

Корсаков А.В.<sup>1</sup>, Гегерь Э.В.<sup>1</sup>, Лагерев Д.Г.<sup>1</sup>, Пугач Л.И.<sup>1</sup>, Пивоваров Ю.П.<sup>2</sup>, Королик В.В.<sup>2</sup>, Милушкина О.Ю.<sup>2</sup>, Булацева М.Б.<sup>2</sup>

## Сравнительный анализ частоты врождённых пороков развития головного мозга у детского населения радиоактивно загрязнённых территорий Брянской области после Чернобыльской катастрофы (1999–2014 гг.)

<sup>1</sup>НИЛ «Экология человека и анализ данных в техносфере» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 241035, Брянск;

<sup>2</sup>Кафедра гигиены педиатрического факультета ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации», 117997, Москва

**Введение.** Популяционно-экологические статистические данные показывают рост частоты врождённых пороков развития (ВПР) в Беларуси, на Украине, в Могилёвской и Гомельской областях за 15 лет после Чернобыльской катастрофы. Данная проблема является крайне актуальной, так как вклад ВПР в структуру причин смертности на первом году жизни составляет почти 20%.

**Материал и методы.** На основании мониторинга данных за 1999–2014 гг. проведён сравнительный анализ встречаемости ВПР головного мозга у детского населения радиоактивно загрязнённых территорий Брянской области после Чернобыльской катастрофы с различной плотностью загрязнения цезием-137 и стронцием-90. Методы: *t*-критерий Стьюдента, критерий Хи-квадрат Пирсона, тест корреляции Пирсона, линейная регрессия.

**Результаты.** Не установлено статистически значимых различий частот анэнцефалии, гидроцефалии и энцефалоцеле у детей радиоактивно загрязнённых юго-западных территорий (ЮЗТ) и среднеобластных данных без ЮЗТ. Однако в ЮЗТ частота микроцефалии статистически значимо ( $p < 0,05$ ) выше среднеобластных значений (в 5,8 раза), при этом максимальные величины регистрируются в наиболее радиоактивно загрязнённых районах области при выявлении высоких статистически значимых корреляционных связей с плотностью радиоактивного загрязнения (ПРЗ) цезием-137 ( $r = 0,69$ ;  $p = 0,04$ ) и стронцием-90 ( $r = 0,7$ ;  $p = 0,037$ ), при этом по другим ВПР головного мозга не установлено существенных зависимостей. Выявлено статистически значимое снижение многолетнего тренда частоты микроцефалии по всей области без ЮЗТ в период 1999–2014 гг., а на радиоактивно загрязнённых ЮЗТ – повышение.

**Заключение.** Полученные результаты предположительно указывают на влияние радиационного фактора на повышенную частоту микроцефалии в ЮЗТ относительно среднеобластных значений без ЮЗТ на протяжении шестнадцатилетнего периода (1999–2014 гг.). Необходимы дальнейшие исследования анализа частоты различных типов ВПР для определения стратегии профилактики рождения детей с врождёнными аномалиями.

**К л ю ч е в ы е с л о в а :** врождённые пороки развития; Чернобыльская катастрофа; радиоактивное загрязнение; цезий-137; стронций-90.

**Для цитирования:** Корсаков А.В., Гегерь Э.В., Лагерев Д.Г., Пугач Л.И., Пивоваров Ю.П., Королик В.В., Милушкина О.Ю., Булацева М.Б. Сравнительный анализ частоты врождённых пороков развития головного мозга у детского населения радиоактивно загрязнённых территорий Брянской области после Чернобыльской катастрофы (1999–2014). Гигиена и санитария. 2020; 99 (4): 356–362. DOI: <https://doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-4-356-362>

**Для корреспонденции:** Антон Вячеславович Корсаков, зав. НИЛ «Экология человека и анализ данных в техносфере» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», доктор биологических наук. E-mail: [korsakov\\_anton@mail.ru](mailto:korsakov_anton@mail.ru)

**Финансирование.** Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ 18-413-320002 р\_а.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Участие авторов:** Корсаков А.В. – анализ данных литературы, существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, подготовка рукописи и интерпретация полученных результатов, окончательная проработка и утверждение присланной в редакцию рукописи; Гегерь Э.В. – сбор информации и её подготовка для проведения статистической обработки, расчёты уровня радиоактивного загрязнения окружающей среды и частоты ВПР головного мозга; Лагерев Д.Г., Пугач Л.И. – статистическая обработка и анализ данных; Пивоваров Ю.П., Королик В.В. – написание, редактирование статьи; Милушкина О.Ю., Булацева М.Б. – анализ и интерпретация данных, редактирование статьи.

Поступила: 15.03.2019

Принята к печати: 11.12.2019

Опубликована: 26.05.2020

Korsakov A.V.<sup>1</sup>, Geger E.V.<sup>1</sup>, Lagerev D.G.<sup>1</sup>, Pugach L.I.<sup>1</sup>, Pivovarov Yu.P.<sup>2</sup>, Korolik V.V.<sup>2</sup>, Milushkina O.Yu.<sup>2</sup>, Bulatseva M.B.<sup>2</sup>

## Comparative analysis of the prevalence of congenital malformations of the brain in children of the radioactively contaminated territories of the Bryansk region after the Chernobyl disaster (1999-2014)

<sup>1</sup>Bryansk State Technical University, Bryansk, 241035, Russian Federation;

<sup>2</sup>Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, 117997, Russian Federation

**Purpose of the study.** Based on the official statistics for 1999–2014, we carried out a comparative analysis of the incidence of congenital brain malformations in children residing in the radiation-contaminated areas of the Bryansk region after the Chernobyl disaster with different densities of Cesium-137 and Strontium-90.

