


Влияние обеспеченности онкологами на смертность населения от новообразований в регионах России

Д. А. Субботовский , В. А. Калашиников , А. Е. Дрозд , А. Р. Нагапетян  

Дальневосточный федеральный университет,
г. Владивосток, Россия

 nagapetyan_ar@dvfu.ru

Аннотация. Как определить оптимальное количество онкологов в регионе? Помимо прочего, актуальность исследования определяется наблюдаемой вариацией этих показателей в регионах РФ. В частности, в 2021 г. наблюдался разброс соответствующего показателя смертности онкологических заболеваний от 54 на 100 000 человек в Республике Ингушетия до 270 на 100 000 человек в Тульской области, при этом разница в уровне обеспеченности врачами-онкологами от региона к региону может достигать четырех раз. Целью исследования является моделирование влияния уровня обеспеченности онкологами на показатель смертности от новообразований в регионах РФ в контексте определения оптимального количества профильных врачей. Авторские гипотезы предполагают недооценку отрицательного влияния врачей на показатель смертности ввиду существования ложноположительных связей между рассматриваемыми переменными, а также существование убывающей отдачи от найма дополнительных врачей по мере роста уровня обеспеченности профильными кадрами. Дизайн исследовательского проекта предполагает регрессионный анализ на основе квазиэкспериментального метода инструментальной переменной для решения проблемы обратной причинности и пропущенных переменных с помощью моделей на основе пространственной выборки и панельных данных с последующим выводом функции, описывающей прирост числа спасенных жизней в случае найма дополнительных врачей. Согласно полученным результатам, в среднем увеличение уровня обеспеченности онкологами на 1% приводит к снижению смертности от новообразований на не менее чем 0,4%. При уровне обеспеченности врачами-онкологами в количестве 1 на 100 000 человек их предельный вклад в количество спасенных жизней составляет не менее 96 на 100 000 человек с дальнейшим снижением на 14 человек по мере роста уровня обеспеченности на 1 единицу. Результаты работы могут быть использованы при определении оптимального числа врачей-онкологов на территории, а также при принятии решений о распределении средств между наймом врачей разных специальностей или другими затратами в условиях ограниченных ресурсов.

Ключевые слова: онкология; метод инструментальной переменной; смертность; новообразования; оптимальное количество врачей.

1. Введение

В статье предпринята попытка эмпирической оценки влияния уровня обеспеченности врачами-онкологами на показатель смертности от соответствующих заболеваний. В России, как во многих странах, проводится социаль-

ная политика, предоставляющая доступ к качественной и бесплатной медицине. При активном участии государства постоянно формируются и регулируются рынки услуг в сфере здравоохранения, строятся медицинские центры, укомплектованные современным оборудо-

ванием и специалистами. Ввиду этого профильные органы власти сталкиваются с управленческими задачами по оптимальному распределению ресурсов. Именно этим определяется необходимо развивать эконометрический инструментарий, позволяющий увеличить эффективность, адресность и обоснованность принимаемых управленческих решений особенно в условиях бюджетных ограничений.

Согласно официальным статистическим данным за 2021 г., в России злокачественные новообразования стали причиной смерти 279 000 человек¹. С 2011 по 2021 г. показатель смертности от рака на 100 000 населения снизился с 202,5 до 194,1. При этом злокачественные новообразования все еще являются второй по распространенности причиной смерти в России.

Существует большая вариация показателя смертности от новообразований на территории РФ. Так, в 2021 г. средний уровень смертности от новообразований в регионах составлял 190,5 на 100 000 население со стандартным отклонением 42 человека. При этом в четырех регионах этот показатель был ниже 85, например в Республике Ингушетия, Ямало-Ненецком автономной округе, а в более чем в 10 регионах был выше 230, в том числе 270 в Тульской области.

Существенная вариация наблюдается также в темпах прироста уровня смертности. В период с 2016 по 2021 г. не менее чем в 22 регионах наблюдался рост уровня смертности, в том числе в восьми регионах на 7 % и более. Так, в Ненецком автономном округе темп прироста показателя смертности от новообразований за рассматриваемый период составил более чем 35 %. При этом в 16 регионах наблюдался отрицательный темп прироста величиной более чем

10 %. Всего положительный темп прироста наблюдался в 23 регионах.

Существенная вариация также наблюдается у показателя, характеризующего уровень обеспеченностью врачами-онкологами. В среднем в регионах РФ в 2020 г. уровень обеспеченностью онкологами составлял 6,5 на 100 000 населения с стандартным отклонением в размере двух врачей, при этом в семи регионах этот показатель был меньше четырех, в том числе в Курганской области — 3,15. А в семи регионах этот показатель был в размере более чем 10, в том числе в Санкт Петербурге — 13,6. За период с 2016 по 2020 г. только в семи регионах наблюдалось снижение показателя обеспеченности онкологами, тогда как в 11 регионах уровень обеспеченности вырос более чем на 50 %, в том числе в Пермском крае на 84 %². Всего с 2011 по 2021 г. количество онкологов в РФ увеличилось с 6 809 до 9 451 человек³.

Исследовательский вопрос: как изменится при прочих равных условиях уровень смертности населения от новообразований при найме дополнительного количества врачей-онкологов в регионах РФ?

В литературе чаще всего встречаются исследовательские результаты, демонстрирующие наличие отрицательного влияния показателя обеспеченности профильными медицинскими кадрами на показатель смертности от конкретных направлений заболеваний [1–3]. Этот эффект объясняется сокращением времени ожидания пациентов в очередях, что способствует получению своевременной медицинской помощи. Своевременная помощь также важна в контексте учета

² ЕМИСС Государственная статистика. Смертность от новообразований, в том числе от злокачественных.

³ Каприн А. Д., Старинский В. В., Шахзадова А. О. Состояние онкологической помощи населению России в 2021 году. 2022. URL: <https://nsuem.elpub.ru/jour/article/view/2211/1080>

¹ Росстат. Число умерших по причинам смерти в 2021 году.

возможных транзакционных издержек, влияющих на решение пациента об обращении к врачу. Если пациенту придется ждать в больших очередях и у него возникают другие сложности, связанные с нехваткой медицинского персонала, то у человека может возникнуть мотивация откладывать визит к врачу, что увеличивает риск неблагоприятных последствий [1].

Важным фактором также является конкуренция между врачами одной специализации. При нехватке таких врачей у них может быть меньше стимулов для улучшения качества своей работы, например через профессиональное обучение, так как работодатель будет стремиться удержать их на работе любыми доступными средствами [2].

Помимо описанных выше каналов, оказывающих влияние на уровень смертности населения от конкретных видов заболеваний, необходимо обратить внимание на наличие потенциальных источников ошибок, которые могут привести к искажению оценок влияния. Эти ошибки включают в себя ложноположительные и ложноотрицательные связи, которые могут привести к недооценке или переоценке важности влияния медицинских кадров на смертность от соответствующих заболеваний. Они могут также затруднить корректную интерпретацию причинно-следственных связей, что делает необходимым более глубокое исследование данных и методов анализа для более точного выявления влияния данного фактора на здоровье населения.

Ложноположительные связи возникают при моделировании из-за пропущенных переменных, обратной причинности и особенностей статистических данных. В данном случае существенной проблемой представляется проблема обратной причинности.

Дело в том, что в действительности может наблюдаться положительная

корреляция между количеством профильных врачей и медицинских центров и смертностью от рака. Это может быть обосновано тем, что в регионы, где фиксируется повышенная смертность от конкретного заболевания, будут направляться дополнительные средства для увеличения штата профильных врачей. При этом даже если при моделировании получается обнаружить отрицательное влияние, всегда есть риск, что это влияние подвержено недооценке ввиду того, что может существовать обратная причинность.

Кроме того, ложноположительные связи могут сформироваться из-за отсутствия в модели значимой независимой переменной, которая оказывает влияние как на количество онкологов, так и на смертность, например такой переменной может выступать уровень развития территории. В укомплектованные современным оборудованием медцентры, будут стремиться попасть как большее количество профильных врачей, так и людей больных раком, повышая смертность в регионе [3].

Существующие неточности в статистических данных могут существенно влиять на оценку отрицательно-го воздействия врачей на показатели смертности. Это связано с тем, что наши наблюдения фокусируются не на абсолютных уровнях заболеваемости или смертности от конкретных заболеваний, а на данных о выявленных случаях заболеваемости и смерти.

В данном контексте наличие медицинских специалистов на территории может существенно влиять на количество зарегистрированных случаев заболеваемости, оставляя при этом показатель смертности менее зависимым от данного фактора.

Таким образом, можно предположить, что регионы с высокой доступностью профильных врачей могут иметь

более высокий уровень выявленных случаев смертности от соответствующих заболеваний. Однако важно отметить, что высокая доступность медицинских специалистов может в некоторых случаях сопровождаться нежелательным эффектом, а именно постановкой ложных диагнозов, что также может привести к увеличению числа зарегистрированных случаев заболеваемости и, возможно, смертности на данной территории.

Ложноотрицательные связи также могут проявляться в результате упущенных переменных. Например, при разработке модели сложно учесть влияние факторов, связанных с культурными и поведенческими аспектами, которые формируют отношение жителей конкретной территории к их здоровью на региональном уровне. Однако активное внимание, уделенное индивидуальному здоровью жителей региона, может стимулировать их более ответственное отношение к нему. Это может выражаться, например, в соблюдении здорового образа жизни, такого как правильное питание и физическая активность, что, в свою очередь, может снизить уровень смертности от конкретных заболеваний [4].

Следует также учитывать, что люди, более внимательные к своему здоровью, также склонны проявлять активное отношение к вопросам профилактики различных заболеваний, включая регулярные посещения врачей. Это может увеличить спрос на медицинские услуги в данной территории и способствовать созданию благоприятных условий для увеличения числа медицинских специалистов.

В результате на некоторых территориях можно наблюдать одновременно низкие показатели смертности и высокую доступность квалифицированных врачей. Однако следует учитывать, что в данном случае речь будет идти не о причинно-следственном влиянии

уровня обеспеченности врачами на показатель смертности, а прежде всего об отношении жителей к собственному здоровью и соответствующем поведении.

Этот контекст подчеркивает сложности анализа влияния медицинских практик на заболеваемость и смертность и демонстрирует необходимость более глубокого исследования и коррекции данных, чтобы более точно оценить воздействие врачей на здоровье пациентов. В работе нами будет применен метод инструментальной переменной, который поможет решить некоторые из вышеприведенных проблем, возникающих ввиду наличия пропущенных переменных, обратной причинности и особенностей статистических данных.

Цель исследования — моделирование влияния уровня обеспеченности онкологами на показатель смертности от новообразований в регионах РФ в контексте определения оптимального количества профильных врачей.

Исследовательские гипотезы:

Гипотеза 1. Отрицательное влияние показателя, характеризующего уровень обеспеченности онкологами на показатель смертности от новообразований, может недооцениваться при использовании эконометрического моделирования без применения квазиэкспериментальных методов из-за наличия между этими показателями ложноотрицательных и ложноположительных связей.

Гипотеза 2. Дополнительное сокращение смертности от новообразований ввиду найма дополнительного врача-онколога будет уменьшаться по мере роста показателя, характеризующего уровень обеспеченности онкологами.

Структура работы. В разделе «Введение» представлена актуальность работы, исследовательская проблема и вопрос. В разделе «Обзор литературы» представлен обзор литературы в рамках нашего исследовательского

вопроса. В разделе «Данные и методы» описаны данные и сформировано обоснование применяемого в работе квази-экспериментального метода. В разделе «Результаты» приведено описание коэффициентов, полученных в ходе эконометрического моделирования. В разделе «Обсуждение» полученные результаты сравниваются с существующими в литературе, приводятся ограничения исследования. В разделе «Заключение» подводятся итоги исследования, оценивается его теоретическая и практическая значимость, обозначаются направления дальнейших исследований.

Наше исследование вносит вклад в части предложения и уточнения эмпирических методов оценки влияния социально-экономических, пространственных и демографических характеристик территории на показатели смертности от различных направлений заболеваний [4].

2. Обзор литературы

Литературный обзор проведен с целью выявления наиболее распространенных факторов, рассматриваемых при моделировании уровня заболеваемости и смертности от новообразований. Изучение вклада широкого круга работ в понимание проблематики исследования позволило выделить три группа факторов, в том числе социально-экономические факторы, группу факторов, характеризующих демографические особенности населения и некоторые поведенческие расстройства, факторы, характеризующие экологические особенности среды.

2.1. Социально-экономические факторы

Vaccarella et al. [5] изучили влияние основных социально-экономических факторов на смертность от рака. Главным фактором при рассмотрении был уровень образования пациентов.

Авторы наблюдали интересную закономерность, что в Европе люди с низким уровнем образования имели более высокие показатели смертности от рака по сравнению с теми, кто имел более высокое образование. Причем самой распространенной причиной смертей от рака людей с низким и средним образованием было курение.

Arnold et al. [6] рассмотрели семь развитых стран в период с 1995 по 2014 г. Эти страны отличались высоким уровнем дохода населения. Авторы заключили, что там растет уровень выживаемости при раковых заболеваниях. Одна из основных причин — широкая распространенность новых технологий, таких как ПЭТКТ.

