

Читать  
онлайн  
Read  
onlineКорсаков А.В.<sup>1</sup>, Крюкова А.Е.<sup>2</sup>, Трошин В.П.<sup>2</sup>, Милушкина О.Ю.<sup>1</sup>, Лагерев Д.Г.<sup>2</sup>

## Первичная заболеваемость злокачественными новообразованиями шейки матки населения, проживающего на экологически неблагоприятных территориях (2000–2020 гг.)

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117997, Москва, Россия;<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», 241035, Брянск, Россия

**Введение.** На радиоактивно загрязнённых территориях России, Украины и Беларуси, пострадавших в результате Чернобыльской катастрофы 36 лет назад, в настоящий момент проживает около 5 млн человек, а плотность радиоактивного загрязнения цезием-137 и стронцием-90 будет оставаться радиологически значимой на протяжении десятков лет.

**Цель работы** — на основании данных официальной статистики за 2000–2020 гг. проанализировать динамику первичной заболеваемости злокачественными новообразованиями шейки матки (ЗНОШМ) женского населения Брянской области, проживающего в условиях химического, радиоактивного и сочетанного загрязнения окружающей среды.

**Материалы и методы.** Тест Шапиро–Уилка, U-критерий Манна–Уитни, тест ранговой корреляции Спирмена и регрессия Пуассона. Источники данных: Брянский областной онкологический диспансер, Роспотребнадзор, Ростехнадзор, Брянскстат.

**Результаты.** Не установлено статистически значимых различий в частоте первичной заболеваемости ЗНОШМ у женщин независимо от уровня химического, радиоактивного и сочетанного загрязнения окружающей среды. Также не выявлено значимых корреляционных связей частоты первичной заболеваемости ЗНОШМ как с плотностью загрязнения <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr, так и с загрязнением атмосферного воздуха газообразными поллютантами (летучие органические соединения, SO<sub>2</sub>, CO и NO<sub>x</sub>). Выявлено статистически значимое ( $p < 0,00001$ ) повышение заболеваемости ЗНОШМ за 2000–2019 гг. во всех исследуемых группах независимо от экологических условий проживания. Прогноз частоты ЗНОШМ в среднем по Брянской области на 2020 г. показывает уменьшение на 20,7% реальных значений в сравнении с прогнозными данными.

**Ограничения исследования.** Первичная заболеваемость ЗНОШМ женского населения без учёта возрастных групп, распределения на стадии заболевания, гистологического и иммуногистохимического профиля.

**Заключение.** Полученные результаты указывают на необходимость дальнейшего изучения наличия или отсутствия независимого и сочетанного воздействия поллютантов на рост онкогинекологической патологии с позиции оценки отдалённого и регионального метастазирования, гистологического и иммуногистохимического профиля конкретного ЗНОШМ с уровнями химического, радиоактивного и сочетанного загрязнения окружающей среды.

**Ключевые слова:** Чернобыльская катастрофа; злокачественные новообразования шейки матки; первичная заболеваемость; химическое загрязнение; сочетанное загрязнение; радиоактивное загрязнение; цезий-137; стронций-90; СГЭД<sub>90</sub>; регрессионный анализ; поллютанты; корреляционный анализ; Брянская область

**Соблюдение этических стандартов.** Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

**Для цитирования:** Корсаков А.В., Крюкова А.Е., Трошин В.П., Милушкина О.Ю., Лагерев 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. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-1-14-21> <https://elibrary.ru/davqrg>

**Для корреспонденции:** Крюкова Анна Евгеньевна, аспирант кафедры «Техноферная безопасность» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», 241035, Брянск, Россия. E-mail: [kryukovaanna@bk.ru](mailto:kryukovaanna@bk.ru)

**Участие авторов:** Корсаков А.В. — концепция и дизайн исследования, анализ данных литературы, интерпретация полученных результатов, написание текста, утверждение окончательного варианта статьи; Крюкова А.Е. — сбор информации, статистическая обработка, написание текста, редактирование; Трошин В.П. — анализ и интерпретация данных, написание текста, редактирование; Милушкина О.Ю. — интерпретация данных, анализ данных литературы, редактирование; Лагерев Д.Г. — анализ данных, редактирование. Все соавторы — ответственность за целостность всех частей статьи.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 13.09.2022 / Принята к печати: 08.12.2022 / Опубликована: 15.02.2023

Anton V. Korsakov<sup>1</sup>, Anna E. Kryukova<sup>2</sup>, Vladislav P. Troshin<sup>2</sup>, Olga Yu. Milushkina<sup>1</sup>, Dmitry G. Lagerev<sup>2</sup>

## Primary incidence of cervical cancer in the population living in ecologically disadvantaged areas (2000–2020)

<sup>1</sup>Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, 117997, Russian Federation;<sup>2</sup>Bryansk State Technical University, Bryansk, 241035, Russian Federation

**Introduction.** Thirty six years after the Chernobyl disaster about 5 million people live in the radioactively contaminated territories of Ukraine, Belarus and Russia, and the density of radioactive contamination, determined mainly by long-lived Cesium-137 and Strontium-90, will remain radiologically significant for several decades.

**Purpose of the study.** Based on official statistics for 2000–2020, to analyze the trend in the incidence of cervical cancer in females living in conditions of radioactive, chemical, and combined environmental contamination in the Bryansk region.

**Materials and methods.** Poisson regression, Shapiro–Wilk test, Mann–Whitney U-test, Spearman test. Data sources — Bryansk Regional Oncological Dispensary, Rosпотребнадзор, Rostekhnadzor, Bryanskstat.

**Results.** There were no statistically significant differences in the incidence of the cervical cancer, regardless of the level of radioactive, chemical, and combined environmental contamination. Also, we have found no significant correlations between the frequency of primary morbidity of the cervical cancer with neither the density of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  contamination, nor air pollution with gaseous pollutants (VOCs,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$  and  $\text{NO}_x$ ). A statistically significant ( $p < 0.00001$ ) gain in the long-term trend in the incidence of the cervical cancer over 2000–2019 was revealed in all the studied groups, regardless of the environmental conditions of the residence. The forecast for the incidence of the cervical cancer on average in the Bryansk region during 2020 shows a decrease by 20.7% in real values compared to the forecast data.

**Limitations.** Incidence of the cervical cancer without regard to age groups, distribution at the stage of the disease, histological, and immunohistochemical profile. **Conclusion.** The obtained results indicate to the need for further work to understand the trends in the presence/absence of independent and combined effects of pollutants on the growth of oncogynecological pathology from the standpoint of assessing distant and regional metastasis, the histological, and immunohistochemical profile of a specific cervical cancer with levels of radioactive, chemical, and combined environmental contamination.

**Keywords:** Chernobyl disaster; Malignant neoplasms of the cervix; Primary morbidity; Radioactive contamination; Chemical pollution; Combined contamination; Cesium-137; Strontium-90; Average annual effective dose; Pollutants; Regression analysis; Correlation analysis; Bryansk region

**Compliance with ethical standards.** The study does not require the submission of a biomedical ethics committee opinion or other documents.

