



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 2. С. 103–114

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2025, vol. 25, iss. 2, pp. 103–114

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-2-103-114>, EDN: FLSHJS

Научная статья

УДК 616.24-006(470.44-25)|2020/2023|

Сравнительный медико-географический анализ распространенности рака легкого в г. Саратове



О. М. Конопацкова¹, В. З. Макаров^{2✉}, С. В. Кустодов¹, С. В. Капралов¹, А. В. Федоров²

¹Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского Минздрава России, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Большая Казачья, д. 112

²Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Конопацкова Ольга Михайловна, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры факультета хирургии и онкологии, o.konopatskova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2123-4730>

Макаров Владимир Зиновьевич, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой физической географии и ландшафтной экологии, makarovvz@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0505-5257>

Кустодов Сергей Владимирович, врач-ординатор кафедры факультетской хирургии и онкологии, skustodov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3329-4220>

Капралов Сергей Владимирович, доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой факультетской хирургии и онкологии, sergejkapralov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5859-7928>

Федоров Алексей Васильевич, заведующий лабораторией геоинформатики и тематического картографирования, alexeivf@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8999-6398>

Аннотация. Рак легкого в Саратовской области и г. Саратове является весьма распространенной патологией, занимающей по заболеваемости среди других локализаций рака второе место у мужчин и четвертое-пятое у женщин. Приводятся данные о заболеваемости раком легкого в г. Саратове за 2020–2023 гг. На основе сопоставления карт загрязненности воздушного бассейна города, типов застройки жилья предпринята попытка определить возможные зависимости распространенности заболевания. Рассмотрены и демопопуляционные показатели заболевших раком легкого: их возраст, пол, стадия болезни. Приведено шесть онкогеографических карт: карта распространенности рака легкого на территории г. Саратова (2020–2023 гг.); карта плотности транспортного потока на улицах разных урболандшафтных районов г. Саратова (2014–2024 гг.); карта расчетного уровня концентрации оксида углерода от выхлопных газов автотранспорта на улицах г. Саратова в пределах площадок мониторинга (2014–2024 гг.); карта загрязненности приземного слоя воздуха в разных административных районах г. Саратова по данным наблюдений за 1992–2024 гг.; карта этажности жилой застройки, локализация и относительная доля мужчин и женщин, заболевших раком легкого в 2020–2023 гг. в г. Саратове; карта местоположений заболевших раком легких на разных стадиях заболевания и относительная доля разных стадий заболевания в г. Саратове в 2020–2023 гг. Анализ урбоэкологических и онкогеографических карт обнаружил очевидную распространенность заболевания в зонах очень высокого и высокого загрязнения приземного слоя городского воздуха, независимость заболевания от проживания на разных этажах жилых строений. Выявилось подавляющее преобладание среди заболевших мужчин (почти 72%), людей пожилого возраста (доминирует возрастная когорта 60–70 лет) и больных с запущенной стадией рака легкого (63% больных с III и IV стадиями болезни).

Ключевые слова: рак легкого, урбоэкология, г. Саратов, ГИС-технологии, урболандшафтный участок, геоинформационное картографирование, факторы риска

Для цитирования: Конопацкова О. М., Макаров В. З., Кустодов С. В., Капралов С. В., Федоров А. В. Сравнительный медико-географический анализ распространенности рака легкого в г. Саратове // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 2. С. 103–114. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-2-103-114>, EDN: FLSHJS

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Comparative medical and geographical analysis of the prevalence of lung cancer in Saratov

О. М. Konopatskova¹, В. З. Makarov^{2✉}, С. В. Kustodov¹, С. В. Kapralov¹, А. В. Fedorov²

¹Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky, 112 Bolshaya Kazachia St., Saratov 410012, Russia

²Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Olga M. Konopatskova, o.konopatskova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2123-4730>

Vladimir Z. Makarov, makarovvz@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0505-5257>

Sergey V. Kustodov, skustodov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3329-4220>

© Конопацкова О. М., Макаров В. З., Кустодов С. В., Капралов С. В., Федоров А. В., 2025



Sergey V. Kapralov, sergejkapralov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5859-7928>

Alexey V. Fedorov, alexeivf@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8999-6398>

Abstract. Lung cancer in the Saratov region and Saratov is a very common pathology, ranking second in men and fourth or fifth in women in terms of incidence among other cancer localities. The article provides data on the incidence of lung cancer in Saratov for 2020–2023. Based on a comparison of city's air basin pollution maps and types of housing development an attempt has been made to determine possible dependencies on the prevalence of the disease. The article also discusses demopopulation indicators of lung cancer patients: their age, gender, and stage of the disease. Six oncogeographic maps are presented: a map of the prevalence of lung cancer in Saratov (2020–2023); a map of the density of traffic flow on the streets of different urban landscape districts of Saratov (2014–2024); a map of the estimated level of carbon monoxide concentration from vehicle exhaust gases on the streets of Saratov within the monitoring sites (2014–2024); a map of surface contamination air quality in different administrative districts of Saratov according to observations for 1992–2024.; a map of the number of floors of residential buildings, localization and relative proportion of men and women with lung cancer in 2020–2023 in Saratov; a map of the locations of lung cancer patients at different stages of the disease and the relative proportion of different stages of the disease in Saratov in 2020–2023. The analysis of urban-ecological and oncogeographic maps revealed the obvious prevalence of the disease in areas of very high and high pollution of the surface layer of urban air, the independence of the disease from living on different floors of residential buildings. There was an overwhelming predominance among men (almost 72%), the elderly (the age cohort of 60–70 years dominates) and patients with advanced lung cancer (63% of patients with stages III and IV of the disease).

Keywords: lung cancer, urban ecology, Saratov, Gis technologies, urban landscape, geoinformation mapping, risk factors

For citation: Konopatskova O. M., Makarov V. Z., Kustodov S. V., Kapralov S. V., Fedorov A. V. Comparative medical and geographical analysis of the prevalence of lung cancer in Saratov. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2025, vol. 25, iss. 2, pp. 103–114 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-2-103-114>, EDN: FLSHJS

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Введение

Рак легкого – одна из самых тяжелых и часто встречаемых форм локализации рака у человека в настоящее время. Согласно статистике Минздрава России рак легкого занимает одно из ведущих мест в структуре новообразований в нашей стране. В 2023 г. удельный вес данной патологии у мужчин составил 14.5%, у женщин – 3.9%. Средний возраст заболевших обоих полов – 66.7 лет [1].

