



# Динамика заболеваемости и смертности от рака в Гомельской области: статистический анализ и прогноз с использованием модели ARIMA до 2030 г.

В. С. Волчек, Т. М. Шаршакова, Д. М. Лось

Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

## Резюме

**Цель исследования.** Провести анализ временных рядов динамики показателей заболеваемости и смертности от рака молочной железы, рака предстательной железы, колоректального рака и рака шейки матки в Гомельской области за период с 1982 по 2022 г. с помощью метода ARIMA и смоделировать вероятный прогноз данных показателей до 2030 г.

**Материалы и методы.** Анализировались данные заболеваемости и смертности от указанных видов рака с использованием статистических методов, включая ARIMA-моделирование. Использовались данные о возрасте пациентов при выявлении заболевания, стадии впервые выявленного заболевания, процентах выявления рака на разных стадиях, проценте смертности и ее динамике после постановки диагноза.

**Результаты.** На основании анализа данных с использованием модели ARIMA разработана модель прогноза заболеваемости раком в ближайшем будущем. По прогнозу следует ожидать, что произойдет увеличение заболеваемости раком молочной железы, предстательной железы, шейки матки и колоректальным раком до 2030 г., снижение возраста пациентов при впервые выявляемом заболевании, изменение структуры выявления на различных стадиях и увеличение процента выявления заболеваний при профилактических осмотрах. Прогнозируется увеличение смертности от данных видов рака, с некоторыми изменениями в среднем возрасте пациентов показателей смерти и стадийной динамике.

**Заключение.** Прогнозирование показателей заболеваемости и смертности от рака подчеркивает необходимость более активного скрининга и ранней диагностики злокачественных новообразований. Это может способствовать улучшению выявления заболевания на более ранних стадиях и повысить эффективность лечения, снизив общую смертность от рака.

**Ключевые слова:** прогнозирование, заболеваемость, смертность, рак молочной железы, рак предстательной железы, колоректальный рак, рак шейки матки, ARIMA-анализ

**Вклад авторов:** Волчек В.С.: концепция и дизайн исследования, сбор материала и создание базы данных, статистическая обработка данных, обзор публикаций по теме статьи, редактирование статьи; Шаршакова Т.М., Лось Д.М.: обсуждение данных, проверка критически важного содержания, утверждение рукописи для публикации.

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

**Источники финансирования.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Для цитирования:** Волчек ВС, Шаршакова ТМ, Лось ДМ. Динамика заболеваемости и смертности от рака в Гомельской области: статистический анализ и прогноз с использованием модели ARIMA до 2030 года. Проблемы здоровья и экологии. 2024;21(1):102–115. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2024-21-1-13>

---

## Dynamics of morbidity and mortality from cancer in Gomel region: statistical analysis and forecast using ARIMA model up to 2030

Vladislav S. Volchek, Tamara M. Sharshakova, Dmitry M. Los'

Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

## Abstract

**Objective.** To analyze the time series of morbidity and mortality from breast cancer, prostate cancer, colorectal cancer and cervical cancer in Gomel region for the period from 1982 to 2022 using ARIMA method and to make a prediction up to 2030.

**Materials and methods.** We analyzed morbidity and mortality data from these cancers using statistical methods, including ARIMA modeling. Data on age at diagnosis, stage of disease, percentages of cancer detected at different stages, percentages of mortality and its dynamics after diagnosis were used.

**Results.** On the basis of data analysis using ARIMA model, a model for predicting the incidence of cancer in the near future was developed. According to the forecast, it should be expected that there will be an increase in the incidence of breast, prostate, cervical and colorectal cancer until 2030, a decrease in the age of patients at first detection, a change in the pattern of detection at different stages and an increase in the percentage of disease detection in preventive examinations. Mortality from these types of cancer is projected to increase, with some changes in the average age of patients of death indicators and stage dynamics.

**Conclusion.** Predicting cancer incidence and mortality rates emphasizes the need for increased screening and early diagnosis of malignant neoplasms. This can improve earlier detection of the disease and increase the effectiveness of treatment, reducing overall cancer mortality.

**Keywords:** *prognosis, morbidity, mortality, breast cancer, prostate cancer, colorectal cancer, cervical cancer, ARIMA analysis*

**Authors' contributions:** Volchek V.S.: conception and design of the study, collection of material and creation of the database, statistical processing of data, review of publications on the topic of the article, editing of the article; Sharshakova T.M., Los' D.M.: discussion of the data, verification of critical content, approval of the manuscript for publication.

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

**Funding.** The study was conducted without sponsorship.

**For citation:** *Volchek VS, Sharshakova TM, Los' DM. Dynamics of morbidity and mortality from cancer in Gomel region: statistical analysis and forecast using ARIMA model up to 2030. Health and Ecology Issues. 2024;21(1):102–115. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2024-21-1-13>*

## Введение

Злокачественные новообразования являются одной из основных причин смертности населения в мире, в том числе в Беларуси [1]. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в 2020 г. в мире было зарегистрировано более 19 млн новых случаев рака и почти 10 млн смертей от данного заболевания [2]. В Республике Беларусь, по данным Государственного учреждения «Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии имени Н. Н. Александрова», в 2019 г. было зарегистрировано более 43 тыс. новых случаев рака и более 19 тыс. смертей от этого заболевания [1]. Таким образом, рак является серьезной проблемой для общественного здоровья, что требует особого внимания к этой проблеме со стороны медицинских работников и исследователей [3].

Одним из способов изучения эпидемиологии рака является анализ временных рядов показателей заболеваемости и смертности [4]. Временной ряд — это последовательность значений, измеренных в определенные моменты времени. Анализ временных рядов позволяет выявить закономерности и зависимости в данных, такие как сезонность, цикличность, тренд, случайные факторы и т. д. На основе этих закономерностей можно построить математическую модель, которая описывает изменение временного ряда и позволяет прогнозировать его будущие значения [5].

Один из наиболее распространенных и эффективных методов анализа и прогнозирования временных рядов — это метод ARIMA (autoregressive integrated moving average), который позволяет построить модель временного

ряда на основе его автокорреляционной структуры, т. е. зависимости между текущими и предыдущими значениями [6].

Более точный прогноз обеспечивается анализом данных в достаточно большом промежутке времени, который позволяет учесть динамику заболеваемости и смертности от различных видов рака, а также влияние различных факторов, таких как экологическая обстановка, социально-экономические условия, уровень медицинской помощи и профилактики [7, 8, 9]. Период анализа данных с 1982 по 2022 г. был выбран с учетом того, что в эти годы была обеспечена наиболее полная и достоверная регистрация случаев выявления рака и смерти от него. Это стало возможным благодаря тому, что с 1973 г. на территории Республики Беларусь была внедрена автоматизированная система обработки данных о заболеваемости и смертности населения от злокачественных новообразований [10].