**For citation:** Korsakov A.V., Kryukova A.E., Troshin V.P., Milushkina O.Yu., Lagerev D.G. Primary incidence of cervical cancer in the population living in ecologically disadvantaged areas (2000–2020). *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(1): 14–21. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-1-14-21> <https://elibrary.ru/davqrg> (In Russian)

**For correspondence:** Anna E. Kryukova, MD, post-graduate student of the Technosphere Safety Department, Bryansk State Technical University, Bryansk, 241035, Russian Federation. E-mail: kryukovaanna@bk.ru

#### Information about authors:

Korsakov A.V., <https://orcid.org/0000-0002-4609-0246> Kryukova A.E., <https://orcid.org/0000-0003-4655-2727>  
Troshin V.P., <https://orcid.org/0000-0003-1675-7553> Milushkina O.Yu., <https://orcid.org/0000-0001-6534-7951>  
Lagerev D.G., <https://orcid.org/0000-0002-2702-6492>

**Contribution.** Korsakov A.V. – analysis of literature data, the concept and design of the study, writing the manuscript and interpreting the results, approval of the final version of the article; Kryukova A.E. – collection of information, statistical processing, writing, editing and discussion of the article; Troshin V.P. – analysis and interpretation of data, writing, editing and discussion of the article; Milushkina O.Yu. – analysis of literature data, interpretation of data, editing and discussion of the article; Lagerev D.G. – data analysis, editing and discussion of the article. *All co-authors* – responsibility for the integrity of all parts of the article.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Acknowledgement.** The study had no sponsorship.

Received: September 13, 2022 / Accepted: December 8, 2022 / Published: February 15, 2023

## Введение

Согласно последней информации международного агентства по изучению рака (МАИР) при Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) GLOBOCAN 2020 [1], в мире зарегистрировано 19,3 млн новых случаев злокачественных новообразований. По прогнозам МАИР, в 2040 г. будет выявлено 28,4 млн случаев, что на 47% больше, чем в 2020 г. Злокачественные новообразования шейки матки (ЗНОШМ) находятся на четвёртом месте, будучи наиболее часто диагностируемым раком и четвёртой ведущей причиной смерти от рака у женского населения. В 2020 г. в мире зарегистрировано 604 тыс. новых случаев заболевания и 342 тыс. смертей [1].

По данным Российского научно-исследовательского онкологического института им. П.А. Герцена [2], в Российской Федерации в 2020 г. ЗНОШМ занимают седьмое место (4,7% больных) по распространённости в структуре всех злокачественных новообразований [2]. Необходимо подчеркнуть, что в 2020 г. среди пациенток с впервые выявленным раком шейки матки у 33,6% женского населения России ЗНОШМ выявлены на III–IV стадиях [2], что ухудшает прогноз эффективного лечения и качества жизни.

Ряд исследований выявляет статистически достоверную связь риска возникновения злокачественных новообразований женской репродуктивной системы с увеличением уровня радиоактивного [3–9] и химического [10–15] загрязнения окружающей среды.

На радиоактивно загрязнённых территориях России, Украины и Беларуси, пострадавших от Чернобыльской катастрофы 36 лет назад, в настоящий момент проживает около 5 млн человек [3], а плотность радиоактивного загрязнения цезием-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) и стронцием-90 ( $^{90}\text{Sr}$ ) будет оставаться радиологически значимой на протяжении десятков лет [16].

На радиоактивно загрязнённых из-за Чернобыльской катастрофы территориях Брянской области проживает более 300 тыс. человек, 60% которых составляет женское население [17]. Постоянное радиоэкологическое наблюдение в Брянском регионе указывает на то, что плотность загрязнения почв  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  на юго-западных территориях (ЮЗТ)

существенно превышает установленные радиологические пределы [18], при этом накопленные дозы облучения населения спустя 36 лет после аварии на ЧАЭС колеблются в диапазоне от единиц до сотен мЗв [19]. По официальным данным\*, за последние годы в Брянской области отмечается увеличение выброса поллютантов, загрязняющих атмосферный воздух, – в большей степени оксида углерода (CO) и летучих органических соединений (ЛОС). Следует отметить, что на некоторых территориях Брянской области население подвергается сочетанному влиянию радиоактивного и химического загрязнения окружающей среды [20–22].

Установлено, что сочетание радиоактивных и химических загрязнений привело к значительно более высокой частоте множественных врождённых пороков развития по сравнению с регионами, где присутствует лишь один загрязняющий фактор: только радиация – в 2,2 раза ( $p = 0,034$ ); только химические загрязнения – в 1,9 раза ( $p = 0,008$ ) [20]. Эти результаты предполагают аддитивное и потенциально синергетическое воздействие радиоактивных и химических веществ на частоту множественных врождённых пороков развития.

Таким образом, резкий рост мутационного процесса, возникающий вследствие загрязнения окружающей среды, создаёт угрозу генетической безопасности живых организмов [23].

В связи с этим изучение состояния здоровья женского населения, проживающего в экологически неблагоприятных условиях, является весьма актуальным. Авторами проведено сравнительное исследование динамики первичной заболеваемости ЗНОШМ женского населения, проживающего в условиях химического, радиоактивного и сочетанного загрязнения окружающей среды, за многолетний период.

\* Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году». М.: Минприроды России; МГУ им. М.В. Ломоносова, 2021, 864 с. Доступно: [https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye\\_doklady/gosudarstvennyy\\_doklad\\_o\\_sostoyanii\\_i\\_ob\\_okhrane\\_okruzhayushchey\\_sredy\\_rossiyskoy\\_federatsii\\_v\\_2020/?special\\_version=Y](https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2020/?special_version=Y) (дата обращения: 12.05.2022 г.).

## Материалы и методы

Во всех районах и городах Брянской области с учётом уровней радиационного (вследствие Чернобыльской катастрофы), химического (вследствие загрязнения атмосферного воздуха) и сочетанного радиационно-химического загрязнения выполнен обширный анализ гигиенического состояния окружающей среды на протяжении 2000–2019 гг., затем проведена сравнительная оценка динамики первичной заболеваемости ЗНОШМ женского населения.

Плотность радиоактивного загрязнения территорий  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в результате Чернобыльской катастрофы определяли по [18], средние накопленные эффективные дозы облучения – по данным [24]. На основании сведений, представленных Ростехнадзором, оценивали уровень химического загрязнения – выбросы в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников, тонн в год [17]. Определены основные поллютанты, загрязняющие атмосферный воздух: оксид углерода, оксиды азота, диоксид серы и ЛОС (включая формальдегид, бензол, бенз(а)пирен, стирол, пиридин, винилхлорид, акролеин и фенол). Пересчёт выбросов химических веществ в атмосферный воздух (тонн/год) производили на площадь района ( $\text{км}^2$ ) в  $\text{г}/\text{м}^2$  [17].