Alberto et al. [7] провели социально-демографический анализ с целью выявления влияния разных факторов на выживаемость при раке. В исследовании участвовали женщины разного возраста и социально-экономического статуса, больные раком. Авторы обнаружили, что в группе обездоленных женщин выживаемость была ниже, чем в остальных группах. В наиболее обездоленных группах, как правило, наблюдался избыток смертности, варьирующийся от 30 до 50 % по сравнению с наиболее обеспеченными группами. Рассматривая социально-экономический статус в группе с пожилым возрастом, было замечено, что результаты накладывались друг на друга, усиливая положительную корреляцию со смертностью.

Afshar et al. [8] рассмотрели выживаемость от рака среди людей, живущих не в городах. Выводом этого систематического обзора стало то, что сельские жители, больные раком, как правило, имеют худшую выживаемость по сравнению с их городскими. Авторы объясняют эту корреляцию нездоровым поведением людей, редким скринингом, низким уровнем образования, наличием

ем плохих привычек, таких как курение и злоупотребление алкоголем и отсутствием онкологических услуг.

Joshi et al. [9] исследовали влияние расы и всех вытекающих социально-экономических особенностей. Авторы провели анализ выбранной когорты, в которой были представители двух рас. Результаты анализа сообщают о том, что более высокая доля чернокожих участников сообщила о годовом доходе менее 20 тыс. долл. (26,9 против 12%). Также образование ниже среднего тоже было более распространено среди представителей чернокожей расы (20 против 7%). Авторы рассмотрели эффекты таких факторов, как изоляция и несходство. Высокий уровень несходства был связан с риском смертности от всех причин. В расово-стратифицированном анализе высокая изоляция была основной причиной смертности среди белых участников, но никак не коррелировала со смертностью среди чернокожих.

Rubino et al. [10] изучили вопрос влияния уровня мобильности и депривации на уровень смертности от рака. Исследование проводилось в самом бедном регионе Италии — Сицилии, что говорит об относительно плохой медицине и необходимости покинуть регион в случае серьезных заболеваний. Авторы утверждают, что в случае рака мобильность может повлиять на выживаемость, если необходимо переехать в другой регион для лечения. На мобильность сильное влияние оказывает депривация. Чем меньше уровень депривации, тем выше мобильность. Было обнаружено, что у молодежи мобильность выше при низком уровне депривации в отличие от пожилого населения региона. Авторы обосновывают, что общее влияние депривации на смертность, связанную с раком, является положительным и значимым. Влияние депривации на смертность действует в первую оче-

редь опосредованно, то есть через мобильность.

Ma et al. [11] исследовали проблему позднего обращения к врачам, приводящую к запущенным стадиям рака. Для анализа авторы отобрали пациентов с раком матки из разных социальных групп. Авторы рассуждают о том, что неграмотность в медицине, вероятно, отрицательно влияет на частоту посещения профильных врачей, что, в свою очередь, приводит к смертельным исходам. Результаты исследования подтвердили эту гипотезу. Как правило, пациенты с низкой грамотностью в вопросах здоровья реже обращаются за профилактическими скрининговыми мерами. Результаты исследования также показывают, что низкий доход аналогично положительно коррелирует с поздним обращением к врачу. В исследовании временной интервал обращения к врачам варьировался от менее одной недели до 60 месяцев. Чем ниже был доход или уровень образования, тем больше времени нужно было пациенту для обращения в больницу.

Blakey et al. [12] рассмотрели влияние различных социально-экономических и демографических факторов на два типа рака (остеосаркома и саркома Юинга) в Великобритании. Общие результаты говорят о положительном влиянии низкого социального статуса и депривации на смертность от этих типов раковых опухолей. Авторы обнаружили взаимосвязь между уровнем безработицы и уровнем смертности от остеосаркомы. Регионы с большим уровнем безработицы имели больший уровень смертности. Фактор безработицы на саркому Юинга не влиял также сильно. Еще было выявлено, что повышенный риск ранней смерти как при остеосаркоме, так и при саркоме Юинга, был связан с проживанием в более отдаленных сельских районах.

Авторы утверждают, что ранняя диагностика или доступ к медицинской помощи могут определяться социально-экономическими факторами или удаленностью от специализированного лечебного центра.

Были рассмотрены исследования, посвященные социальным факторам, влияющим на развитие и выживаемость при раковых заболеваниях. Основные социально-экономические факторы, на которые обращалось внимание, включают уровень образования, доход, место проживания и уровень медицинской грамотности. В целом социальные факторы играют значительную роль в развитии и выживаемости при раковых заболеваниях. Низкий уровень образования, дохода, место проживания и другие социально-экономические особенности могут быть связаны с повышенным риском заболевания раком и повышением смертности. Влияние этих факторов необходимо учесть при моделировании.

2.2. Демографические факторы и поведенческие расстройства

Friedlaender et al. [13] говорят о более пагубном восприятии женским организмом канцерогенных веществ, выделяемых при курении. Эпидемиологические данные подтверждают, что курящие женщины имеют больше шансов в развитии рака легких, чем курящие мужчины. Женщины в два раза реже бросают эту привычку, чем мужчины. Это связано с тем, что женщины в исследовании имели большую распространенность тревоги или депрессии, чем мужчины.

Siddiqui et al. [14] обнаружили, что именно женщины имеют больше шансов на благоприятный исход при раке. В статье влияние пола рассмотрено через семейное положение человека. Было замечено, что самая большая выживаемость была у замужних женщин. При этом авторы приходят к выводу, что оди-

ночество одинаково плохо влияет на оба пола. В этой статье также подтверждается информация о том, что курящие женщины чаще склонны к смертности, чем мужчины.

Baum et al. [15] изучили демографические особенности людей, больных раком в Европе и Северной Америке, за период с 2000 по 2017 г. В период наблюдения было обнаружено увеличение смертности от рака легких с возрастом. В возрасте до 40–44 лет смертность составила менее 10 смертей на 100 000 населения, после чего последовал рост с 45–49 лет (11,6 на 100 000) до 75–79 лет (241,2 на 100 000), замедлился в 80–84 года (265,4 на 100 000) и последующим спадом после 85 лет (247,6 на 100 000).

Karlsson et al. [16] для детального анализа влияния курения на смертность на разных стадиях разбили участников на три группы: никогда не куривший, бросивший курить, продолжающий курить. Авторы подтвердили, что курение способствует раковой смертности. Кроме того, результаты показывают, что люди, бросившие курить, имеют больше шансов на выздоровление и меньший риск смертности, чем те, кто продолжает курить.

García-Esquinas et al. [17] продемонстрировали интересные данные: после запрета курения в общественных местах в США в 1986 г. уровень смертности некурящих людей от раковых заболеваний снизился на 36 % в период 1988 по 1994 г. и с 1999 по 2004 г. В целом запрет курения в общественных местах снизил уровень смертности от рака.

Vjerkaas et al. [18] провели в Норвегии большое исследование, охватившее женщин, родившихся до и после 1950 г. Авторы обнаружили, что у женщин, имевших высшее образование в обоих возрастных когортах, были одинаковые риски смертности. Женщины

с низким и средним образованием, родившиеся до 1950 г., имели риск рака молочной железы на 40% чаще, чем их женщины, родившиеся после 1950 г. Результаты исследования также показывают, что независимо от уровня образования курение в течение нескольких лет до первых родов повышает риск развития рака молочной железы.

Elovainio et al. [19], используя данные национального реестра Финляндии, изучили влияние фактора одинокого проживания на летальный исход при раке и общую заболеваемость раком. Результаты исследования демонстрируют положительную связь между одиноким проживанием и смертностью от рака у обоих полов.

Lauenders et al. [20] проанализировали пациентов, больных раком, у которых были диагностированы психические расстройства. Авторы заметили, что у людей, имеющих шизофрению, на 20% реже диагностировали рак. Но смертность у этой группы была на 64% выше, чем у людей без подтвержденных психических расстройств. Авторы, объясняя эту связь, ссылаются на то, что люди с психическими расстройствами более склонны к курению и ожирению.

Aulikki et al. [21] также изучили смертность от рака среди людей с психическими расстройствами, но в исследовании участвовали только женщины. Результаты данного исследования подтверждают результаты предыдущего: пациентки с психическими расстройствами имели большую смертность от рака, они также меньше обследовались у профильных врачей и получали меньше услуг, чем здоровые участницы. Еще один вывод показывает, что повышенный риск смертности наблюдался у пациентов, употреблявших психоактивные вещества.

Lin et al. [22] рассмотрели влияние активного образа жизни на смертность

от рака. Авторы выделили две переменные. Первая — сидячий образ жизни (количество часов в день без физической активности). Было установлено, что люди с сидячим образом жизни >10 часов в день имели самые большие риски смертности от рака. Вторая — спортивные занятия. Более благоприятные исходы были у тех, кто в неделю уделяет до 150 минут физическим упражнениям. Но отмечается, что сидячий образ жизни несет больший эффект, чем физическая активность. Если человек в день проводит более 10 часов в сидячем положении, то у него будут низкие шансы на благоприятный исход даже при том, что он будет тратить в неделю рекомендованные 150 минут на физическую активность.

Yiannakou et al. [4] обнаружили положительную связь между употреблением необработанного красного мяса и повышенным риском смертности. Потребление более четырех порций мяса в неделю от общего количества красного мяса было связано с незначительным увеличением риска колоректального рака на 25%.

Baraibar et al. [23] пришли к выводу, что мы не имеем достаточно знаний о влиянии пола на исход лечения от рака и необходимы исследования в этой сфере. При этом авторы обнаружили закономерности смертности от рака, связанные с полом. Так, например, ожирение у мужчин больше связано с негативным результатом колоректального рака, чем ожирение у женщин.

Можно сделать вывод, что курение считается одним из основных факторов риска для развития раковых заболеваний. Курящие женщины имеют больший риск развития рака легких по сравнению с курящими мужчинами. Кроме того, женщины реже бросают курить и чаще страдают от тревоги или депрессии. Также увеличение смертности от рака

с возрастом было отмечено в ряде исследований. Проведенный этап обзора литературы подтверждает важность рассмотрения демографических факторов и значимость их влияния на раковые заболевания.

2.3. Факторы окружающей среды

Coleman et al. [24] исследовали связь между количеством зеленых насаждений и риском смертности от рака. Авторы делают вывод, что онкологические больные, живущие в районах с высокой степенью озеленения, имеют значительно более низкий риск смертности от рака. Зеленые насаждения могут принести пользу здоровью жителей по нескольким причинам. В исследовании было замечено: кто живет в зеленых зонах, сообщают об улучшении психического здоровья и более низком уровне тревоги и депрессии.

Rodriguez-Loureir et al. [25] также рассмотрели влияние зеленых зон на выживаемость при раке. Результаты показывают, что проживание в таких зонах может снизить риск смертности от рака легких и молочной железы. Также были обнаружены более сильные полезные ассоциации для лиц моложе 65 лет. Зеленые насаждения улучшают психическое состояние людей, избавляют от стресса, снижают уровень шума и уровень загрязнения воздуха. Все эти эффекты положительно сказываются на здоровье пациентов.

Cazzolla Gatti et al. [26] изучили влияние состояния окружающей среды на общие исходы больных раком. Авторы ввели 35 социально-экономических переменных и подтвердили гипотезу о негативном влиянии плохого качества воздуха на здоровье пациентов. Местами с большой концентрацией загрязненного воздуха являются большие города, дорожные шоссе и ма-

гистралы, сельскохозяйственные земли, отведенные под рекультивацию.

Song et al. [27] оценивали влияние физической среды на смертность от рака. В понятие физической среды авторы включили такие показатели, как экологичность, концентрация твердых частиц и диоксида азота, а также выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Вместе с этим были рассмотрены фактор поведения и демографический и социально-экономический факторы. Корректируя данные ковариаты, было выявлено, что физическая среда влияла на смертность от рака. Причем больше всего физическая среда влияла на рак желудка, остальные факторы почти никак не влияли на смертность.

García-Pérez et al. [28] выбрали несколько групп населения, среди которых были люди, живущие рядом с промышленными объектами, и те, кто живет на относительно безопасном расстоянии. Целью исследования было обосновать, как близкое расположение к промышленным объектам влияет на развитие рака и смертность от него. Их результаты свидетельствуют о существовании повышенного риска смертности от всех видов рака у людей, живущих по близости с промышленными объектами, мусоросжигательными заводами и свалками.

Hendryx et al. [29] показывают, что разрешенные сбросы химических веществ в поверхностные воды могут быть связаны с уровнем смертности от рака. Авторы провели анализ объемов и типов сбросов загрязнений, который выявил, что смертность от рака была значительно выше при больших объемах сбросов неканцерогенных химических веществ. Также выяснилось, что неканцерогенные выбросы могут играть роль в возникновении риска смерти от рака, даже если эти вещества на данный момент не признаны канцерогенами. Эти результаты подчеркивают важность оценки влияния

выбросов загрязнений на здоровье населения и необходимость дальнейших исследований в этой области.

Xu et al. [30] исследовали данные о смертности в Китае, а также о качестве поверхностных вод с 1987 по 2004 г. Результаты показали, что существует пространственная неоднородность уровня смертности от рака пищевода в регионе. Выявлено, что уровень смертности ниже по течению значительно выше, чем в других районах, и уровень смертности также различается по направлению течения реки. Проведенные анализы показали наличие связи между загрязнением воды в прошлом и нынешним уровнем смертности от рака пищевода. Исследование также подчеркивает значимость воздействия загрязнения воды на здоровье населения и экологические риски, связанные с быстрым индустриальным развитием. Полученные результаты помогают лучше понять временную задержку между загрязнением воды и смертностью от рака пищевода.

