (8): 1619. DOI: 10.3390/ijerph15081619.
9. Coleman NC, Burnett RT, Ezzati M, Marshall JD, Robinson AL, Pope CA 3rd. Fine particulate matter exposure and cancer incidence: analysis of SEER cancer registry data from 1992–2016. *Environ Health Perspect*. 2020; 128 (10): 107004. DOI: 10.1289/EHP7246.
10. Zhou S, Xi Y, Chen Y, Zhang Z, Wu C, Yan W, et al. Ovarian dysfunction induced by chronic whole-body PM2.5 exposure. *Small*. 2020; 16 (33): e2000845. DOI: 10.1002/smll.202000845.
11. Luderer U, Lim J, Ortiz L, Nguyen JD, Shin JH, Allen BD, et al. Exposure to environmentally relevant concentrations of ambient fine particulate matter (PM2.5) depletes the ovarian follicle reserve and causes sex-dependent cardiovascular changes in apolipoprotein E null mice. *Part Fibre Toxicol*. 2022; 19 (1): 5. DOI: 10.1186/s12989-021-00445-8.
12. Utada M, Brenner AV, Preston DL, Cologne JB, Sakata R, Sugiyama H, et al. Radiation risk of ovarian cancer in atomic bomb survivors: 1958–2009. *Radiat Res*. 2021; 195 (1): 60–5. DOI: 10.1667/RADE-20-00170.1.
13. Izrajel JuA, Bogdevich IM. Atlas sovremennyh i prognoznyh aspektov posledstvij avarii na Chernobyl'skoj AJeS na postradavshih territorijah Rossii i Belarusi. M.; Minsk: Infosfera, 2009; 140 p. (in Rus.).
14. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 08.10.2015 № 1074 "Perechen' naselennyh punktov, nahodjashihhsja v granicah zon radioaktivnogo zagriznenija vsledstvie katastrofy na Chernobyl'skoj AJeS". (In Rus.).
15. Jablov AV, Nesterenko VB, Nesterenko AV, Preobrazhenskaja NE. Chernobyl': posledstviya katastrofy dlja cheloveka i prirody. 6-e izd., pererab. i dop. M.: Tovarishestvo nauchnyh izdaniy KMK, 2016; 826 p. (in Rus.).
16. Bréchnignac F, Oughton D, Mays C, Barnhouse L, Beasley JC, Bonisoli-Alquati A, et al. Addressing ecological effects of radiation on populations and ecosystems to improve protection of the environment against radiation: Agreed statements from a Consensus Symposium. *J Environ Radioact*. 2016; 158-159: 21–9. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2016.03.021.
17. Jahrijushin VN. Dannye po radioaktivnomu zagrizneniju territorii nasejlonnyh punktov Rossijskoj Federacii ceziem-137, stronciem-90 i plutoniem-239+240. Obninsk: FGBU "NPO "Tajfun", 2022; 228 p. (in Rus.).
18. Romanovich IK, Bruk GJa, Bazjukin AB, Bratilova AA, Jakovlev VA. Dinamika srednih godovyh i nakoplennyh doz obluchenija vzroslogo naselenija Rossijskoj Federacii posle avarii na Chernobyl'skoj AJeS. *Zdorov'e naselenija i sreda obitaniya — ZNISO*. 2020; (3): 33–8 (in Rus.).
19. Gosudarstvennyj doklad "O sostojanii i ob ohrane okruzhajushhej sredy Rossijskoj Federacii v 2021 godu". M.: Minprirody Rossii; MGU im. M. V. Lomonosova, 2023; 686 p. (in Rus.).
20. Korsakov AV, Geger EV, Lagerev DG, Pugach LI, Mousseau TA. De novo congenital malformation frequencies in children from the Bryansk region following the Chernobyl disaster (2000–2017). *Heliyon*. 2020; 6 (8): e04616. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e04616.
21. Korsakov AV, Krjukova AE, Troshin VP, Milushkina OJu, Lagerev DG. Pervichnaja zabolevaemost' zlokachestvennymi novoobrazovaniyami shejki matki naselenija, prozhivajushhego na jekologicheski neblagopoluchnyh territorijah (2000–2020 gg.). *Gigiena i sanitarija*. 2023; 102 (1): 14–21 (in Rus.).
22. Korsakov AV, Domahina AS, Troshin VP, Geger JeV. Zabolevaemost' dzekskogo i vzroslogo naselenija Brjanskoj oblasti v zavisimosti ot urovnej radiacionnogo, himicheskogo i sochetannogo zagriznenija: jekologicheskoe issledovanie. *Jekologija cheloveka*. 2020; (7): 4–14 (in Rus.).
23. Jablov AV. O koncepcii populjacionnogo gruzha (obzor). *Gigiena i sanitarija*. 2015; (6): 11–4 (in Rus.).
24. Trapeznikova LN. Dozy obluchenija naselenija Brjanskoj oblasti ot razlichnyh istochnikov ionizirujushhego izluchenija za 2020 god (informacionnyj spravochnik). Brjansk: Upravlenie Federal'noj sluzhby po nadzoru v sfere zashhity prav potrebitelej i blagopoluchija cheloveka po Brjanskoj oblasti, 2021; 51 p. (in Rus.).
25. Goroda i rajony Brjanskoj oblasti (statisticheskij sbornik). Brjansk: Upravlenie Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Brjanskoj oblasti, 2020; 255 p. (in Rus.).
26. Pervichnaja zabolevaemost' zhenskogo naselenija zlokachestvennymi novoobrazovaniyami jaichnikov za 2000–2019 gg. Materialy Brjanskogo oblastnogo onkologicheskogo dispansera. Brjansk, 2021.
27. Korsakov AV, Golovleva AA, Troshin VP, Lagerev DG, Pugach LI. Ovarian malignancies frequency in the female population from the Bryansk Region living in conditions of radioactive, chemical and combine contamination (2000–2020). *Life*. 2021; 11 (11): 1272. DOI: 10.3390/life11111272.
28. Milchakov DE, Novichkov EV, Votincev AA. Kliniko-morfologicheskie osobennosti seroznogo raka jaichnikov v rajonah Kirovskoj oblasti. *Vestnik Chuvashskogo universiteta*. 2006; (2): 129–36 (in Rus.).
29. Grant EJ, Brenner A, Sugiyama H, Sakata R, Sadakane A, Utada M, et al. Solid cancer incidence among the life span study of atomic bomb survivors: 1958–2009.