Заболеваемость женского населения Брянской области ЗНОШМ (возраст от 18 до 80 лет) анализировали по данным Брянского областного онкологического диспансера [25]. Всего за 2000–2020 гг. зарегистрировано 2325 впервые выявленных случаев ЗНОШМ, в том числе на экологически благополучных территориях 422 случая, на территориях химического загрязнения – 1433 случая, на территориях радиоактивного и сочетанного загрязнения – 182 и 288 случаев соответственно. Пересчёт абсолютных значений заболеваемости ЗНОШМ осуществляли на 100 тыс. женского населения старше 18 лет в городах и районах [17].

С помощью средств пакета Stata SE 14.2 проводили статистический анализ полученных данных. Выборочное среднее ( $M$ ) и стандартная ошибка среднего ( $m$ ) использовано в качестве среднего значения. С использованием критерия Шапиро–Уилка определяли нормальность распределения данных. Показано, что распределение ненормальное как для всех поллютантов, так и для  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и ЗНОШМ. Поэтому для оценки связи уровня химического и радиоактивного загрязнения с уровнем заболеваемости ЗНОШМ применён тест ранговой корреляции Спирмена [26].  $U$ -критерий Манна–Уитни использован для проверки статистической значимости различий (парные сравнения) [26].

Выполнили расчёт регрессии Пуассона уровня первичной заболеваемости ЗНОШМ [27] и расчёт прогноза уровня первичной заболеваемости ЗНОШМ. На основании данных за 2000–2019 гг. по регрессии Пуассона осуществлён прогноз на 2020 г. Представленный прогноз позволяет оценить, насколько реальные значения частоты первичной заболеваемости ЗНОШМ в условиях пандемии COVID-19 отличаются от прогнозируемых.

## Результаты

Города и районы Брянского региона ранжированы в зависимости от плотности радиоактивного загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , уровней химического загрязнения атмосферного воздуха оксидом углерода, оксидами азота, диоксидом серы и ЛОС, а также по первичной заболеваемости женского населения ЗНОШМ (табл. 1).

В Брянской области уровни химического загрязнения ведущими газообразными поллютантами и плотность радиоактивного загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  (см. табл. 1) находятся в широких пределах: по химическому загрязнению атмосферного воздуха ( $\text{г}/\text{м}^2$ ) – от 13 до 32 190, из них по ЛОС – от 0 до 5217; по оксидам азота – от 6 до 10 886; по диоксиду серы – от 0 до 2617 и оксиду углерода – от 7 до 13 470; по  $^{90}\text{Sr}$  – от 0,4 до 16,3  $\text{кБк}/\text{м}^2$ ;  $^{137}\text{Cs}$  – от 4,4 до 460,6  $\text{кБк}/\text{м}^2$ .

Величины среднегодовой эффективной дозы (СГЭД<sub>90</sub>) от чернобыльской составляющей в группе экологически благополучных территорий и территорий химического загрязнения не превышают 0,1 мЗв в год, в то время как в группе территорий радиоактивного и сочетанного загрязнения СГЭД<sub>90</sub> в среднем составляет 1,2 мЗв в год, при этом максимальные значения в 2020 г. зарегистрированы в с. Барсуки Красногорского района (5,6 мЗв в год). В группе экологически благополучных территорий плотность радиоактивного загрязнения значительно меньше установленных нормативов (критериев отнесения территорий к зонам радиоактивного загрязнения) как для  $^{137}\text{Cs}$  (до 37  $\text{кБк}/\text{м}^2$ ), так и для  $^{90}\text{Sr}$  (до 5,6  $\text{кБк}/\text{м}^2$ ). Уровень загрязнения атмосферы газообразными поллютантами составил от 13 до 128  $\text{г}/\text{м}^2$ , что позволяет отнести эти территории к экологически благополучным (контрольным). СГЭД<sub>90</sub> не превышают 0,1 мЗв в год. Частота первичной заболеваемости ЗНОШМ на экологически благополучных территориях находится в пределах от 12,9 до 28,1, среднее значение за двадцатилетний период составило 19,7, что меньше общероссийских значений на 14,9% (23,2) (см. табл. 1).

Выбросы газообразных поллютантов на химически загрязнённых территориях превышают аналогичные показатели контрольных территорий в десятки, сотни, а иногда и в тысячи раз – от 123 до 32 190  $\text{г}/\text{м}^2$ . При этом плотность загрязнения долгоживущими радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$  составляет от 4,4 до 38,4  $\text{кБк}/\text{м}^2$ , а  $^{90}\text{Sr}$  – от 0,4 до 5,9  $\text{кБк}/\text{м}^2$ . Величины СГЭД<sub>90</sub>, как и в группе контрольных территорий, не превышают 0,1 мЗв в год. Уровень заболеваемости ЗНОШМ в этой группе районов составляет от 15,8 до 25, среднее значение – 18,6, что на 19,7% меньше общероссийских значений и на 5,6% меньше показателей в экологически благополучных районах.

На территориях радиоактивного загрязнения плотность загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  превышает нормативы в 3,8–12,4 раза (от 139,6 до 460,6  $\text{кБк}/\text{м}^2$ ). Плотность загрязнения  $^{90}\text{Sr}$  достигает максимальных величин в Злынковском районе (16,3  $\text{кБк}/\text{м}^2$ ), что превышает установленные нормы в 2,9 раза, однако в Гордеевском и Клинцовском районах уровень загрязнения составил 5 и 4,7  $\text{кБк}/\text{м}^2$ . Таким образом, на радиоактивно загрязнённых территориях СГЭД<sub>90</sub> облучения населения находится в пределах от 0,6 до 1,9 мЗв в год. При этом загрязнение атмосферы является низким (от 15 до 169  $\text{г}/\text{м}^2$ ) и сопоставимо со значениями экологически благополучных территорий. Выявлено, что на территориях радиоактивного загрязнения частота заболеваемости ЗНОШМ составляет от 12,6 до 23,3, среднее значение – 19,3, что на 16,7% меньше общероссийских значений и практически совпадает с контрольными районами (–2%).

И на территориях сочетанного загрязнения, и на радиационно загрязнённых территориях плотность радиоактивного загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  превышает установленные нормативы в 1,23–12,3 раза, составляя 45,4–456,5  $\text{кБк}/\text{м}^2$ . В г. Новозыбкове регистрируется самая высокая плотность загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  (456,5  $\text{кБк}/\text{м}^2$ ), плотность загрязнения  $^{90}\text{Sr}$  также превышает нормативные значения (9,7  $\text{кБк}/\text{м}^2$ ), величины СГЭД<sub>90</sub> составляют от 0,3 до 1,9 мЗв в год. Наряду с высоким уровнем радиоактивного загрязнения уровень химического загрязнения в 2,6–491 раз превышает аналогичный показатель радиационно загрязнённых районов и составляет 392–7422  $\text{г}/\text{м}^2$ , что относит их к разряду сочетанных (см. табл. 1). Уровень заболеваемости ЗНОШМ в условиях сочетанного загрязнения равен 20, что меньше общероссийских значений на 13,6% и практически совпадает с экологически благополучными территориями (+1,5%).

Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии статистически значимых различий частоты заболеваемости ЗНОШМ в районах Брянской области независимо от экологических условий проживания ( $p$ -значения по  $U$ -критерию Манна–Уитни в пределах от 0,61 до 0,96) (см. табл. 1).

Исходя из расчётов регрессии Пуассона, выявлено статистически значимое ( $p < 0,00001$ ) повышение заболеваемости

Таблица 1 / Table 1

**Группировка территорий Брянской области по уровню химического, радиоактивного и сочетанного загрязнения окружающей среды и уровень первичной заболеваемости женского населения ЗНОШМ (2000–2019 гг.)**

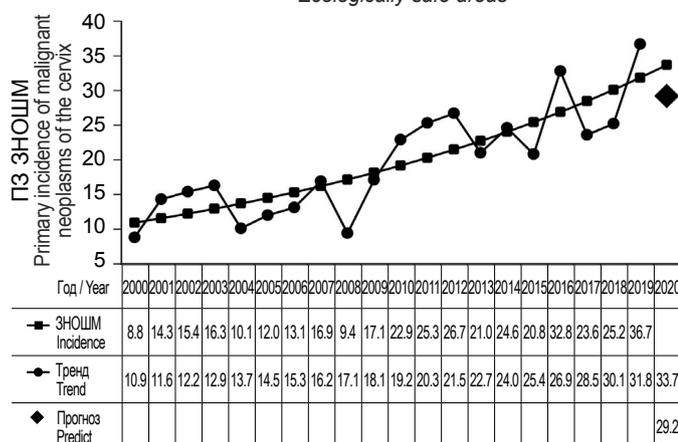
**Ranking of areas within the Bryansk region by the level of radiation, chemical and combined environmental contamination and the frequency of primary incidence of malignant neoplasms of the cervix of the female population (2000–2019)**

Территория Territory	Районы Брянской области Cities and districts of the Bryansk region	Основные газообразные загрязнители атмосферного воздуха Main gaseous air pollutants					Плотность радиоактивного загрязнения, кБк/м <sup>2</sup> Contamination density, kBq/m <sup>2</sup>		Первичная заболеваемость ЗНОШМ Primary incidence of malignant neoplasms of the cervix <i>M ± m</i>
		Всего Total	Из них: / Of these:				<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	
			ЛОС / VOCs	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO			
Валовые выбросы газообразных поллютантов на площадь района, г/м <sup>2</sup> Gross emissions of gaseous pollutants per area, g/m <sup>2</sup>									
Экологически благополучные территории Ecologically safe areas (control)	Рогнединский / Rognedinsky	13	0	6	0	7	21.7	0.8	24.7 ± 7.1
	Суземский / Suzemsky	28	5	9	1	13	18.6	2.5	28.1 ± 4.3
	Мглинский / Mglinsky	31	6	6	2	17	6.6	0.6	16.4 ± 4.3
	Клетнянский / Kletnyansky	47	27	5	5	10	5.4	0.5	16.6 ± 3.5
	Навлинский / Navlinsky	54	12	13	4	25	18.9	0.8	23.0 ± 3.0
	Дубровский / Dubrovsky	56	13	17	0.4	26	7.2	0.4	12.9 ± 3.1
	Брасовский / Brasovsky	64	10	19	6	29	25.2	0.4	18.6 ± 4.3
	Севский / Sevsky	68	20	10	24	14	18.9	1.4	22.1 ± 5.3
	Комаричский / Komarichsky	99	25	19	9	46	27.1	1.0	21.0 ± 3.7
	Карачевский / Karachevsky	115	29	34	1	51	13.9	0.8	18.5 ± 3.4
Суражский / Surazhsky	128	35	35	6	52	8.2	0.4	18.9 ± 4.0	
	Среднее значение / Average value	63.9	16.5	15.7	5.3	26.4	15.6	0.9	19.7 ± 1.7 (–14.9%*)
Территории химического загрязнения Areas of chemical pollution	Погарский / Pogarsky	123	65	22	4	32	29.9	1.1	18.9 ± 3.4
	Жирятинский / Zhiryatinsky	156	104	16	1	35	5.4	0.8	19.5 ± 5.1
	Жуковский / Zhukovsky	195	22	53	40	80	6.6	0.8	22.4 ± 3.1
	Трубчевский / Trubchevsky	275	88	27	2	158	23.6	0.8	19.1 ± 2.7
	Почепский / Pochepsky	365	223	33	3	106	5.4	0.5	15.8 ± 2.2
	Унечский / Unechsky	559	292	58	32	177	7.2	0.8	25.0 ± 3.4
	Выгоничский / Vygonichsky	858	749	37	2	70	9.5	0.4	22.6 ± 3.3
	Брянский / Bryansky	959	813	47	13	86	5.7	0.4	18.2 ± 2.5
	г. Сельцо / Town Seltso	5209	773	2405	97	1934	4.4	0.8	24.2 ± 6.3
	Дятьковский / Dyatkovsky	8045	339	3760	1139	2807	38.4	1.1	20.8 ± 3.1
г. Брянск / City Bryansk	32 190	5217	10 886	2617	13 470	8.8	5.9	17.2 ± 1.4	
	Среднее значение / Average value	4448.5	789.5	1576.7	359.1	1723.2	13.2	1.2	18.6 ± 1.6 (–19.7%*)
Территории радиоактивного загрязнения Areas of radioactive contamination	Красногорский / Krasnogorsky	15	1	5	0	9	303.4	9.3	12.6 ± 3.6
	Гордеевский / Gordeevsky	28	2	11	0.2	15	328.6	5.0	21.8 ± 5.2
	Злынковский / Zlynkovsky	38	5	11	4	18	412.4	16.3	18.6 ± 5.1
	Новозыбковский / Novozybkovsky	51	10	0	0	41	460.6	8.4	23.3 ± 5.8
	Климовский / Klimovsky	72	16	8	15	33	139.6	6.4	20.8 ± 4.0
	Клинцовский / Klintsovsky	169	17	70	2	80	194.4	4.7	19.0 ± 3.0
	Среднее значение / Average value	62.2	8.5	17.5	3.5	32.7	306.5	8.4	19.3 ± 2.7 (–16.7%*)
Территории сочетанного радиационно- химического загрязнения Areas of combined radiation- chemical contamination	Стародубский / Starodubsky	392	316	24	9	43	45.4	1.4	14.7 ± 2.1
	г. Клинцы / City Klinty	7264	2059	2616	139	2450	195.6	3.0	20.9 ± 2.1
	г. Новозыбков / Sity Novozybkov	7422	1778	2159	406	3079	456.5	9.7	23.6 ± 2.7
	Среднее значение / Average value	5026.0	1384.3	1599.7	184.7	1857.3	232.5	4.7	20.0 ± 1.7 (–13.6%*)

Примечание. \* – отличие (в %) от общероссийской первичной заболеваемости ЗНОШМ (2000–2019 гг.). Уровень значимости при проверке гипотезы о различиях частоты первичной заболеваемости ЗНОШМ на экологически благополучных территориях и территориях химического ( $p = 0,74$ ), радиоактивного ( $p = 0,96$ ) и сочетанного ( $p = 0,94$ ) загрязнения; химического и радиоактивного ( $p = 0,72$ ), химического и сочетанного ( $p = 0,94$ ), радиоактивного и сочетанного ( $p = 0,61$ ) загрязнения по  $U$ -критерию Манна–Уитни.