Ayuso-Álvarez et al. [31] исследовали влияние промышленного загрязнения на смертность от рака. Авторы выявили, что населенные пункты, находящиеся рядом с объектами органической химии на расстоянии ≤ 5 км, имеют повышенную смертность от колоректального рака, рака яичников и желчного пузыря.

Факторы окружающей среды, такие как промышленное загрязнение, наличие зеленых насаждений, качество воздуха и воды, в совокупности с социально-экономическими факторами также могут влиять на риск смерти от рака. Понимание этих факторов важно для разработки моделей и интерпретации их результатов.

2.4. Влияние врачей

Помимо рассмотрения влияния отдельных факторов на показатели смертности в качестве контрольных пере-

менных, важно изучение дискуссии в литературе относительно подходов к оценке влияния на нее профильных медицинских кадров. Существуют исследования, демонстрирующие недооценку отрицательного влияния медицинских кадров, на примере различных направлений заболеваний. В большинстве из них указывается, что такие эконометрические проблемы, как обратная причинность и пропущенные переменные, могут быть причиной недооценки полученных в них коэффициентов, характеризующих влияние врачей на смертность от соответствующих заболеваний.

Nagapetyan et al. [32] предложили теоретическую модель для определения равновесного объема услуг в сфере здравоохранения на примере предложения врачей-кардиологов на основе сопоставления предельных издержек и предельной полезности от найма медицинских кадров. Для определения предельной общественной полезности от найма дополнительного врача была оценена зависимость уровня смертности от сердечно-сосудистых заболеваний от показателя, характеризующего уровень обеспеченности врачами-кардиологами. Согласно полученным результатам при уровне обеспеченности врачами-кардиологами в количестве одного врача на 100 000 населения предельный вклад в количество спасенных жизней от сердечно-сосудистых заболеваний составляет 124 человека на 100 000 населения. При этом дальнейший рост уровня обеспеченности врачами на 1 единицу на 100 000 населения приводит ко все меньшему уровню снижения смертности, снижающемуся на 10 человек на 100 000. В исследовании подтверждается факт недооценки влияния врачей при моделировании из-за проблемы обратной причинности.

Simionescu et al. [33] объясняют количество смертей от заболеваний системы кровообращения расходами

на здравоохранение на душу населения, количеством государственных больниц с кардиологическими отделениями и количеством кардиологов. Авторы использовали байесовские модели линейной регрессии для временных рядов на национальном уровне и модели панельных данных с фиксированными эффектами на региональном уровне для контроля ненаблюдаемых переменных. Модель с фиксированными эффектами показала, что наем дополнительного кардиолога в среднем сокращает смертность не менее чем на один случай. Однако в исследовании также столкнулись с проблемой обратной причинности, из-за чего возможна недооценка соответствующего вклада. Об этом говорит, помимо прочего, положительная связь между количеством больниц и уровнем смертности.

Нагапетян и др. [34] продемонстрировали наличие отрицательного статистически значимого влияния показателя, характеризующего уровень обеспеченности врачами на показатель склонности населения к легочным заболеваниям в регионах РФ. При этом использование подходов к анализу на основе пространственно-эконометрического моделирования позволило выявить наличие межпространственных связей. Так, согласно полученным результатам, увеличение уровня заболеваемости в соседних регионах на одну единицу сопровождалось ростом уровня заболеваемости в конкретном регионе на не менее чем 0,5 единиц. При этом проблема обратной причинности все же не была решена, о чем свидетельствует обнаружение в некоторых моделях наличия положительного влияния у фактора, характеризующего уровень обеспеченности больничными койками.

Нагапетян и др. [35] подтвердили наличие пространственной взаимозависимости между регионами РФ для показателя, характеризующего уровень забо-

леваемости туберкулезом. При этом этот показатель оказался существенно выше, чем для показателя легочных заболеваний в целом. Так, согласно полученным результатам, увеличение уровня заболеваемости в соседних регионах на одну единицу сопровождалось ростом уровня заболеваемости в конкретном регионе на не менее чем 0,9 единиц. При этом ввиду того, что при оценке влияния врачей не применялись квазиэкспериментальные методы, соответствующий коэффициент в большинстве моделей имел статистически незначимое положительное значение.

Sundmacher & Busse [36] показали, что дополнительные 10 врачей снизят частоту острого рака не менее чем на один случай за пять лет. Авторы изучали влияние региональных различий в предоставлении медицинских услуг на типы предотвратимых смертей от рака. В качестве зависимой переменной рассматривался стандартизированный по возрасту коэффициент смертности. Причинной использования метода инструментальных переменных являлось то, что распределение врачей строго не регулировалось до 1993 г., что могло привести к недооценке влияния врачей при стандартном эконометрическом моделировании без применения квазиэкспериментальных методов. Возможно, у врачей существовали стимулы к переезду в районы с высоким и низким уровнем заболеваемости от данных типов рака, что приводит к обратной причинно-следственной связи. Кроме того, есть пропущенные переменные, которые коррелируют как с частотой смертности от предотвратимых типов рака, так и с обеспеченностью врачами. В Германии лица, которые отказываются от прохождения обязательной военной службы, могут выбрать службу в национальной системе. Большинство таких должностей находятся в секторе здравоохранения, поэтому в качестве инстру-

мента использовалось общее количество таких должностей на 100 000 населения.

Sherri et al. [37] получили схожие результаты, которые продемонстрировали отрицательное влияние плотности врачей-онкологов на смертность от рака яичников в США. На основе применения метода логистической регрессии авторы указывают на то, что заболеваемость и смертность от рака яичников увеличивались по мере увеличения расстояния между округом и местами концентрации кадров. Так, согласно полученным результатам в округах, расположенных на расстоянии 50 или более миль от мест концентрации профильных врачей, вероятность высокой смертности от рака яичников была почти на 60% выше, чем в остальных. При этом проблема пропущенных переменных не была решена в достаточной степени ввиду того, что географическое нахождение мест концентрации профильных кадров не является экзогенной величиной и может зависеть от эндогенных факторов. При этом в качестве одного из основных каналов, определяющих влияние врачей-онкологов на смертность от новообразований, можно выделить задержку лечения рака, в том числе ввиду нехватки кадров.

Hanna et al. [38] выявили в ходе метаанализа факты, свидетельствующие о том, что даже четырехнедельная задержка в лечении рака связана с увеличением смертности при хирургическом, системном лечении и лучевой терапии при семи видах рака. Авторы приходят к выводу, что политика, направленная на минимизацию задержек на системном уровне перед началом лечения рака, может улучшить результаты выживаемости.

Обзор литературы подтвердил актуальность темы исследования, в частности при наличии широкого круга работ, посвященных, с одной стороны, оценке влияния тех или иных факторов на показатель смертности от новообразований,

с другой — обсуждению применения специфики применения существующих подходов к эконометрическому моделированию влияния на нее уровня обеспеченности профильными врачами.

Степень проработанности проблемы можно оценить как удовлетворительную, в частности при большом количестве упоминаний о соответствующих рисках недооценки вклада врачей из-за эконометрических проблем, связанных с наличием ложноотрицательных и ложноположительных связей между рассматриваемыми переменными, например ввиду обратной причинности, пропущенных переменных. Последнее требует проведения исследований с широким применением квазиэкспериментальных методов, направленных на выявление истинных причинно-следственных связей.

3. Данные и методы

3.1. Данные

В исследовании рассматриваются данные для 83 регионов РФ, для которых есть соответствующие ежегодные наблюдения с 2012 по 2019 г. Описание переменных приведено в табл. 1.

В табл. 2 приведена информация о статистических характеристиках рассматриваемых данных.

Согласно полученным данным, проблема мультиколлинеарности практически отсутствует. Высокая корреляция наблюдается между переменными, характеризующими соотношение мужчин и женщин и долю пожилых лиц в размере 0,74, в остальных случаях соответствующий коэффициент не превышает 0,62.

Тесная связь между полом и возрастом объясняется особенностями демографической пирамиды в РФ и является ожидаемым для российских регионов, но потребует определенных дополнительных проверок при моделировании. Также важно отметить наличие «тяже-

лых хвостов» как у зависимой переменной, так и у переменной интереса, а именно показателя, характеризующего уровень заболеваемости. В этой связи, а также в целях учета того, что чувствительно зависимой переменной к изменению показателя обеспеченности врачами

может не являться константой, в исследовании в том числе будут рассматриваться логарифмы данных переменных. Логарифмирование, помимо прочего, позволит получить удобную экономическую интерпретацию результатов в процентном выражении.

Таблица 1. Описание переменных

Table 1. Description of variables

№	Обозначение	Фактор	Способ расчета
1	death_neoplasms	Смертность от новообразований	Смертность от новообразований (количество умерших на 100 000 человек населения)
2	doctors_neoplasms	Количество онкологов	Численность онкологов на 100 000 человек населения
3	vodkat	Потребление алкоголя	Потребление водочных изделий (водка), декалитров на одного человека старше трудоспособного возраста
4	tabakt	Потребление табака	Потребление табачных изделий (продажи), рублей на одного человека старше трудоспособного возраста
5	unempl	Безработица	Уровень безработицы (по данным выборочных обследований рабочей силы; в процентах)
6	educ_high	Высшее образование	Оценка доли населения с высшим образованием в регионе (численность студентов, обучающихся по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры на 10 000 человек населения)
7	poor	Уровень бедности	Доля бедных (доходы ниже прожиточного минимума, в процентах)
8	old	Доля пожилых	Доля лиц старше трудоспособного возраста (в процентах)
9	city	Доля городского населения	Удельный вес городского населения в общей численности населения, в процентах
10	sex	Соотношение мужчин и женщин	На 1 000 мужчин приходится женщин
11	marriage	Брачность	Общие коэффициенты брачности на 1 000 человек населения (отношение числа заключенных в течение календарного года и браков к среднегодовой численности населения)

Окончание табл. 1

№	Обозначение	Фактор	Способ расчета
12	divorce	Разводимость	Общие коэффициенты разводимости на 1 000 человек населения (отношение числа расторгнутых в течение календарного года браков к среднегодовой численности населения)
13	inc_real	Реальные доходы на душу населения	Номинальные доходы разделены на стоимость фиксированного набора потребительских товаров и услуг
14	pollut_air_p	Загрязнение воздуха	Выбросы загрязняющих веществ, тысяч тонн на 1 человека
15	pollut_water_ter_p	Загрязнение воды	Выбросы загрязняющих веществ, тыс. куб. м на кв. м на 1 человека)
16	ill_neoplasms	Уровень заболеваемости (новообразования)	Новообразования, количество зарегистрированных заболеваний на 1 000 человек
17	ussrmedvuz_sosed	Средний уровень обеспеченности медицинскими учреждениями в соседних регионах в 1991 г. (соседи — все остальные регионы РФ)	Средний уровень обеспеченности медицинскими учреждениями (наличие или отсутствие медицинского учебного заведения) в соседних регионах в 1991 г. на основе матрицы квадратов обратных расстояний (подробнее в подразделе 3.3.2)
18	doctors_heart_sosed_1	Средний уровень обеспеченности врачами-кардиологами в соседних регионах (ближайшие соседи)	Средний уровень обеспеченности врачами-кардиологами в соседних регионах, имеющих общую границу с рассматриваемым регионом

Источник: составлено авторами.

Таблица 2. Статистические характеристики рассматриваемых данных

Table 2. Statistical characteristics of the data under consideration

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Смертность от новообразований	197,0	44,8	37,1	271,3
Количество онкологов	5,1	1,8	0,0	12,8
Потребление алкоголя	0,8	0,5	0,0	3,4
Потребление табака	2401,9	2249,3	40,1	19119,9
Безработица	6,5	4,2	0,8	47,7

Окончание табл. 2

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Высшее образование	284,8	118,0	0,0	786,0
Уровень бедности	14,3	5,0	5,6	37,8
Доля пожилых	23,6	4,8	8,3	31,3
Доля городского населения	70,2	13,0	28,9	100,0
Соотношение мужчин и женщин	1144,9	53,4	961,0	1236,0
Брачность	7,3	1,3	3,8	11,1
Разводимость	4,4	1,0	0,5	7,0
Реальные доходы на душу населения	7,3	1,9	3,9	16,4
Загрязнение воздуха	0,2	0,3	0,0005	2,3
Загрязнение воды	0,0	0,0	0,0	0,2
Уровень заболеваемости (новообразования)	11,4	3,4	2,4	29,9
Средний уровень обеспеченности медицинскими учреждениями в соседних регионах в 1991 г. (соседи — все остальные регионы РФ)	0,6	0,20	0,24	2,23
Средний уровень обеспеченности врачами-кардиологами в соседних регионах (ближайшие соседи)	8,8	1,5	4,4	13,6

Источник: составлено авторами.

3.2. Базовые модели

В рамках проверки сформированной исследовательской гипотезы о наличии недооценки или переоценки влияния показателя обеспеченности врачами на уровень смертности, в контексте оценки того, как изменится уровень смертности населения при увеличении уровня обеспеченности профильными врачами в регионах РФ, в настоящем исследовании будут оценены следующие модели.

Нелинейные модели, где предполагается, что вклад каждого дополнительного врача в общее число спасенных жизней меняется в зависимости от всех параметров функции.

1. Регрессионная модель (1) на основе пространственной выборки (m1.1).