**Material and Methods.** Student's *t*-test, Pearson chi-square test, Pearson correlation test, linear regression.

**Results.** As a result of the study, no statistically significant excess in the frequency of anencephaly, hydrocephalus and encephalocele in children in more radiation-contaminated south-western territories (SWT) was found compared to the average regional data. However, in the SWT, the prevalence of microcephaly is statistically significant ( $p < 0.05$ ) above the average regional values (5.8 times). While the maximum values are recorded in the most radioactively polluted areas of the region when high statistically significant correlations are detected with the density of radioactive contamination with Cesium-137 ( $r = 0.69$ ;  $p = 0.040$ ) and Strontium 90 ( $r = 0.70$ ;  $p = 0.037$ ), while there are no significant dependencies for other brain defects of the brain. A statistically significant decrease in the long-term trend in the prevalence of microcephaly throughout the region without SWT in the period 1999–2014, and an increase in the radiation-contaminated SWT, was found.

**Conclusions.** The results obtained presumably indicate to the influence of the radiation factor on the increased incidence of microcephaly in SWT relative to the average regional values without SWT for a sixteen-year period (1999–2014). The further studies are needed to analyze the incidence of various types of congenital malformations in order to determine a strategy for preventing birth of children with congenital anomalies.

*Key words:* congenital malformations; Chernobyl disaster; radioactive contamination; Cesium-137; Strontium-90.

**For citation:** Korsakov A.V., Geger E.V., Lagerev D.G., Pugach L.I., Pivovarov Yu.P., Korolik V.V., Milushkina O.Yu., Bulatseva M.B. Comparative analysis of the prevalence of congenital malformations of the brain in children of the radioactively contaminated territories of the Bryansk region after the Chernobyl disaster (1999-2014). *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2020; 99(4): 356-362. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-4-356-362>

**For correspondence:** Anton V. Korsakov, MD, Ph.D., DSci., Head of the Scientific Research Laboratory "Human Ecology and Data Analysis in the Technosphere" of the Bryansk State Technical University, Bryansk, 241035, Russian Federation. E-mail: [korsakov\\_anton@mail.ru](mailto:korsakov_anton@mail.ru)

### Information about the authors:

Korsakov A.V., <https://orcid.org/0000-0002-4609-0246>; Lagerev D. G., <https://orcid.org/0000-0002-2702-6492>; Pugach L.I., <https://orcid.org/0000-0003-2931-6677>  
Pivovarov Yu.P., <https://orcid.org/0000-0003-4524-6947>; Milushkina O.Yu., <https://orcid.org/0000-0001-6534-7951>

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

**Acknowledgment.** The research was carried out with the financial support of the RFBR grant 18-413-320002 r\_a.

**Contribution:** Korsakov A.V. analyzed the literature data, made a significant contribution to the concept and design of the study, prepared the manuscript and interpretation of the results; Geger E.V. participated in the collection of information and its preparation for statistical processing, carried out calculations of the level of radioactive contamination of the environment and the frequency of brain CPR; Lagerev D.G. participated in statistical processing and analysis of data, including using modern software tools; Pugach L.I. participated in statistical processing and data analysis; Pivovarov Yu.P. took part in writing, editing and discussing the article; Korolik V.V. took part in writing, editing and discussing the article; Milushkina O.Yu. participated in the analysis and interpretation of data, editing and discussion of articles; Bulatseva M. B. participated in data interpretation, editing, and discussing articles. Approval of the final version of the manuscript, responsibility for the integrity of all parts of the manuscript – all co-authors.

Received: March 15, 2019

Accepted: December 11, 2019

Published: May 26, 2020

## Введение

Врождённые пороки развития (ВПР) на сегодняшний день в структуре заболеваемости детей, а также инвалидности и младенческой смертности приобретают всё большее значение [1–3]. Данная проблема является крайне актуальной, так как вклад ВПР в структуру причин смертности на первом году жизни составляет почти 20% [2, 3], они встречаются у 4–6% новорождённых [4].

Дополнительное ионизирующее излучение может привести не только к гибели плода, но и к порокам развития – генетическим дефектам, физическим отклонениям, нарушениям обмена веществ. Данные нарушения могут зависеть как от уровня облучения, так и от стадии эмбрионального развития, на которую оно пришлось [5, 6].

Спустя 32 года после аварии на Чернобыльской АЭС в ряде областей Украины, Беларуси и России плотность радиоактивного загрязнения (ПРЗ), которая определялась в большинстве случаев долгоживущими цезием-137 и стронцием-90, в течение десятилетий будет оставаться радиологически существенной [7–9].

Результаты мониторинга радиологической ситуации в течение 30 лет после Чернобыльской катастрофы показывают, что самоочищение почв от радионуклидов является длительным процессом.

В отдельных местах ПРЗ почв цезием-137 (<sup>137</sup>Cs) и стронцием-90 (<sup>90</sup>Sr) на юго-западных территориях с высоким уровнем радиоактивного загрязнения в 2015 г. превысила необходимые пределы во много раз (до 60 кБк/м<sup>2</sup> по стронцию-90 и до 2116 кБк/м<sup>2</sup> по цезию-137) [10].

Несмотря на то что многие авторы видят отсутствие аргументированных эпидемиологических данных, свидетельствующих об отсутствии влияния радиационного загрязнения в небольших дозах на частоту ВПР [11–14], популяционно-экологические статистические данные показывают рост частоты ВПР строгого учёта в Беларуси (в 1,7 раза) [15] и на Украине (в 5,7 раза) [16] за 15 лет после Чернобыльской катастрофы. Обращает на себя внимание значимое увеличение ВПР в Могилёвской и Гомельской областях – районах с уровнем загрязнения <sup>137</sup>Cs 555 и более кБк/м<sup>2</sup>, при этом максимальная встречаемость ВПР в Гомельской области в 1994 г. превышала уровень 1986 г. в 6 раз [17].

