

© В.Ю. Чернина^{1,2}, А.А. Мелдо^{1,3}, В.А. Гомболевский^{2,4,5}, М.Ю. Вальков^{1,6}

Роль компьютерной томографии в прогнозировании сердечно-сосудистой смертности у больных раком легкого: систематическое обзорное исследование литературы по методологии *scoping review**

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Архангельск, Российская Федерация

²ООО «АЙРА Лабс», Инновационный центр Сколково, Москва, Российская Федерация

³Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

⁴Институт искусственного интеллекта (AIRI), Москва, Российская Федерация

⁵Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация

⁶Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Архангельской области «Архангельский клинический онкологический диспансер», г. Архангельск, Российская Федерация

©Valeria Yu. Chernina^{1,2}, Anna A. Meldo^{1,3}, Victor A. Gombolevskiy^{2,4,5}, Mikhail Yu. Valkov^{1,6}

The Role of Computed Tomography in Predicting Cardiovascular Mortality in Lung Cancer Patients: A Systematic Literature Review Using the Scoping Review Methodology

¹Northern State Medical University (NSMU), Arkhangelsk, the Russian Federation

²IRA Labs, Moscow, Russia

³Saint Petersburg Electrotechnical University “LETI” (ETU “LETI”), St. Petersburg, the Russian Federation

⁴Artificial Intelligence Research Institute (AIRI), Moscow, Russia

⁵Sechenov University, Moscow, the Russian Federation

⁶Arkhangelsk Clinical Oncology Dispensary (ACOD), Arkhangelsk, the Russian Federation

Данный обзор посвящен исследованию возможностей компьютерной томографии (КТ) органов грудной клетки (ОГК) как инструмента прогнозирования сердечно-сосудистой (СС) смертности у больных раком легкого (РЛ), что особенно актуально в связи с высоким уровнем кардиоваскулярной смертности в данной группе пациентов.

В последние десятилетия наблюдается снижение летальности от злокачественных новообразований, однако СС-смертность у больных РЛ остается значительно выше, чем в общей популяции. Стандартные шкалы оценки СС-риска не учитывают специфических факторов, связанных с онкологическим заболеванием и его лечением. Проведенный анализ литературы по методологии PRISMA охватил 68 публикаций из 869 первоначально отобранных источников, включая оригинальные исследования, систематические обзоры и метаанализы, опубликованные до апреля 2025 г. Исследования были распределены по трем тематическим группам: низкодозный КТ-скрининг и СС-риск, периоперационная оценка осложнений и применение алгоритмов машинного обучения для автоматизированной оценки риска. Ключевыми прогностическими КТ-маркерами выявлены коронарный кальций, кальцинация клапанов и аорты, объем и плотность эпикардального жира, а также признаки хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ).

Интеграция данных КТ ОГК в клиническую практику представляет значительный потенциал для совершенствова-

This review examines the potential of chest computed tomography (CT) as a tool for predicting cardiovascular (CV) mortality in patients with lung cancer (LC), a topic of high relevance given the elevated rate of CV death in this patient population.

While cancer-related mortality has declined in recent decades, CV mortality among LC patients remains significantly higher than in the general population. Standard CV risk assessment tools do not account for the specific factors associated with cancer and its treatment. This scoping review, conducted in accordance with PRISMA-ScR guidelines, analyzed 68 publications from an initial pool of 869 sources, including original research, systematic reviews, and meta-analyses published up to April 2025. The literature was categorized into three themes: low-dose CT screening and CV risk, perioperative risk assessment, and the use of machine learning for automated risk stratification.

Key prognostic CT markers identified include coronary artery calcification, valvular and aortic calcification, epicardial fat volume and density, and signs of chronic obstructive pulmonary disease (COPD). The integration of chest CT data into clinical practice holds significant potential for improving preventive strategies and reducing CV mortality in cancer patients. Furthermore, the application of machine learning algorithms to CT image analysis offers promising new opportunities for the personalized diagnostics and treatment of LC patients with high CV risk.