В Саратовской области данная патология диагностируется довольно часто. В 2023 г. в общей структуре новообразований ее удельный вес был равен 9.3% (оба пола); показатель заболеваемости – 45.3 на 100000 жителей. У мужчин рак легкого занимает второе место по заболеваемости после рака предстательной железы. Чаще в Саратовской области раком легкого болеют сельские жители: 13.3% против 8.4% городского населения. К сожалению, остается высоким процент метастатических стадий при обращении к врачам. В 2023 г. в Саратовской области он составил 36.7% [2]. Выявление рака легкого на поздних стадиях в виде местнораспространенного или уже метастатического процесса приводит к серьезным ограничениям в использовании радикальных методик в лечении больных и, как следствие, повышению уровня летальности пациентов [3]. Исходя из этого, следует, что основным направлением в борьбе с запущенностью болезни является разработка методов ранней диагностики, скрининга данной патологии. Причём, в настоящее время в литературе имеется большое количество методик, предлагаемых для возможного скрининга рака лёгкого – флюорография, рентгенография органов грудной клетки, компьютерная томография (включая, низкодозовую), цитологическое исследование мокроты, анализ состава выдыхаемого воздуха, использование биомаркеров, бронхоскопия [4]. Однако все указанные способы диагностики имеют существенный недостаток – они используются при обследовании широкой когорты людей, что снижает их эффективность в скрининге рака легкого. Именно поэтому многие авторы говорят о необходимости формирования более определенной прицельной группы риска за счёт изучения факторов риска [5–7]. Многие факторы риска для рака легкого давно известны: курение [8], воздействие радиоактивного газа радона [9], запыленность и загазованность приземного слоя воздуха [10], профессиональные вредности [11], хронические заболевания органов дыхания [12], наследственная предрасположенность [13]. При этом каждый из факторов имеет свой удельный вес в канцерогенезе рака легкого. Подчеркнем – сильное воздействие на развитие рака легкого оказывает запыленность и загазованность воздуха в месте проживания пациента, что подтверждено рядом исследований [14–17]. Имеются публикации, в которых показана зависимость между уровнем и типом загрязнения в месте проживания пациента и риском развития определенного подтипа рака легкого с особым клиническим прогнозом [18, 19]. Обнаружение подобных территорий с повышенной заболеваемостью является ценной информацией, которую можно было бы использовать в скрининге рака легкого, а именно для формирования при обследовании конкретной группы риска [20].

Многолетнее сотрудничество ученых-онкологов Саратовского медицинского университета им. В. И. Разумовского и урбоэкологов-геоинформатиков географического факультета Саратовского национального исследовательского



государственного университета имени Н. Г. Чернышевского (СГУ) позволило проводить многоплановые исследования по онкоэкологическому поиску рака различных локализаций в зависимости от геоэкологической ситуации в разных урболандшафтных участках г. Саратова [21–24].

Полученные результаты в разной степени используются в работе медицинских учреждений города.

Цель статьи – выявить определенные пространственные закономерности в распространенности рака легкого на территории г. Саратова в старых «классических» границах города без Гагаринского района. Попытаться найти возможные зависимости распространенности заболевания от ряда геоэкологических факторов: загрязненности и запыленности приземного воздуха, характера и времени постройки жилья, глубины залегания грунтовых вод и возможной эмиссии радона по микротрещинам и разломам горных пород в подвалы и нижние этажи жилых зданий и производственных помещений. Разумеется, будут рассмотрены и демографические показатели заболевших раком легкого: их возраст и пол.

Материалы и методы

Основой при создании онко-географических карт были данные анализа распространенности рака легкого среди населения Саратова за период с 2020 по 2023 г. (количество пациентов, отраженных в базе данных, – 1049 человек). Когорты больных были рассмотрены по полу, возрасту, адресу проживания, морфологическим и клиническим особенностям заболевания (локализация в легких, клиническая форма, стадия процесса), факторам риска (курение с расчётом индекса курильщика; наличие профессиональных вредностей; хронические заболевания лёгких и онкологические заболевания в анамнезе; отягощённая наследственность по онкологическим заболеваниям).

Классификация фактического материала, его математико-статистическая обработка и последующее картографирование выполнялись с учетом урболандшафтных участков (УЛУ) жилой застройки [25]. Урболандшафтные участки – это территории, имеющие схожие ландшафтные характеристики и тип жилой застройки. Медико-географическое картографирование выполнялось в автоматизированном режиме в рамках создаваемой МедГИС-Саратов. Карты заболеваемости строились в нормированных на 100000 жителей показателях по УЛУ жилой застройки.

Данные о загрязненности городского воздуха на конкретных урболандшафтных участках жилой застройки были получены из материалов атмосферных исследований, проводимых в лаборатории урбоэкологии и регионального анализа географического факультета СГУ с начала 1990-х гг. и опубликованных источников

Министерства природных ресурсов и экологии Саратовской области.

Сведения о глубине залегания грунтовых вод (УГВ) и конкретных типах и возрасте жилья в разных районах города получены путем анализа высокоточных космических снимков территории г. Саратова, фондовых материалов лаборатории урбоэкологии географического факультета СГУ, источников из сети Интернет.

Результаты исследования

На основе цифровой карты урболандшафтных участков территории г. Саратова была осуществлена привязка адресов заболевших раком легкого. В результате была создана карта распространенности рака легкого в г. Саратове (рис. 1).

Судя по рис. 1, заболевшие раком легкого проживают в разных административных и урболандшафтных районах города.

Наибольшее количество больных обнаружено в центральной исторической части города в Северной субкотловине и в крупных жилых массивах из многоэтажных домов в Ленинском районе на Елшанско-Гусельской равнине.

Значительная часть больных сосредоточена в жилых разноэтажных кварталах, находящихся в понижении рельефа между Соколовогорским и Лысогорским массивами вдоль трамвайных маршрутов № 3 и № 6 от 1-й до 9-й Дачных остановок, в междуречье рек Елшанка и 2-я Гуселка в жилом микрорайоне завода технического стекла Ленинского района а также в поселке ВСО и жилом массиве 6-го квартала.

Как видим на карте (см. рис. 1), раком легкого болеют в жилых массивах Ленинского района г. Саратова – пос. Солнечном, где высока плотность проживающих в многоэтажной застройке и находящихся с подветренной стороны завода технического стекла, и пос. Елшанка, расположенном в зоне выбросов крупных предприятий строительного комплекса.

Отметим, что плотность транспортного потока наиболее значительна на общегородских магистралях Ленинского и Волжского районов и на узких улицах в центральной части города (рис. 2) Соответственно, именно здесь наиболее загазованный и запыленный приземный слой воздуха (рис. 3).