Частота некоторых ВПР головного мозга (на 1000 новорождённых,  $M \pm m$ ) в период 1999–2014 гг. и ПРЗ [10]

| Территория Брянской области | Анэнцефалия | Гидроцефалия | Микроцефалия | Энцефалоцеле | Средняя ПРЗ по районам, кБк/м <sup>2</sup> |                  |
|-----------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--|------------------|
|                             |             |              |              |              | <sup>137</sup> Cs                          | <sup>90</sup> Sr |
| Вся область (без ЮЗТ)       | 0,22 ± 0,06 | 0,61 ± 0,19  | 0,04 ± 0,01  | 0,05 ± 0,01  | 10,0–45                                    | 1–2              |
| ЮЗТ                         | 0,25 ± 0,09 | 0,43 ± 0,13  | 0,23 ± 0,09  | 0,06 ± 0,05  | 68–573                                     | 2–43             |
| Жуковский район (контроль)  | 0,20 ± 0,05 | 0,13 ± 0,03  | 0            | 0            | 10–11                                      | 0,5–1            |

Примечание. Различия с контролем по гидро-, микроцефалии и энцефалоцеле,  $p < 0,05$ ; различия с контролем по анэнцефалии,  $p > 0,05$ ; различия по микроцефалии между ЮЗТ и всей областью (без ЮЗТ),  $p < 0,05$ ; различия по анэнцефалии, гидроцефалии и энцефалоцеле между ЮЗТ и всей областью (без ЮЗТ),  $p > 0,05$ .

В ряде областей Украины с высоким радиационным загрязнением по сравнению с контролем наблюдалось статистически значимое увеличение частоты встречаемых множественных пороков развития. Это относится к деформированным внутренним органам, полидактилиям, редукционным порокам конечностей, остановке роста [9, 16].

Статистика свидетельствует о том, что 46,7% детей ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС имеют врождённые пороки развития с преобладанием патологии костно-мышечной системы [18, 19].

Согласно статистическим данным, наблюдается значительное превышение встречаемости ВПР среди детей ликвидаторов последствий Чернобыльской АЭС относительно общероссийских показателей (в 3,6 раза) [20].

В период 1990–2009 гг. отмечен значительный рост общей и первичной заболеваемости ВПР на юго-западных территориях с высокой ПРЗ [21].

Наблюдается значительный рост (в 3–5 пять раз) частоты ВПР среди новорождённых на радиоактивно загрязнённых ЮЗТ через 15 лет после Чернобыльской аварии [18, 19, 22]. За этот период в наибольшей степени увеличилось число врождённых аномалий половых органов, пороков развития нервной системы, врождённой катаракты, костно-мышечной системы и других ВПР [18, 19, 22]. Спустя 15 лет после аварии на ЧАЭС удельный вес ВПР в структуре младенческой смертности на юго-западных территориях в 5 раз превысил данный показатель по России [23].

В то же время не проводилось специального исследования динамики врождённых аномалий у новорождённых в районах с высокой ПРЗ несмотря на то, что оценка влияния длительного низкоуровневого техногенного радиоактивного загрязнения является крайне важной.

## Материал и методы

В Брянской области, являющейся участником программы мониторинга врождённых пороков развития на территории Российской Федерации, с 1999 г. проводится эпидемиологический мониторинг ВПР.

Он осуществляется на базе медико-генетической консультации Брянского клинико-диагностического центра, проводится в соответствии с программой компьютерного скрининга «Мониторинг ВПР», которая представляет базу данных всех вновь выявленных случаев ВПР у детей и плодов, зарегистрированных в регионе.

Исследование проводилось на основе данных гинекологических клиник и акушерских учреждений области, детских поликлиник и больниц, женских консультаций в соответствии с отраслевой статистической отчётностью (форма № 60, форма № 025-11/у-98). Временной период статистического анализа составил 16 лет – с 1999 по 2014 г.

Статистические данные, касаемые частоты врождённых пороков развития головного мозга у новорождённых Брянской области, объединялись по районам, были выделены территории с высокой плотностью радиоактивного загрязнения (юго-западные территории), в целом область (без юго-западных территорий), а также экологически благополучные районы области.

Полученные в результате исследования данные были обработаны с использованием стандартных методов статистического анализа: рассчитывались средние значения ( $M$ ), стандартные ошибки средних ( $m$ ), использовался  $t$ -критерий Стьюдента для проверки статистической значимости отклонений.

Была рассчитана линейная регрессия за трёхлетний период, начиная с 1999 г. по 2014 г. Была установлена связь между плотностью радиоактивного загрязнения стронцием-90, цезием-137 и частотой ВПР головного мозга (анэнцефалии, гидроцефалии, микроцефалии и энцефалоцеле). Статистическая зависимость между радиоактивным загрязнением и частотой ВПР определялась при помощи коэффициента корреляции Пирсона. Для этого проверялась нормальность распределения ВПР по критерию Хи-квадрат Пирсона ( $\chi^2$ ), она оказалась достаточной ( $p = 0,05$ ). Статистический анализ данных, полученных в результате исследования, проводился с использованием программного обеспечения Stata 14 версии Stata/SE.

Радиоактивное загрязнение ЮЗТ и остальных районов области по цезию-137 и стронцию-90 было определено по данным официальных источников [10].

## Результаты

Полученные результаты по ПРЗ <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr и показателям родившихся с ВПР на 1000 новорождённых на территориях с высокой ПРЗ и экологически чистых территориях представлены в табл. 1.

Данные по среднегодовому количеству новорождённых и абсолютные величины частот некоторых ВПР головного мозга в среднем за 16-летний период (1999–2014 гг.) представлены в табл. 2.

Полученные результаты показали отсутствие статистически значимых различий между показателями ВПР у детей из районов с высокой ПРЗ и среднеобластными данными по гидроцефалии, микроцефалии и энцефалоцеле. Однако на территориях с высокой ПРЗ частота микроцефалии в 5,8 раза превышает среднеобластные значения, что отражено в табл. 1 (0,23 ± 0,09 и 0,04 ± 0,01,  $p < 0,05$ ). Отметим, что показатели гидроцефалии, микроцефалии и энцефалоцеле на территории области значительно превышают аналогичные показатели в контрольной группе, а анэнцефалия не выявляет существенных различий ( $p > 0,05$ ). Частота гидроцефалии на ЮЗТ ниже, чем в целом по области, на 30% (0,43 ± 0,13 и 0,61 ± 0,19), однако эти различия не показали статистической значимости.