* Статья содержит онлайн-приложение, в котором размещены дополнительные материалы: <https://voprosyonkologii.ru/index.php/journal/article/view/1-26-The-Role-of-Computed>

ния профилактики и снижения кардиоваскулярной смертности среди онкологических больных. Использование алгоритмов машинного обучения для анализа КТ-изображений открывает новые перспективы в персонализации диагностики и лечения больных РЛ, имеющих высокий СС-риск.

Ключевые слова: рак легкого; компьютерная томография; сердечно-сосудистая смертность; прогнозирование риска; кардиоонкология

Для цитирования: Чернина В.Ю., Мелдо А.А., Гомболевский В.А., Вальков М.Ю. Роль компьютерной томографии в прогнозировании сердечно-сосудистой смертности у больных раком легкого: систематическое обзорное исследование литературы по методологии *scoping review*. *Вопросы онкологии*. 2026; 72(1): 216-227.-DOI: 10.37469/0507-3758-2026-72-1-OF-2402

✉ Контакты: Чернина Валерия Юрьевна, chernina909@gmail.com

Введение

В последние десятилетия отмечено снижение показателей смертности населения от злокачественных образований благодаря улучшению качества профилактики, диагностики и лечения рака, что приводит к росту числа излеченных [1]. В российском популяционном исследовании в Архангельской области доля смертей онкологических пациентов от причин, не связанных с индексным раком, составила от 13 до 45 % от всех смертей при злокачественных новообразованиях, подлежащих скринингу в рамках диспансеризации взрослого населения [2]. В связи с этим все более актуальным становится неонкологический прогноз — в частности, риск сердечно-сосудистых (СС) осложнений и смертности.

Несмотря на значительные успехи в снижении смертности от злокачественных образований, риск смерти от СС у больных раком легкого (РЛ) требует особого внимания. Авторы работы [3] отмечают, что у больных РЛ риск смерти от СС-заболеваний значительно выше, чем в общей популяции (отношение заболеваемости/смертности ~1,7). В когорте участников американской национальной программы скрининга National Lung Screening Trial (NLST) количество летальных исходов от СС причин (24,8 %) даже превысило таковое от самого РЛ (24,1 %) [4]. Одной из причин повышенной СС-смертности являются общие факторы риска: подавляющее большинство пациентов со злокачественным заболеванием легкого — это курильщики со стажем, для которых характерна высокая распространенность атеросклероза и хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ). Однако стандартные шкалы СС-риска, применяемые в общей популяции (например, SCORE2, Framingham), не учитывают влияния онкологического диагноза и специфического лечения (химио- и лучевой терапии, таргетных препаратов), способного усугублять повреждение СС-системы [5, 6]. Это

Keywords: lung cancer; computed tomography; cardiovascular mortality; mortality; risk prediction; cardio-oncology

For Citation: Valeria Yu. Chernina, Anna A. Meldo, Victor A. Gomboleviskiy, Mikhail Yu. Valkov. The Role of Computed Tomography in Predicting Cardiovascular Mortality in Lung Cancer Patients: A Systematic Literature Review Using the Scoping Review Methodology. *Voprosy Onkologii = Problems in Oncology*. 2026; 72(1): 216-227.-DOI: 10.37469/0507-3758-2026-72-1-OF-2402

обосновывает необходимость разработки новых, адаптированных к онкологическим пациентам, подходов к прогнозированию СС-событий.

Сегодня компьютерная томография органов грудной клетки (КТ ОГК) признана золотым стандартом не только в диагностике РЛ, но и заболеваний СС-системы. КТ играет ключевую роль на всех стадиях ведения больных РЛ: от скрининга и раннего выявления опухолей до стадии уточнения распространенности процесса, оценки эффективности терапии и дальнейшего наблюдения [7]. Несмотря на то, что протоколы КТ для визуализации сердца и для диагностики РЛ имеют различия, современные рутинные исследования легких позволяют обнаружить значимые предикторы СС-смертности.