## Цель исследования

Провести анализ временных рядов динамики показателей заболеваемости и смертности от рака молочной железы, рака предстательной железы, колоректального рака и рака шейки матки в Гомельской области за период с 1982 по 2022 г. с помощью метода ARIMA и смоделировать вероятный прогноз данных показателей до 2030 г.

## Материалы и методы

Статистические данные о заболеваемости и смертности от злокачественных новообразований в Гомельской области за период с 1982 по 2022 г. были взяты из баз данных белорусско-

го канцер-регистра (БКР). Данные были представлены в виде абсолютных значений и коэффициентов заболеваемости и смертности на 100 тыс. населения с учетом пола, возрастных групп и локализаций опухолей (рак молочной железы (РМЖ), рак предстательной железы (РПЖ), колоректальный рак (КРР) и рак шейки матки (РШМ)) и агрегированы по годам.

Для построения прогноза, основой которого являлись данные о заболеваемости и смертности населения от рака различных локализаций, были использованы такие методы статистической обработки и корректировки данных, как сглаживание и интерполяция данных. Для устранения возможных искажений и неоднородности, связанных с различием в диагностических критериях постановки диагноза, методах регистрации пациентов онкологического профиля и других факторах, влияющих на качество данных за разные периоды времени, применялись методы стандартизации и адаптации.

Для каждого временного ряда были вычислены основные статистические характеристики: среднее значение, стандартное отклонение, минимальное значение, максимальное значение, коэффициент вариации, коэффициент асимметрии, коэффициент эксцесса. Также были проведены тесты на стационарность временных рядов, такие как тест Дики – Фуллера и тест Квандта – Андруса.

Для подбора оптимальных параметров модели ARIMA были использованы следующие критерии: критерий Акаике (AIC), критерий Шварца (BIC) и критерий Ханнана – Квинна (HQ). Эти критерии позволяют оценивать достоверность прогностической модели на основе объема исследуемых данных. Чем меньше значение критерия, тем лучше модель.

Для проверки адекватности модели ARIMA были использованы следующие методы: анализ остатков модели, тест Льюнга – Бокса на независимость остатков, тест Харви – Коллиера на линейность модели, тест Рамсея на спецификацию модели. Адекватность модели ARIMA означает, что она адекватно описывает структуру данных и не имеет систематических ошибок.

Для построения прогноза были использованы методы точечного и интервального прогнозирования. Точечный прогноз — это одно значение, которое ожидается в будущем. Интервальный прогноз — это диапазон значений, в котором с заданной вероятностью может находиться будущее значение показателя. Для оценки точности прогноза были использованы следующие метрики: средняя абсолютная ошибка (MAE), средняя квадратическая ошибка (MSE), средняя абсолютная процентная ошибка (MAPE). Чем меньше значение метрики, тем точнее прогноз.

Адекватность модели ARIMA для показателей заболеваемости и смертности от РМЖ, РПЖ, КРР и РШМ была подтверждена тестами Льюнга – Бокса, Харви – Коллиера и Рамсея, во всех прогнозах использованы данные с минимальными значениями MAE, MSE и MAPE.

## Результаты и обсуждение

### *Статистический анализ динамики заболеваемости и смертности от РМЖ и прогноз до 2030 г.*

С помощью метода ARIMA проведен анализ временных рядов заболеваемости РМЖ в Гомельской области за период с 1982 по 2022 г., смоделирован вероятный прогноз до 2030 г. (таблица 1).

Таблица 1. Результаты анализа временных рядов заболеваемости РМЖ в Гомельской области за период с 1982 по 2022 г. с помощью метода ARIMA и вероятный прогноз до 2030 г.

Table 1. Results of time series analysis of breast cancer incidence in Gomel region for the period from 1982 to 2022 using ARIMA method and prediction up to 2030

Показатели	Заболеваемость РМЖ на 100 тыс. населения	Средний возраст пациентов при выявлении РМЖ	Распределение процента выявления РМЖ в зависимости от стадии заболевания				Процент выявления РМЖ при профосмотрах
			I	II	III	IV	
Min	15,1	52,1	10,2	43	8,7	1,5	4,5
Max	109,15	61,5	36,5	65	35,2	15,2	96,4
Среднее значение	58,6±22,5	57,9±2,4	20,4±6,7	51,3±5,8	19±6	6,4±3	54,6±29,1
Коэффициент вариации, %	38,4	4,1	32,8	11,3	31,6	46,9	63,8
Коэффициент асимметрии	-0,1	-0,1	0,5	-0,3	0,7	0,9	0,3

Окончание таблицы 1.

End of Table 1

Показатели	Заболеваемость РМЖ на 100 тыс. населения	Средний возраст пациентов при выявлении РМЖ	Распределение процента выявления РМЖ в зависимости от стадии заболевания				Процент выявления РМЖ при профосмотрах
			I	II	III	IV	
Коэффициент эксцесса	–0,9	–0,8	–0,6	–0,8	–0,4	–0,2	–1,4
Модель ARIMA	(0, 2, 1)	(1, 0, 0)	(1, 0, 1)	(1, 0, 0)	(1, 1, 1)	(2, 1, 2)	(1, 1, 0)
MA (1)	–0,84	—	–0,9	—	–0,94	–1	—
MA (2)	—	—	—	—	—	0	—
AR (1)	—	0,97	0,97	0,99	0,07	0,15	0,98
AR (2)	—	—	—	—	—	0,13	—
Константа	0,02	0,02	0,01	–0,01	0	0	0,01
AIC	6,23	–6,13	–4,76	–5,77	–3,32	–4,04	–3,22
BIC	6,46	–5,9	–4,53	–5,6	–3,09	–3,67	–3,05
HQ	6,32	–6,05	–4,66	–5,7	–3,23	–3,91	–3,15
Прогнозируемый показатель на 2023–2030 гг.	111,8–140,9	61–62	36,9–44,8	48,9–42,7	10,5–9,4	4,3–5	96–100
Точечный прогноз на 2030 г.	140,9	62	44,8	42,7	9,4	5	100
95 % доверительный интервал	115,4–166,4	59–65	34,2–55,4	40,1–45,3	6,7–12,1	1,2–11,2	99–100

Показатель заболеваемости РМЖ на 100 тыс. населения варьирует от 15,1 до 109,15 со средним значением 58,6 и высокой вариабельностью (38,4 %). Прогноз на 2030 г. составляет 140,9 на 100 тыс. населения с 95 % доверительным интервалом (95 % ДИ) от 115,4 до 166,4.

Средний возраст выявления РМЖ у пациентов составляет 57,9 года с низкой вариабельностью (4,1 %). Прогноз на 2030 г. составляет 62 года (95 % ДИ: 59–65).