Что касается Заводского и Октябрьского районов, занимающих Центральную субкотловину и север Южной субкотловины и юго-восточные склоны Лысогорского плато, то число заболевших весьма велико вдоль железной дороги и близ крупных промышленных площадок машиностроительных предприятий и предприятий нефтехимического комплекса. Окраинная часть Южной субкотловины слабо заселена, поэтому число заболевших в поселках Увек, Увек Береговой, Нефтяной невелико.



Анализ распространенности заболеваемости раком легкого на разных урболандшафтных участках г. Саратова за 2020–2023 гг. показал устойчивые связи между загрязнением воздуха мелкодисперсными частицами (PM_{2.5}), формальдегидом (превышение ПДК в разные годы достигает почти шестикратных значений), фенолом (3–4 ПДК), диоксидом азота (до 5.5 ПДК), бензпиреном. Превышение ПДК_{сс} бенз(а)пирена варьировало от 2.72 на ул. Танкистов в Киров-

ском районе до 1.08 на ул. Астраханской в центре города [26, 27].

Карта загрязненности городского воздуха, представленная на рис. 4, свидетельствует о почти полном совпадении зон городской территории с очень высоким и высоким уровнями загрязнения атмосферы с наибольшим количеством больных раком легких в урболандшафтных районах г. Саратова (см. рис. 1).

Рассмотрим возможные зависимости между заболеваемостью раком легкого в г. Саратове

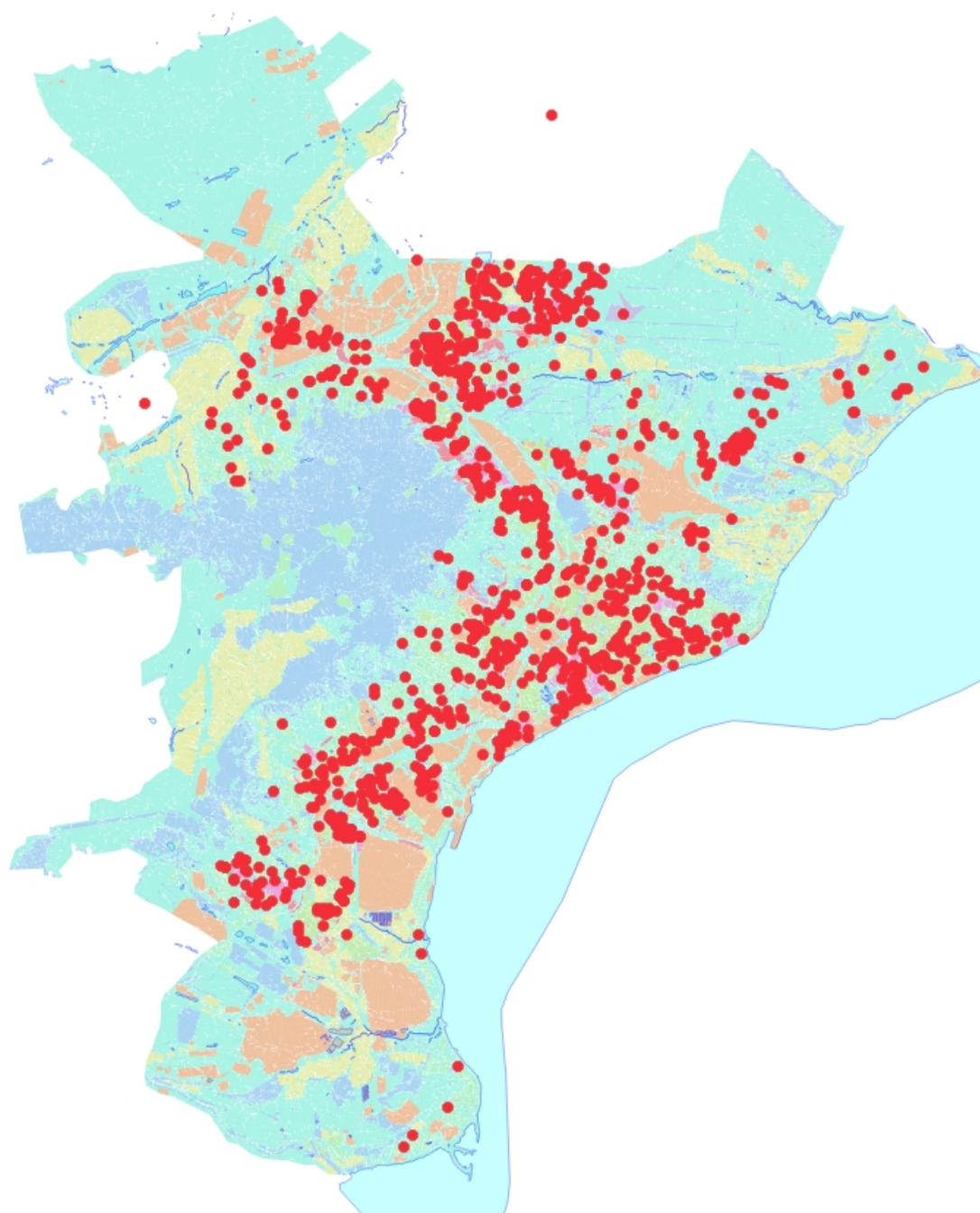


Рис. 1. Распространенность рака легкого на территории г. Саратова (2020–2023 гг.) (цвет онлайн)

