

**С.А. Тарасова***Курский государственный медицинский университет,  
г. Курск, Российская Федерация*

## **Моделирование онкологической заболеваемости населения Курской области**

**Аннотация.** Курская область является одним из лидеров по онкологической заболеваемости в Российской Федерации. Исследование причин и выявление факторов, формирующих онкологическую заболеваемость населения Курской области, прогнозирование их негативного влияния, планирование профилактических мер является не только приоритетной задачей практического здравоохранения, но и стратегическим направлением социальной политики региона. В статье дана сравнительная оценка онкологической заболеваемости населения Курской области и России, рассчитаны скорости заболеваемости злокачественными новообразованиями в регионе и стране, показано, что онкологическая заболеваемость в Курской области растет значительно быстрее, чем в России. Выявлены важнейшие факторы, определяющие высокий показатель заболеваемости онкологией в Курской области: загрязнение окружающей среды, старение населения, выявляемость онкологических заболеваний на ранних стадиях. Методами статистического анализа построены модели зависимости онкологической заболеваемости населения Курской области от загрязнения окружающей среды, старения населения, ранней выявляемости злокачественных новообразований, а также представлено многомерное уравнение зависимости заболеваемости онкологией от этих трех параметров, позволяющее выполнять краткосрочные прогнозы заболеваемости населения Курской области злокачественными новообразованиями и планировать лечебно-профилактические мероприятия.

**Ключевые слова.** Математическое моделирование, статистика, корреляционно-регрессионный анализ, анализ временных рядов, онкологическая заболеваемость, злокачественные новообразования.

**Информация о статье.** Дата поступления: 15 марта 2023 г.; дата принятия к публикации: 14 апреля 2023 г.; дата онлайн-размещения: 14 мая 2023 г.

Original article

**S.A. Tarasova***Kursk State Medical University,  
Kursk, Russian Federation*

## **Modeling of Oncological Morbidity of Kursk Region's Population**

**Abstract.** The Kursk Region is one of the leaders in the oncological morbidity in the Russian Federation. Research of the causes and identification of the factors that form the oncological morbidity of the Kursk Region's population, forecasting their negative impact, and planning preventive measures is not only a priority task of practical healthcare, but also a strategic direction of the region's social policy. We conducted a comparative assessment of the oncological morbidity of the population of the Kursk Region and Russia. The rates of the morbidity of malignant neoplasms in the region and the country are calculated, and it is shown that the oncological morbidity in

the Kursk Region is growing much faster than in Russia. The most important factors that determine the high morbidity of oncology in the Kursk Region are identified: environmental pollution, population ageing, and detection of oncological diseases in the early stages. Models of the dependence of the oncological morbidity of the Kursk Region's population on environmental pollution, population ageing, and early detection of malignant neoplasms are developed. A multivariate equation of the dependence of the oncology morbidity on these three parameters is presented, it makes possible to perform short-term forecasts of the morbidity of malignant neoplasms of the Kursk Region's population and plan therapeutic and preventive measures.

**Keywords.** Mathematical modeling, statistics, correlation and regression analysis, time series analysis, oncological morbidity, malignant neoplasms.

**Article info.** Received 15 March, 2023; Accepted 14 April, 2023; Available online 14 May, 2023.

В последние годы наблюдается беспрецедентный по масштабу рост онкологической заболеваемости как в мире, так и в России. Злокачественные новообразования отнесены к социально значимым патологиям, так как представляют глобальную угрозу всему человечеству. Остановить смертельную эпидемию можно только совместными усилиями ученых и специалистов различных областей научного знания. Особенно актуален вопрос реализации эффективной системы мониторинга и прогнозирования онкологической заболеваемости с применением современных математических методов принятия решений. На сегодняшний день разработаны математические модели заболеваемости злокачественными новообразованиями в Российской Федерации и регионах с учетом разных демографических, социально-экономических, экологических условий [1–4]. Модели отличаются набором факторов, региональными особенностями, временным интервалом, локализацией патологии.