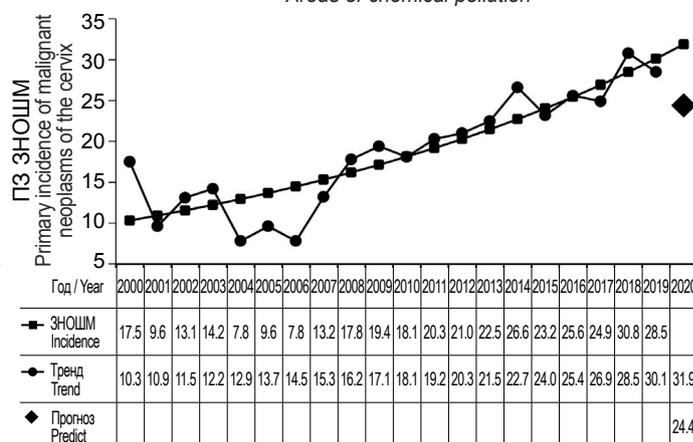
Note. \* – difference (%) from the all-Russian primary incidence (2000–2019). Significance level while checking the hypothesis about differences in the frequency of primary incidence of malignant neoplasms of the cervix according to the Mann–Whitney  $U$ -test in ecologically safe territories and territories of chemical ( $p = 0.74$ ), radioactive ( $p = 0.96$ ) and combined contamination ( $p = 0.94$ ); chemical and radioactive ( $p = 0.72$ ), chemical and combined ( $p = 0.94$ ), radioactive and combined ( $p = 0.61$ ) contamination.

Экологически благополучные территории  
Ecologically safe areas



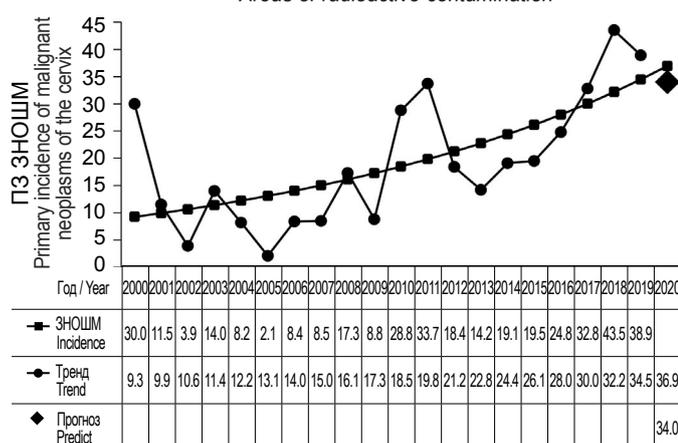
$\chi^2 < 0.00001$ ; стандартная ошибка (Std. Err.) = 0.009  
 $\rho = 0.83$ ,  $p < 0.00001$ ; псевдо  $R^2$  (Pseudo  $R^2$ ) = 0.27  
 95%-й ДИ (95% CI) 0.04; 0.07

Территории химического загрязнения  
Areas of chemical pollution



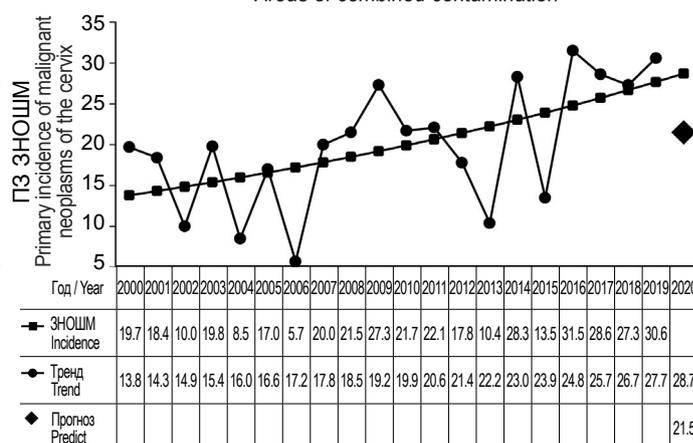
$\chi^2 < 0.00001$ ; стандартная ошибка (Std. Err.) = 0.009  
 $\rho = 0.90$ ,  $p < 0.00001$ ; псевдо  $R^2$  (Pseudo  $R^2$ ) = 0.26  
 95%-й ДИ (95% CI) 0.04; 0.08

Территории радиоактивного загрязнения  
Areas of radioactive contamination



$\chi^2 < 0.00001$ ; стандартная ошибка (Std. Err.) = 0.009  
 $\rho = 0.67$ ,  $p < 0.001$ ; псевдо  $R^2$  (Pseudo  $R^2$ ) = 0.25  
 95%-й ДИ (95% CI) 0.05; 0.09

Территории сочетанного загрязнения  
Areas of combined contamination



$\chi^2 < 0.00001$ ; стандартная ошибка (Std. Err.) = 0.008  
 $\rho = 0.61$ ,  $p < 0.004$ ; псевдо  $R^2$  (Pseudo  $R^2$ ) = 0.11  
 95%-й ДИ (95% CI) 0.02; 0.05

Динамика первичной заболеваемости ЗНОШМ на территориях Брянской области, имеющих различные экологические условия, с линиями многолетнего тренда за 2000–2019 гг. и прогноз на 2020 г.

Dynamics of the primary incidence of malignant neoplasms of the cervix in ecologically different territories of the Bryansk region with long-term trend lines for 2000–2019 and forecast for 2020

ЗНОШМ за 2000–2019 гг. во всех исследуемых группах независимо от экологических условий проживания (см. рисунок).

Корреляционный анализ первичной заболеваемости ЗНОШМ в городах и районах Брянской области с уровнем радиационного и химического загрязнения окружающей среды (табл. 2) не выявил значимых связей как с уровнем загрязнения атмосферного воздуха суммой поллютантов ( $\rho = 0,05$ ;  $p = 0,79$ ), ЛОС ( $\rho = -0,01$ ;  $p = 0,95$ ), СО ( $\rho = 0,11$ ;  $p = 0,57$ ),  $\text{NO}_x$  ( $\rho = 0,09$ ;  $p = 0,64$ ) и  $\text{SO}_2$  ( $\rho = 0,13$ ;  $p = 0,50$ ), так и с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  ( $\rho = 0,13$ ;  $p = 0,50$ ) и  $^{90}\text{Sr}$  ( $\rho = 0,19$ ;  $p = 0,31$ ).