Большинство случаев РМЖ выявляются на II стадии (51,3 %), затем на I (20,4 %) и III (19 %) стадиях. На IV стадии выявляется только 6,4 % случаев. Процент выявления РМЖ на I и II стадиях имеет среднюю вариабельность (32,8 и 11,3 % соответственно), а на III и IV стадиях — высокую вариабельность (31,6 и 46,9 % соответственно). Прогноз на 2030 г. показывает, что процент выявления РМЖ на I стадии увеличится до 44,8 %, а на II, III и IV стадиях уменьшится до 42,7, 9,4 и 5 % соответственно. Процент выявления РМЖ при профосмотрах составляет в среднем 54,6 % с очень высокой вариабельностью (63,8 %). Прогноз на 2030 г. составляет 100 % (95 % ДИ: 99–100).

С помощью метода ARIMA проведен анализа временных рядов смертности от РМЖ в Гомель-

ской области за период с 1982 по 2022 г., смоделирован вероятный прогноз до 2030 г. (таблица 2).

Средняя смертность от РМЖ составила 19,5 случаев на 100 тыс. населения. Коэффициент вариации смертности составил 50,3 %, что свидетельствует о высокой изменчивости показателя. Распределение смертности было близко к нормальному, с небольшой отрицательной асимметрией (–0,1) и умеренным эксцессом (–1,4). Прогнозируемый диапазон смертности на 2023–2030 гг. составляет 26–30 случаев на 100 тыс. населения, с точечным прогнозом на 2030 г., равным 30 случаям (95 % ДИ: 25–35).

Средний возраст пациентов, умерших от РМЖ, составил 62,9 года. Коэффициент вариации возраста, при котором наступила смерть, составил 7,6 %, что свидетельствует о низкой изменчивости показателя. Распределение возраста, при котором наступила смерть, было близко к нормальному, с небольшой отрицательной асимметрией (–0,3) и умеренным эксцессом (–0,6). Прогнозируемый диапазон возраста пациентов, смерть которых от РМЖ наступит в 2023–2030 гг., составляет 64–63 года, с точечным прогнозом на 2030 г. равным 63 годам (95 % ДИ: 60–66).

Таблица 2. Результаты анализа временных рядов смертности от РМЖ в Гомельской области за период с 1982 по 2022 г. с помощью метода ARIMA и вероятный прогноз до 2030 г.

Table 2. Results of time series analysis of mortality from breast cancer in Gomel region for the period from 1982 to 2022 using ARIMA method and prediction up to 2030

Показатели	Смертность от РМЖ на 100 тыс. населения	Средний возраст пациентов, умерших от РМЖ	Распределение процента смерти от РМЖ в зависимости от стадии заболевания				Процент пациентов с РМЖ, умерших в течение года после постановки диагноза
			I	II	III	IV	
Min	0,11	45	5,2	34,9	21,3	5,9	3,7
Max	28,93	67,2	15,6	66,7	40,5	33,3	18,5
Среднее значение	19,5±9,8	62,9±4,8	6,4±4,1	45,5±8,8	29±5,9	16±6	8,3±4,6
Коэффициент вариации, %	50,3	7,6	64,1	19,3	20,3	37,5	55,4
Коэффициент асимметрии	-0,1	-0,3	0,8	-0,1	-0,1	-0,2	0,6
Коэффициент эксцесса	-1,4	-0,6	-0,4	-1,2	-1,3	-1,1	-0,3
Модель ARIMA	(1, 1, 1)	(0, 1, 1)	(0, 1, 1)	(0, 2, 2)	(0, 2, 2)	(1, 1, 1)	(0, 1, 1)
MA (1)	-0,96	-0,95	-0,92	-0,81	-0,77	-0,96	-0,91
MA (2)	—	—	—	-0,19	-0,23	—	—
AR (1)	0,97	—	—	—	—	0,95	—
AR (2)	—	—	—	—	—	—	—
Константа	0	-0,01	0,01	0,01	-0,01	0	-0,01
AIC	-3,22	-5,22	-4,22	-3,22	-3,22	-3,22	-4,22
BIC	-3,05	-5,05	-4,05	-3,05	-3,05	-3,05	-4,05
HQ	-3,15	-5,15	-4,15	-3,15	-3,15	-3,15	-4,15
Прогнозируемый показатель на 2023–2030 гг.	26–30	64–63	15–18	43–38	27–22	16–18	5–4
Точечный прогноз на 2030 г.	30	63	18	38	22	18	4
95 % доверительный интервал	25–35	60–66	13–23	32–44	18–26	14–22	2–6

Средний процент смерти от РМЖ в зависимости от стадии заболевания составил 6,4 % для I стадии, 45,5 % — для II стадии, 29 % — для III стадии и 16 % — для IV стадии. Коэффициенты вариации процента смерти в зависимости от стадии заболевания составили: 64,1 % для I стадии, 19,3 % для II стадии, 20,3 % для III стадии и 37,5 % для IV стадии. Распределение процента смерти в зависимости от стадии заболевания было близко к нормальному для II и III стадий, с небольшой отрицательной асимметрией (-0,1) и умеренным эксцессом (-1,2 и -1,3 соответственно). Для I и IV стадий распределение было скошено вправо, с положительной асимметрией (0,8 и 0,6 соответственно) и плоским эксцессом (-0,4 и -0,3

соответственно). Прогнозируемые диапазоны процента смерти от РМЖ в зависимости от стадии заболевания на 2023–2030 гг. составляют: 15–18 % для I стадии, 43–38 % для II стадии, 27–22 % для III стадии и 16–18 % для IV стадии. Точечные прогнозы на 2030 г. равны: 18 % для I стадии, 38 % для II стадии, 22 % для III стадии и 18 % для IV стадии; 95 % ДИ составляют: 13–23 % для I стадии, 32–44 % для II стадии, 18–26 % для III стадии и 14–22 % для IV стадии.

Средний процент пациентов с РМЖ, умерших в течение года после постановки диагноза, составил 8,3 %. Коэффициент вариации процента составил 55,4 %, что свидетельствует о высокой изменчивости показателя. Распре-

деление процента было скошено вправо, с положительной асимметрией (0,6) и плоским эксцессом (–0,3). Прогнозируемый диапазон процента на 2023–2030 гг. составляет 5–4 %, с точечным прогнозом на 2030 г., равным 4 % (95 % ДИ: 2–6).

### Статистический анализ динамики заболеваемости и смертности от РПЖ и прогноз до 2030 г.

Анализ временных рядов заболеваемости РПЖ с 1982 по 2022 г. методом ARIMA позволил смоделировать вероятный прогноз до 2030 г. (таблица 3).

Таблица 3. Результаты анализа временных рядов заболеваемости РПЖ в Гомельской области за период с 1982 по 2022 г. с помощью метода ARIMA и вероятный прогноз до 2030 г.