Курская область является одним из лидеров по онкологической заболеваемости в стране [5]. Этот тревожный факт беспокоит и жителей региона, и органы управления на областном и федеральном уровнях. Таким образом, исследование причин и выявление факторов, формирующих онкологическую заболеваемость населения Курской области, прогнозирование их негативного влияния, планирование профилактических мер является не только приоритетной задачей практического здравоохранения, но и стратегическим направлением социальной политики региона.

*Цель исследования* — изучение динамики, анализ региональных особенностей, выявление определяющих высокий показатель факторов и моделирование заболеваемости населения Курской области злокачественными новообразованиями.

На первом этапе исследования была дана сравнительная оценка динамики заболеваемости населения Курской области и России злокачественными новообразованиями за 2005 по 2021 гг. (табл. 1).

Таблица 1

**Статистика заболеваемости злокачественными новообразованиями  
в Курской области и России\***

Год	Заболеваемость злокачественными новообразованиями в Курской области (количество впервые в жизни установленных диагнозов на 100 тыс. чел. населения)	Заболеваемость злокачественными новообразованиями в России (количество впервые в жизни установленных диагнозов на 100 тыс. чел. населения)
2005	350,3	330,0
2006	365,9	332,0
2007	371,0	340,0
2008	397,1	344,0
2009	396,8	354,0
2010	403,9	362,0
2011	410,7	365,0
2012	402,8	367,0
2013	452,2	373,0
2014	470,6	388,0
2015	467,7	403,0
2016	489,5	409,0
2017	480,0	420,0
2018	525,0	426,0
2019	538,5	436,0
2020	449,4	380,0
2021	466,2	398,0

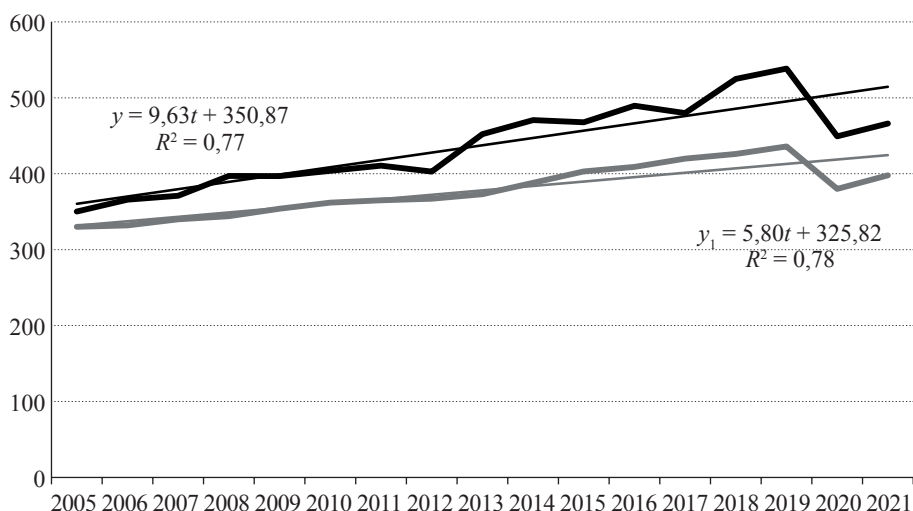
\* Составлена автором по данным: Статистический ежегодник Курской области. 2005–2021 / Курскстат. URL: [https://kurskstat.gks.ru/publication\\_collection/document/39278](https://kurskstat.gks.ru/publication_collection/document/39278); Российский статистический ежегодник. 2005–2021 / Росстат. URL : <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/12994>.

На рис. 1 представлены тенденции заболеваемости онкологией в Курской области (черный цвет) и в России (серый цвет) вместе с линиями трендов, уравнения трендов ( $y$ ,  $y_1$ ) и коэффициенты детерминации.