2. Версии m1.1 с применением метода инструментальной переменной, а именно рассмотрение в качестве инструмента переменной *ussrmedvuz_sosed* (m1.2), переменной *doctors_heart_sosed_1* (m1.3), а также набора переменных *ussrmedvuz_sosed*, *doctors_heart_sosed_1* (m1.4).

3. Версия m1.1 в рамках модели панельных данных (2) с фиксированными эффектами на территорию без инструментирования (m1.5), с инструментированием, где в качестве инструмента рассматриваются переменные *doctors_heart_sosed_1*, и эта же пере-

менная в квадрате (m1.6), а также версия модели m1.6, в том числе с временными фиксированными эффектами (m1.7).

$$\begin{aligned} \ln(\text{death_neoplasms}_i) = & \\ & = \beta_0 + \beta_1 \times \\ & \times \ln(\text{doctors_neoplasms}_i) + \\ & + \beta_2 \times \text{vodkat}_i + \beta_3 \times \text{tabakt}_i + \\ & + \beta_4 \times \text{unempl}_i + \beta_5 \times \text{educ_high}_i + \\ & + \beta_6 \times \text{poor}_i + \beta_7 \times \text{old}_i + \\ & + \beta_8 \times \text{city}_i + \beta_9 \times \text{sex}_i + \\ & + \beta_{10} \times \text{marriage}_i + \\ & + \beta_{11} \times \text{divorce}_i + \\ & + \beta_{12} \times \text{inc_real}_i + \\ & + \beta_{13} \times \text{pollut_air_p}_i + \\ & + \beta_{14} \times \text{pollut_water_ter_p}_i + \\ & + \beta_{15} \times \text{ill_neoplasms}_i + \varepsilon_i \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \ln(\text{death_neoplasms}_{it}) = & \\ & = \beta_0 + \beta_1 \times \\ & \times \ln(\text{doctors_neoplasms}_{it}) + \\ & + \beta_2 \times \text{vodkat}_{it} + \\ & + \beta_3 \times \text{tabakt}_{it} + \\ & + \beta_4 \times \text{unempl}_{it} + \\ & + \beta_5 \times \text{educ_high}_{it} + \\ & + \beta_6 \times \text{poor}_{it} + \beta_7 \times \text{old}_{it} + \\ & + \beta_8 \times \text{city}_{it} + \beta_9 \times \text{sex}_{it} + \\ & + \beta_{10} \times \text{marriage}_{it} + \\ & + \beta_{11} \times \text{divorce}_{it} + \\ & + \beta_{12} \times \text{inc_real}_{it} + \\ & + \beta_{13} \times \text{pollut_air_p}_{it} + \\ & + \beta_{14} \times \text{pollut_water_ter_p}_{it} + \\ & + \beta_{15} \times \text{ill_neoplasms}_{it} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (2)$$

Нелинейные модели, где предполагается, что вклад каждого дополнительного врача в общее число спасенных жизней может меняться с ростом количества врачей:

1) регрессионная модель (3) на основе пространственной выборки (m2.1);

2) версии m2.1 с применением метода инструментальной переменной, а именно рассмотрение в качестве инструмента переменной *ussrmedvuz_sosed* и эта же переменная в квадрате (m2.2), переменной *doctors_heart_sosed_1*, и эта же переменная в квадрате (m2.3), а также набора переменных *ussrmedvuz_sosed*, *doctors_heart_sosed_1* и их квадрат (m2.4);

3) версия m2.1 в рамках модели панельных данных (4) с фиксированными эффектами на территорию без инструментирования (m2.5), с инструментированием, где в качестве инструмента рассматриваются переменные *doctors_heart_sosed_1*, и эта же переменная в квадрате (m2.6), а также версия модели m2.6 в том числе с временными фиксированными эффектами (m2.7);

4) версия модели m2.4 с пропуском переменной *sex* (m2.8) и с пропуском переменной *divorce* (m2.9).

$$\begin{aligned} \text{death_neoplasms}_i = & \\ & = \beta_0 + \beta_1 \times \\ & \times \text{doctors_neoplasms}_i + \\ & + \beta_{1.2} \times \text{doctors_neoplasms}_i^2 + \\ & + \beta_2 \times \text{vodkat}_i + \beta_3 \times \text{tabakt}_i + \\ & + \beta_4 \times \text{unempl}_i + \\ & + \beta_5 \times \text{educ_high}_i + \\ & + \beta_6 \times \text{poor}_i + \beta_7 \times \text{old}_i + \\ & + \beta_8 \times \text{city}_i + \beta_9 \times \text{sex}_i + \\ & + \beta_{10} \times \text{marriage}_i + \\ & + \beta_{11} \times \text{divorce}_i + \\ & + \beta_{12} \times \text{inc_real}_i + \\ & + \beta_{13} \times \text{pollut_air_p}_i + \\ & + \beta_{14} \times \text{pollut_water_ter_p}_i + \\ & + \beta_{15} \times \text{ill_neoplasms}_i + \varepsilon_i \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
death_neoplasms_{it} = & \\
& \beta_0 + \beta_1 \times \\
& \times doctors_neoplasms_{it} + \\
& + \beta_{1_2} \times doctors_neoplasms_{it}^2 + \\
& + \beta_2 \times vodkat_{it} + \\
& + \beta_3 \times tabakt_{it} + \beta_4 \times unempl_{it} + \\
& + \beta_5 \times educ_high_{it} + \\
& + \beta_6 \times poor_{it} + \beta_7 \times old_{it} + \quad (4) \\
& + \beta_8 \times city_{it} + \beta_9 \times sex_{it} + \\
& + \beta_{10} \times marriage_{it} + \\
& + \beta_{11} \times divorce_{it} + \\
& + \beta_{12} \times inc_real_{it} + \\
& + \beta_{13} \times pollut_air_p_{it} + \\
& + \beta_{14} \times pollut_water_ter_p_{it} + \\
& \beta_{15} \times ill_neoplasms_{it} + \varepsilon_{it}
\end{aligned}$$

Как было продемонстрировано ранее, между переменными пола и переменной, характеризующей долю пожилых лиц, коэффициент корреляции, составил 0,74. Для того чтобы оценить влияние данного факта и избежать неконтролируемого воздействия проблемы мультиколлинеарности, для всех моделей, которые в дальнейшем будут исследованы в работе, рассматривались альтернативные спецификации, где поочередно опускалась каждая из этих переменных, что, однако, не приводило к существенному изменению получаемых результатов. Проблемы, связанные с возможным влиянием на результаты, полученные в ходе моделирования из-за потенциального наличия проблемы гетероскедастичности или автокорреляции остатков, решаются посредством использования робастных стандартных ошибок.

3.3. Метод инструментальной переменной

Нами применяется метод инструментальных переменных для оценки

влияния показателя обеспеченности профильными медицинскими кадрами (врачами-онкологами) на показатель смертности населения от новообразований. Для этого необходимо найти такие инструментальные переменные, которые бы оказывали влияние на показатель обеспеченности врачами-онкологами, но не были связаны с показателем смертности от новообразований.

В качестве инструментальных переменных рассматриваются переменные, характеризующие средний уровень обеспеченности врачами-кардиологами в соседних регионах (*doctors_heart_sosed_1*) и средний уровень обеспеченности медицинскими учреждениями в соседних регионах в 1991 г. (*ussrmedvuz_sosed*).

Для расчета переменной *doctors_heart_sosed_1* в качестве соседей рассматривались только регионы, которые имели общую границу с соответствующим регионом.

Для расчета переменной *ussrmedvuz_sosed* в качестве соседних регионов для заданного региона рассматривались все остальные регионы РФ. При этом в качестве весов взяты квадраты обратных расстояний между конкретным регионом и всеми остальными регионами. В качестве расстояний считаются экономические расстояния, учитывающие наличие транспортного сообщения [32].

Рассмотрим выполнение свойств релевантности и экзогенности для используемых инструментальных переменных. Так, для переменной *doctors_heart_sosed_1* можно ожидать выполнение свойства релевантности ввиду того, что высокий уровень обеспеченности врачами-кардиологами в соседних регионах может свидетельствовать в целом о возможностях территории по привлечению медицинских кадров, и, следовательно, можно

ожидать в ней относительно высокий уровень показателя, характеризующего уровень обеспеченности врачами онкологами.

Для переменной *ussrmedvuz_sosed* также можно ожидать выполнение свойства релевантности ввиду того, что если для рассматриваемого региона средний уровень обеспеченности медицинскими учреждениями (наличие или отсутствие медицинского учебного заведения) в соседних регионах в 1991 г. высок, то у данного региона в целом больше возможностей для привлечения медицинских кадров, следовательно, можно также ожидать более высокий уровень обеспеченности врачами-онкологами.

При рассмотрении же свойства экзогенности для переменной *doctors_heart_sosed_1* возникают определенные сомнения. Так, возможно, высокий уровень обеспеченности в соседних регионах врачами-кардиологами связан с уровнем развития соответствующего кластера территорий или другими переменными, которые, как и уровень развития, может иметь влияние на показатель смертности от новообразований, но не через переменную, характеризующую уровень обеспеченности врачами, а через другие каналы.

Например, более обеспеченные территории в целом могут предложить более высокий уровень жизни, например в части занятия спортом, доступа к качественным продуктам питания и лекарствам. В таком случае метод инструментальной переменной может привести к ложным результатам.

При этом в экзогенности переменной *ussrmedvuz_sosed* можно быть более уверенным ввиду того, что она характеризует положение дел в соседних территориях более 20 лет назад. За прошедшее время произошло существенное количество событий, нивелиру-

ющих потенциальные каналы связи между рассматриваемой инструментальной переменной и моделируемой переменной, характеризующей уровень смертности от новообразований на конкретной территории.

Выполнение свойства релевантности можно тестировать напрямую, например с помощью *F*-статистики или более продвинутых тестов, рекомендуемых к использованию в статистических пакетах. Свойство же экзогенности для конкретной инструментальной переменной можно проверить только в случае наличия другой инструментальной переменной, в экзогенности которой нет сомнений.

В работе применяются модели на основе панельных данных, где применение в качестве инструментальной переменной, не меняющейся во времени переменной *ussrmedvuz_sosed*, не представляется возможным.

Ввиду этого дизайн исследовательского проекта предполагает тестирование экзогенности переменной *doctors_heart_sosed_1* в рамках применения моделей на основе пространственной выборки на основе теста Саргана при условии уверенности в экзогенности переменной *ussrmedvuz_sosed*. В дальнейшем это даст возможность с учетом определенных ограничений использовать переменную *doctors_heart_sosed_1* в моделях на основе панельных данных.

4. Результаты

Результаты оценки рассматриваемых нелинейных моделей с использованием логарифмирования приведены в табл. 3. Результаты оценки рассматриваемых нелинейных моделей с использованием квадрата переменной, характеризующей уровень обеспеченностью кадрами, приведены в табл. 4.

Таблица 3. Результаты оценки рассматриваемых нелинейных моделей с использованием логарифмирования
 Table 3. Estimation results of the considered nonlinear models using logarithmisation

VARIABLES	m1.1	m1.2	m1.3	m1.4	m1.5	m1.6	m1.7
Количество онкологов (логарифм)	-0.017 (0.016)	-0.681** (0.276)	-0.508* (0.276)	-0.574*** (0.192)	-0.415 (0.259)	-0.415 (0.259)	-0.435 (0.266)
Потребление алко- голя	0.024 (0.020)	0.011 (0.031)	0.015 (0.025)	0.013 (0.027)	-0.031* (0.018)	-0.031* (0.018)	-0.027 (0.022)
Потребление табака	0.000 (0.000)	0.000** (0.000)	0.000* (0.000)	0.000** (0.000)	0.000** (0.000)	0.000** (0.000)	0.000* (0.000)
Безработица	-0.004 (0.004)	0.003 (0.007)	0.001 (0.006)	0.002 (0.006)	-0.011** (0.005)	-0.011** (0.005)	-0.010* (0.006)
Высшее образование	0.000 (0.000)	0.001* (0.000)	0.000** (0.000)	0.001** (0.000)	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)	0.000 (0.000)
Уровень бедности	0.007*** (0.002)	0.005 (0.004)	0.005 (0.003)	0.005 (0.004)	0.004 (0.003)	0.004 (0.003)	0.006 (0.005)
Доля пожилых	0.054*** (0.003)	0.047*** (0.006)	0.049*** (0.006)	0.048*** (0.005)	0.027 (0.020)	0.027 (0.020)	0.058*** (0.021)

Продолжение табл. 3

VARIABLES	m1.1	m1.2	m1.3	m1.4	m1.5	m1.6	m1.7
Доля городского населения	0.003*** (0.001)	0.006*** (0.002)	0.005*** (0.002)	0.005*** (0.001)	-0.009 (0.006)	-0.009 (0.006)	-0.014* (0.007)
Соотношение мужчин и женщин	-0.001*** (0.000)	-0.001*** (0.001)	-0.001*** (0.000)	-0.001*** (0.000)	0.001 (0.001)	0.001 (0.001)	0.001* (0.001)
Брачность	0.035*** (0.008)	-0.078 (0.051)	-0.049 (0.047)	-0.060* (0.035)	-0.027* (0.015)	-0.027* (0.015)	-0.012 (0.013)
Разводимость	0.040*** (0.013)	0.160*** (0.055)	0.128** (0.052)	0.140*** (0.039)	0.002 (0.015)	0.002 (0.015)	-0.002 (0.017)
Реальные доходы на душу населения	-0.023*** (0.005)	0.008 (0.013)	-0.000 (0.015)	0.003 (0.011)	0.023 (0.017)	0.023 (0.017)	0.015 (0.014)
Загрязнение воздуха	0.081*** (0.027)	-0.201* (0.107)	-0.127 (0.124)	-0.155* (0.084)	0.084 (0.096)	0.084 (0.096)	0.117 (0.088)
Загрязнение воды	0.559** (0.220)	3.722*** (1.304)	2.897** (1.361)	3.211*** (0.955)	1.286 (1.184)	1.286 (1.184)	0.603 (1.267)