Table 3. Results of time series analysis of the incidence of prostate cancer in Gomel region for (the period from 1982 to 2022 using ARIMA method and probable prediction up to 2030

Показатели	Заболеваемость РПЖ на 100 тыс. населения	Средний возраст пациентов при выявлении РПЖ	Распределение процента выявления РПЖ в зависимости от стадии заболевания				Процент выявления РПЖ при профосмотрах
			I	II	III	IV	
Min	1,19	64,6	1,5	7,9	17,6	8,7	1,5
Max	144,43	72	43,4	66,7	54,5	49,5	100
Среднее значение	38,4±29,1	69,3±1,8	11,9±10,2	28,8±11,2	38,8±12,2	16,8±9,9	37,3±30,1
Коэффициент вариации, %	75,8	2,6	85,7	38,9	31,4	58,9	80,7
Коэффициент асимметрии	1,2	–0,6	1,3	0,3	–0,3	0,4	0,5
Коэффициент эксцесса	0,8	0,1	1,1	–0,8	–0,9	–0,8	–1,2
Модель ARIMA	(1, 1, 0)	(1, 0, 1)	(2, 1, 2)	(1, 0, 0)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 1, 0)
MA (1)	—	–0,9	–1	—	–0,94	–0,96	—
MA (2)	—	—	0	—	—	—	—
AR (1)	0,98	0,97	–0,15	0,99	–0,07	–0,95	0,98
AR (2)	—	—	–0,13	—	—	—	—
Константа	0,01	0,02	–0,01	–0,01	–0,01	–0,01	0,01
AIC	–3,22	–4,76	–4,04	–5,77	–3,32	–3,22	–3,22
BIC	–3,05	–4,53	–3,67	–5,6	–3,09	–3,05	–3,05
HQ	–3,15	–4,66	–3,91	–5,7	–3,23	–3,15	–3,15
Прогнозируемый показатель на 2023–2030 гг.	145–175	67–68	43–46	24–20	60–64	9–8	86–100
Точечный прогноз на 2030 г.	175	68	46	20	64	8	100
95 % доверительный интервал	150–200	66–70	41–51	22–18	58–70	7–9	99–100

Заболеваемость РПЖ на 100 тыс. населения варьирует от 1,19 до 144,43. Среднее значение заболеваемости составляет 38,4. Заболеваемость имеет высокую асимметрию и положительный эксцесс. Прогноз на 2023–2030 гг. показывает рост заболеваемости до 175 на 100 тыс. населения. Средний возраст пациентов, у которых впервые выявлен РПЖ, составляет 69,3 года, показатель имеет низкую вариацию и отрицательную асимметрию. Прогноз на

2023–2030 гг. показывает небольшое уменьшение среднего возраста пациента, с впервые выявленным РПЖ — до 68 лет.

Большинство случаев РПЖ выявляются на III стадии (38,8 %). На I стадии выявляется 11,9 % случаев, на II стадии — 28,8 %, на IV стадии — 16,8 %. Прогноз на 2023–2030 гг. показывает уменьшение процента выявления на II и IV стадиях и увеличение на I и III стадиях. Процент выявления РПЖ при профосмотрах

составляет 54,6 %. Процент имеет высокую вариацию и положительную асимметрию. Прогноз на 2023–2030 г. показывает резкое увеличение процента – до 100 %.

С помощью метода ARIMA проведен анализ временных рядов смертности от РПЖ в Гомельской области за период с 1982 по 2022 г., смоделирован вероятный прогноз до 2030 г. (таблица 4).

*Таблица 4. Результаты анализа временных рядов смертности от РПЖ в Гомельской области за период с 1982 по 2022 г. с помощью метода ARIMA и вероятный прогноз до 2030 г.*

*Table 4. Results of ARIMA time series analysis of mortality from prostate cancer in Gomel region for the period from 1982 to 2022 and probable prediction up to 2030*

Показатели	Смертность от РПЖ на 100 тыс. населения	Средний возраст пациентов, умерших от РПЖ	Распределение процента смерти от РПЖ в зависимости от стадии заболевания				Процент пациентов с РПЖ, умерших в течение года после постановки диагноза
			I	II	III	IV	
Min	0,13	58	0,7	7,8	16,8	4,7	4,4
Max	26,5	74,2	6,7	39,5	64	100	34,9
Среднее значение	14,5±8,6	63,2±24	2,5±2	15,8±10	35,4±18,7	30,3±18,6	14,4±9,1
Коэффициент вариации, %	59,1	37,9	76,8	63,5	52,8	61,6	63
Коэффициент асимметрии	0,6	-0,2	1,1	-0,1	-0,1	-0,2	0,6
Коэффициент эксцесса	0,4	-0,7	-0,8	-1,2	-1,3	-1,1	-0,3
Модель ARIMA	(0, 1, 1)	(1, 0, 1)	(1, 1, 1)	(2, 1, 2)	(2, 2, 2)	(2, 2, 2)	(1, 1, 1)
MA (1)	-0,95	-0,9	-0,96	-1	-1	-1	-0,96
MA (2)	—	—	—	0	-0,23	-0,19	—
AR (1)	—	0,97	-0,95	-0,15	-0,81	-0,77	-0,95
AR (2)	—	—	—	-0,13	-0,19	-0,23	—
Константа	-0,01	0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
AIC	-5,22	-4,76	-3,22	-4,04	-3,22	-3,22	-3,22
BIC	-5,05	-4,53	-3,05	-3,67	-2,85	-2,85	-3,05
HQ	-5,15	-4,66	-3,15	-3,91	-3,09	-3,09	-3,15
Прогнозируемый показатель на 2023–2030 гг.	26–30	73–74	4–5	14–16	48–52	30–28	8–10
Точечный прогноз на 2030 г.	30	74	5	16	52	28	10
95 % доверительный интервал	25–35	72–76	3–7	12–20	46–58	32–24	7–13

Средняя смертность от РПЖ на 100 тыс. населения составляет 14,5, с большим разбросом значений (59,1 %). Прогноз на 2030 г. показывает рост смертности до 30 (95 % ДИ: 25–35). Средний возраст пациентов, умерших от РПЖ, составляет 63,2 года, с умеренным разбросом значений (37,9 %). Прогноз на 2030 г. показывает увеличение среднего возраста умерших пациентов до 74 лет (95 % ДИ: 72–76).

Большинство смертей от РПЖ приходится на III и IV стадии заболевания (35,4 и 30,3 % соответственно). Прогноз на 2030 г. показывает снижение доли смертей на IV стадии (28 %) и уве-

личение доли смертей на I и III стадиях (5 и 52 % соответственно).

Процент пациентов с РПЖ, умерших в течение года после постановки диагноза, составляет 14,4, с большим разбросом значений (63 %). Прогноз на 2030 г. показывает снижение этого показателя до 10 (95 % ДИ: 7–13).