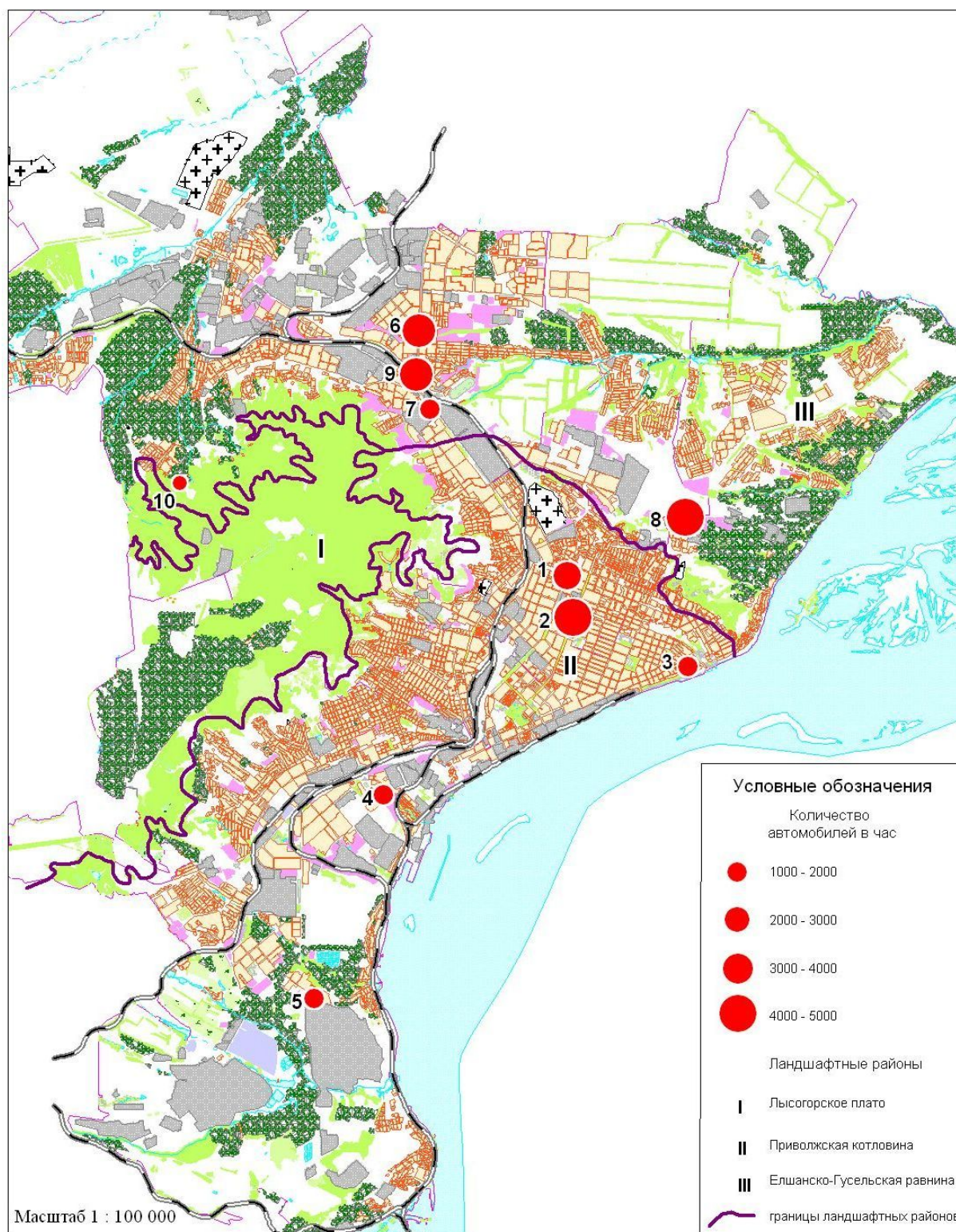


Рис. 2. Плотность транспортного потока на улицах разных урбандшафтных районов г. Саратова (2014–2024 гг.): 1–10 – номера площадок мониторинга опасного загрязнения приземного воздуха (цвет онлайн)

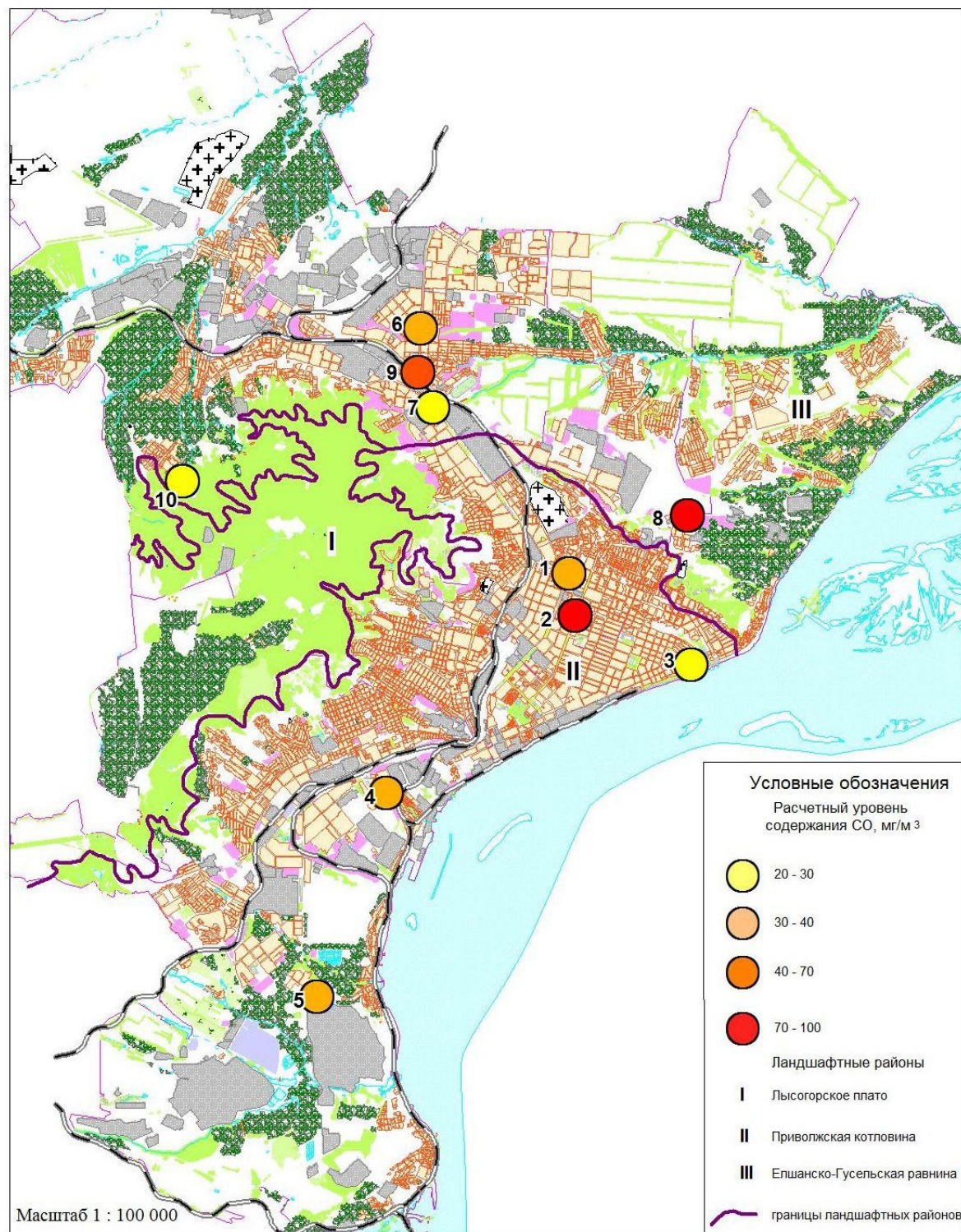


Рис. 3. Расчетные уровни концентрации оксида углерода от выхлопных газов автотранспорта на улицах г. Саратова в пределах площадок мониторинга (2014–2024 гг.): 1–10 – номера площадок мониторинга опасного загрязнения приземного воздуха (цвет онлайн)

и глубиной залегания грунтовых вод и *этажностью жилой застройки*.