Продолжение табл. 3

VARIABLES	Pooled m1.1	Pooled+IV (ussrmedvuz_ sosed)	Pooled+IV (doctors_heart_ sosed_1)	Pooled+IV (ussrmedvuz_ sosed и doctors_heart_ sosed_1)	Fe m1.5	Fe+IV (doctors_ heart_sosed_1_ и ее квадрат)	Fe+IV (doctors_heart_ sosed_1 и ее квадрат) +врем фикс. эффекты
Уровень заболеваемости (новообразования)	0.002 (0.002)	0.004 (0.004)	0.003 (0.003)	0.003 (0.003)	0.004 (0.004)	0.004 (0.004)	0.004 (0.003)
year==2013							-0.001 (0.020)
year==2014							-0.021 (0.029)
year==2015							-0.019 (0.044)
year==2016							-0.025 (0.065)
year==2017							-0.037 (0.073)
year==2018							-0.044 (0.084)
year==2019							0.037 (0.108)

Окончание табл. 3

VARIABLES	Pooled	Pooled+IV (ussrmedvuz_ sosed)	Pooled+IV (doctors_heart_ sosed_1)	Pooled+IV (ussrmedvuz_ sosed и doctors_heart_ sosed_1)	Fe	Fe+IV (doctors_ heart_sosed_1_ и ее квадрат)	Fe+IV (doctors_heart_ sosed_1 и ее квадрат) +врем фикс. эффекты
	m1.1	m1.2	m1.3	m1.4	m1.5	m1.6	m1.7
Constant	4.193*** (0.256)	5.889*** (0.841)	5.446*** (0.751)	5.614*** (0.596)			
Observations	663	663	663	663	663	663	663
AIC	-845.9	-0.200	-262.8	-160.1	-1481	-1481	-1470
BIC	-774	71.80	-190.8	-88.10	-1414	-1414	-1371
Number of region					83	83	83

Примечания: Robust standard errors in parentheses: *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$, составлено авторами.

Таблица 4. Результаты оценки рассматриваемых нелинейных моделей с использованием квадрата переменной, характеризующей уровень обеспеченности кадрами
 Table 4. Results of estimation of the considered non-linear models using the square of the variable characterising the level of staffing level

	Pooled	Pooled+IV (ussrmedvuz_ sosed)	Pooled+IV (doctors_heart_ sosed_1)	Pooled+IV (ussrmedvuz_ sosed и doc- tors_heart_ sosed_1)	Fe	Fe+IV (doctors_ heart_sosed_1 и ее квадрат)	Fe+IV (doctors_ heart_sosed_1 и ее квадрат) +врем фикс. эф- фекты	Fe+IV (doctors_ heart_sosed_1 и ее квадрат) +врем фикс. эф- фекты	
VARIABLES	m2.1	m2.2	m2.3	m2.4	m2.5	m2.6	m2.7	m2.8	m2.9
Количество он- кологов	-5.365** (2.186)	-232.749 (303.741)	-76.804 (46.944)	-103.404** (49.054)	-4.450** (2.059)	-53.624 (42.542)	-78.505 (72.845)	-81.691 (68.627)	-89.033 (90.264)
Количество он- кологов в ква- драте	0.410* (0.216)	17.135 (23.360)	5.553 (3.431)	7.362** (3.726)	0.320* (0.166)	4.650 (4.043)	6.453 (7.032)	6.694 (6.595)	7.310 (8.569)
Потребление ал- коголя	0.949 (3.058)	-37.215 (56.196)	-10.621 (9.152)	-14.529 (10.570)	-5.629** (2.481)	-1.212 (6.537)	2.994 (12.956)	3.597 (12.353)	3.591 (14.577)
Потребление та- бака	0.001 (0.001)	0.002 (0.002)	0.001 (0.001)	0.001 (0.001)	0.001* (0.000)	0.001** (0.000)	0.000 (0.000)	0.000 (0.001)	0.000 (0.001)
Безработица	1.108** (0.493)	2.458 (2.296)	1.597* (0.897)	1.841* (1.055)	-0.771* (0.457)	-1.659** (0.777)	-2.245 (1.554)	-2.285 (1.502)	-2.334 (1.793)

Продолжение табл. 4

	Pooled	Pooled+IV (ussrmedvuz_sosed)	Pooled+IV (doctors_heart_sosed_1)	Pooled+IV (ussrmedvuz_sosed и doctors_heart_sosed_1)	Fe	Fe+IV (doctors_heart_sosed_1 и ее квадрат) +врем фикс. эффекты	Fe+IV (doctors_heart_sosed_1 и ее квадрат) +врем фикс. эффекты	Fe+IV (doctors_heart_sosed_1 и ее квадрат) +врем фикс. эффекты	
VARIABLES	m2.1	m2.2	m2.3	m2.4	m2.5	m2.6	m2.7	m2.8	
Высшее образование	-0.009 (0.010)	0.173 (0.217)	0.054 (0.048)	0.082* (0.049)	0.002 (0.019)	0.006 (0.040)	0.020 (0.061)	0.020 (0.063)	0.024 (0.070)
Уровень бедности	0.247 (0.309)	0.013 (1.427)	0.140 (0.555)	0.068 (0.699)	-0.099 (0.332)	0.702 (0.789)	0.819 (1.093)	0.835 (1.152)	0.770 (1.193)
Доля пожилых	8.145*** (0.472)	5.109 (4.236)	7.128*** (1.149)	6.689*** (1.299)	-0.114 (1.184)	5.452 (4.788)	16.795 (11.611)	17.472 (10.896)	19.130 (15.146)
Доля городского населения	0.653*** (0.097)	2.429 (2.250)	1.237*** (0.452)	1.479*** (0.467)	-0.157 (0.375)	-1.813 (1.526)	-3.405 (2.677)	-3.601 (2.497)	-3.735 (3.231)
Соотношение мужчин и женщин	-0.047 (0.034)	-0.294 (0.317)	-0.131* (0.076)	-0.168* (0.086)	0.224** (0.092)	0.132 (0.170)	0.086 (0.347)	0.086 (0.347)	0.111 (0.359)
Брачность	5.532***	-31.640	-7.136	-12.799	-1.337	1.360	3.880	4.162	3.227

Продолжение табл. 4

	Pooled m2.1	Pooled+IV (ussrmedvuz_ sosed)	Pooled+IV (doctors_heart_ sosed_1)	Pooled+IV (ussrmedvuz_ sosed и doc- tors_heart_ sosed_1)	Fe	Fe+IV (doctors_ heart_sosed_1 и ее квадрат) +врем фикс. эф- фекты	Fe+IV (doctors_ heart_sosed_1 и ее квадрат) +врем фикс. эф- фекты	Fe+IV (doctors_ heart_sosed_1 и ее квадрат) +врем фикс. эф- фекты	
VARIABLES	m2.1 (1.243)	m2.2 (42.884)	m2.3 (9.612)	m2.4 (9.034)	m2.5 (0.886)	m2.6 (4.459)	m2.7 (6.528)	m2.8 (6.072)	m2.9 (6.326)
Разводимость	5.499*** (1.842)	43.025 (43.723)	18.305* (9.970)	24.044** (9.464)	-1.262 (1.559)	-6.200 (6.146)	-7.788 (9.628)	-8.156 (9.005)	
Реальные дохо- ды на душу насе- ления	-4.298*** (0.859)	3.507 (9.173)	-1.570 (2.703)	-0.291 (2.728)	0.540 (1.380)	-5.307 (7.579)	-8.302 (13.745)	-8.507 (13.460)	-9.330 (15.982)
Загрязнение воз- духа	11.376*** (4.340)	-110.089 (146.541)	-29.138 (29.650)	-46.469 (28.571)	4.835 (5.550)	20.580 (21.049)	35.200 (35.506)	35.575 (36.336)	41.606 (45.201)
Загрязнение во- ды	100.981* (61.293)	-1,445.533 (2,727.704)	-322.924 (427.775)	-421.548 (507.535)	232.894** (115.966)	2,251.745 (2,176.355)	2,868.538 (3,518.702)	2,979.715 (3,338.839)	3,344.313 (4,327.272)
Уровень заболе- ваемости (новоо- бразования)	0.469 (0.293)	2.658 (3.451)	1.150 (0.741)	1.398 (0.917)	0.323 (0.398)	1.214 (0.913)	1.841 (1.692)	1.915 (1.604)	2.106 (2.135)

Продолжение табл. 4

	Pooled m2.1	Pooled+IV (ussrmedvuz_ sosed)	Pooled+IV (doctors_heart_ sosed_1)	Pooled+IV (ussrmedvuz_ sosed и doc- tors_heart_ sosed_1)	Fe m2.5	Fe+IV (doctors_ heart_sosed_1 и ее квадрат)	Fe+IV (doctors_ heart_sosed_1 и ее квадрат) +врем фикс. эф- фекты	Fe+IV (doctors_ heart_sosed_1 и ее квадрат) +врем фикс. эф- фекты	Fe+IV (doctors_ heart_sosed_1 и ее квадрат) +врем фикс. эф- фекты
VARIABLES	m2.1	m2.2	m2.3	m2.4	m2.5	m2.6	m2.7	m2.8	m2.9
year==2013							-0.580 (4.507)	-0.626 (4.645)	-1.927 (5.158)
year==2014							-5.111 (7.895)	-5.147 (8.137)	-8.122 (9.612)
year==2015							-3.818 (10.740)	-3.772 (11.178)	-1.562 (12.000)
year==2016							-3.695 (16.615)	-3.470 (17.561)	-2.434 (18.119)
year==2017							-14.163 (22.485)	-14.309 (22.898)	-13.163 (24.005)
year==2018							-17.830 (27.767)	-18.156 (27.787)	-17.368 (29.938)
year==2019							-0.782	-0.514	0.468

Окончание табл. 4

	Pooled m2.1	Pooled+IV (ussrmedvuz_ sosed)	Pooled+IV (doctors_heart_ sosed_1)	Pooled+IV (ussrmedvuz_ sosed и doc- tors_heart_ sosed_1)	Fe	Fe+IV (doctors_ heart_sosed_1 и ее квадрат)	Fe+IV (doctors_ heart_sosed_1 и ее квадрат) +врем фикс. эф- фекты	Fe+IV (doctors_ heart_sosed_1 и ее квадрат) +врем фикс. эф- фекты	Fe+IV (doctors_ heart_sosed_1 и ее квадрат) +врем фикс. эф- фекты
VARIABLES	m2.1	m2.2	m2.3	m2.4	m2.5	m2.6	m2.7	m2.8	m2.9
Constant	-22.797 (33.959)	896.575 (1,151.047)	275.068 (200.371)	394.590* (203.653)	-17.899 (132.334)		(32.427)	(34.275)	(34.942)
Observations	664	664	664	664	664	664	664	664	664
AIC	5920	8024	6728	7071	4800	5475	5834	5876	5980
BIC	5996	8101	6804	7147	4872	5547	5937	5975	6079
Number of region					83	83	83	83	83

Примечания: Robust standard errors in parentheses: *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$, составлено авторами.

Результаты оценки модели (m1.1) демонстрируют, что в базовой спецификации прирост уровня обеспеченности онкологами в регионе на 1 % в рассматриваемом регионе связан со снижением смертности от новообразований на 0,017 %. Базовая спецификация модели с использованием квадрата переменной (m2.1) свидетельствует о снижении смертности от новообразований на 5,4 случае увеличения уровня обеспеченности онкологами на одну единицу.

Использование метода инструментальной переменной в моделях с использованием квадрата переменной (m2.2-m2.4, m2.6-m2.9) позволило получить результаты, в среднем в десять и более раз превышающие результаты в базовой модели, разброс значений соответствующего коэффициента составил от -53 до -232, при этом в модификации m2.4 были представлены сразу два варианта инструментов, что с учетом результатов теста Саргана позволяет выбрать ее в качестве наиболее компромиссной версии.

Согласно результатам теста, все инструменты экзогенны. При этом в случае, если в экзогенности хотя бы одного из инструментов есть уверенность (например, *ussrmedvuz_sosed*), то результаты теста можно интерпретировать в пользу экзогенности обеих переменных, в частности переменной *doctors_heart_sosed_1*. Это в свою очередь позволяет с большим доверием относиться к результатам, полученным при работе с моделями на основе панельных данных. При этом полученные результаты соответствующих *F*-статистик позволяют говорить о выполнении свойства релевантности для всех рассматриваемых переменных.

Согласно полученным результатам, в среднем увеличение уровня обеспеченности онкологами на 1 % приводит к снижению смертности от новообразований на не менее чем 0,4 %. При уров-

не обеспеченности врачами-онкологами в количестве одного на 100 000 человек их предельный вклад в количество спасенных жизней составляет не менее 96 на 100 000 человек с дальнейшим снижением на 14 человек по мере роста уровня обеспеченности профильными специалистами на одну единицу.