Таблица 2

Среднегодовое количество новорождённых и абсолютные величины некоторых ВПР головного мозга в период 1999–2014 гг.

| Территория Брянской области | Средний объём выборки по числу новорождённых | Анэнцефалия         | Гидроцефалия | Микроцефалия | Энцефалоцеле |
|-----------------------------|--|---------------------|--------------|--------------|--------------|
|                             |  | абсолютные величины |              |              |              |
| Вся область (без ЮЗТ)       | 5124   | 1,13                | 3,12         | 0,20         | 0,26         |
| ЮЗТ                         | 1364   | 0,34                | 0,59         | 0,31         | 0,08         |
| Жуковский район (контроль)  | 153  | 0,03                | 0,02         | 0            | 0            |

Данные о динамике частоты гидроцефалии и микроцефалии по трёхлетиям у новорождённых Брянской области с уравнениями многолетнего тренда за шестнадцатилетний период 1999–2014 гг. (на 1000 новорождённых) представлены в табл. 3.

Данные, приведённые в табл. 3, указывают, что наибольшие значения частоты гидроцефалии наблюдаются в группе «Область без ЮЗТ» (от 0,45 до 0,8) при наименьших значениях в контрольном районе (0,06–0,2). Максимальные значения зафиксированы в 2006–2008 гг. (0,8). Выявлено снижение многолетнего тренда за шестнадцатилетний период в группе «Область без ЮЗТ», а на радиоактивно загрязнённых ЮЗТ – повышение. В ЮЗТ показатели гидроцефалии колеблются от 0,3 до 0,6 при максимальных значениях в 2009–2011 гг. (0,6). Частота гидроцефалии в группе «Область без ЮЗТ» статистически значимо превышает показатели контрольных территорий (в 4,7 раза) и статистически незначимо показатели в ЮЗТ (в 1,4 раза).

Наиболее высокие значения частоты микроцефалии выявлены в радиоактивно загрязнённых юго-западных районах (от 0,15 до 0,34) со статистически значимыми отличиями от средних региональных показателей без ЮЗТ (в 5,8 раза). Выявлено статистически значимое снижение многолетнего тренда в период 1999–2014 гг. по всей области без ЮЗТ, а на радиоактивно загрязнённых ЮЗТ – повышение. Максимальные значения регистрируются в 2006–2008 гг. (0,34). Следует отметить, что как в контрольном районе, так и в районах «Область без ЮЗТ» частота микроцефалии практически не регистрируется, не превышая значений 0,07 (см. табл. 3).

Полученные результаты по частоте гидроцефалии, анэнцефалии, микроцефалии и энцефалоцеле у детей на территориях с высокой ПРЗ за период 1999–2014 гг. представлены в табл. 4.

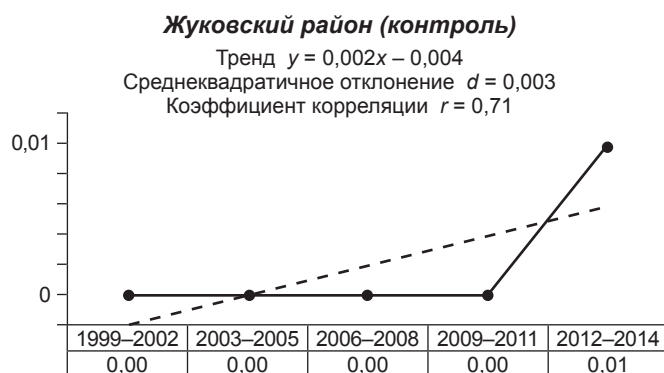
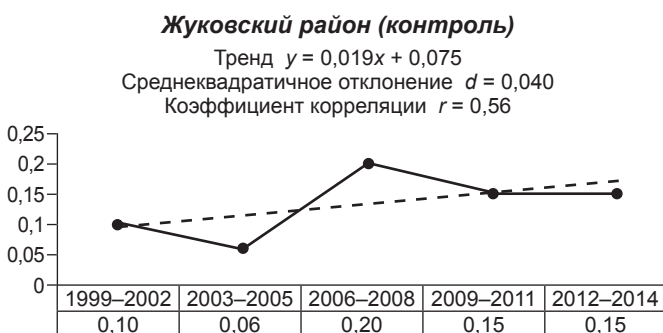
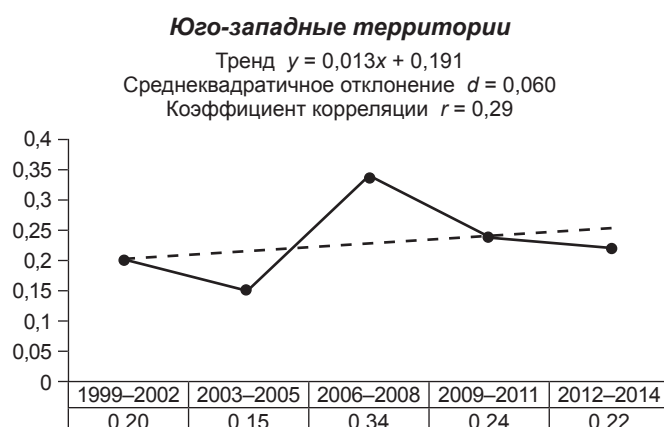
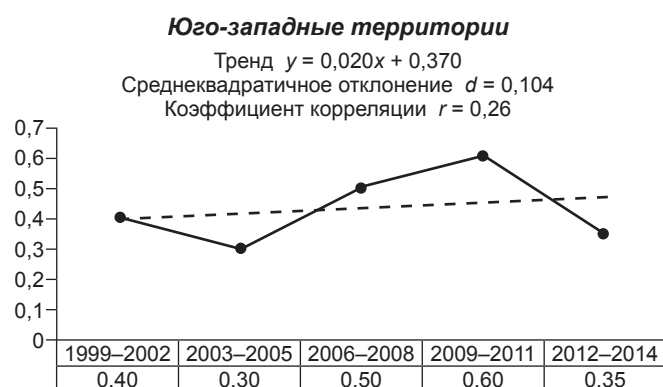
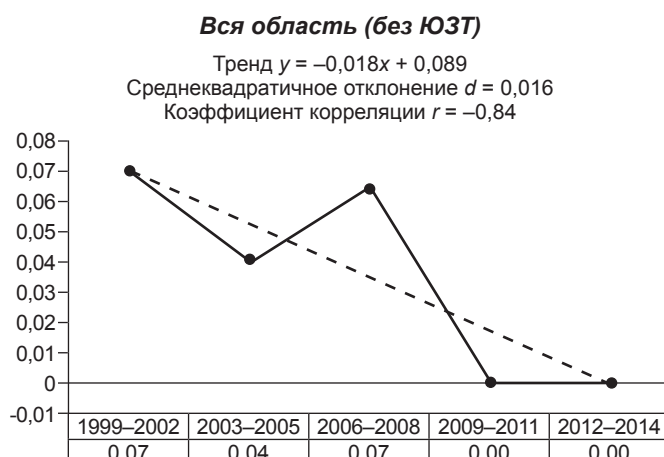
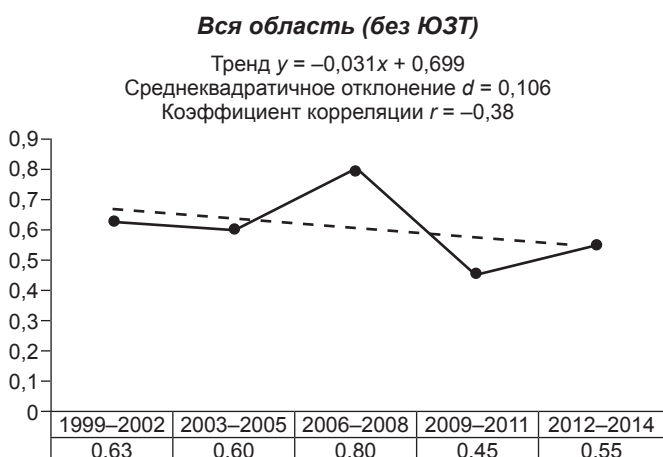
Из данных табл. 4 видно, что частота ВПР головного мозга в Новозыбковском районе – 0,87 и 0,43, что является наивысшим показателем. Наибольшие значения по гидроцефалии наблюдаются также в Гордеевском и Красногорском районах – 0,86 и 0,65 соответственно; энцефалоцеле в Красногорском – 0,41 на 1000 новорождённых. Необходимо отметить, что максимальные величины частоты микроцефалии отмечаются в трёх наиболее радиоактивно загрязнённых районах области (Красногорском, Злынковском, Новозыбковском), составляя 0,82; 0,42 и 0,43 соответственно. Вышеназванные районы отличаются высокой плотностью радиоактивного загрязнения относительно других районов (565–573 кБк/м<sup>2</sup> по <sup>137</sup>Cs и 17–43 кБк/м<sup>2</sup> по <sup>90</sup>Sr).