В последние годы показано, что случайные кардиальные находки несут ценную прогностическую информацию. Согласно исследованию, проведенному в рамках проекта «Московский скрининг рака легкого», случайные находки встречаются в более 85 % случаев при проведении скрининга методом низкодозной КТ (НДКТ) у бессимптомных пациентов [8]. Наиболее часто случайные находки были выявлены в СС (75,4 %) и дыхательной (68,3 %) системах, при этом они были клинически значимыми. 58 % из них не были описаны врачами-рентгенологами по данным НДКТ. Таким образом, значительный пласт данных о состоянии СС-системы у пациентов, страдающих РЛ, нередко может оставаться вне поля зрения специалистов при оценке КТ, что указывает на существующие сложности в диагностическом процессе и подчеркивает актуальность поиска новых подходов к их интерпретации.

Высокая распространенность факторов СС-риска и повреждений у онкологических пациентов при недостаточной эффективности стандартных методов их оценки обуславливают интерес к интеграции данных КТ-диагностики РЛ в модели прогнозирования СС-смертности. Применение современных технологий обработ-

ки изображений, включая алгоритмы машинного обучения, позволяет количественно оценивать ряд ключевых КТ-биомаркеров СС-риска: объем и плотность эпикардальной жировой ткани (ЭЖТ), кальций в коронарных и грудных артериях, размеры и функция камер сердца, состояние легочной артерии и др. [9] Анализ этих показателей может существенно дополнить клиническую стратификацию риска и способствовать своевременному началу профилактических кардиологических мероприятий. Целью данного обзора является систематизация и обобщение актуальных научных данных о роли КТ ОГК в прогнозировании СС-смертности у больных РЛ.

Методы

Критерии соответствия. Дизайн обзорного исследования разработан с учетом рекомендаций Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR) [10]. Определены критерии включения источников, направленные на максимально широкий охват релевантной литературы при обеспечении фокусировки на теме обзора. Популяция: взрослые пациенты (≥ 18 лет) с диагнозом РЛ (злокачественные новообразования бронхов и легкого, код С34 по МКБ-10) на любом этапе заболевания (от скрининга/диагностики до лечения и выживания).

Экспозиция: проведение КТ ОГК, включающей: 1) низкодозную КТ для скрининга, 2) диагностическую КТ и 3) плановую КТ, каждая из которых может выполняться с внутривенным контрастированием или без него. На полученных изображениях оцениваются кардиоваскулярные биомаркеры, имеющие доказанное клиническое значение для стратификации риска СС-заболеваний, а именно: степень кальцификации сосудов, объем ЭЖТ, размеры и морфология сердца и крупных сосудов, а также наличие атероматозных бляшек и состояние стенок артерий.

Исходы исследования включают первичные и вторичные показатели СС-прогноза. Первичный исход — СС-смертность, который оценивается как в периоперационный период, так и на протяжении всего времени наблюдения. К вторичным исходам относятся нефатальные СС-события, такие как инфаркт миокарда, инсульт, развитие сердечной недостаточности и кардиотоксические осложнения терапии.

Включались публикации следующих категорий: оригинальные исследования (наблюдательные и интервенционные клинические исследования, содержащие новые оригинальные данные по указанной популяции и в соответствующем контексте); синтетические обзоры (метаанализы, систематические обзоры, выполнявшие вторич-

ный анализ данных); рекомендации и консенсусные документы (клинические руководства, экспертные рекомендации, консенсусные заявления); тематические редакционные статьи и комментарии, опубликованные в рецензируемых журналах, при условии наличия в них новых данных или оригинальных аналитических выводов (каждый источник проверялся на соответствие этому критерию).

Исключались следующие материалы: единичные описания случаев (*case reports*), материалы конференций (тезисы, постеры), публикации в непроверяемых источниках (неопубликованные рукописи, неопубликованные манускрипты, препринты без рецензирования), а также письма в редакцию, если в них отсутствовали новые оригинальные данные.