В исследовании другие переменные рассматривались как контрольные, поэтому надежность их оценок вызывает сомнения. Согласно полученным результатам, использование модели (m2.4) подтвердило статистически значимую положительную связь между безработицей, уровнем высшего образования, долей пожилых, городским населением и уровнем разводимости с уровнем смертности от онкологии.

Однако была обнаружена статистически значимая отрицательная связь для количества онкологов и соотношения мужчин и женщин в регионе. Для других переменных статистически значимых связей не было найдено, хотя возможны противоречия между знаками и статистической значимостью в различных моделях в зависимости от типа данных.

Важно отметить, что в исследовании не применялись квазиэкспериментальные методы для решения потенциальных эконометрических проблем, связанных с эндогенностью контрольных переменных, поэтому в каждом типе модели решаются собственные элементы проблем. Более конкретно модели на основе панельных данных могут справиться с проблемой пропущенных переменных, не меняющихся во времени, но могут быть уязвимы в случаях, когда имеют значение лаги между зависимой и исследуемой переменной.

5. Обсуждение

Полученные результаты говорят о подтверждении сформированных авторских гипотез.

Гипотезу 1 о наличии соответствующей недооценки влияния уровня обеспеченности профильными медицинскими кадрами при эконометрическом моделировании без применения квазиэкспериментальных методов можно подтвердить посредством сравнения значения коэффициента при переменной, характеризующей уровень обеспеченности онкологами в моделях m1.1 и m1.5 и в моделях m1.2, m1.3, m1.4, m1.6, m1.7, в которых применялся метод инструментальной переменной. Во втором случае абсолютное значение коэффициента в моделях существенно выше, что и позволяет сделать соответствующий вывод.

Подтверждение гипотезы 2 об убывающем предельном влиянии найма дополнительных онкологов на показатель смертности от новообразований по мере роста уровня обеспеченности профильными врачами можно обосновать посредством обнаружения статистически значимого положительного коэффициента при переменной, выражающей квадрат величины, характеризующей уровень обеспеченности врачами-онкологами, например в модели m2.4.

Более перспективными для изучения рассматриваемых взаимосвязей являются нелинейные модели, способные учитывать убывающее предельное влияние на смертность населения от новообразований найма дополнительных врачей по мере роста уровня обеспеченности онкологами. Ориентируясь на результаты модели m2.4, мы можем представить соответствующие функции в виде (5) и (6).

$$death_{neoplasms} = 394.59 - 103.4doctors_{heart} + 7.36doctors_{heart}^2 \quad (5)$$

$$death_neoplasms'_{doctors_neoplasms} = -103.4 + 14.72doctors_{neoplasms} \quad (6)$$

где $death_{neoplasms}$ — функция, показывающая связь между показателем, характе-

ризующим уровень смертности от новообразований и уровнем обеспеченности врачами-онкологами на конкретной территории; $death_{neoplasms}'_{doctors_neoplasms}$ — производная функции $death_{neoplasms}$, показывающая, как изменится уровень смертности от новообразований при увеличении показателя, характеризующего уровень обеспеченности врачами-онкологами на одну единицу, или, другими словами, сколько дополнительных жизней будет спасено в случае найма одного дополнительного онколога.

При учете функции издержек, которая характеризует затраты на привлечение врачей-онкологов и обеспечение условий для их работы, а также учитывая экономическую оценку стоимости жизни [39], использование формулы (5) позволяет определить оптимальное количество врачей-онкологов на территории.

Можно ожидать, что максимизация индикатора общественного благосостояния будет достигаться в случае, если будет нанято такое количество врачей, что предельный вклад в прирост функции общественной полезности от последнего нанятого врача будет равен предельным затратам на его привлечение с учетом затрат на обеспечение условий для его работы.

В свою очередь, функцию предельной общественной полезности можно рассчитать как произведение показателя, характеризующего прирост количества спасенных жизней в случае увеличения показателя обеспеченности кардиологами на одну единицу, на стоимость одной спасенной жизни [32].

К основным ограничениям исследования можно отнести наличие рисков, связанных с экзогенностью инструментальных переменных, в частности переменной $doctors_heart_sosed_1$, характеризующей средний уровень обеспеченности врачами-кардиологами в соседних регионах (ближайшие соседи).

При этом, несмотря на результаты теста Саргана и подтверждения экзогенности данной переменной при работе с моделями на основе пространственной выборки в случае наличия уверенности в экзогенности переменной *ussrmedvuz_sosed*, остаются риски, связанные с невыполнением свойства экзогенности для переменной *doctors_heart_sosed_1* при работе с моделями на основе панельных данных.

В качестве дополнительной аргументации можно рассмотреть экономическую интуицию. Можно ожидать, что для реализации влияния показателя, характеризующего средний уровень обеспеченности врачами-кардиологами в соседних регионах, на показатель, характеризующий уровень обеспеченности врачами-онкологами в рассматриваемом регионе через различные каналы, в том числе ввиду ненаблюдаемых факторов, таких как развитие кластера территорий и увеличение его уровня привлекательности для врачей, требуется существенно меньше времени, чем на любую связь этой переменной с показателем, характеризующим уровень смертности населения от новообразований. В случае, если это так, в уровне экзогенности рассматриваемой переменной можно быть более уверенным. Это суждение может быть более строго проверено в дальнейших исследованиях.

В текущем исследовании для увеличения степени доверия к полученным результатам можно сослаться на их относительную устойчивость при рассмотрении широкого круга моделей, а также применении различных наборов инструментальных переменных.

Другим важным ограничением работы представляется неразработанность вопросов, связанных с дифференциацией влияния уровня обеспеченности медицинских кадров на показатели смертности в зависимости от тех или иных

характеристик. Например, можно ожидать, что в регионах с более высокой долей лиц старше трудоспособного возраста влияние врачей может быть ниже, чем в остальных. Полученные же оценки характеризуют влияние врачей при прочих равных условиях.

Полученные результаты в целом не противоречат уже имеющимся в литературе. Так, практически во всех исследованиях, так или иначе оценивающих вклад профильных медицинских кадров, наблюдалось отрицательное значение соответствующих показателей на смертность населения [32, 36]. При этом практически во всех исследованиях авторы упоминали проблеме недооценки вклада врачей из-за существующих эконометрических проблем.

Особенно можно отметить, результаты, полученные в исследовании Simionescu et al. [33], где авторы обнаружили положительную связь между предложением медицинских услуг и уровнем смертности, что во многом было связано с тем, что они столкнулись с обратной причинностью. Справедливо ожидать, что, помимо того, что уровень смертности может уменьшаться ввиду увеличения количества профильных кадров, существуют и другие каналы взаимосвязи между этими переменными, например количество медицинских кадров и инфраструктура может расти там, где растет смертность, к примеру в рамках реализации тех или иных государственных программ. Именно этим и можно объяснить эти результаты.

Помимо попытки преодоления этих вызовов, в настоящем исследовании сделано существенное дополнение к уже имеющимся в литературе результатам, связанное с количественной оценкой убывающего предельного влияния на смертность населения от новообразований найма дополнительных врачей по мере роста уровня обеспеченности онкологами.

6. Заключение

В исследовании осуществлено моделирование влияния уровня обеспеченности онкологами на показатель смертности от новообразований в регионах РФ в контексте определения оптимального количества профильных врачей.

Получили свое подтверждение две авторские гипотезы. В частности, была выявлена недооценка отрицательного влияния врачей-онкологов на соответствующий показатель смертности из-за существования ложноположительных связей между рассматриваемыми переменными. Также было продемонстрировано существование убывающей отдачи от найма дополнительных онкологов по мере роста уровня обеспеченности профильными кадрами.

Дизайн исследовательского проекта был реализован с помощью применения регрессионного анализа с использованием квазиэкспериментального метода инструментальной переменной для решения проблемы обратной причинности и пропущенных переменных с помощью моделей на основе простративной выборки и панельных данных с последующим выводом функции, описывающей прирост числа спасенных жизней в случае найма дополнительных врачей.

В рамках ответа на сформулированный исследовательский вопрос было выявлено, что в среднем увеличение уровня обеспеченности онкологами на 1 % приводит к снижению смертности от новообразований на не менее чем 0,4 %. При уровне обеспеченности врачами-онкологами в количестве одного на 100 000 человек их предельный вклад в количество спасенных жизней составляет не менее 96 на 100 000 человек с дальнейшим снижением на 14 человек по мере роста уровня обеспеченности на одну единицу.

Результаты работы могут быть использованы при определении оптимального числа врачей-онкологов на территории, а также при принятии решений о распределении средств между наймом врачей разных специальностей или другими затратами в условиях ограниченных ресурсов.

Практическая значимость данного исследования заключается в возможности применения его результатов при принятии управленческих решений, касающихся повышения уровня выживаемости в регионах РФ людей, больных раком. Полученные результаты могут быть использованы при оценке функции предельной общественной полезности от найма дополнительных онкологов, что при учете функции издержек, которая характеризует затраты на привлечение врачей-онкологов и обеспечение условий для их работы, а также экономической оценки стоимости жизни, может позволить определять оптимальное количество врачей-онкологов на территории.

Немаловажным является возможность применения полученных результатов при решении задачи выбора, например, связанного с тем, врача какого профиля стоит нанять в той или иной ситуации. Это можно сделать на основе ожидаемого количества спасенных жизней, что особенно актуально в условиях бюджетных ограничений.

В дальнейших исследованиях можно более строго подойти к вопросу тестирования правомерности использования рассмотренных инструментальных переменных, в том числе расширив их круг. Также предстоит исследовать вопросы, связанные с потенциальным наличием дифференциации влияния уровня обеспеченности медицинских кадров на показатели смертности в зависимости от тех или иных характеристик территорий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Cochrane A. L., Leger A. S. St., Moore F.* Health service ‘Input’ and mortality ‘Output’ in developed countries // *Journal of Epidemiology & Community Health*. 1978. Vol. 32. Pp. 200–205. <http://dx.doi.org/10.1136/jech.32.3.200>
2. *Palmer R. H., Reilly M. C.* Individual and institutional variables which may serve as indicators of quality of medical care // *Medical Care*. 1979. Vol. 17, Issue 7. Pp. 693–717. <https://doi.org/10.1097/00005650-197907000-00001>
3. *Hopkins Z. H., Moreno C., Carlisle R., Secrest A. M.* Melanoma prognosis in the United States: Identifying barriers for improved care // *Journal of the American Academy of Dermatology*. 2019. Vol. 80, Issue 5. Pp. 1256–1262. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2019.01.003>
4. *Yiannakou I., Barber L. E., Li S., Adams-Campbell L. L., Palmer J. R., Rosenberg L., Petrick J. L.* A Prospective Analysis of Red and Processed Meat Intake in Relation to Colorectal Cancer in the Black Women’s Health Study // *The Journal of Nutrition*. 2022. Vol. 152, Issue 5. Pp. 1254–1262. <https://doi.org/10.1093/jn/nxab419>
5. *Vaccarella S., Georges D., Bray F., et al.* Socioeconomic inequalities in cancer mortality between and within countries in Europe: a population-based study // *The Lancet Regional Health — Europe*. 2023. Vol. 25. 100551. <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2022.100551>
6. *Arnold M., Rutherford M. J., Bardot A., et al.* Progress in cancer survival, mortality, and incidence in seven high-income countries 1995–2014 (ICBP SURVMARK-2): A population-based study // *The Lancet Oncology*. 2019. Vol. 20, Issue 11. Pp. 1493–1505. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(19\)30456-5](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(19)30456-5)
7. *Quaglia A., Lillini R., Mamo C., Ivaldi E., Vercelli M.* Socio-economic inequalities: a review of methodological issues and the relationships with cancer survival // *Critical Reviews in Oncology/Hematology*. 2013. Vol. 85, Issue 3. Pp. 266–277. <https://doi.org/10.1016/j.critrev-onc.2012.08.007>
8. *Afshar N., English D. R., Milne R. L.* Milne Rural-urban residence and cancer survival in high-income countries: A systematic review // *Cancer*. 2019. Vol. 125, Issue 13. Pp. 2172–2184. <https://doi.org/10.1002/cncr.32073>
9. *Joshi A., Wilson L. E., Pinheiro L. C., Judd S., Akinyemiju T.* Association of racial residential segregation with all-cause and cancer-specific mortality in the reasons for geographic and racial differences in stroke (REGARDS) cohort study // *SSM — Population Health*. 2023. Vol. 22. 101374. <https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2023.101374>
10. *Rubino C., Chiara M., Abbruzzo A., Ferrante M.* Socio-economic inequality, interregional mobility and mortality among cancer patients: A mediation analysis approach // *Socio-Economic Planning Sciences*. 2022. Vol. 82. 101247. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101247>
11. *Ma J., Zhu Q., Han S., Zhang Y., Ou W., Wang H., Zhao J., Liu Z.* Effect of socio-economic factors on delayed access to health care among Chinese cervical cancer patients with late rectal complications after radiotherapy // *Gynecologic Oncology*. 2012. Vol. 124, Issue 3. Pp. 395–398. <https://doi.org/10.1016/j.ygyno.2011.11.040>
12. *Blakey K., Feltbower R. G., James P. W., Libby G., Stiller C., Norman P., Gerrand C., McNally R. J.Q.* Socio-economic patterning in early mortality of patients aged 0–49 years diagnosed with primary bone cancer in Great Britain, 1985–2008 // *Cancer Epidemiology*. 2018. Vol. 53. Pp. 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.canep.2018.01.012>
13. *Mederos N., Friedlaender A., Peters S., Addeo A.* Gender-specific aspects of epidemiology, molecular genetics and outcome: lung cancer // *Journal ESMO Open*. 2020. Vol. 5, Issue 4. e000796. <https://doi.org/10.1136/esmooopen-2020-000796>
14. *Siddiqui F., Bae K., Langer C., Coyne J., Gamerman V., Komaki R., Choy H., Curran W., Watkins-Bruner D., Movsas B.* The Influence of Gender, Race, and Marital Status on Survival in Lung Cancer Patients: Analysis of Radiation Therapy Oncology Group Trials // *Journal of Thoracic Oncology*. 2010. Vol. 5, Issue 5. Pp. 631–639. <https://doi.org/10.1097/JTO.0b013e3181d5e46a>