Оценка корреляционной связи по коэффициенту корреляции Пирсона выявила высокие статистически значимые связи частоты микроцефалии с ПРЗ как <sup>137</sup>Cs ( $r = 0,69$ ,  $p = 0,04$ ), так и <sup>90</sup>Sr ( $r = 0,7$ ,  $p = 0,037$ ). При этом следует отметить, что по другим врождённым порокам развития головного мозга не установлено существенно значимых зависимостей (см. табл. 4).

Таблица 3

Динамика частоты гидроцефалии и микроцефалии по трёхлетиям у новорождённых Брянской области с уравнениями многолетнего тренда за 1999–2014 гг. (на 1000 новорождённых)

| Территория                         | Период, годы | Гидроцефалия          | Микроцефалия          |
|------------------------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|
| Вся область (без ЮЗТ)              | 1999–2002    | 0,63                  | 0,07                  |
|                                    | 2003–2005    | 0,60                  | 0,04                  |
|                                    | 2006–2008    | 0,80                  | 0,07                  |
|                                    | 2009–2011    | 0,45                  | 0                     |
|                                    | 2012–2014    | 0,55                  | 0                     |
| Линейный тренд                     |              | $y = -0,031x + 0,699$ | $y = -0,018x + 0,089$ |
| Среднеквадратичное отклонение, $d$ |              | 0,106                 | 0,016                 |
| Коэффициент корреляции, $r$        |              | -0,38                 | -0,84                 |
| ЮЗТ                                | 1999–2002    | 0,40                  | 0,20                  |
|                                    | 2003–2005    | 0,30                  | 0,15                  |
|                                    | 2006–2008    | 0,50                  | 0,34                  |
|                                    | 2009–2011    | 0,60                  | 0,24                  |
|                                    | 2012–2014    | 0,35                  | 0,22                  |
| Линейный тренд                     |              | $y = 0,020x + 0,370$  | $y = 0,013x + 0,191$  |
| Среднеквадратичное отклонение, $d$ |              | 0,104                 | 0,060                 |
| Коэффициент корреляции, $r$        |              | 0,26                  | 0,29                  |
| Жуковский район (контроль)         | 1999–2002    | 0,10                  | 0                     |
|                                    | 2003–2005    | 0,06                  | 0                     |
|                                    | 2006–2008    | 0,20                  | 0                     |
|                                    | 2009–2011    | 0,15                  | 0                     |
|                                    | 2012–2014    | 0,15                  | 0,01                  |
| Линейный тренд                     |              | $y = 0,019x + 0,075$  | $y = 0,002x - 0,004$  |
| Среднеквадратичное отклонение, $d$ |              | 0,040                 | 0,003                 |
| Коэффициент корреляции, $r$        |              | 0,56                  | 0,71                  |



**Рис. 1.** Динамика частоты гидроцефалии у новорождённых Брянской области с линиями многолетнего тренда по трёхлетиям в период 1999–2014 гг. (на 1000 родившихся).

**Рис. 2.** Динамика частоты микроцефалии у новорождённых Брянской области с линиями многолетнего тренда по трёхлетиям в период 1999–2014 гг. (на 1000 родившихся).