Очевидно, что онкологическая заболеваемость в Курской области значительно превышает соответствующую заболеваемость в России (рис. 1), и с каждым годом разница становится существеннее.

Скорость онкологической заболеваемости в Курской области равна  $\frac{dy}{dt} = 9,63$  чел. на 100 тыс. населения в год, а в России  $\frac{dy_1}{dt} = 5,80$  чел. на 100 тыс. населения в год. Таким образом, скорость заболеваемости злокачественными новообразованиями в Курской области в 1,7 раза превышает общероссийскую.

На втором этапе исследования мы попытались выяснить основополагающие факторы высокой заболеваемости онкологией в Курской области.



**Рис. 1. Динамика заболеваемости злокачественными новообразованиями в Курской области и России**

1. Злокачественные новообразования относят к индикаторным показателям качества окружающей среды, рост онкологической заболеваемости часто рассматривают как следствие экологических проблем среды обитания человека [6]. Курская область является промышленным регионом, на территории которого находится Курская магнитная аномалия — крупнейший в мире железорудный бассейн. Основным предприятием, создающим наиболее существенный комплекс экологических проблем в Курской области, является Михайловский горно-обогатительный комбинат<sup>1</sup>. На втором месте необходимо отметить Курскую АЭС, так как атомное производство и последствия радиоактивного загрязнения повышают онкологическую заболеваемость [7]. В табл. 2 представлена статистика выбросов в атмосферу загрязняющих веществ, с каждым годом их количество значительно увеличивается. И несмотря на то, что существенная часть загрязнений улавливается и перерабатывается, их динамика хорошо коррелирует с онкологической заболеваемостью в Курской области.

На рис. 2 представлена модель зависимости онкологической заболеваемости ( $y$ ) от загрязнения атмосферы ( $x_1$ ).

Таким образом, первым фактором высокой заболеваемости населения Курской области злокачественными новообразованиями достоверно можно считать загрязнение окружающей среды.

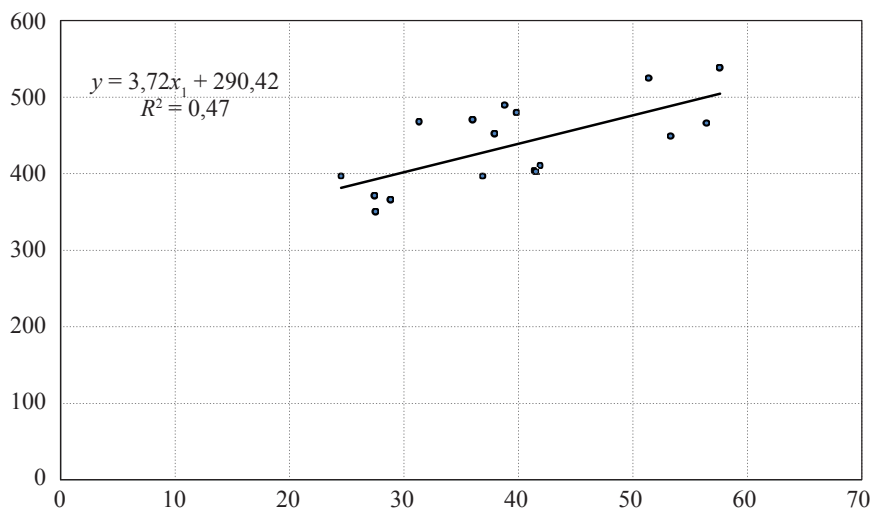
<sup>1</sup> Об утверждении региональной программы «Борьба с онкологическими заболеваниями»: Постановление Администрации Курской обл. от 28 июня .2019 № 587-па // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/4600201907020005?ysclid=leae0ckd4c58390634>.