Источники информации. Основной поиск литературы проведен в международной базе данных PubMed для англоязычных публикаций, а также в Российской научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU — для поиска релевантных работ на русском языке. Дополнительно изучались списки литературы ключевых выявленных публикаций (так называемый *snowball search*), и выполнен целевой поиск в системе Google Scholar для учета труднодоступных или неиндексируемых в основных базах источников.

Поиск охватывал публикации до апреля 2025 г. Географических ограничений не накладывалось; язык — русский или английский.

Поиск. В PubMed использовалась комбинация текстовых слов и терминов Medical Subject Headings (MeSH), нацеленная на пересечение понятий СС-риска/смертности, РЛ и КТ. Поисковый запрос включал группы терминов, объединенные с помощью булевых операторов AND/OR, следующего вида: (“cardiovascular mortality”[Title/Abstract] OR “cardiovascular risk”[Title/Abstract] OR “cardiac death”[Title/Abstract] OR “cardiovascular complications”[Title/Abstract] OR “MACE”[Title/Abstract]) AND (“lung cancer”[Title/Abstract] OR “lung neoplasm”[Title/Abstract] OR “C34”[Title/Abstract] OR “non-small cell lung cancer”[Title/Abstract] OR “NSCLC”[Title/Abstract]) AND (“computed tomography”[Title/Abstract] OR “CT”[Title/Abstract] OR “chest CT”[Title/Abstract] OR “low-dose CT”[Title/Abstract]).

Аналогичные ключевые слова на русском языке использовались для поиска в eLIBRARY.RU. Поисковый запрос выглядел следующим образом: (рак легкого OR немелкоклеточный рак OR злокачественная опухоль легкого) AND (компьютерная томография OR КТ OR низкодозная КТ) AND (сердечно-сосудистая смертность OR кардиоваскулярная смертность OR сердечно-сосудистый риск OR кардиоваскулярный риск OR

ишемическая болезнь сердца OR атеросклероз OR кальцификация артерий OR кардиотоксичность OR кардиальные осложнения OR дилатация аорты OR расширение легочного ствола OR эпикардиальный жир).

В Google Scholar вводились упрощенные комбинации на английском языке. Все найденные ссылки экспортировались в менеджер библиографии для последующей экспертизы и удаления дубликатов.

Извлечение данных. Для стандартизованного извлечения информации из включенных источников была заранее разработана электронная форма (таблица), которая апробировалась на нескольких первых статьях и уточнялась по мере необходимости. Каждая публикация анализировалась двумя независимыми участниками обзора; выделенные ими данные сверялись, и любые несоответствия обсуждались коллегиально до достижения консенсуса. Из каждого источника извлекались следующие переменные: авторы, год и страна проведения исследования, язык публикации, тип (дизайн) исследования, размер выборки, ключевые критерии включения (например, скрининговая популяция, послеоперационные пациенты и т.д.), цель исследования, оцениваемые КТ-параметры (конкретные биомаркеры и методы: кальциноз сосудов, объем жира, алгоритм искусственного интеллекта и пр.), основные результаты в контексте СС-исходов (например, связь определенного показателя с наступлением СС-событий, значение относительного риска/коэффициента регрессии и т.д.),

сформулированные авторами выводы и рекомендации. При необходимости из метаанализов дополнительно извлекались суммарные оценки эффектов (относительный риск, коэффициент опасности и т.п.), а из руководств — ключевые положения, отражающие позицию экспертного сообщества.

Результаты

Отбор источников доказательств. На рис. 1 представлена PRISMA-диаграмма, отражающая процесс идентификации и отбора источников.