В г. Саратове кварталы с преобладающей среднеэтажной и низкоэтажной застройкой

расположены в Северной субкотловине – исторической части города, а также в поселках, опоясывающих склоны Лысогорского и Соколовгородского плато. Многоэтажные УЛУ находятся



на Елшанско-Гусельской равнине. Это микрорайоны Солнечный, Солнечный-2, Юбилейный, в Южной субкотловине – в пос. Комсомольский. Наиболее ветхое средне-и малоэтажное жилье с плохой изоляцией фундамента и возможной эмиссией радиоактивного радона по микроразломам и микротрещинам в земной коре в зонах близкого залегания УГВ (2–3 м и менее) находится в историческом центре и поселках вдоль склонов Лысогорского и Соколовгородского плато, а также в долинах малых рек и крупных балок – оврагов. Именно здесь следует планировать исследования на концентрацию радона в подвалах и первых этажах жилья.

Рассмотрим некоторые демопопуляционные особенности когорт населения г. Саратова, попавших в базу данных заболеваемости раком легкого в 2020–2023 гг.

Гендерные особенности

Почти три четверти всех больных, отраженных в базе данных, – мужчины (рис. 5). Данный факт, вероятнее всего, связан с большим распространением курения и других вредных привычек среди мужчин, снижающих иммунный статус человека.

Возрастные когорты больных и стадии болезни (%)

Относительная доля и локализация заболевших раком легкого мужчин и женщин по возрастным когортам и стадиям заболевания в Саратове за 2020–2023 гг. представлена на рис. 6 и 7.

Анализ содержания карты распространности рака легкого по стадиям заболеваемости,

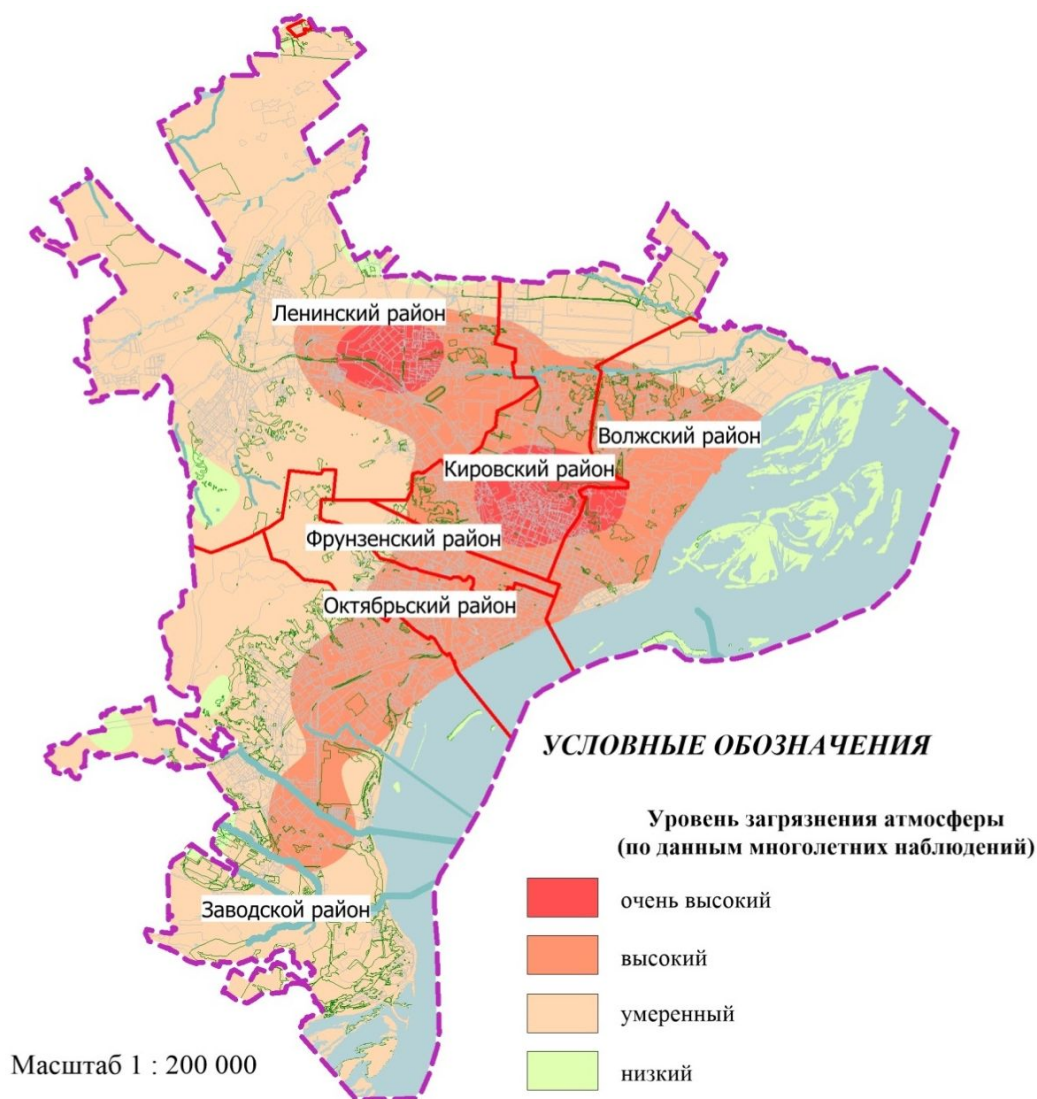


Рис. 4. Карта загрязненности приземного слоя воздуха в разных административных районах г. Саратова (в 1992–1994 гг., по данным наблюдений лаборатории урбоэкологии и регионального анализа географического факультета СГУ) (цвет онлайн)