Таблица 2

**Статистика выбросов в атмосферу загрязняющих веществ  
в Курской области\***

Год	Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ (тыс. т.)
2005	27,5
2006	28,8
2007	27,4
2008	24,5
2009	36,9
2010	41,4
2011	41,9
2012	41,5
2013	37,9
2014	36,0
2015	31,3
2016	38,8
2017	39,8
2018	51,4
2019	57,6
2020	53,3
2021	56,4

\* Составлена автором по данным: Статистический ежегодник Курской области. 2005-2021 / Курскстат. URL: [https://kurskstat.gks.ru/publication\\_collection/document/39278](https://kurskstat.gks.ru/publication_collection/document/39278).



**Рис. 2. Модель зависимости онкологической заболеваемости  
в Курской области от загрязнения атмосферы**

2. Онкологическая заболеваемость обычно растет в тех регионах, где на фоне увеличения продолжительности жизни и снижения рождаемости увеличивается доля пожилого населения.

Как отмечает врач НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина А.В. Петровский: «В тех городах и областях, где живет много пожилых людей, онкобольных становится больше — все-таки злокачественные болезни в большей степени — это болезни пожилого возраста»<sup>2</sup>. В Курской области сохраняется регрессивный тип населения, когда удельный вес лиц старше трудоспособного возраста превосходит долю детского населения, продолжается тенденция старения населения<sup>3</sup>.

В табл. 3 представлена процентная составляющая населения Курской области старше трудоспособного возраста.

Таблица 3

**Статистика доли населения Курской области  
старше трудоспособного возраста\***

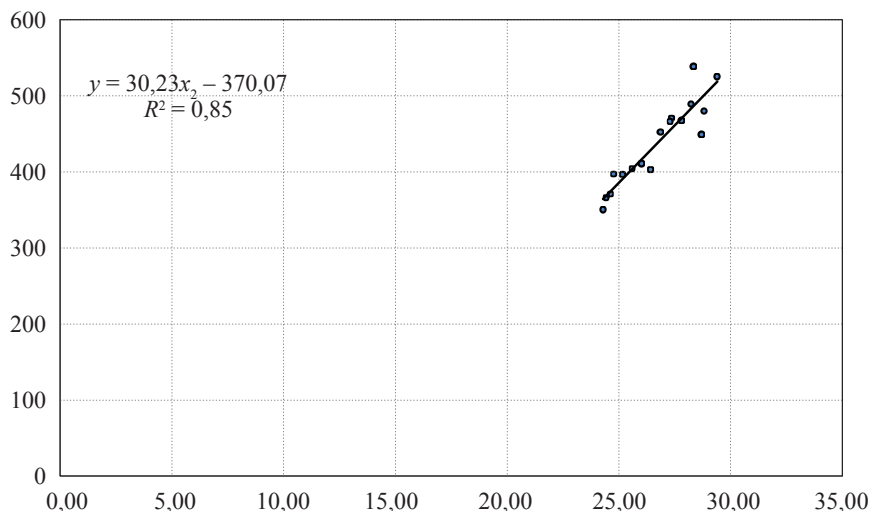
Год	Население Курской области старше трудоспособного возраста (%)
2005	24,3
2006	24,4
2007	24,6
2008	24,8
2009	25,2
2010	25,6
2011	26,0
2012	26,4
2013	26,9
2014	27,4
2015	27,8
2016	28,2
2017	28,8
2018	29,4
2019	28,3
2020	28,7
2021	27,3

\* Составлена автором по данным: Статистический ежегодник Курской области. 2005-2021 / Курскстат. URL: [https://kurskstat.gks.ru/publication\\_collection/document/39278](https://kurskstat.gks.ru/publication_collection/document/39278).

На рис. 3 представлена модель зависимости онкологической заболеваемости ( $y$ ) от доли населения Курской области старше трудоспособного возраста ( $x_2$ ).

<sup>2</sup> Раковый регион: почему Курская область стала лидером по онкологии // NEWS. 2019. URL: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/212523182>.