В результате автоматизированного поиска было выявлено 65 англоязычных публикаций в PubMed, 11 англоязычных публикаций в Google Scholar и 793 русскоязычные публикации в eLIBRARY. После удаления дубликатов осталось 66 англоязычных работ. На этапе первичного скрининга были отобраны 66 англоязычных и 34 русскоязычные публикации. Из них по причине отсутствия доступа к полным текстам исключили три англоязычные и одну русскоязычную статьи. Детальный анализ полных текстов привел к исключению 11 англоязычных и 17 русскоязычных публикаций из-за несоответствия тематике и формату (например, отсутствие данных КТ или тезисы конференций). В итоговый обзор включено 52 англоязычные и 16 русскоязычных исследований, всего 68 публикаций; из них 44 оригинальные статьи, 17 обзоров, три редакционные статьи, два метаанализа, одно экспертное согласованное руководство

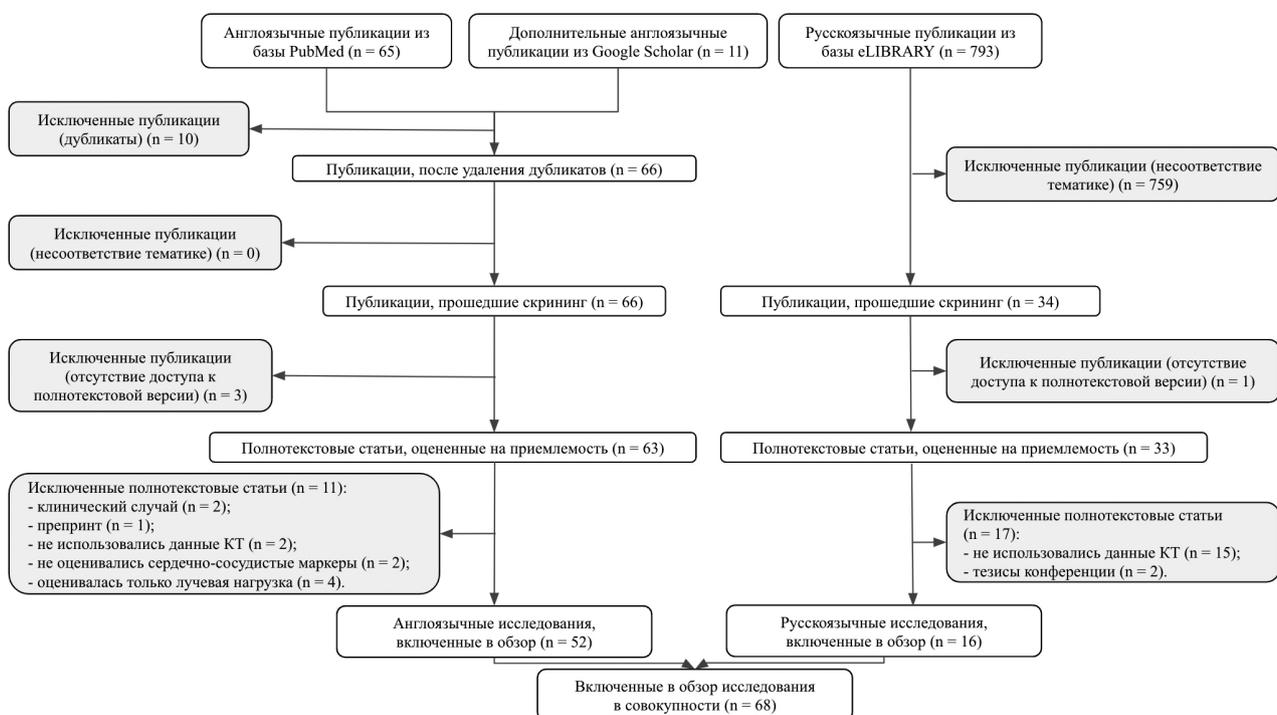


Рис. 1. Блок-схема поиска и отбора публикаций
Fig. 1. Study identification and selection flowchart