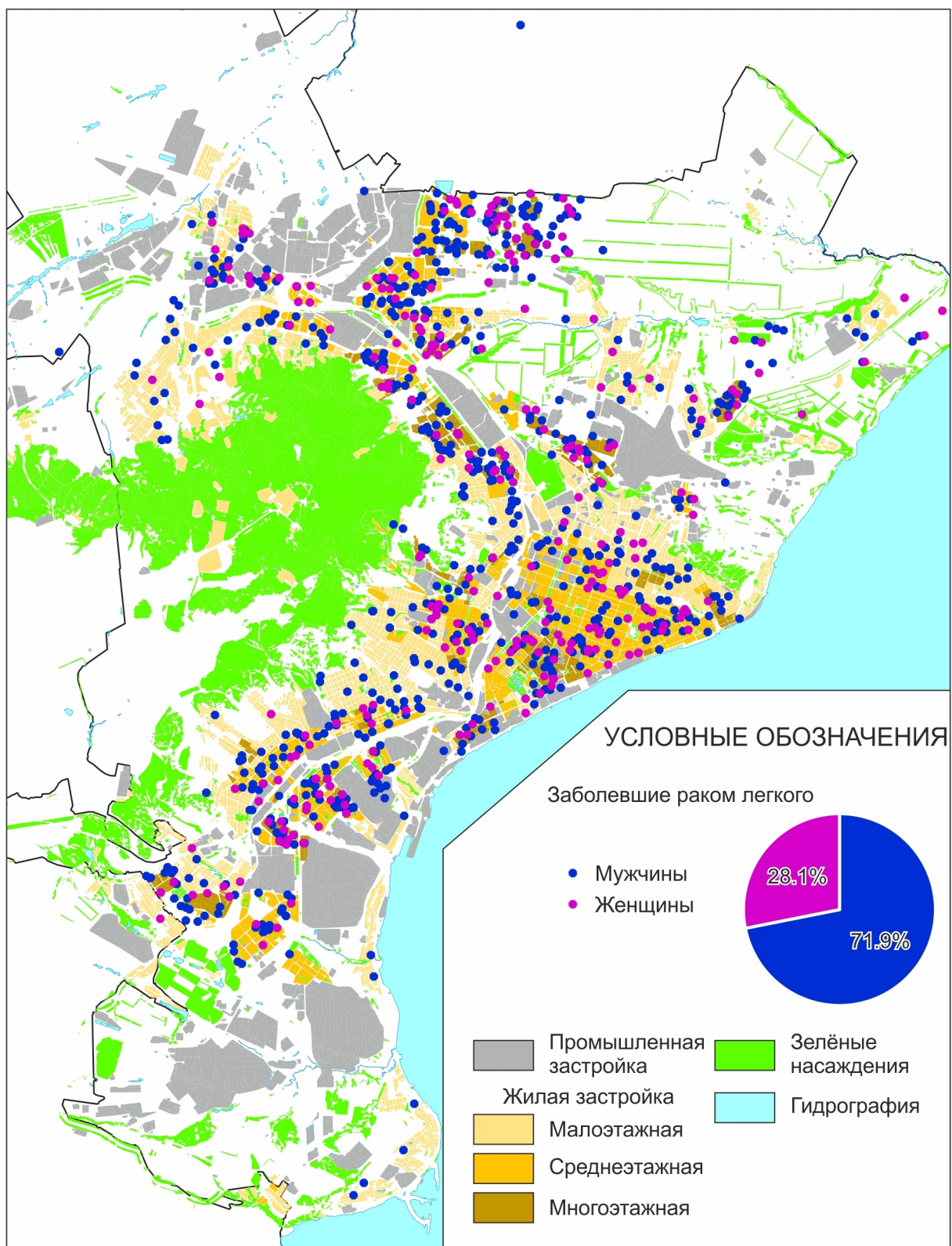


Рис. 5. Этажность жилой застройки, локализация и относительная доля мужчин и женщин, заболевших раком легкого в г. Саратове в 2020–2023 гг. (цвет онлайн)

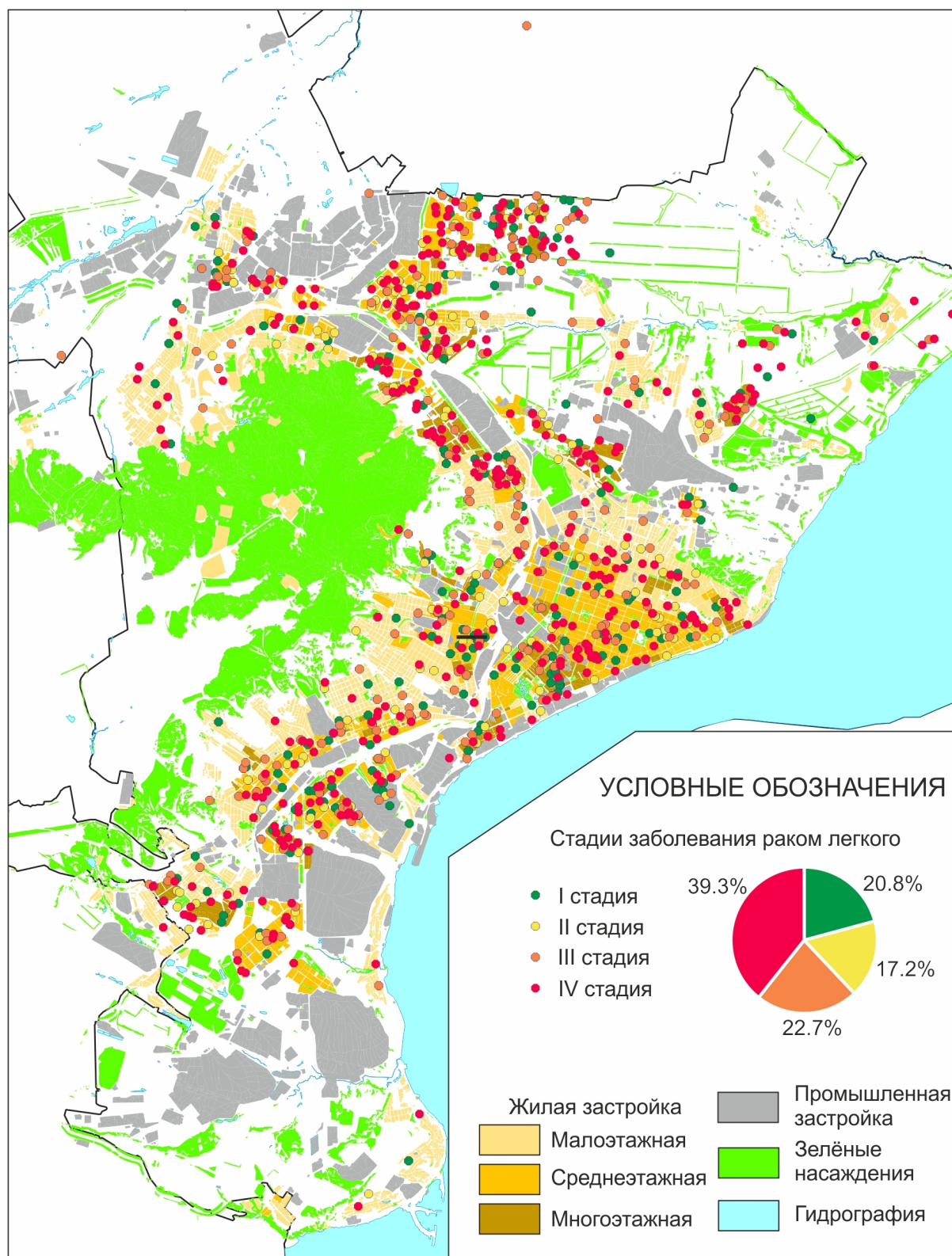


Рис. 6. Местоположение заболевших раком легкого на разных стадиях заболевания и относительная доля разных стадий заболевания в г. Саратове в 2020–2023 гг. (цвет онлайн)