## Обсуждение

Результаты, полученные в ходе исследования, показали отсутствие статистически значимых различий между частотой анэнцефалии, гидроцефалии и энцефалопатии у новорождённых групп радиоактивно загрязнённых ЮЗТ Брянской области по сравнению с данными без ЮЗТ, что подтверждается данными других исследователей, установивших, что нет убедительных популяционно-эпидемиологических данных о влиянии радиационного загрязнения в малых дозах на частоту ВПР [11–14]. Обращает на себя внимание статистически значимое (в 5,8 раза) увеличение частоты микроцефалии (более радиационно-индуцированного порока по сравнению с другими анали-

зируемыми ВПР [9]) в ЮЗТ по сравнению со среднеобластными значениями при максимальных величинах в трёх наиболее радиоактивно загрязнённых районах области (Красногорском, Злынковском, Новозыбковском) с плотностью загрязнения 565–573 кБк/м<sup>2</sup> по <sup>137</sup>Cs и 17,4–42,5 кБк/м<sup>2</sup> по <sup>90</sup>Sr. При этом обнаруживаются высокие ( $r = 0,7$ ) статистически значимые ( $p = 0,04$ ) корреляционные связи с плотностью радиоактивного загрязнения <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr, что, возможно, указывает на влияние радиационного фактора. Следует отметить, что в наиболее загрязнённом Красногорском районе частота микроцефалии достигает максимальных значений, составляя  $0,82 \pm 0,03$ .

К недостаткам и ограничениям представленного исследования можно отнести то, что при анализе частоты ВПР

Таблица 4

Частота некоторых ВПР головного мозга (на 1000 новорождённых,  $M \pm m$ ) в период 1999–2014 гг. и средняя ППЗ  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  [10]

| Города и районы<br>Брянской области                            | Плотность загрязнения, кБк/м <sup>2</sup> |                  | Анэнцефалия     | Гидроцефалия    | Микроцефалия          | Энцефалоцеле    |
|--|---|------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
|  | $^{137}\text{Cs}$                         | $^{90}\text{Sr}$ |                 |                 |                       |                 |
| Красногорский  | 573                                       | 26               | 0               | $0,65 \pm 0,07$ | $0,82 \pm 0,03$       | $0,41 \pm 0,02$ |
| Злынковский  | 571                                       | 43               | 0               | 0               | $0,42 \pm 0,02$       | 0               |
| Новозыбковский   | 565                                       | 17               | $0,87 \pm 0,03$ | 0               | $0,43 \pm 0,02$       | 0               |
| г. Новозыбков  | 504                                       | 12               | $0,14 \pm 0,01$ | $0,14 \pm 0,01$ | $0,14 \pm 0,01$       | 0               |
| Гордеевский  | 383                                       | 9                | $0,43 \pm 0,02$ | $0,86 \pm 0,03$ | 0                     | 0               |
| Клинцовский  | 261                                       | 7                | $0,26 \pm 0,01$ | $1,03 \pm 0,04$ | 0                     | 0               |
| г. Клинцы  | 229                                       | 6                | $0,37 \pm 0,01$ | $0,27 \pm 0,01$ | $0,09 \pm 0,01$       | $0,09 \pm 0,01$ |
| Климовский   | 176                                       | 8                | 0               | $0,19 \pm 0,01$ | 0                     | 0               |
| Стародубский   | 68  | 2                | $0,15 \pm 0,01$ | $0,75 \pm 0,03$ | $0,15 \pm 0,01$       | 0               |
| Корреляция между ППЗ $^{137}\text{Cs}$ и частотой анэнцефалии  |   |                  |                 |                 | $r = 0,16; p = 0,42$  |                 |
| Корреляция между ППЗ $^{90}\text{Sr}$ и частотой анэнцефалии   |   |                  |                 |                 | $r = -0,25; p = 0,53$ |                 |
| Корреляция между ППЗ $^{137}\text{Cs}$ и частотой гидроцефалии |   |                  |                 |                 | $r = -0,42; p = 0,27$ |                 |
| Корреляция между ППЗ $^{90}\text{Sr}$ и частотой гидроцефалии  |   |                  |                 |                 | $r = -0,45; p = 0,23$ |                 |
| Корреляция между ППЗ $^{137}\text{Cs}$ и частотой микроцефалии |   |                  |                 |                 | $r = 0,69; p = 0,040$ |                 |
| Корреляция между ППЗ $^{90}\text{Sr}$ и частотой микроцефалии  |   |                  |                 |                 | $r = 0,70; p = 0,037$ |                 |
| Корреляция между ППЗ $^{137}\text{Cs}$ и частотой энцефалоцеле |   |                  |                 |                 | $r = 0,33; p = 0,40$  |                 |
| Корреляция между ППЗ $^{90}\text{Sr}$ и частотой энцефалоцеле  |   |                  |                 |                 | $r = 0,29; p = 0,46$  |                 |

надо учитывать динамику многолетнего тренда частоты ВПР независимо от Чернобыльской катастрофы и связанного, по-видимому, с увеличением загрязнения всей биосферы глобальными поллютантами [24]. В Брянской области ряд территорий имеют сочетанное радиационно-химическое загрязнение [25].

Следует отметить, что среди обстоятельств риска возникновения ВПР выделяют множество как экзогенных, так и эндогенных факторов, учесть которые представляется практически невозможным. Среди основных факторов риска возникновения ВПР можно выделить социально-экономическое положение, условия труда и быта, состояние системы здравоохранения и эффективность её функционирования (в том числе выявление ВПР на ранних стадиях), эндокринные и метаболические заболевания матери, аномалии половых клеток, употребление некоторых лекарственных средств, наркотиков и др.

Кроме того, при анализе данных по частотам ВПР надо иметь в виду также эффект искусственного прерывания беременности. Так, например, в Беларуси по государственной программе прерывания беременности по медицинским и генетическим показаниям с 1992 г. (500–600 случаев ежегодно) удалось стабилизировать частоту рождения детей с ВПР [9, 17]. Таких целенаправленных программ не существует в Украине и России, но число аборт по медицинским и генетическим показаниям, очевидно, существенно выросло и в этих странах. В наиболее радиоактивно загрязнённой Брянской области число таких абортов в четыре раза выше, чем в стране в целом, — соответственно 5,8 и 1,4% [26].

При будущих исследованиях представляется необходимым:

- подробно рассмотреть динамику других типов ВПР;
- изучить динамику ВПР с учётом влияния химического

и сочетанного радиационно-химического загрязнения среды обитания;

- выполнить аналогичные исследования с учётом возможного эмбриотоксического влияния радиоактивного загрязнения юго-западных территорий области иными радионуклидами, дополнительными к  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ ;
- выявить причины увеличения частоты микроцефалии в радиационно загрязнённых ЮЗТ через десятилетия после Чернобыльской катастрофы.