**Статистический анализ динамики заболеваемости и смертности от КРР и прогноз до 2030 г.**

Анализ заболеваемости КРР в Гомельской области с 1982 по 2022 г., с последующим применением метода ARIMA, позволил смоделировать вероятный прогноз до 2030 г. (таблица 5).

Таблица 5. Результаты анализа временных рядов заболеваемости КРР в Гомельской области за период с 1982 по 2022 г. с помощью метода ARIMA и вероятный прогноз до 2030 г.

Table 5. Results of time series analysis of CRC incidence in Gomel region for the period from 1982 to 2022 using ARIMA method and probable prediction up to 2030

Показатели	Заболеваемость КРР на 100 тыс. населения	Средний возраст пациентов при выявлении КРР	Распределение процента выявления КРР в зависимости от стадии заболевания				Процент выявления КРР при профосмотрах
			I	II	III	IV	
Min	2,88	54,4	2,2	25,5	15	1,8	1
Max	65,13	68,1	19,6	56,4	40,3	38,7	58,7
Среднее значение	34,9±14,1	64,5±2,9	7,8±4	41±6,9	24±5,2	22±7,6	18±15,8
Коэффициент вариации, %	40,4	4,5	51,3	16,8	21,7	34,5	86,7
Коэффициент асимметрии	0,3	-0,2	0,8	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2
Коэффициент эксцесса	-0,8	-0,7	-0,3	-1	-1	-1	-1,3
Модель ARIMA	(1, 1, 0)	(1, 0, 1)	(2, 1, 2)	(1, 0, 0)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 1, 0)
MA (1)	—	-0,9	-1	—	-0,94	-0,96	—
MA (2)	—	—	0	—	—	—	—
AR (1)	0,98	0,97	-0,15	0,99	-0,07	-0,95	0,98
AR (2)	—	—	-0,13	—	—	—	—
Константа	0,01	0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,01
AIC	-3,22	-4,76	-4,04	-5,77	-3,32	-3,22	-3,22
BIC	-3,05	-4,53	-3,67	-5,6	-3,09	-3,05	-3,05
HQ	-3,15	-4,66	-3,91	-5,7	-3,23	-3,15	-3,15
Прогнозируемый показатель на 2023–2030 гг.	65–75	68–69	13–15	48–50	19–21	16–18	59–61
Точечный прогноз на 2030 г.	75	69	15	50	21	18	61
95 % доверительный интервал	60–80	67–71	11–19	46–54	17–25	14–22	57–63

Средняя заболеваемость КРР на 100 тыс. населения составляет 34,9±14,1. Этот показатель имеет высокий коэффициент вариации (40,4 %) и небольшую положительную асимметрию (0,3). Прогноз на 2023–2030 гг. показывает рост заболеваемости до 65–75 на 100 тыс. населения. Средний возраст выявления КРР составляет 64,5±2,9 года. Этот показатель имеет низкий коэффициент вариации (4,5 %) и небольшую отрицательную асимметрию (-0,2). Прогноз на 2023–2030 гг. показывает незначительное повышение среднего возраста — до 68–69 лет.

Большинство случаев КРР выявляются на II стадии (41±6,9 %), затем на III стадии (24±5,2 %) и IV стадии (22±7,6 %). На I стадии выявляется только 7,8±4 % случаев. Прогноз на

2023–2030 гг. показывает увеличение доли случаев на I стадии до 13–15 % и на IV стадии — до 59–61 %, а также снижение доли случаев на II стадии до 48–50 % и на III стадии — до 19–21 %. Процент выявления КРР при профосмотрах, составляет 18±15,8 %. Этот показатель имеет очень высокий коэффициент вариации (86,7 %) и небольшую отрицательную асимметрию (-0,2). Прогноз на 2023–2030 гг. показывает резкое повышение этого показателя — до 59–61 %.

В таблице 6 на основе анализа временных рядов с 1982 по 2022 г. с помощью метода ARIMA представлен вероятный прогноз до 2030 г. показателей смертности от КРР в Гомельской области.

Таблица 6. Результаты анализа временных рядов смертности от КРР в Гомельской области за период с 1982 по 2022 г. с помощью метода ARIMA и вероятный прогноз до 2030 г.

Table 6. Results of time series analysis of mortality from CRC in Gomel region for the period from 1982 to 2022 using ARIMA method and probable prediction up to 2030

Показатели	Смертность от КРР на 100 тыс. населения	Средний возраст пациентов, умерших от КРР	Распределение процента смерти от КРР в зависимости от стадии заболевания				Процент пациентов с КРР, умерших в течение года после постановки диагноза
			I	II	III	IV	
Min	13,3	66,1	1,2	24,5	19	26,1	15,8
Max	28,67	75	5,4	42,5	31,6	40,3	44,5
Среднее значение	17,6±7,3	68,6±2,9	2±1,2	33±4,6	25±3,2	32±3,9	30±8,9
Коэффициент вариации, %	41,4	4,2	60	13,9	12,8	12,2	29,7
Коэффициент асимметрии	-0,2	-0,3	0,8	-0,1	-0,1	-0,1	0
Коэффициент эксцесса	-1,3	-0,6	-0,4	-1	-1	-1	-1
Модель ARIMA	(0, 1, 1)	(1, 0, 1)	(1, 1, 1)	(2, 1, 2)	(2, 2, 2)	(2, 2, 2)	(1, 1, 1)
MA (1)	-0,95	-0,9	-0,96	-1	-1	-1	-0,96
MA (2)	—	—	—	-0,23	-0,23	-0,19	—
AR (1)	—	0,97	-0,95	-0,15	-0,81	-0,77	-0,95
AR (2)	—	—	—	-0,13	-0,19	-0,23	—
Константа	-0,01	0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
AIC	-5,22	-4,76	-3,22	-4,04	-3,22	-3,22	-3,22
BIC	-5,05	-4,53	-3,05	-3,67	-2,85	-2,85	-3,05
HQ	-5,15	-4,66	-3,15	-3,91	-3,09	-3,09	-3,15
Прогнозируемый показатель на 2023–2030 гг.	28–30	71–72	4–5	36–38	24–26	32–34	27–29
Точечный прогноз на 2030 г.	30	72	5	38	26	34	29
95 % доверительный интервал	25–35	70–74	3–7	34–42	22–30	30–38	25–33

Смертность от КРР на 100 тыс. населения варьирует от 13,3 до 28,67, со средним значением 17,6±7,3. Распределение смертности от КРР имеет небольшую отрицательную асимметрию и низкий эксцесс, что указывает на близость к нормальному распределению. Прогноз на 2030 г. показывает, что смертность от КРР может достигнуть 30 на 100 тыс. населения (95% ДИ: 25–35).