Прогноз частоты первичной заболеваемости ЗНОШМ в среднем по Брянской области показывает уменьшение на 20,7% реальных значений в сравнении с прогнозными дан-

ными (32,1 – прогноз на 2020 г., 25,5 – реальные значения за 2020 г.). Причиной тому, по всей вероятности, стала переориентация системы здравоохранения в связи с пандемией COVID-19.

Следует отметить, что уменьшение реальных значений относительно прогнозных носит неравномерный характер. Так, наиболее выраженное снижение заболеваемости ЗНОШМ регистрируется на территориях сочетанного загрязнения – на 25,1% (28,7 – прогноз на 2020 г., 21,5 – реальные значения за 2020 г.), а менее выраженное уменьшение установлено на территориях радиоактивного загрязнения – на 7,8% (прогноз – 36,9, реальный результат – 34). На территориях химического загрязнения показатели уменьшаются на 23,6% (31,9 против 24,4), а на экологически благополучных территориях – на 13,3% (33,7 против 29,2) (см. рисунок).

Таблица 2 / Table 2

**Корреляционный анализ первичной заболеваемости ЗНОШМ в городах и районах Брянской области с уровнем радиационного и химического загрязнения окружающей среды (2000–2019 гг.)****Correlation analysis of the incidence of the cervical cancer in cities and districts of the Bryansk region with the level of radiation and chemical contamination of the environment (2000–2019)**

Районы Брянской области Cities and districts of the Bryansk region	Основные газообразные загрязнители атмосферного воздуха Main gaseous air pollutants					Плотность радиоактивного загрязнения, кБк/м <sup>2</sup> Contamination density, kBq/m <sup>2</sup>		Первичная заболеваемость ЗНОШМ Primary incidence of malignant neoplasms of the cervix <i>M ± m</i>
	Всего Total	Из них: / Of these:				<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	
		ЛОС / VOCs	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO			
	Валовые выбросы газообразных загрязнителей на площадь района, г/м <sup>2</sup> Gross emissions of gaseous pollutants per area, g/m <sup>2</sup>							
Рогнединский / Rognedinsky	13	0	6	0	7	21.7	0.8	24.7
Суземский / Suzemsky	28	5	9	1	13	18.6	2.5	28.1
Мглинский / Mglinsky	31	6	6	2	17	6.6	0.6	16.4
Клетнянский / Kletnyansky	47	27	5	5	10	5.4	0.5	16.6
Навлинский / Navlinsky	54	12	13	4	25	18.9	0.8	23.0
Дубровский / Dubrovsky	56	13	17	0.4	26	7.2	0.4	12.9
Брасовский / Brasovsky	64	10	19	6	29	25.2	0.4	18.6
Севский / Sevsky	68	20	10	24	14	18.9	1.4	22.1
Комаричский / Komarichsky	99	25	19	9	46	27.1	1.0	21.0
Карачевский / Karachevsky	115	29	34	1	51	13.9	0.8	18.5
Суражский / Surazhsky	128	35	35	6	52	8.2	0.4	18.9
Погарский / Pogarsky	123	65	22	4	32	29.9	1.1	18.9
Жирятинский / Zhiryatinsky	156	104	16	1	35	5.4	0.8	19.5
Жуковский / Zhukovsky	195	22	53	40	80	6.6	0.8	22.4
Трубчевский / Trubchevsky	275	88	27	2	158	23.6	0.8	19.1
Почепский / Pochepsky	365	223	33	3	106	5.4	0.5	15.8
Унечский / Unechsky	559	292	58	32	177	7.2	0.8	25.0
Выгоничский / Vygonichsky	858	749	37	2	70	9.5	0.4	22.6
Брянский / Bryansky	959	813	47	13	86	5.7	0.4	18.2
г. Сельцо / Town Seltso	5209	773	2405	97	1934	4.4	0.8	24.2
Дятьковский / Dyatkovsky	8045	339	3760	1139	2807	38.4	1.1	20.8
г. Брянск / City Bryansk	32 190	5217	10 886	2617	13 470	8.8	5.9	17.2
Красногорский / Krasnogorsky	15	1	5	0	9	303.4	9.3	12.6
Гордеевский / Gordeevsky	28	2	11	0.2	15	328.6	5.0	21.8
Злынковский / Zlynkovsky	38	5	11	4	18	412.4	16.3	18.6
Новozybkovский / Novozybkovsky	51	10	0	0	41	460.6	8.4	23.3
Климовский / Klimovsky	72	16	8	15	33	139.6	6.4	20.8
Клинцовский / Klintsovsky	169	17	70	2	80	194.4	4.7	19.0
Стародубский / Starodubsky	392	316	24	9	43	45.4	1.4	14.7
г. Клинцы / City Klinty	7264	2059	2616	139	2450	195.6	3.0	20.9
г. Новozyбков / Sity Novozybkov	7422	1778	2159	406	3079	456.5	9.7	23.6
Коэффициент корреляции (ρ) Correlation coefficients (ρ)	0.05	0.01	0.09	0.13	0.11	0.13	0.19	–
Уровень статистической значимости корреляций (p) The level of statistical significance of correlations (p)	0.79	0.95	0.64	0.50	0.57	0.50	0.31	–

## Обсуждение

В результате проведения гигиенической оценки состояния окружающей среды не выявлено повышенной частоты ЗНОШМ на экологически неблагоприятных территориях в сравнении с благополучными, а также связи уровня химического и радиоактивного загрязнения с первичной заболеваемостью ЗНОШМ, что свидетельствует о влиянии на женскую репродуктивную сферу в большей степени эндогенных факторов, нежели экзогенных.

Проведённые исследования подтверждают выводы авторов [21], не выявивших статистически значимых различий в частоте первичной заболеваемости женщин злокачественными новообразованиями яичников за многолетний период независимо от экологических условий проживания.

Следует отметить, что в ряде исследований установлена связь заболеваемости ЗНОШМ с загрязнением атмосферного воздуха [12–14] и воды [11], однако работы подобного рода немногочисленны.

Также установлено, что с увеличением концентрации мышьяка в питьевой воде у пациентов при низкодифференцированном раке шейки матки с плоскоклеточной гистологией наблюдалась значимая дозозависимость. Это указывает на худший прогноз эффективного лечения и качества жизни для женщин, проживающих на данных территориях [28].