## Заключение

1. Результаты проведённого исследования не показали статистически значимого превышения частот анэнцефалии, гидроцефалии и энцефалоцеле у детей из ЮЗТ, загрязнённых  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , по сравнению с районами без ЮЗТ в течение 1999–2014 гг.

2. В ЮЗТ частота микроцефалии в 5,8 раза выше ( $p < 0,05$ ) по сравнению со среднеобластными значениями без ЮЗТ.

3. Корреляционный анализ выявил высокие статистически значимые связи частоты микроцефалии с плотностью радиоактивного загрязнения как  $^{137}\text{Cs}$  ( $r = 0,69, p = 0,04$ ), так и  $^{90}\text{Sr}$  ( $r = 0,70, p = 0,037$ ), при этом по другим ВПР головного мозга не установлено существенных зависимостей.

4. Выявлено статистически значимое снижение многолетнего тренда частоты микроцефалии по всей области без ЮЗТ в период 1999–2014 гг., а на радиоактивно загрязнённых ЮЗТ — повышение.

5. Необходимы дальнейшие исследования анализа частоты различных типов ВПР для определения стратегии профилактики рождения детей с врождёнными аномалиями.

## Литература (пп. 5, 6, 13, 14, 19, 26 см. References)

- Бочков Н.П., Пузырев В.П., Смирнихина С.А. *Клиническая генетика: учебник (4-е изд., доп. и перераб.)*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2011. 592 с.
- Демикова Н.С., Кобринский Б.А. *Эпидемиологический мониторинг врожденных пороков развития в Российской Федерации*. М.: ООО «Пресс-Арт»; 2011. 236 с.
- Демикова Н.С. Эпидемиологический мониторинг врождённых пороков развития в Российской Федерации и его значение в профилактике врождённых аномалий у детей: автореф. дис... д-ра мед. наук. М.; 2005. 43 с.
- Демографический ежегодник России 2013. Статистический сборник. М.: Росстат; 2013. 543 с.
- Израэль Ю.А., Богдевич И.М. *Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси*. Москва – Минск: Инфосфера; 2009. 140 с.
- Онищенко Г.Г. Радиационно-гигиенические последствия аварии на Чернобыльской АЭС и задачи по их минимизации. *Радиационная гигиена*. 2009; 2: 5–13.
- Яблоков А.В., Нестеренко В.Б., Нестеренко А.В., Преображенская Н.Е. *Чернобыль: последствия Катастрофы для человека и природы (6-е изд., доп. и перераб.)*. М.: Товарищество научных изданий КМК; 2016. 826 с.
- Данные по радиоактивному загрязнению территории населённых пунктов Российской Федерации цезием-137, стронцием-90 и плутонием-239+240. Под ред. С.М. Вакуловского. Обнинск: Федеральное государственное бюджетное учреждение научно-производственное объединение «Тайфун»; 2015. 225 с.
- Бочков Н.П. Современный взгляд на мутационный процесс у человека. *Приложение 2 Вестника Российской военно-медицинской академии*. 2008; 36 (23): 6.
- Демикова Н.С., Хандогина Е.К., Воробьева Л.М. и соавт. Сравнительный анализ врождённых пороков развития в регионах расположения предприятий ядерного топливного цикла. *Экологическая генетика*. 2010; 2: 29–34.
- Национальный доклад Беларуси. Двадцать лет после Чернобыльской катастрофы: последствия в Республике Беларусь и их преодоление. Минск: Комитет по проблемам последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС при Совете Министров Республики Беларусь; 2006. 112 с.
- Национальный доклад Украины. 20 лет Чернобыльской катастрофы. Киев: Аттика; 2006. 232 с.
- Лазюк Г.И., Николаев Д.Л., Хмель Р.Д. Абсолютное число и частота врождённых пороков развития строгого учёта в некоторых регионах Беларуси. *Медико-биологические аспекты аварии на Чернобыльской АЭС*. 1999; 1: 15–7.
- Иванов В.К. *Медицинские радиологические последствия Чернобыля для населения России: оценка радиационных рисков*. М.: Медицина; 2002. 392 с.
- Сипягина А.Е., Балева Л.С., Сусков И.И. Проблемы формирования здоровья детей, рождённых у родителей – ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС. В кн.: *Материалы пятого съезда по радиационным исследованиям «Радиобиология, радиэкология, радиационная безопасность»*. М.; 2006. Т. 1: 16–7.
- Корсаков А.В., Яблоков А.В., Трошин В.П., Пугач Л.И. и соавт. Динамика частоты врождённых пороков развития у детского населения Брянской области, проживающего в условиях радиационного загрязнения (1991–2012). *Здравоохранение Российской Федерации*. 2014; 6: 49–53.
- Фетисов С.Н., Прошин А.Д., Дорошенко В.Н. *Медицинские последствия Чернобыльской катастрофы: здоровье населения Брянской области (к 20-летию катастрофы на ЧАЭС)*. Брянск; 2006. 248 с.
- Жиленко М.И., Федорова М.В. Состояние здоровья беременных, родильниц и новорождённых в условиях воздействия малых доз радиации. *Акушерство и гинекология*. 1999; 1: 20–2.
- Яблоков А.В. О концепции популяционного груза (обзор). *Гигиена и санитария*. 2015; 6: 11–4.
- Корсаков А.В., Михалев В.П. Комплексная эколого-гигиеническая оценка состояния окружающей среды как фактора риска для здоровья. *Проблемы региональной экологии*. 2010; 2: 172–81.