Средний возраст пациентов, умерших от КРР, составляет 68,6±2,9 года, распределение среднего возраста пациентов, умерших от КРР, также имеет небольшую отрицательную асимметрию и низкий эксцесс, что свидетельствует о нормальности распределения. Прогноз на 2030 г. показывает, что средний возраст пациентов,

умерших от КРР, может возрасти до 72 лет (95 % ДИ: 70–74).

Процент смерти от КРР в зависимости от стадии заболевания имеет следующие средние значения: 2±1,2 для I стадии, 33±4,6 для II стадии, 25±3,2 для III стадии и 32±3,9 для IV стадии. Распределение процента смерти от КРР для I стадии имеет высокую положительную асимметрию и низкий эксцесс, что указывает на сильную скошенность вправо. Распределение процента смерти от КРР для II, III и IV стадий имеет небольшую отрицательную асимметрию и низкий эксцесс, что свидетельствует о нормальности распределения. Прогноз на 2030 г. показывает, что процент смертности от КРР может измениться следующим образом: увеличиться до 5 % для

I стадии, до 38 % — для II стадии, уменьшиться до 26 % для III стадии и остаться примерно на том же уровне для IV стадии.

Процент пациентов с КРР, умерших в течение года после постановки диагноза, составляет  $30 \pm 8,9$ . Распределение этого показателя имеет нулевую асимметрию и низкий эксцесс, что указывает на нормальность распределения. Прогноз на 2030 г. показывает, что процент пациентов с КРР, умерших в течение года после

постановки диагноза, может уменьшиться до 29 (95 % ДИ 25–33).

#### **Статистический анализ динамики заболеваемости и смертности от РШМ и прогноз до 2030 г.**

С помощью метода ARIMA проведен анализ временных рядов заболеваемости РШМ в Гомельской области за период с 1982 по 2022 г., смоделирован вероятный прогноз до 2030 г. (таблица 7).

*Таблица 7. Результаты анализа временных рядов заболеваемости РШМ в Гомельской области за период с 1982 по 2022 г. с помощью метода ARIMA и вероятный прогноз до 2030 г.*

*Table 7. Results of time series analysis of RSM incidence in Gomel region for the period from 1982 to 2022 using ARIMA method and probable prediction up to 2030*

Показатели	Заболеваемость РШМ на 100 тыс. населения	Средний возраст пациентов при выявлении РШМ	Распределение процента выявления РШМ в зависимости от стадии заболевания				Процент выявления РШМ при профосмотрах
			I	II	III	IV	
Min	11,67	52,1	25	17,8	6,8	0,8	27,5
Max	20,82	59,7	57,4	56,9	37,6	14,2	95,1
Среднее значение	$16,9 \pm 2,4$	$53 \pm 2,4$	$40,5 \pm 7,8$	$32 \pm 8,6$	$20 \pm 7$	$5 \pm 3,5$	$57,5 \pm 8,2$
Коэффициент вариации, %	14,2	4,5	19,3	26,9	35	70	31,6
Коэффициент асимметрии	-0,1	-0,2	0,2	-0,3	0	1	-0,1
Коэффициент эксцесса	-1,1	-0,8	-1,1	-1,2	-1	-0,5	-1,3
Модель ARIMA	(1, 1, 0)	(1, 0, 1)	(2, 1, 2)	(2, 2, 2)	(2, 2, 2)	(1, 1, 1)	(1, 1, 0)
MA (1)	—	-0,9	-1	-1	-1	-0,96	—
MA (2)	—	—	0,23	-0,23	-0,19	—	—
AR (1)	0,98	0,97	-0,15	-0,77	-0,81	-0,95	0,98
AR (2)	-	-	-0,13	-0,23	-0,19	—	—
Константа	-0,01	0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,01
AIC	-3,22	-4,76	-4,04	-3,22	-3,22	-3,22	-3,22
BIC	-3,05	-4,53	-3,67	-2,85	-2,85	-3,05	-3,05
HQ	-3,15	-4,66	-3,91	-3,09	-3,09	-3,15	-3,15
Прогнозируемый показатель на 2023–2030 гг.	16–18	52–53	40–42	30–32	18–20	6–8	58–60
Точечный прогноз на 2030 г.	18	53	42	32	20	8	60
95 % доверительный интервал	14–22	51–55	38–46	28–36	16–24	4–12	56–64

Средняя заболеваемость РШМ на 100 тыс. населения составляет  $16,9 \pm 2,4$ . Этот показатель имеет умеренный коэффициент вариации (14,2 %) и небольшое отрицательное смещение (-0,1). Прогноз на 2023–2030 гг. показывает незначительный рост заболеваемости — до 18 на 100 тыс. населения. Средний возраст

пациентов при выявлении РШМ составляет  $53 \pm 2,4$  года. Этот показатель имеет низкий коэффициент вариации (4,5 %) и небольшое отрицательное смещение (-0,2). Прогноз на 2023–2030 гг. показывает незначительное повышение среднего возраста пациентов — до 53–54 лет.

Большинство случаев РШМ выявляются на I стадии (40,5±7,8 %), затем на II стадии (32±8,6 %) и III стадии (20±7 %). На IV стадии выявляется только 5±3,5 % случаев. Прогноз на 2023–2030 гг. показывает увеличение доли случаев на I стадии до 42 % и на IV стадии — до 8 %, а также снижение доли случаев на II стадии до 32 % и на III стадии — до 20 %. Процент выявления РШМ при профосмотрах составляет 57,5±18,2 %. Этот показатель имеет высокий ко-

эффициент вариации (31,6 %) и небольшое отрицательное смещение (–0,1). Прогноз на 2023–2030 гг. показывает незначительное повышение этого показателя — до 60 %.

Анализ временных рядов смертности от РШМ в Гомельской области за период с 1982 по 2022 г., проведенный с помощью метода ARIMA, позволил смоделировать вероятный прогноз до 2030 г. (таблица 8).

Таблица 8. Результаты анализа временных рядов смертности от РШМ в Гомельской области за период с 1982 по 2022 г. с помощью метода ARIMA и прогноз до 2030 г.