15. Baum P., Winter H., Eichhorn M. E., Roesch R. M., Taber S., Christopoulos P., Wiegering A., Lenzi J. Trends in age- and sex-specific lung cancer mortality in Europe and Northern America: Analysis of vital registration data from the WHO Mortality Database between 2000 and 2017 // *European Journal of Cancer*. 2022. Vol. 171. Pp. 269–279. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2022.05.011>
16. Karlsson A., Ellonen A., Irjala H., et al. Impact of deep learning-determined smoking status on mortality of cancer patients: never too late to quit // *Journal ESMO Open*. 2021. Vol. 6, Issue 3. 100175. <https://doi.org/10.1016/j.esmoop.2021.100175>
17. García-Esquinas E., Jiménez A., Pastor-Barriuso R., Jones M. R., Perez-Gomez B., Navas-Acien A., Tellez-Plaza M. Impact of declining exposure to secondhand tobacco smoke in public places to decreasing smoking-related cancer mortality in the US population // *Environment International*. 2018. Vol. 117. Pp. 260–267. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.05.008>
18. Bjerkaas E., Parajuli R., Engeland A., Maskarinec G., Weiderpass E., Gram I. T. Social inequalities and smoking-associated breast cancer — Results from a prospective cohort study // *Preventive Medicine*. 2015. Vol. 73. Pp. 125–129. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2015.01.004>
19. Elovainio M., Lumme S., Arffman M., Manderbacka K., Pukkala E., Hakulinen C. Living alone as a risk factor for cancer incidence, case-fatality and all-cause mortality: A nationwide registry study // *SSM — Population Health*. 2021. Vol. 15. 100826. <https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2021.100826>
20. Launders N., Scolamiero L., Osborn D. P. J., Hayes J. F. Cancer rates and mortality in people with severe mental illness: Further evidence of lack of parity // *Schizophrenia Research*. 2022. Vol. 246. Pp. 260–267. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2022.07.008>
21. Ahlgrén-Rimpiläinen A. J., Arffman M., Suvisaari J., Manderbacka K., Lumme S., Keskimäki I., Huovinen R., Pukkala E. Excess mortality from breast cancer in female breast cancer patients with severe mental illness // *Psychiatry Research*. 2020. Vol. 286. 112801. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.112801>
22. Lin Y., Liu Q., Liu F., et al. Adverse associations of sedentary behavior with cancer incidence and all-cause mortality: A prospective cohort study // *Journal of Sport and Health Science*. 2021. Vol. 10, Issue 5. Pp. 560–569. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.04.002>
23. Baraibar I., Ros J., Saoudi N., Salvà F., García A., Castells M. R., Tabernero J., Élez E. Sex and gender perspectives in colorectal cancer // *Journal ESMO Open*. 2023. Vol. 8, Issue 2. 101204. <https://doi.org/10.1016/j.esmoop.2023.101204>
24. Coleman C. J., Yeager R. A., Riggs D. W., Coleman N. C., Garcia G. R., Bhatnagar A., Pope C. A. Greenness, air pollution, and mortality risk: A U.S. cohort study of cancer patients and survivors // *Environment International*. 2021. Vol. 157. 106797. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106797>
25. Rodriguez-Loureiro L., Verdoodt F., Lefebvre W., Vanpoucke C., Casas L., Gadeyne S. Long-term exposure to residential green spaces and site-specific cancer mortality in urban Belgium: A 13-year follow-up cohort study // *Environment International*. 2022. Vol. 170. 107571. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107571>
26. Cazzolla Gatti R., Di Paola A., Monaco A., Velichevskaya A., Amoroso N., Bellotti R. The spatial association between environmental pollution and long-term cancer mortality in Italy // *Science of The Total Environment*. 2023. Vol. 855. 158439. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158439>
27. Song I., Yoo E. H., Jung I., Oh J. K., Kim S. Y. Role of geographic characteristics in the spatial cluster detection of cancer: Evidence in South Korea, 1999–2013 // *Environmental Research*. 2023. Vol. 236. 116841. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116841>
28. García-Pérez J., Fernández-Navarro P., Castelló A., López-Cima M. F., Ramis R., Boldo E., López-Abente G. Cancer mortality in towns in the vicinity of incinerators and installations for the recovery or disposal of hazardous waste // *Environment International*. 2013. Vol. 51. Pp. 31–44. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.10.003>

29. Hendryx M., Conley J., Fedorko E., Luo J., Armistead M. Permitted water pollution discharges and population cancer and non-cancer mortality: toxicity weights and upstream discharge effects in US rural-urban areas // *International Journal of Health Geographics*. 2012. Vol. 11. 9. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-11-9>
30. Xu C., Xing D., Wang J., Xiao G. The lag effect of water pollution on the mortality rate for esophageal cancer in a rapidly industrialized region in China // *Environmental Science and Pollution Research*. 2019. Vol. 26. Pp. 32852–32858. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06408-z>
31. Ayuso-Álvarez A., García-Pérez J., Triviño-Juárez J. M., et al. Association between proximity to industrial chemical installations and cancer mortality in Spain // *Environmental Pollution*. 2020. Vol. 260. 113869. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113869>
32. Nagapetyan A., Drozd A., Subbotovsky D. How to determine the optimal number of cardiologists in the region? // *Mathematics*. 2023. Vol. 11, Issue 21. 4422. <https://doi.org/10.3390/math11214422>
33. Simionescu M., Bilan S., Gavurova B., Bordea E. N. Health Policies in Romania to Reduce the Mortality Caused by Cardiovascular Diseases // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019. Vol. 16. 3080. <https://doi.org/10.3390/ijerph16173080>
34. Нагапетян А., Попов М., Петрухина А. Пространственно-авторегрессионный анализ склонности к легочным заболеваниям у жителей Российской Федерации // *Известия ДВФУ. Экономика и управление*. 2021. Т. 1. С. 5–14. <https://dx.doi.org/10.24866/2311-2271/2021-1/5-14>
35. Нагапетян А. Р., Рымарева А. А., Петрухина А. С. Моделирование показателей заболеваемости населения туберкулезом в регионах РФ на основе семейства моделей пространственной авторегрессии // *Теория и практика общественного развития*. 2023. № 1. С. 59–67. <https://doi.org/10.24158/tipor.2023.1.7>
36. Sundmacher L., Kopetsch T. The impact of office-based care on hospitalizations for ambulatory care sensitive conditions // *The European Journal of Health Economics*. 2015. Vol. 16, Issue 4. Pp. 365–375. <https://doi.org/10.1007/s10198-014-0578-4>
37. Stewart S.L., Cooney D., Hirsch S., Westervelt L., Richards T. B., Rim S. H., Thomas C. C. The Effect of Gynecologic Oncologist Availability on Ovarian Cancer Mortality // *World Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2014. Vol. 3, Issue 2. Pp. 71–77. <https://doi.org/10.5317/wjog.v3.i2.71>
38. Hanna T. P., King W. D., Thibodeau S., Jalink M., Paulin G. A., Harvey-Jones E., O'Sullivan D.E., Booth C. M., Sullivan R., Aggarwal A. Mortality due to cancer treatment delay: systematic review and meta-analysis // *BMJ*. 2020. Vol. 371. m4087. <https://doi.org/10.1136/bmj.m4087>
39. Latimakha R., Bahari Z., Asmat I. The relationship between the cost of living and the standard of living: factors determining the cost of living // *Journal of Economics of Malaysia*. 2020. Vol. 54. Pp. 1–14. <https://doi.org/10.17576/JEM-2020-5403-01>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Субботовский Дмитрий Андреевич

Менеджер Лаборатории анализа данных и прикладных эконометрических исследований Дальневосточного федерального университета, г. Владивосток, Россия (690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10); ORCID <https://orcid.org/0009-0001-1421-2157> e-mail: subbotovskii.da@students.dvfu.ru

Калашников Виктор Александрович

Стажер Лаборатории анализа данных и прикладных эконометрических исследований Дальневосточного федерального университета, г. Владивосток, Россия (690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10); ORCID <https://orcid.org/0009-0007-3038-1675> e-mail: kalashnikov.val@students.dvfu.ru

Дрозд Александр Евгеньевич

Аспирант, ассистент департамента прикладной экономики Школы экономики и менеджмента Дальневосточного федерального университета, г. Владивосток, Россия (690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6940-8491> e-mail: drozd.ae@dvfu.ru

Нагапетян Артур Рубикович

Кандидат экономических наук, доцент департамента социально-экономических исследований и регионального развития Школы экономики и менеджмента, заведующий Лабораторией анализа данных и прикладных эконометрических исследований Дальневосточного федерального университета, г. Владивосток, Россия (690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7885-2460> e-mail: nagapetyan_ar@dvfu.ru

БЛАГОДАРНОСТИ

Статья подготовлена при поддержке проекта «Пространственно-авторегрессионный анализ показателей заболеваемости по направлениям заболеваний в регионах РФ» в рамках реализации договора пожертвования денежных средств от 19.05.2022 № Д-156–22 Фонда целевого капитала ДВФУ на финансирование проектов — победителей открытого конкурса поддержки исследовательских и прикладных проектов на период с 07.02.2022 по 31.12.2024 г. Школы экономики и менеджмента ДВФУ из дохода от доверительного управления целевым капиталом «Стратегические проекты ДВФУ» (Целевое назначение пожертвование СБЕР (ПАО) на развитие ШЭМ).

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Субботовский Д. А., Калашников В. А., Дрозд А. Е., Нагапетян А. Р. Влияние обеспеченности онкологами на смертность населения от новообразований в регионах России // Journal of Applied Economic Research. 2023. Т. 22, № 4. С. 892–931. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.4.036>

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 13 сентября 2023 г.; дата поступления после рецензирования 26 октября 2023 г.; дата принятия к печати 1 ноября 2023 г.

The Impact of the Supply of Oncologists on Mortality from Neoplasms in the Regions of Russia

Dmitry A. Subbotovsky , Viktor A. Kalashnikov , Alexander E. Drozd ,
Artur R. Nagapetyan  

Far Eastern Federal University,
Vladivostok, Russia

 nagapetyan_ar@dvfu.ru

Abstract. How does one calculate the ideal number of oncologists for a region? The significance of this study is determined by the differences in these indicators observed across different regions within the Russian Federation. In 2021, the mortality rate from oncological diseases ranged from 54 to 270 per 100,000 people, with the lowest rate in the Republic of Ingushetia and the highest in the Tula Oblast. Furthermore, the level of oncologist availability varies up to fourfold between different regions. The study aims to simulate the effect of the availability of oncologist care on the cancer mortality rates in the Russian Federation's regions, with the intention of determining the ideal number of specialist doctors. The author supposes that there may be an underestimation of the negative impact of physicians on mortality rates due to false positive relationships between the variables under consideration. In addition, the author suggests that there may be diminishing returns from hiring additional physicians as the level of specialist personnel availability increases. The research project is designed to employ a regression analysis using the quasi-experimental instrumental variable method to address reverse causality and omitted variables. Models based on spatial sampling and panel data are employed to derive a function that describes the number of saved lives by means of hiring additional doctors. The results indicate that on average, a 1% increase in the availability of oncologists leads to a reduction in neoplasm mortality of at least 0.4%. At a provision level of 1 oncologist per 100,000 individuals, their marginal contribution to the number of saved lives is no less than 96 per 100,000 people. This contribution reduces by an additional 14 people as the provision level increases by 1 unit. The study's outcomes may assist in ascertaining the ideal quantity of oncologists within the region, and aid in allotting financial resources for hiring medical professionals in diverse specialties or other expenses amid resource constraints.

Key words: oncology; instrumental variable method; mortality; neoplasms; optimal number of physicians.