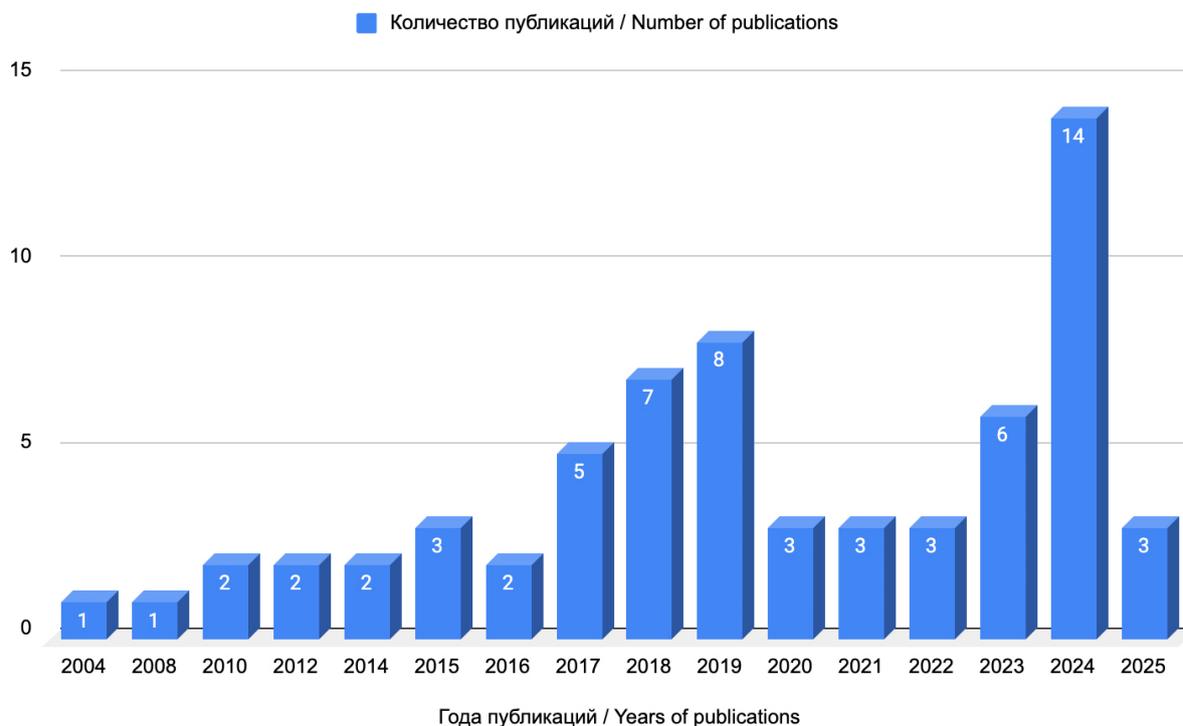


Рис. 2. Распределение публикаций по годам
Fig. 2. Annual distribution of included publications

и клинические рекомендации. Хронологически включенные исследования охватывают период с 2004 по 2025 гг.; при этом основная масса опубликована после 2015 г., что отражает нарастающий научный интерес к проблеме в последнее десятилетие (рис. 2).

География представленных данных широка: исследования проведены в Северной Америке, Европе (Великобритания, Нидерланды, Италия, Испания, Сербия и др.), Восточной Азии (Китай, Япония) и Австралии, а также имеются мультицентровые международные проекты.

Характеристики включенных источников. Таблица в дополнительных материалах содержит обобщенные характеристики всех источников доказательств, включенных в обзор. В таблице указаны: авторы (первый автор и соавторы), год, страна, язык, тип публикации, цель исследования, количество пациентов, основные результаты и выводы авторов относительно связи с СС-исходами.

Синтез результатов

Распределение исследований по тематическим группам. Для систематизации результатов все включенные в анализ исследования были разделены на три тематические группы на базе их основных целей и методов: 1) низкодозный КТ-скрининг и предикторы СС-риска (37 исследований); 2) периоперационная оценка и эффекты от лечения (30 исследований); 3) алгоритмы

машинного обучения (16 исследований). Одно исследование могло быть отнесено к нескольким группам, если оно охватывало пересекающиеся темы (например, оценка СС-риска с использованием алгоритмов машинного обучения), что позволило более полно отразить мультидисциплинарный характер ряда исследований. В табл. 1 приведены основные характеристики и ключевые находки по каждому тематическому направлению.