## References

- Bochkov N.P., Puzyrev V.P., Smirnihina S.A. *Clinical Genetics: a textbook (4 ed.) [Klinicheskaya genetika: uchebnik (4-e izd.)]*. Moscow: GEOTAR-Media; 2011. 592 p. (in Russian)
- Demikova N.S., Kobrin B.A. *Epidemiological monitoring of congenital malformations in the Russian Federation [Epidemiologicheskii monitoring vrozhdennykh porokov razvitiya v Rossiyskoy Federatsii]*. Moscow: Press-Art; 2011. 236 p. (in Russian)
- Demikova N.S. Epidemiological monitoring of congenital malformations in the Russian Federation and its importance in the prevention of congenital anomalies in children. Autoabstract of Diss. Moscow; 2005. (in Russian)
- Demographic yearbook of Russia 2013. Statistical collection. Moscow: Rosstat; 2013. (in Russian)
- ICRP. 2003. Dosimetric Significance of the ICRP's Updated Guidance and Models (1989–2003) and Implications for U.S. Federal Guidance. R.W. Leggett and K.F. Eckerman, eds. Oak Ridge, Tennessee; 2003.
- BEIR VII Phase 2. 2006. Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, National Research Council. The National Academies Press; 2006.
- Izrael' YU.A., Bogdevich I.M. *Atlas of modern and forecast aspects of the consequences of the Chernobyl nuclear power plant accident in the affected areas of Russia and Belarus [Atlas sovremennykh i prognoziryuyemykh posledstviy avarii na Chernobyl'skoy AES na postradavshikh territorial'nykh territoriyakh Rossii i Belarusi]*. Moscow – Minsk: Infosfera; 2009. 140 p. (in Russian)
- Onishchenko G.G. Radiation-hygienic consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant and the task of minimizing them. *Radiatsionnaya gigiyena*. 2009; 2: 5–13. (in Russian)
- Yablokov A.V., Nesterenko V.B., Nesterenko A.V., Preobrazhenskaya N.E. *Chernobyl: the consequences of the catastrophe for man and nature (sixth edition, amended and revised) [Chernobyl': posledstviya Katastrofy dlya cheloveka i prirody (shestoye izdaniye, dopolnennoye i pererabotannoye)]*. Moscow: Tovarichestvo nauchnykh izdaniy KMK; 2016. 826 p. (in Russian)
- Data on radioactive contamination of the territory of populated areas of the Russian Federation with cesium-137, strontium-90 and plutonium-239 240. S.M. Vakulovsky, ed. Obninsk: Federal'noye gosudarstvennoye byudzhethnoye uchrezhdeniye nauchno-proizvodstvennoye ob'yedineniye "Tayfun"; 2015. 225 p. (in Russian)
- Bochkov N.P. Modern view of the mutation process in humans. *Prilozheniye 2 Vestnika Rossiyskoy voyenno-meditsinskoy akademii*. 2008; 3b (23): 6. (in Russian)
- Demikova N.S., Handogina E.K., Vorob'eva L.M. et al. Comparative analysis of congenital malformations in the regions where nuclear fuel cycle enterprises are located. *Ekologicheskaya genetika*. 2010; 2: 29–34. (in Russian)
- Dolk H., Nichols R. Evaluation of the impact of Chernobyl on the prevalence of congenital anomalies in 16 regions of Europe. *Int J Epidemiol*. 2000; 3: 596–9.
- Dolk H. A review of environmental risk factors for congenital anomalies. EUROCAT special report; 2004: 89–92.
- National Report of Belarus. Twenty years after the Chernobyl disaster: the consequences in the Republic of Belarus and their overcoming. Minsk: Komitet po problemam posledstviy katastrofy na Chernobyl'skoy AES pri Sovete Ministrov Respubliki Belarus'; 2006. 112 p. (in Russian)
- National Report of Ukraine. 20 years of the Chernobyl disaster. Kiev: Attika; 2006. 232 p. (in Russian)
- Lazyuk G.I., Nikolaev D.L., Hmel' R.D. The absolute number and frequency of congenital malformations of strict accounting in some regions of Belarus. *Mediko-biologicheskkiye aspekty avarii na Chernobyl'skoy AES*. 1999; 1: 15–7. (in Russian)
- Ivanov V.K. *Medical radiological consequences of Chernobyl for the population of Russia: radiation risk assessment [Meditsinskiye radiologicheskkiye posledstviya Chernobyl'ya dlya naseleniya Rossii: otsenka radiatsionnykh riskov]*. Moscow: Meditsina; 2002. 392 p. (in Russian)
- Ivanov V.K., Tsyb A.F., Ivanov S.I. Medical radiological consequences of the Chernobyl catastrophe in Russia: estimation of radiation risks. St. Petersburg: Nauka; 2004.
- Sipyagina A.E., Baleva L.S., Suskov I.I. Problems of health formation of children born to parents-liquidators of the consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant. In: *Materialy pyatogo s'yezda po radiatsionnym issledovaniyam «Radiobiologiya, radioekologiya, radiatsionnaya bezopasnost'»*. Moscow; 2006. Vol. 1: 16–7. (in Russian)
- Korsakov A.V., Yablokov A.V., Troshin V.P., Pugach L.I. et al. Dynamics of the frequency of congenital malformations in the children's population of the Bryansk region living in conditions of radiation contamination (1991–2012). *Zdravookhraneniye Rossiyskoy Federatsii*. 2014; 6: 49–53. (in Russian)
- Fetisov S.N., Proshin A.D., Doroshchenko V.N. *The medical consequences of the Chernobyl disaster: the health of the population of the Bryansk region (to the 20th anniversary of the Chernobyl disaster) [Meditsinskiye posledstviya Chernobyl'skoy katastrofy: zdorov'ye naseleniya Bryanskoy oblasti (k 20-letiyu katastrofy na CHAES)]*. Bryansk; 2006. 248 p. (in Russian)
- Zhilenko M.I., Fedorova M.V. The state of health of pregnant women, puerperas and newborns in conditions of exposure to low doses of radiation. *Akusherstvo i ginekologiya*. 1999; 1: 20–2. (in Russian)
- Yablokov A.V. On the concept of population load (review). *Gigiyena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2015; 6: 11–4. (in Russian)
- Korsakov A.V., Mihalev V.P. Comprehensive environmental hygienic assessment of the state of the environment as a risk factor for health. *Problemy regional'noy ekologii*. 2010; 2: 172–81. (in Russian)
- Korsakov A.V., Yablokov A.V., Geger E.V. Congenital malformations at the Chernobyl territories and among posterity of liquidators (review). In: *The Chernobyl Disaster*. New York: Nova; 2016: 15–62.