<sup>3</sup> Об утверждении региональной программы «Борьба с онкологическими заболеваниями»: Постановление Администрации Курской обл. от 28 июня 2019 № 587-па // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/4600201907020005?ysclid=leae0ckd4c58390634>.



**Рис. 3. Модель зависимости онкологической заболеваемости в Курской области от доли населения Курской области старше трудоспособного возраста**

Таким образом, в Курской области высокий темп старения населения достоверно влияет на структуру онкологической заболеваемости.

3. Увеличение показателя заболеваемости злокачественными новообразованиями среди населения также связывают с улучшением диагностики онкозаболеваний за счет ранней выявляемости злокачественных новообразований. В Курской области функционирует новый онкологический научно-клинический центр с современным оборудованием и значительными возможностями по масштабному скринингу. «Детальный анализ статистики свидетельствует о том, что существенная часть впервые установленных онкозаболеваний приходится на ранние стадии. В связи с этим можно говорить о том, что речь идет не о более высокой заболеваемости, а о более ранних выявляемости и начале специального лечения. Возможность обнаруживать рак на начальной стадии дает наличие у нас высокотехнологичного современного оборудования и профессиональной команды врачей»<sup>4</sup> — отмечает главный врач Курского областного клинического онкологического диспансера У.С. Станоевич.

В табл. 4 представлена статистика выявляемости онкологических заболеваний на ранних стадиях в Курской области.

<sup>4</sup> Курская область вошла в десятку регионов по заболеваемости раком // ВЕСТИ Курск. 2020. URL: <https://gtrkkursk.ru/news/2531-kurskaya-oblast-voshla-desyatku-regionov-zabolevaemosti-rakom?ysclid=leaeil98ty348046775>.

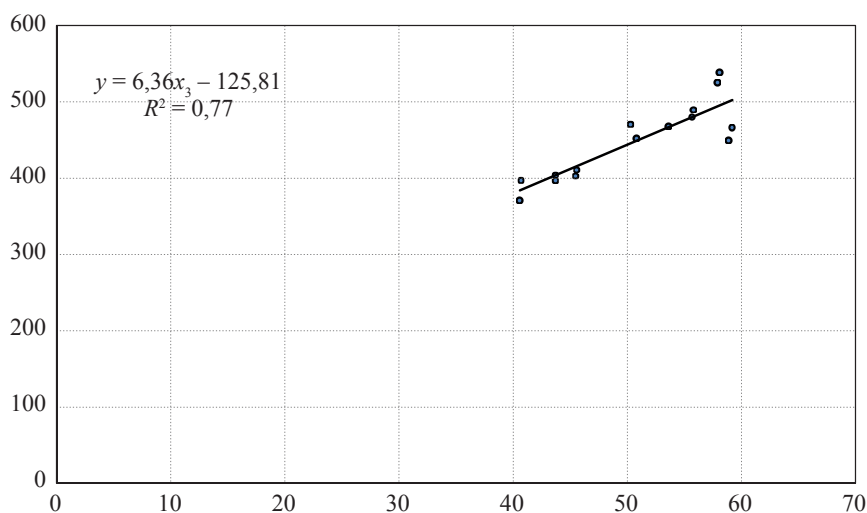
Таблица 4

**Статистика выявляемости онкологических заболеваний  
на ранних стадиях в Курской области\***

Год	Выявляемость онкологических заболеваний на I-II стадиях (%)
2007	40,6
2008	40,7
2009	43,7
2010	43,7
2011	45,6
2012	45,5
2013	50,8
2014	50,3
2015	53,6
2016	55,8
2017	55,7
2018	57,9
2019	58,1
2020	58,9
2021	59,2

\* Составлена автором по данным: Состояние онкологической помощи населению России. 2007-2021 // ОНКОЛОГИЯ.ru. URL: <https://oncology.ru/service/statistics/condition/?ysclid=leafdk7dk5826409071>.