Выделяют большое количество как экзогенных, так и эндогенных факторов риска возникновения злокачественных новообразований, предусмотреть которые практически невозможно. По данным литературы [29–33] и ВОЗ [34, 35], среди основных факторов риска возникновения злокачественных новообразований (в том числе ЗНОШМ) можно выделить табакокурение, употребление алкоголя, вирусы папилломы человека, несбалансированное питание, гиподинамию, алиментарное ожирение, наследственную предрасположенность, химические (полициклические ароматические углеводороды, диоксины, пестициды, афлатоксины, мышьяк, формальдегид, никель, асбест, кадмий, и др.), физические (ионизирующее и ультрафиолетовое излучение) и биологические (инфекции, вызываемые вирусами, бактериями или паразитами) канцерогены окружающей среды. В связи с увеличением техногенного загрязнения биосферы «глобальными» и «вечными» ксенобиотиками прослеживается устойчивая тенденция роста заболеваемости злокачественными новообразованиями в мире, что является отражением общих трендов увеличения «генетического груза» в популяциях человека [23].

Анализируя полученные данные, необходимо подчеркнуть необходимость выполнения комплексного гигиенического мониторинга среды обитания в зависимости от уровня химического, радиоактивного и сочетанного загрязнения за длительный период, поскольку влияние отдельных факторов

среды в реальных условиях всегда суммируется и трансформируется (явление синергизма) [20–22].

Чтобы анализировать риски, связанные с заболеваемостью ЗНОШМ и уровнем радиоактивного, химического и сочетанного загрязнения окружающей среды, необходимо продолжить работу и наряду с анализом экологической обстановки в городах и районах Брянской области изучить распределение ЗНОШМ по стадиям, гистологический и иммуногистохимический профиль конкретного ЗНОШМ в зависимости от экологических условий проживания и с учётом возрастных групп. Так, можно предположить, что с увеличением уровня радиационного и химического загрязнения будут преобладать наиболее агрессивные низкодифференцированные формы ЗНОШМ.

## Заключение

1. Не установлено статистически значимых различий в частоте первичной заболеваемости ЗНОШМ у женщин независимо от уровня химического, радиоактивного и сочетанного загрязнения окружающей среды.

2. Не выявлено значимых корреляционных связей частоты первичной заболеваемости ЗНОШМ как с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , так и с загрязнением атмосферного воздуха газообразными поллютантами (ЛОС,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$  и  $\text{NO}_x$ ).

3. Выявлено статистически значимое ( $p < 0,00001$ ) повышение заболеваемости ЗНОШМ в период 2000–2019 гг. во всех исследуемых группах независимо от экологических условий проживания.

4. Установлено снижение заболеваемости ЗНОШМ в среднем по Брянской области по сравнению с общероссийскими значениями на 18%, в том числе на экологически благополучных территориях – на 14,9%, территориях химического загрязнения – на 19,7%, территориях радиоактивного загрязнения – на 16,7%, сочетанного загрязнения – на 13,6%.

5. Прогноз частоты ЗНОШМ в среднем по Брянской области на 2020 г. показывает уменьшение на 20,7% реальных значений в сравнении с прогнозными данными, при этом наиболее выраженное снижение регистрируется на территориях сочетанного загрязнения (–25,1%), а наименее выраженное – на территориях радиоактивного загрязнения (–7,8%).

6. Полученные результаты указывают на необходимость дальнейшей работы для понимания тенденций наличия или отсутствия независимого и сочетанного воздействия поллютантов на рост онкогинекологической патологии с позиции оценки отдалённого и регионарного метастазирования, гистологического и иммуногистохимического профиля конкретного ЗНОШМ с уровнями химического, радиоактивного и сочетанного загрязнения окружающей среды.

## Литература

(п.п. 1, 4–15, 20, 21, 26–35 см. References)

- Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. *Состояние онкологической помощи населению России в 2020 году*. М.; 2021.
- Яблоков А.В., Нестеренко В.Б., Нестеренко А.В., Преображенская Н.Е. *Чернобыль: последствия Катастрофы для человека и природы*. М.; 2016.
- 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.
- Управление Федеральной службы государственной статистики по Брянской области. *Города и районы Брянской области (статистический сборник)*. Брянск; 2020.
- Вакуловский С.М. *Данные по радиоактивному загрязнению территории населенных пунктов Российской Федерации цезием-137, стронцием-90 и плутонием-239+240*. Обнинск: Тайфун; 2015.
- 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 – ЗНССО*. 2020; (3): 33–8. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-324-3-33-38>
- Корсаков А.В., Домахина А.С., Трошин В.П., Гегерь 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. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2020-7-4-14>
- Яблоков А.В. *О концепции популяционного груза (обзор). Гигиена и санитария*. 2015; 94(6): 11–4.
- Трапезникова Л.Н. *Дозы облучения населения Брянской области от различных источников ионизирующего излучения за 2020 год (информационный справочник)*. Брянск; 2021.
- Первичная заболеваемость женского населения злокачественными новообразованиями шейки матки за 2000–2020 гг. В кн.: *Материалы Брянского областного онкологического диспансера*. Брянск; 2021.