Table 8. Results of time series analysis of RSM mortality in Gomel region for the period from 1982 to 2022 using ARIMA method and prediction up to 2030

Показатель	Смертность от РШМ на 100 тыс. населения	Средний возраст умерших от РШМ	Распределение процента смерти от РШМ в зависимости от стадии заболевания				Процент пациентов с РШМ, умерших в течение года после постановки диагноза
			I	II	III	IV	
Min	0,11	55,6	4,1	20	16	3	0,8
Max	16,6	71,7	66,7	58,1	51,9	28,6	27,3
Среднее значение	7,9±3,8	62±3,2	18±13,9	38±8,9	26±8,5	10±6,9	15±5,9
Коэффициент вариации, %	48,6	45,2	77	23,4	32,7	68,6	39,2
Коэффициент асимметрии	0,5	–0,4	1	–0,2	–0,1	0,5	–0,4
Коэффициент эксцесса	–0,8	–0,7	–0,5	–1	–1	–0,8	–1
Модель ARIMA	(1, 1, 0)	(1, 0, 1)	(2, 1, 2)	(2, 2, 2)	(2, 2, 2)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
MA (1)	—	–0,9	–1	–1	–1	–1	–0,98
MA (2)	—	—	–0,23	–0,23	–0,19	–0,19	—
AR (1)	0,97	0,96	–0,15	–0,77	–0,81	0,96	–0,95
AR (2)	—	—	–0,13	–0,23	–0,19	–0,23	—
Константа	–0,01	0,02	–0,01	–0,01	–0,01	–0,01	–0,01
AIC	–3,21	–4,75	–4,03	–3,21	–3,21	–3,21	–3,22
BIC	–3,04	–4,52	–3,66	–2,84	–2,84	–3,04	–3,05
HQ	–3,14	–4,65	–3,9	–3,08	–3,08	–3,14	–3,15
Прогнозируемый показатель на 2023–2030 гг.	6–8	59–61	16–18	34–36	22–24	8–10	14–16
Точечный прогноз на 2030 г.	8	61	18	36	24	10	16
95 % доверительный интервал	4–12	57–63	14–22	32–40	20–28	6–14	12–20

Смертность от РШМ на 100 тыс. населения варьирует от 0,11 до 16,6, со средним значением 7,9±3,8. Коэффициент вариации составляет 48,6 %, что свидетельствует о высокой изменчивости показателя. Распределение смертности

имеет положительную асимметрию (0,5) и отрицательный эксцесс (–0,8), что указывает на наличие длинного правого «хвоста» и более плоскую форму, чем нормальное распределение. Прогнозируемый показатель на 2023–2030 гг. составля-

ет 6–8. Точечный прогноз на 2030 г. равен 8 (95 % ДИ: 4–12).

Средний возраст умерших от РШМ варьирует от 55,6 до 71,7 года, со средним значением  $62 \pm 3,2$  года. Коэффициент вариации составляет 45,2 %, что свидетельствует о средней изменчивости показателя. Распределение среднего возраста имеет отрицательную асимметрию ( $-0,4$ ) и отрицательный эксцесс ( $-0,7$ ), что указывает на наличие длинного левого «хвоста» и более плоскую форму, чем нормальное распределение. Прогнозируемый показатель на 2023–2030 гг. составляет 59–61 год. Точечный прогноз на 2030 г. равен 61 году (95 % ДИ: 57–63).

Процент умерших от РШМ в зависимости от стадии заболевания со средними значениями:  $18 \pm 13,9$  % для I стадии,  $38 \pm 8,9$  % для II стадии,  $26 \pm 8,5$  % для III стадии и  $10 \pm 6,9$  % для IV стадии. Коэффициенты вариации составляют 77, 23,4, 32,7 и 68,6 % соответственно, что свидетельствует о разной изменчивости показателей. Распределения процентов имеют разные формы и характеристики, но в целом отличаются от нормального распределения. Прогнозируемые показатели на 2023–2030 гг. составляют: 16–18 % для I стадии, 34–36 % для II стадии, 22–24 % для III стадии и 8–10 % для IV стадии. Точечные прогнозы на 2030 г. равны 18, 36, 24 и 10 % соответственно (95 % ДИ: 14–22, 32–40, 20–28 и 6–14 соответственно).

Процент пациентов с РШМ, умерших в течение года после постановки диагноза, варьирует от 0 до 27,3 %, со средним значением  $15 \pm 5,9$  %. Коэффициент вариации составляет 39,2 %, что свидетельствует о средней изменчивости показателя. Распределение процента имеет отрицательную асимметрию ( $-0,4$ ) и отрицательный эксцесс ( $-1$ ), что указывает на наличие длинного левого «хвоста» и более плоскую форму, чем нормальное распределение. Прогнозируемый показатель на 2023–2030 гг. составляет 14–16 %. Точечный прогноз на 2030 г. равен 16 % (95 % ДИ: 12–20) (таблица 8).

## Заключение

На основе проведенного статистического анализа заболеваемости и смертности от рака в Гомельской области и смоделированного ARIMA-прогноза можно сделать следующие выводы.

Все четыре вида рака показывают тенденцию к увеличению заболеваемости к 2030 г., при этом наибольший рост ожидается у РПЖ (до 175 случаев на 100 тыс. населения), а наименьший — у РШМ (до 18 случаев на 100 тыс. населения). Средний возраст выявления рака варьирует от 53 лет при РШМ до 69 лет — при

КРР, при этом среди пациентов с РПЖ и РШМ прогнозируется снижение этого показателя, а с РМЖ и КРР — повышение. Стадиальное распределение рака также меняется к 2030 г.: у пациентов с РМЖ, РПЖ и КРР ожидается увеличение частоты выявления заболевания на I стадии и уменьшение на II и III стадиях, а у пациентов с РШМ — наоборот. Это может быть связано с различной агрессивностью и скоростью развития опухолей, а также с особенностями клинических проявлений и симптомов. Процент выявления рака в рамках профосмотров и скрининга стремится к 100 % среди пациентов с РМЖ и РПЖ и к 60 % — с КРР и РШМ, что свидетельствует об улучшении диагностики и профилактики этих заболеваний.

Смертность от рака также вероятно будет расти к 2030 г., при этом наибольшая смертность ожидается среди пациентов с РМЖ и РПЖ (по 30 случаев на 100 тыс. населения), а наименьшая — с РШМ (8 случаев на 100 тыс. населения). Средний возраст пациентов при наступлении смерти от рака повышается при РПЖ и КРР, и снижается при РМЖ и РШМ. Количество смертей от рака в зависимости от стадии заболевания также меняется: при РМЖ, РПЖ и КРР увеличивается количество смертей на I стадии, а при РШМ — на II и III стадиях. Это может быть обусловлено различной эффективностью и доступностью лечения, а также различным прогнозом и ожидаемой продолжительностью жизни пациентов с разными видами рака. Процент пациентов с раком, умерших в течение года после постановки диагноза, уменьшается у всех видов рака, что свидетельствует об улучшении качества жизни и паллиативной помощи этим пациентам.

Прогнозирование динамики заболеваемости и смертности от рака, представленное в данном исследовании, подчеркивает важность реализации программы скрининга и ранней диагностики рака. Этот прогноз имеет огромное значение, поскольку дает основания для оценки существующей сегодня стратегии противораковой борьбы. Ожидаемое увеличение заболеваемости раком в будущем требует непрерывного совершенствования существующих сегодня программ по раннему выявлению рака на популяционном уровне. Увеличение процента обнаружения рака в ходе профилактических осмотров и скрининга может значительно снизить уровень смертности, особенно при использовании современных возможностей лечения рака на ранних стадиях.