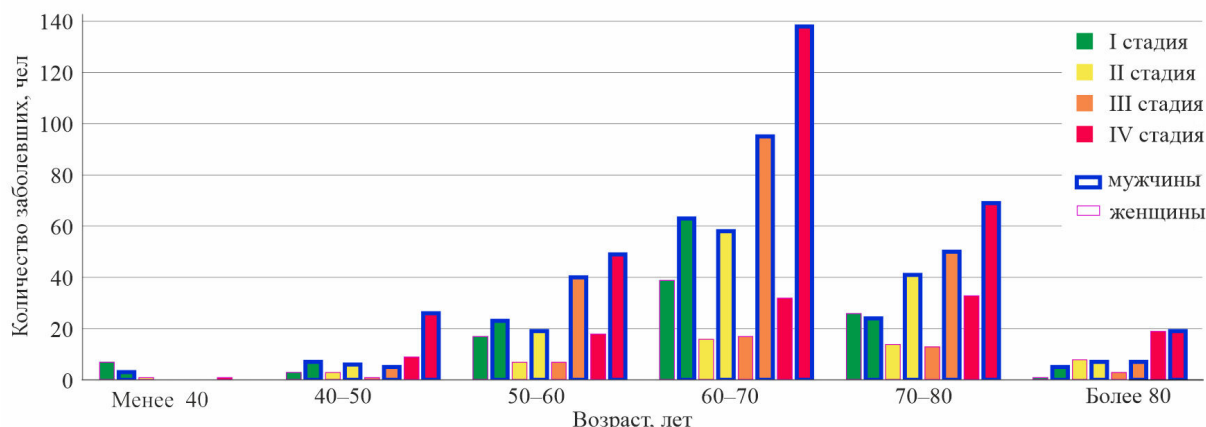


Рис. 7. Количество заболевших раком легкого на разных стадиях заболевания и их половозрастной состав в г. Саратове в 2020–2023 гг. (цвет онлайн)

к сожалению, показал, что 62% больных обратились за помощью уже на поздних стадиях заболевания. Больные с запущенными стадиями болезни проживают в разных районах города и в разных типах жилья.

Наибольшее количество заболевших приходится на возраст 60–70 лет, что соответствует и данным по заболеваемости раком легкого в России.

Заключение

Анализ распространенности рака легкого в г. Саратове показал, что риск заболеть данной патологией присутствует в разных районах города, независимо от местожительства человека, в пределах разных УЛУ, так как г. Саратов относится к городам с повышенным индексом загрязнения атмосферы¹. Среди увеличивающих онко-риск факторов следует учитывать возраст и пол человека, курение (особенно с индексом курильщика более 30 пачка/лет), отягощенную наследственность по онкопатологии, профессиональные вредности, наличие онкологического заболевания, наличие хронической обструктивной болезни легких и хронического бронхита.

Изучение конкретных онко-географических особенностей распространения данного заболевания позволит улучшить его раннюю диагностику. Учитывая преобладание рака легкого на участках наибольшего загрязнения приземного городского воздуха, представляется желательным усиление поиска заболевания среди контингента, проживающего на этих участках и информирование об этих участках врачей районных поликлиник.

Библиографический список

1. Злокачественные новообразования в России в 2023 году (заболеваемость и смертность) / под ред. А. Д. Каприна, В. В. Старинского, А. О. Шахзадовой. М., МНИОИ им. П. А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2023. 276 с.
2. Итоги работы онкологической службы Саратовской области в 2023 г. Саратов : Государственное учреждение здравоохранения «Областной клинический онкологический диспансер», 2024. 53 с.
3. McWilliams A., Mayo J., MacDonald S., Leriche J. C., Palcic B., Szabo E., Lam S. Lung cancer screening: A different paradigm // American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. 2003. Vol. 168, iss. 10. P. 1167–1173. <https://doi.org/10.1164/rccm.200301-144OC>
4. Родионов Е. О., Тузиков С. А., Миллер С. В., Кульбакин Д. Е., Чернов В. И. Методы ранней диагностики рака легкого (обзор литературы) // Сибирский онкологический журнал. 2020. Т. 19, вып. 4. С. 112–122. <https://doi.org/10.21294/1814-4861-2020-19-4-112-122>
5. Xiang D., Zhang B., Doll D., Shen K., Kloecker G., Freter C. Lung cancer screening: From imaging to biomarker // Biomarker Research. 2013. Vol. 1, iss. 1. P. 1–10. <https://doi.org/10.1186/2050-7771-1-4>
6. Морозов С. П., Гомболевский В. А., Владзимирский А. В., Лайпан А. Ш., Кононец П. В., Древалъ П. А. Результаты первого года скрининга рака легкого с помощью низкодозной компьютерной томографии в Москве // Вопросы онкологии. 2019. Т. 65, № 2. С. 224–233. <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2019-65-2-224-233>
7. Кузнецов В. В., Зуев В. Ю., Гусев К. В. Вопросы раннего выявления рака лёгкого в Тюменской области:

¹Данные полевых работ по оценке запылённости воздуха в г. Саратове, снегогеохимические и педогеохимические съёмки, выполненные на географическом и геологическом факультетах Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, а также данные инструментальных замеров химического состава воздуха и снегохимические исследования свидетельствуют о напряжённой экологической ситуации в г. Саратове.