## References

- Sung H., Ferlay J., Siegel R., 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. <https://doi.org/10.3322/caac.21660>
- Kaprin A.D., Starinskiy V.V., Shakhzadova A.O. *The State of Oncological Care to the Population of Russia in 2020 [Sostoyanie onkologicheskoy pomoshchi naseleniyu Rossii v 2020 godu]*. Moscow; 2021. (in Russian)
- Yablokov A.V., Nesterenko V.B., Nesterenko A.V., Preobrazhenskaya N.E. *Chernobyl: Consequences of the Catastrophe for Man and Nature [Chernobyl': posledstviya katastrofy dlya cheloveka i prirody]*. Moscow; 2016. (in Russian)
- Leung K., Shabat G., Lu P., Fields A.C., Lukashenko A., Davids J.S., et al. Trends in solid tumor incidence in Ukraine 30 years after Chernobyl. *J. Glob. Oncol.* 2019; 5: 1–10. <https://doi.org/10.1200/JGO.19.00099>
- Zupunski L., Yaumenka A., Ryzhov A., Veyalkin I., Drozdovitch V., Masiuk S., et al. Breast cancer incidence in the regions of Belarus and Ukraine most contaminated by the Chernobyl accident: 1978 to 2016. *Int. J. Cancer.* 2021; 148(8): 1839–49. <https://doi.org/10.1002/ijc.33346>
- Utada M., Brenner A.V., Preston D.L., Cologne J.B., Sakata R., Sugiyama H., et al. Radiation risks of uterine cancer in atomic bomb survivors: 1958–2009. *JNCI Cancer Spectr.* 2019; 2(4): 81. <https://doi.org/10.1093/jncics/pky081>
- Utada M., Brenner A.V., Preston D.L., Cologne J.B., Sakata R., Sugiyama H., et al. Radiation risk of ovarian cancer in atomic bomb survivors: 1958–2009. *Radiat. Res.* 2021; 195(1): 60–5. <https://doi.org/10.1667/RADE-20-00170.1>
- Rivkind N., Stepanenko V., Belukha I., Guenthoer J., Kopecky K., Kulikov S., et al. Female breast cancer risk in Bryansk Oblast, Russia, following prolonged low dose rate exposure to radiation from the Chernobyl power station accident. *Int. J. Epidemiol.* 2020; 49(2): 448–56. <https://doi.org/10.1093/ije/dy214>
- Pukkala E., Kesminiemi A., Poliakov S., Ryzhov A., Drozdovitch V., Kovgan L., et al. Breast cancer in Belarus and Ukraine after the Chernobyl accident. *Int. J. Cancer.* 2006; 119(3): 651–8. <https://doi.org/10.1002/ijc.21885>
- Yu Q., Zhang L., Hou K., Li J., Liu S., Huang K., et al. Relationship between air pollutant exposure and gynecologic cancer risk. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2021; 18(10): 5353. <https://doi.org/10.3390/ijerph18105353>
- Kumar R., Trivedi V., Murti K., Dey A., Singh J.K., Nath A., et al. Arsenic exposure and haematological derangement in cervical cancer cases in India. *Asian Pac. J. Cancer Prev.* 2015; 16(15): 6397–400. <https://doi.org/10.7314/apjcp.2015.16.15.6397>
- Liu T., Song Y., Chen R., Zheng R., Wang S., Li L. Solid fuel use for heating and risks of breast and cervical cancer mortality in China. *Environ. Res.* 2020; 186: 109578. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109578>
- Liu Y., Li Y., Dong S., Han L., Guo R., Fu Y., et al. The risk and impact of organophosphate esters on the development of female-specific cancers: Comparative analysis of patients with benign and malignant tumors. *J. Hazard. Mater.* 2021; 404(Pt. B): 124020. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124020>
- Raaschou-Nielsen O., Andersen Z.J., Hvidberg M., Jensen S.S., Kretzel M., Sørensen M., et al. Air pollution from traffic and cancer incidence: a Danish cohort study. *Environ. Health.* 2011; 10: 67. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-10-67>
- Hanchette C., Zhang C.H., Schwartz G.G. 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. <https://doi.org/10.3390/ijerph15081619>
- Izrael' Yu.A., Bogdevich I.M. *Atlas of Modern and Forecast Aspects of the Consequences of the Chernobyl Accident in the Affected Territories of Russia and Belarus [Atlas sovremennykh i prognoznykh aspektov posledstviy avarii na Chernobyl'skoy AES na posttradavshikh territoriyakh Rossii i Belarusi]*. Moscow – Minsk: Infosfera; 2009. (in Russian)
- Department of the Federal State Statistics Service for the Bryansk region. *Cities and Districts of the Bryansk Region (Statistical Collection) [Goroda i rayony Bryanskoy oblasti (statisticheskiy sbornik)]*. Bryansk; 2020. (in Russian)
- Vakulovskiy S.M. *Data on Radioactive Contamination of the Territory of Settlements of the Russian Federation with Cesium-137, Strontium-90 and Plutonium-239+240 [Dannye po radioaktivnomu zagryazneniyu territorii naseleennykh punktov Rossiyskoy Federatsii tseziem-137, strontsiem-90 i plutoniem-239+240]*. Obninsk: Tayfun; 2015. (in Russian)
- Romanovich I.K., Bruk G.Ya., Bazyukin A.B., Bratilova A.A., Yakovlev V.A. The dynamics of the average annual and cumulative radiation exposure doses of the adult population of the Russian Federation after the Chernobyl disaster. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO.* 2020; (3): 33–8. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-324-3-33-38> (in Russian)
- Korsakov A.V., Geger E.V., Lagerev D.G., Pugach L.I., Mousseau T.A. De novo congenital malformation frequencies in children from the Bryansk region following the Chernobyl disaster (2000–2017). *Heliyon.* 2020; 6(8): e04616. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04616>
- Korsakov A.V., Golovleva A.A., Troshin V.P., Lagerev D.G., Pugach L.I. Ovarian malignancies frequency in the female population from the Bryansk region living in conditions of radioactive, chemical and combine contamination (2000–2020). *Life (Basel).* 2021; 11(11): 1272. <https://doi.org/10.3390/life11111272>
- Korsakov A.V., Domakhina A.S., Troshin V.P., Geger' E.V. Child and adult morbidity in the Bryansk region by the level of radioactive, chemical and combined contamination: an ecological study. *Ekologiya cheloveka.* 2020; (7): 4–14. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2020-7-4-14> (in Russian)
- Yablokov A.V. On the concept of «population load» (review). *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal).* 2015; 94(6): 11–4. (in Russian)
- Trapeznikova L.N. *Radiation Doses to the Population of the Bryansk Region from Various Sources of Ionizing Radiation for 2020 (Information Guide) [Dozy oblucheniya naseleniya Bryanskoy oblasti ot razlichnykh istochnikov ioniziruyushchego izlucheniya za 2020 god (informatsionnyy spravochnik)]*. Bryansk; 2021. (in Russian)
- Primary morbidity of the female population with malignant neoplasms of the cervix for 2000–2020. In: *Materials of the Bryansk Regional Oncological Dispensary [Materialy Bryanskogo oblastnogo onkologicheskogo dispensera]*. Bryansk; 2021. (in Russian)
- Hansen E. University of Wisconsin, Department of Economics. *Econometrics*, 2019. Available at: <https://ssc.wisc.edu/~bhansen/econometrics/Econometrics.pdf>
- Cameron A.C., Trivedi K.P. *Regression Analysis of Count Data*. Cambridge: Cambridge University Press; 2013.
- Mohammad G.M., Zarat J.Q., Nicola C. Histopathology of cervical cancer and arsenic concentration in well water: an ecological analysis. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2017; 14(10): 1185. <https://doi.org/10.3390/ijerph14101185>
- Stelzle D., Tanaka L.F., Lee K.K., Ibrahim Khalil A., Baussano I., Shah A.S.V., et al. Estimates of the global burden of cervical cancer associated with HIV. *Lancet Glob Health.* 2021; 9(2): e161–9. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(20\)30459-9](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30459-9)
- Stein C.J., Colditz G.A. Modifiable risk factors for cancer. *Br. J. Cancer.* 2004; 90(2): 299–303. <https://doi.org/10.1038/sj.bjc.6601509>
- Hulvat M. Cancer incidence and trends. *Surg. Clin. North Am.* 2020; 100(3): 469–81. <https://doi.org/10.1016/j.suc.2020.01.002>
- Lewandowska A.M., Rudzki M., Rudzki S., Lewandowski T., Laskowska B. Environmental risk factors for cancer – review paper. *Ann. Agric. Environ. Med.* 2019; 26(1): 1–7. <https://doi.org/10.26444/aaem/94299>
- Wu S., Zhu W., Thompson P., Hannun Y. Evaluating intrinsic and non-intrinsic cancer risk factors. *Nat. Commun.* 2018; 9(1): 3490. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-05467-z>
- WHO. Cancer. Fact sheet; 2022. Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cancer>
- WHO. Cervical cancer. Fact sheet; 2022. Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cervical-cancer>