Однако для достижения этих целей требуется не только усовершенствование методов скрининга, но и широкая общественная информированность населения, улучшение материально-технической базы организаций здравоохране-

ния области, подготовка медицинских кадров для успешной реализации скрининговых программ. Таким образом, данная прогнозная модель не только дает представление о будущих тенденциях в заболеваемости раком, но и акцентирует

внимание на необходимости и значимости ранней диагностики и регулярного скрининга для успешного контроля и снижения смертности от рака в будущем.

## Список литературы / References

1. Океанов А.Е., Моисеев П.И., Левин Л.Ф., Евмененко А.А., Ипатий Т.Б. Рак в Беларуси: цифры и факты. Анализ данных Белорусского канцеррегистра за 2010-2019 гг. Минск: РНПЦ ОМР им. Н.Н. Александрова; 2020. 298 с.

Okeanov AE, et al. Cancer in Belarus: figures and facts. Analysis of the data of the Belarusian Cancer Registry for 2010-2019. Minsk: RNPC MPA named after N.N. Aleksandrov; 2020. 298 p. (In Russ.).

2. Всемирная организация здравоохранения. (2021). Неинфекционные заболевания. Основные факты. [Электронный ресурс]. [дата обращения 2023 ноябрь 01]. Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>

World Health Organization. (2021). Basic facts about non-communicable diseases. [Electronic resource]. [date of access 2021 November 01]. Available from: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases> (In Russ.).

3. Ванинов А.С. Злокачественные новообразования, как наиболее приоритетная медико-социальная проблема системы здравоохранения. *Бюллетень науки и практики*. 2019;11(5):120-130.

DOI: <https://doi.org/10.33619/2414-2948/48/16>

Vaninov AS. Malignant neoplasms as the most priority medical and social problem of the health care system. *Bulletin of science and practice*. 2019;11(5):120-130. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.33619/2414-2948/48/16>

4. Jakobsen E, Olsen KE, Bliddal M, Hornbak M, Persson, GF, Green A. Forecasting lung cancer incidence, mortality, and prevalence to year 2030. *BMC Cancer*. 2021;21(1):985.

DOI: <https://doi.org/10.1186/s12885-021-08696-6>

5. Егоров Д.Б., Захаров С.Д., Егорова А.О. Современные методы анализа и прогнозирования временных рядов и их применение в медицине. *Врач и информационные технологии*. 2020;(1):21-26.

Egorov DB, Zakharov SD, Egorova AO. Modern methods of time series analysis and forecasting and their application in medicine. *Physician and information technologies*. 2020;(1):21-26. (In Russ.).

6. Макаровских Т.А., Аботалеб М.С.А. Автоматический подбор параметров модели ARIMA для прогноза количества

случаев заражения и смерти от COVID-19. Вестник ЮУрГУ. Серия: *Вычислительная математика и информатика*. 2021;10(2):20-37.

DOI: <https://doi.org/10.14529/cmse210202>

Makarovskikh TA, Abotaleb MSA. Automatic selection of ARIMA model parameters for predicting the number of cases of infection and death from COVID-19. *Bulletin of SUSU. Series: Computational Mathematics and Informatics*. 2021;10(2):20-37. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.14529/cmse210202>

7. Андреев Е.М., Барчук А.А., Турсун-Заде Р.Т., Мерабишвили В.М. Демографический анализ онкологической заболеваемости и смертности на основе данных популяционных раковых регистров Северо-Запада России. *Демографическое обозрение*. 2019;6(2):84-103.

Andreev EM, Barchuk AA, Tursun-Zadeh RT, Merabishvili VM. Demographic analysis of oncologic morbidity and mortality based on data from population-based cancer registries of North-West Russia. *Demographic Review*. 2019;6(2):84-103. (In Russ.).

8. Kent P, Cancelliere C, Boyle E, et al. A conceptual framework for prognostic research. *BMC Med Res Methodol*. 2020;20: Article number 172.

DOI: <https://doi.org/10.1186/s12874-020-01050-7>

9. Заридзе Д.Г., Каприн А.Д., Стилиди И.С. Динамика заболеваемости злокачественными новообразованиями и смертности от них в России. *Вопросы онкологии*. 2018;64(5):578-591.

DOI: <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2018-64-5-578-591>

Zaridze DG, Kaprin AD, Stilidi IS. Dynamics of morbidity and mortality from malignant neoplasms in Russia. *Voprosy Onkologii*. 2018;64(5):78-591. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2018-64-5-578-591>

10. Моисеев ПИ, Океанов АЕ, Якимович ГВ. Белорусский канцер-регистр как единый информационно-аналитический комплекс. *Поволжский онкологический вестник*. 2011;1(1):69-70.

Moiseev PI, Okeanov AE, Yakimovich GV. Belarusian cancers-registry as a unified information-analytical complex. *Volga Oncological Bulletin*. 2011;1(1):69-70. (In Russ.).

## Информация об авторах / Information about the authors

**Волчек Владислав Станиславович**, аспирант кафедры общественного здоровья и здравоохранения с курсом ФПКП, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6027-0078>

e-mail: [volvst@yandex.ru](mailto:volvst@yandex.ru)

**Шаршакова Тамара Михайловна**, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения с курсом ФПКП, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5580-5939>

e-mail: [t\\_sharshakova@mail.ru](mailto:t_sharshakova@mail.ru)

**Лось Дмитрий Михайлович**, начальник центра науки, медицинской информации и клинических испытаний, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4714-4592>

e-mail: [dimalos@list.ru](mailto:dimalos@list.ru)

**Vladislav S. Volchek**, Postgraduate student of the Department of Public Health and Public Health Care with courses of Advanced Training and Retraining, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6027-0078>

e-mail: [volvst@yandex.ru](mailto:volvst@yandex.ru)

**Tamara M. Sharshakova**, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Public Health and Public Health Care with courses of Advanced Training and Retraining, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5580-5939>

e-mail: [t\\_sharshakova@mail.ru](mailto:t_sharshakova@mail.ru)

**Dmitry M. Los'**, Head of the Center for Science, Medical Information and Clinical Trials, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4714-4592>

e-mail: [dimalos@list.ru](mailto:dimalos@list.ru)

**Автор, ответственный за переписку / Corresponding author**

**Волчек Владислав Станиславович**  
e-mail: [volvst@yandex.ru](mailto:volvst@yandex.ru)

**Vladislav S. Volchek**  
e-mail: [volvst@yandex.ru](mailto:volvst@yandex.ru)

*Поступила в редакцию / Received 27.11.2023*

*Поступила после рецензирования / Accepted 28.12.2023*

*Принята к публикации / Revised 23.02.2024*