JEL I15, I18

References

1. Cochrane, A.L., Leger, A. S. St., Moore, F. (1978). Health service 'Input' and mortality 'Output' in developed countries. *Journal of Epidemiology & Community Health*, Vol. 32, 200–205. <http://dx.doi.org/10.1136/jech.32.3.200>
2. Palmer, R.H., Reilly, M.C. (1979). Individual and institutional variables which may serve as indicators of quality of medical care. *Medical Care*, Vol. 17, Issue 7, 693–717. <https://doi.org/10.1097/00005650-197907000-00001>
3. Hopkins, Z.H., Moreno, C., Carlisle, R., Secrest, A.M. (2019). Melanoma prognosis in the United States: Identifying barriers for improved care. *Journal of the American Academy of Dermatology*, Vol. 80, Issue 5, 1256–1262. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2019.01.003>
4. Yiannakou, I., Barber, L.E., Li, S., Adams-Campbell, L.L., Palmer, J.R., Rosenberg, L., Petrick, J.L. (2022). A Prospective Analysis of Red and Processed Meat Intake in Relation to

Colorectal Cancer in the Black Women's Health Study. *The Journal of Nutrition*, Vol. 152, Issue 5, 1254–1262. <https://doi.org/10.1093/jn/nxab419>

5. Vaccarella, S., Georges, D., Bray, F., et al. (2023). Socioeconomic inequalities in cancer mortality between and within countries in Europe: a population-based study. *The Lancet Regional Health — Europe*, Vol. 25, 100551. <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2022.100551>

6. Arnold, M., Rutherford, M.J., Bardot, A., et al. (2019). Progress in cancer survival, mortality, and incidence in seven high-income countries 1995–2014 (ICBP SURVMARK-2): A population-based study. *The Lancet Oncology*, Vol. 20, Issue 11, 1493–1505. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(19\)30456-5](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(19)30456-5)

7. Quaglia, A., Lillini, R., Mamo, C., Ivaldi, E., Vercelli, M. (2013). Socio-economic inequalities: a review of methodological issues and the relationships with cancer survival. *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, Vol. 85, Issue 3, 266–277. <https://doi.org/10.1016/j.critrevonc.2012.08.007>

8. Afshar, N., English, D.R., Milne, R.L. (2019). Milne Rural-urban residence and cancer survival in high-income countries: A systematic review. *Cancer*, Vol. 125, Issue 13, 2172–2184. <https://doi.org/10.1002/cncr.32073>

9. Joshi, A., Wilson, L.E., Pinheiro, L.C., Judd, S., Akinyemiju, T. (2023). Association of racial residential segregation with all-cause and cancer-specific mortality in the reasons for geographic and racial differences in stroke (REGARDS) cohort study. *SSM — Population Health*, Vol. 22, 101374. <https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2023.101374>

10. Rubino, C., Chiara, M., Abbruzzo, A., Ferrante, M. (2022). Socio-economic inequality, interregional mobility and mortality among cancer patients: A mediation analysis approach. *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol. 82, 101247. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101247>

11. Ma, J., Zhu, Q., Han, S., Zhang, Y., Ou, W., Wang, H., Zhao, J., Liu, Z. (2012). Effect of socio-economic factors on delayed access to health care among Chinese cervical cancer patients with late rectal complications after radiotherapy. *Gynecologic Oncology*, Vol. 124, Issue 3, 395–398. <https://doi.org/10.1016/j.ygyno.2011.11.040>

12. Blakey, K., Feltbower, R.G., James, P.W., Libby, G., Stiller, C., Norman, P., Gerrand, C., McNally, R.J.Q. (2018). Socio-economic patterning in early mortality of patients aged 0–49 years diagnosed with primary bone cancer in Great Britain, 1985–2008. *Cancer Epidemiology*, Vol. 53, 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.canep.2018.01.012>

13. Mederos, N., Friedlaender, A., Peters, S., Addeo, A. (2020). Gender-specific aspects of epidemiology, molecular genetics and outcome: lung cancer. *Journal ESMO Open*, Vol. 5, Issue 4, e000796. <https://doi.org/10.1136/esmoopen-2020-000796>

14. Siddiqui, F., Bae, K., Langer, C., Coyne, J., Gamerman, V., Komaki, R., Choy, H., Curran, W., Watkins-Bruner, D., Movsas, B. (2010). The Influence of Gender, Race, and Marital Status on Survival in Lung Cancer Patients: Analysis of Radiation Therapy Oncology Group Trials. *Journal of Thoracic Oncology*, Vol. 5, Issue 5, 631–639. <https://doi.org/10.1097/JTO.0b013e3181d5e46a>

15. Baum, P., Winter, H., Eichhorn, M.E., Roesch, R.M., Taber, S., Christopoulos, P., Wiegner, A., Lenzi, J. (2022). Trends in age- and sex-specific lung cancer mortality in Europe and Northern America: Analysis of vital registration data from the WHO Mortality Database between 2000 and 2017. *European Journal of Cancer*, Vol. 171, 269–279. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2022.05.011>

16. Karlsson, A., Ellonen, A., Irjala, H., et al. (2021). Impact of deep learning-determined smoking status on mortality of cancer patients: never too late to quit. *Journal ESMO Open*, Vol. 6, Issue 3, 100175. <https://doi.org/10.1016/j.esmoop.2021.100175>

17. García-Esquinas, E., Jiménez, A., Pastor-Barriuso, R., Jones, M.R., Perez-Gomez, B., Navas-Acien, A., Tellez-Plaza, M. (2018). Impact of declining exposure to secondhand tobacco smoke in public places to decreasing smoking-related cancer mortality in the US population. *Environment International*, Vol. 117, 260–267. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.05.008>

18. Bjerkaas, E., Parajuli, R., Engeland, A., Maskarinec, G., Weiderpass, E., Gram, I.T. (2015). Social inequalities and smoking-associated breast cancer — Results from a prospective cohort study. *Preventive Medicine*, Vol. 73, 125–129. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2015.01.004>

19. Elovainio, M., Lumme, S., Arffman, M., Manderbacka, K., Pukkala, E., Hakulinen, C. (2021). Living alone as a risk factor for cancer incidence, case-fatality and all-cause mortality: A nationwide registry study. *SSM—Population Health*, Vol. 15, 100826. <https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2021.100826>
20. Launders, N., Scolamiero, L., Osborn, D.P.J., Hayes, J.F. (2022). Cancer rates and mortality in people with severe mental illness: Further evidence of lack of parity. *Schizophrenia Research*, Vol. 246, 260–267. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2022.07.008>
21. Ahlgrén-Rimpiläinen, A.J., Arffman, M., Suvisaari, J., Manderbacka, K., Lumme, S., Keskimäki, I., Huovinen, R., Pukkala, E. (2020). Excess mortality from breast cancer in female breast cancer patients with severe mental illness. *Psychiatry Research*, Vol. 286, 112801. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.112801>
22. Lin, Y., Liu, Q., Liu, F., et al. (2021). Adverse associations of sedentary behavior with cancer incidence and all-cause mortality: A prospective cohort study. *Journal of Sport and Health Science*, Vol. 10, Issue 5, 560–569. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.04.002>
23. Baraibar, I., Ros, J., Saoudi, N., Salvà, F., García, A., Castells, M.R., Taberner, J., Élez, E. (2023). Sex and gender perspectives in colorectal cancer. *Journal ESMO Open*, Vol. 8, Issue 2, 101204. <https://doi.org/10.1016/j.esmoop.2023.101204>
24. Coleman, C.J., Yeager, R.A., Riggs, D.W., Coleman, N.C., Garcia, G.R., Bhatnagar, A., Pope, C.A. (2021). Greenness, air pollution, and mortality risk: A U.S. cohort study of cancer patients and survivors. *Environment International*, Vol. 157, 106797. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106797>
25. Rodriguez-Loureiro, L., Verdoodt, F., Lefebvre, W., Vanpoucke, C., Casas, L., Gadeyne, S. (2022). Long-term exposure to residential green spaces and site-specific cancer mortality in urban Belgium: A 13-year follow-up cohort study. *Environment International*, Vol. 170, 107571. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107571>
26. Cazzolla Gatti, R., Di Paola, A., Monaco, A., Velichevskaya, A., Amoroso, N., Bellotti, R. (2023). The spatial association between environmental pollution and long-term cancer mortality in Italy. *Science of The Total Environment*, Vol. 855, 158439. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158439>
27. Song, I., Yoo, E.H., Jung, I., Oh, J.K., Kim, S.Y. (2023). Role of geographic characteristics in the spatial cluster detection of cancer: Evidence in South Korea, 1999–2013. *Environmental Research*, Vol. 236, 116841. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116841>
28. García-Pérez, J., Fernández-Navarro, P., Castelló, A., López-Cima, M.F., Ramis, R., Boldo, E., López-Abente, G. (2013). Cancer mortality in towns in the vicinity of incinerators and installations for the recovery or disposal of hazardous waste. *Environment International*, Vol. 51, 31–44. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.10.003>
29. Hendryx, M., Conley, J., Fedorko, E., Luo, J., Armistead, M. (2012). Permitted water pollution discharges and population cancer and non-cancer mortality: toxicity weights and upstream discharge effects in US rural-urban areas. *International Journal of Health Geographics*, Vol. 11, 9. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-11-9>
30. Xu, C., Xing, D., Wang, J., Xiao, G. (2019). The lag effect of water pollution on the mortality rate for esophageal cancer in a rapidly industrialized region in China. *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 26, 32852–32858. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06408-z>
31. Ayuso-Álvarez, A., García-Pérez, J., Triviño-Juárez, J.M., et al. (2020). Association between proximity to industrial chemical installations and cancer mortality in Spain. *Environmental Pollution*, Vol. 260, 113869. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113869>
32. Nagapetyan, A., Drozd, A., Subbotovsky, D. (2023). How to determine the optimal number of cardiologists in the region? *Mathematics*, Vol. 11, Issue 21, 4422. <https://doi.org/10.3390/math11214422>
33. Simionescu, M., Bilan, S., Gavurova, B., Bordea, E.N. (2019). Health Policies in Romania to Reduce the Mortality Caused by Cardiovascular Diseases. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 16, 3080. <https://doi.org/10.3390/ijerph16173080>

34. Nagapetyan, A.R., Popov, M.A., Petrukhina, A.S. (2021). Spatial Autoregressive Analysis of the Tendency to Respiratory Diseases. *The Bulletin of the Far Eastern Federal University. Economics and Management*, Vol. 1, 5–14. (In Russ.). <https://dx.doi.org/10.24866/2311-2271/2021-1/5-14>
35. Nagapetyan, A.R., Petrukhina, A.S., Rymareva, A.A. (2023). Modeling of tuberculosis incidence rates in the regions of the Russian Federation based on a family of spatial autoregression models. *Theory and Practice of Social Development*, No. 1, 59–67. (In Russ.). <https://doi.org/10.24158/tipor.2023.1.7>
36. Sundmacher, L., Kopetsch, T. (2015). The impact of office-based care on hospitalizations for ambulatory care sensitive conditions. *The European Journal of Health Economics*, Vol. 16, Issue 4, 365–375. <https://doi.org/10.1007/s10198-014-0578-4>
37. Stewart, S.L, Cooney, D., Hirsch, S., Westervelt, L., Richards, T.B., Rim, S.H., Thomas, C.C. (2014). The Effect of Gynecologic Oncologist Availability on Ovarian Cancer Mortality. *World Journal of Obstetrics and Gynecology*, Vol. 3, Issue 2, 71–77. <https://doi.org/10.5317/wjog.v3.i2.71>
38. Hanna, T.P., King, W.D., Thibodeau, S., Jalink, M., Paulin, G.A., Harvey-Jones, E., O’Sullivan, D.E., Booth, C.M., Sullivan, R., Aggarwal, A. (2020). Mortality due to cancer treatment delay: systematic review and meta-analysis. *BMJ*, Vol. 371, m4087. <https://doi.org/10.1136/bmj.m4087>
39. Latimakha, R., Bahari, Z., Asmat, I. (2020). The relationship between the cost of living and the standard of living: factors determining the cost of living. *Journal of Economics of Malaysia*, Vol. 54, 1–14. <https://doi.org/10.17576/JEM-2020-5403-01>

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Dmitry Andreyevich Subbotovsky

Manager, Laboratory of Data Analysis and Applied Econometric Research, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia (690922, Primorsky Krai, Vladivostok, Russky Island, Ajax settlement, 10); ORCID <https://orcid.org/0009-0001-1421-2157> e-mail: subbotovskii.da@students.dvfu.ru

Viktor Aleksandrovich Kalashnikov

Intern, Laboratory of Data Analysis and Applied Econometric Research, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia (690922, Primorsky Krai, Vladivostok, Russky Island, Ajax settlement, 10); ORCID <https://orcid.org/0009-0007-3038-1675> e-mail: kalashnikov.val@students.dvfu.ru

Alexander Evgenyevich Drozd

Post-Graduate Student, Assistant, Department of Applied Economics, School of Economics and Management, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia (690922, Primorsky Krai, Vladivostok, Russky Island, Ajax settlement, 10); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6940-8491> e-mail: drozd.ae@dvfu.ru

Artur Rubikovich Nagapetyan

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Socio-Economic Research and Regional Development, School of Economics and Management, Head of the Laboratory of Data Analysis and Applied Econometric Research, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia (690922, Primorsky Krai, Vladivostok, Russky Island, Ayaks settlement, 10); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7885-2460> e-mail: nagapetyan_ar@dvfu.ru

ACKNOWLEDGMENTS

The article was funded by the project “Spatial-autoregressive analysis of morbidity indicators for various classes of diseases in the regions of the Russian Federation”, as part of the implementation of the agreement on donation of funds, dated 19 May 2022, No. D-156–22 of the FEFU Endowment Fund to finance the winning projects from an open competition to support research and applied projects for the period from 7 February 2022 to 31 December 2024, from the FEFU School of Economics and Management, using income from the trust management of the target capital “FEFU Strategic Projects” (designated donation of the SBER (PJSC) for the development of SEM.

FOR CITATION

Subbotovsky, D.A., Kalashnikov, V.A., Drozd, A.E., Nagapetyan, A.R. (2023). The Impact of the Supply of Oncologists on Mortality from Neoplasms in the Regions of Russia. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 22, No. 4, 892–931. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.4.036>

ARTICLE INFO

Received September 13, 2023; Revised October 26, 2023; Accepted November 1, 2023.