- опыт скринингового подхода с использованием компьютерной томографии // Тюменский медицинский журнал. 2017. Т. 19, № 4. С. 44–49. EDN: YMIIJU
8. Bray F., Laversanne M., Sung H., Ferlay J., Siegel R. L., Soerjomataram I., Jemal A. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries // CA: Cancer Journal for Clinicians. 2024. Vol. 74, iss. 3. P. 229–263. <https://doi.org/10.3322/caac.21834>
 9. Мукерия А. Ф., Заридзе Д. Г. Эпидемиология и профилактика рака легкого // Вестник РОНЦ им. Н. Н. Блохина РАМН. 2010. Т. 21, вып. 3 (81). С. 3–13. EDN: MWBRNJ
 10. Sacks J., Buckley B., Deflorio-Barker S., Jenkins S., Kirrane E., Krajewski A., Luben T., McDow S., Stewart M., Dubois J., Park K., Rice R. B. Supplement to the 2019 Integrated Science Assessment for Particulate Matter. Research Triangle Park (NC) : U.S. Environmental Protection Agency, 2022. 328 p.
 11. Chemical agents and related occupations // IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 2012. Vol. 100F. 628 p.
 12. Mayne S. T., Buenconsejo J., Janerich D. T. Previous lung disease and risk of lung cancer among men and women nonsmokers // American Journal of Epidemiology. 1999. Vol. 149, iss. 1. P. 13–20. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a009722>
 13. Bailey-Wilson J. E., Amos C. I., Pinney S. M., Petersen G. M., Andrade M. S. de, Wiest J. S., Fain P., Schwartz A. G., You M., Franklin W., Klein C., Gazdar A., Rothschild H., Mandal D., Coons T., Slusser J., Lee J., Gaba C., Kupert E., Perez A. et al. A major lung cancer susceptibility locus maps to chromosome 6q23–25 // The American Journal of Human Genetics. 2004. Vol. 75, iss. 3. P. 460–474. <https://doi.org/10.1086/423857>
 14. Raaschou-Nielsen O., Andersen Z. J., Beelen R., Stafoggia M., Weinmayr G., Hoffmann B., Fischer P., Nieuwenhuijsen M. J., Brunekreef B., Xun W. W., Katsouyanni K., Dimakopoulou K., Sommar J., Forsberg B., Modig L., Oudin A., Oftedal B., Schwarze P. E., Nafstad P., De Faire U. et al. Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: Prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE) // The Lancet Oncology. 2013. Vol. 14, iss. 9. P. 813–822. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(13\)70279-1](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(13)70279-1)
 15. Puett R. C., Hart J. E., Yanosky J. D., Spiegelman D., Wang M., Fisher J. A., Hong B., Laden F. Particulate matter air pollution exposure, distance to road, and incident lung cancer in the nurses' health study cohort // Environ Health Perspect. 2014. Vol. 122, iss. 9. P. 926–932. <https://doi.org/10.1289/ehp.1307490>
 16. Hvidtfeldt U. A., Severi G., Andersen Z. J., Atkinson R., Bauwelinck M., Bellander T., Boutron-Ruault M. C., Brandt J., Brunekreef B., Cesaroni G., Chen J., Concin H., Forastiere F., van Gils C. H., Gulliver J., Hertel O., Hoek G., Hoffmann B., Hoogh K. de, Janssen N. et al. Long-term low-level ambient air pollution exposure and risk of lung cancer – A pooled analysis of 7 European cohorts // Environment International. 2021. Vol. 146. Art. 106249. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106249>
 17. Bai L., Shin S., Burnett R. T., Kwong J. C., Hystad P., Donkelaar A. van, Goldberg M. S., Lavigne É., Weichenthal S., Martin R. V., Copes R., Kopp A., Chen H. Exposure to ambient air pollution and the incidence of lung cancer and breast cancer in the Ontario Population Health and Environment Cohort // International Journal of Cancer. 2020. Vol. 146, iss. 9. P. 2450–2459. <https://doi.org/10.1002/ijc.32575>
 18. Lee H. Ch., Lu Yu. H., Huang Ye. L., Huang Sh. Li, Chuang H. Ch. Air Pollution Effects to the Subtype and Severity of Lung Cancers // Frontiers in Medicine. 2022. Vol. 9. Art. 835026. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.835026>
 19. Lamichhane D. K., Kim H. C., Choi C. M., Shin M. H., Shim Y. M., Leem J. H., Ryu J. S., Nam H. S., Park S. M. Lung Cancer Risk and Residential Exposure to Air Pollution: A Korean Population-Based Case-Control Study // Yonsei Medical Journal. 2017. Vol. 58, iss. 6. P. 1111–1118. <https://doi.org/10.3349/ymj.2017.58.6.1111>
 20. Dawe D. E., Singh H., Wickramasinghe L., Pitz M. W., Torabi M. Geographical Variation and Factors Associated with Non-Small Cell Lung Cancer in Manitoba // Canadian Respiratory Journal. 2017. Vol. 2017, iss. 1. Art. 7915905. <https://doi.org/10.1155/2017/7915905>
 21. Конопацкова О. М., Макаров В. З., Евдокимов Г. М., Решетарова Д. А., Кустодов С. В., Черчинцева Е. А. Медико-географический анализ заболеваемости колоректальным раком // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2023, Т. 23, вып. 1. С. 4–7. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-1-4-7>, EDN: ULKEDK
 22. Конопацкова О. М., Макаров В. З., Кузинова Я. К., Решетарова Д. А., Евдокимов Г. М. Сравнительный медикогеографический анализ распространенности базальноклеточного рака кожи в Саратове // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 3. С. 156–160. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-3-156-160>, EDN: XEXYMZ
 23. Конопацкова О. М., Чумаченко А. Н., Макаров В. З., Евдокимов Г. М., Семенченя В. А. Медико-географический анализ онкологической заболеваемости в Саратове с применением геоинформационных технологий // Medicus. 2016. № 3 (9). С. 84–91. EDN: VWARKJ
 24. Макаров В. З., Конопацкова О. М., Суровцева О. В., Семенченя В. А., Чумаченко А. Н., Чумаченко Н. А. Онкогеографические исследования в Саратове: итоги и перспективы // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2015. Т. 15, вып. 1. С. 31–36. EDN: TPBUYT
 25. Макаров В. З. Ландшафтно-экологический анализ крупного промышленного города. Саратов : Изд-во Саратовского университета, 2001. 176 с. EDN: WJQTRB



26. Макаров В. З., Неврюев А. М. Анализ загрязнения снежного покрова пылью в Кировском районе г. Саратова // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2024, Т. 24, вып. 2. С. 101–106. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-2-101-106>, EDN: ZHAXKL
27. Макаров В. З., Гусев В. А., Волков Ю. В., Затонский В. А., Неврюев А. М. Бенз(а)пирен в атмосфере городов Саратовской области // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2019, Т. 19, вып. 1. С. 12–17. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-12-17>, EDN: ZADHRZ

Поступила в редакцию 18.02.2025; одобрена после рецензирования 02.03.2025;
принята к публикации 06.03.2025; опубликована 30.06.2025

The article was submitted 18.02.2025; approved after reviewing 02.03.2025;
accepted for publication 06.03.2025; published 30.06.2025