На рис. 4 представлена модель зависимости онкологической заболеваемости ( $y$ ) от выявляемости онкологических заболеваний на ранних стадиях ( $x_3$ ).



**Рис. 4. Модель зависимости онкологической заболеваемости  
в Курской области от выявляемости онкологических заболеваний  
на ранних стадиях**



Таким образом, еще одной причиной возрастающей тенденции онкологической заболеваемости в Курской области достоверно является высокая выявляемость заболеваний на ранних стадиях.

Последний этап исследования связан с построением модели зависимости онкологической заболеваемости населения Курской области от трех перечисленных выше факторов:

$$y = -0,08x_1 + 18,71x_2 + 2,52x_3 - 182,26,$$

при этом параметры адекватности модели: коэффициент детерминации  $R^2 = 0,81$  и уровень значимости F-критерия меньше 0,05 свидетельствуют о статистической значимости полученного уравнения. Многомерная модель по сравнению с одномерными обладает большей прогностической ценностью и может быть использована для построения более точных краткосрочных прогнозов онкологической заболеваемости в Курской области и планирования лечебно-профилактических мероприятий.

В заключении отметим, что несмотря на высокий показатель онкологической заболеваемости населения Курской области, его значение определяется не только экологическими и популяционными проблемами, но и качеством оказываемой помощи, большей выявляемостью злокачественных новообразований на ранних стадиях, что в конечном итоге снижает смертность и увеличивает продолжительность жизни онкобольных.

### Список использованной литературы

1. Чикин С.Н. Экономико-математическое моделирование заболеваемости злокачественными новообразованиями в Российской Федерации / С.Н. Чикин, Л.П. Ярославцева. — DOI 10.34773/EU.2021.1.32. — EDN SEARAF // Экономика и управление: научно-практический журнал. — 2021. — № 1 (157). — С. 160–165.
2. Ермолицкая М.З. Прогнозирование заболеваемости раком молочной железы с применением обобщенной аддитивной модели / М.З. Ермолицкая. — DOI 10.22250/18142400\_2022\_73\_3\_25. — EDN EFOMGG // Информатика и системы управления. — 2022. — № 3 (73). — С. 25–30.
3. Титов А.А. Прогностическая модель заболеваемости злокачественными новообразованиями в Курской области / А.А. Титов. — EDN FKABGK // Медико-экологические информационные технологии – 2022 : сб. науч. статей по материалам XXV Междунар. науч.-тех. конф. — Курск, 2022. — С. 36–40.
4. Степанов В.С. Связь онкологической заболеваемости с возрастом населения, проживающего при неблагоприятных факторах окружающей среды / В.С. Степанов. — DOI 10.25881/18110193\_2021\_3\_38. — EDN TKUESG // Врач и информационные технологии. — 2021. — № 3. — С. 38–49.
5. Заболеваемость злокачественными новообразованиями в Курской области в сравнении с Белгородской и Орловской областями, а также Российской Федерацией за период с 2016 по 2019 год / И.В. Пашина, Л.А. Коптева, М.Е. Алферова, Ю.С. Ворона. — DOI 10.17513/mjpf.13309. — EDN CLKAQC // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2021. — № 11. — С. 40–44.

6. Прогностическая модель онкологической заболеваемости населения в условиях воздействия химических канцерогенов среды обитания / Е.Л. Борщук, В.М. Боев, Л.А. Бархатова [и др.]. — DOI 10.35627/2219-5238/2017-286-1-13-16. — EDN XXRFGZ // Здоровье населения и среда обитания — ЗНиСО. — 2017. — № 1 (286). — С. 13–16.

7. Онкоэпидемиологическая ситуация вблизи объектов атомной промышленности / А.П. Бирюков, Э.П. Коровкина, Е.В. Васильев [и др.]. — DOI 10.25016/2541-7487-2022-0-1-05-11. — EDN RZSYTM // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. — 2022. — № 1. — С. 5–11.

## References

1. Chikin S.N., Yaroslavtseva L.P. Economic and Mathematical Modeling of the Incidence of Malignant Diseases Neoplasms in the Russian Federation. *Ekonomika i upravlenie: nauchnyi zhurnal = Economics and Management: Research and Practice Journal*, 2021, no. 1, pp. 160–165. (In Russian). EDN: SEARAF. DOI: 10.34773/EU.2021.1.32.

2. Ermolitskaya M.Z. Using a Generalized Additive Model in Prediction of Breast Cancer Incidence. *Informatika i sistemy upravleniya = Computer Science and Control Systems*, 2022, no. 3, pp. 25–30. (In Russian). EDN: EFOMGG. DOI: 10.22250/18142400\_2022\_73\_3\_25.

3. Titov A.A. Prognostic Model of the Incidence of Malignant Neoplasms in the Kursk Region. *Medical-Ecological Information Technologies — 2022. Materials of the XXV International Scientific and Technical Conference*. Kursk, 2022, pp. 36–40. (In Russian). EDN: FKABGK.

4. Stepanov V.S. The Relationship of Cancer Prevalence with Age of the Population Living under Adverse Environmental Factors. *Vrach i informatsionnye tekhnologii = Medical Doctor and IT*, 2021, no. 3, pp. 38–49. (In Russian). EDN: TKUESG. DOI: 10.25881/18110193\_2021\_3\_38.

5. Pashina I.V., Kopteva L.A., Alferova M.E., Vorona Yu.S. Incidence of Malignant Neoplasms in Kursk Region in Comparison with Belgorod and Oryol Regions, as well as Russian Federation for the Period from 2016 to 2019. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy = International Journal on Practical and Fundamental Research*, 2021, no. 11, pp. 40–44. (In Russian). EDN: CLKAQC. DOI: 10.17513/mjpf.13309.

6. Borshchuk E.L., Boev V.M., Barkhatova L.A., Karpenko I.L., Kudusova L.Kh. Predictive Model of Cancer Morbidity of Population under the Influence of Chemical Carcinogen Environment. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya — ZNiSO = Public Health and Life Environment — Ph&Le*, 2017, no. 1, pp. 13–16. (In Russian). EDN: XXRFGZ. DOI: 10.35627/2219-5238/2017-286-1-13-16.

7. Birjukov A.P., Korumkina J.P., Vasiliev E.V., Orlov J.V., Dibirgadzhiyev I.G. Cancer Epidemiological Situation near Nuclear Facilities. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh = Medico-Biological and Sosio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*, 2022, no. 1, pp. 5–11. (In Russian). EDN: RZSYTM. DOI: 10.25016/2541-7487-2022-0-1-05-11.

## Информация об авторе

**Тарасова Светлана Анатольевна** — кандидат педагогических наук, доцент кафедры физики, информатики и математики, Курский государственный медицинский университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: shedrina19@bk.ru.

### Information about the Author

**Svetlana A. Tarasova** — PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor of Department of Physics, Informatics and Mathematics, Kursk State Medical University, Kursk, Russian Federation, e-mail: shedrina19@bk.ru.

### Для цитирования

Тарасова С.А. Моделирование онкологической заболеваемости населения Курской области / С.А. Тарасова. — DOI 10.17150/2713-1734.2023.5(2).142-152. — EDN WICSOJ // *System Analysis & Mathematical Modeling*. — 2023. — Т. 5, № 2. — С. 142–152.

### For Citation

Tarasova S.A. Modeling of Oncological Morbidity of Kursk Region's Population. *System Analysis & Mathematical Modeling*, 2023, vol. 5, no. 2, pp. 142–152. (In Russian). EDN: WICSOJ. DOI: 10.17150/2713-1734.2023.5(2).142-152.