Коронарный кальций. Значительная часть проанализированных исследований сосредоточена на использовании низкодозного КТ-скрининга РЛ для одновременной оценки СС-риска. Эта интеграция представляет уникальную возможность для профилактики не только РЛ, но и сердечно-сосудистой патологии. Распространенность коронарного кальциноза среди участников скрининга варьирует от 44 [11] до 93 % [12], при этом его наличие ассоциировано с двух-трехкратным повышением риска СС-смертности [13, 14]. Исследование из Польши показало, что 83,7 % мужчин и 40,7 % женщин, проходящих скрининг РЛ, имели очень высокий риск СС-заболеваний по шкале SCORE (>10 %) [15]. В пилотном проекте Манчестерского скрининга РЛ 93 % участников без установленного СС-заболевания имели высокий десятилетний риск по шкале QRISK2 (≥ 10 %), что вдвое превышает аналогичный показатель среди контрольной группы из общенационального опроса (21,1 против 10,3 %) [12].

Таблица 1. Тематические направления, характеристики и ключевые находки

Тематическое направление	Кол-во исследований	Целевая популяция	Основные маркеры	Ключевые находки
Низкодозный КТ-скрининг и предикторы СС риска	37	Курильщики и бывшие курильщики с высоким риском РЛ	Коронарный кальциноз Кальцинация клапанов сердца и стенок аорты Объем и плотность эпикардиального жира ХОБЛ (в т.ч. эмфизема)	Выявление коронарного кальция при скрининге РЛ позволяет более чем в два раза точнее прогнозировать СС-смертность. Кальцификация аорты и клапанного аппарата служит независимым предиктором СС-событий и смертности, что подтверждено многоцентровыми исследованиями (12,2 vs 4 % событий в группах риска). Изменения объема ЭЖТ (увеличение >11 % или снижение >7 % за два года) ассоциированы с повышением общей смертности (отношение шансов — 1,15–1,34), снижение объема и увеличение плотности (>2 HU) независимо предсказывают СС-смертность (отношение шансов — 1,27–1,78). У пациентов с ХОБЛ риск субклинической коронарной болезни сердца увеличен на 28–32 % (отношение шансов — 1,28–1,32), а наличие эмфиземы повышает частоту инфарктов и инсультов с 4 до 7 %.
Периоперационная оценка и эффекты от лечения (в т.ч. химио-, иммуно-, лучевая терапия)	30	Пациенты с операбельным РЛ или получающие химио-, иммуно- или лучевую терапию	Кальциноз коронарных артерий — количественный (Agatston score) и визуальный. Кальциноз стенок грудной аорты (восходящей и нисходящей). Кальциноз клапанов (аортального, митрального). Экстракоронарные кальцификации — включая кальциноз дуги аорты, брахиоцефальных артерий и других сосудов грудной клетки. Объемы камер сердца (левого и правого желудочков, предсердий) — как потенциальный маркер ремоделирования. Сосудистое воспаление — по данным ПЭТ-КТ (в одном исследовании). Признаки сосудистых патологий аорты — аневризмы, дилатации. Прогрессирование сосудистого кальциноза на фоне терапии (в частности, иммунотерапии)	Кальциноз коронарных артерий, аорты и других ее ветвей, выявляемый на КТ, ассоциирован с повышенным СС-риском и может прогрессировать на фоне иммунотерапии, что подчеркивает диагностическую ценность КТ для оценки риска и мониторинга лечения
Алгоритмы машинного обучения	16	Участники скрининга, больные РЛ	CNN, RNN, гибридные модели, авто-сегментация	ИИ, особенно глубокие нейронные сети, значительно улучшает автоматизированную и точную оценку СС риска по КТ-данным у больных РЛ, позволяя прогнозировать смертность и осложнения, а также расширять возможности персонализированной профилактики

Table 1. Thematic Areas, Characteristics, and Key Findings

Thematic area	N studies	Target population	Main CT Markers	Key Findings
Low-Dose CT Screening and CV Risk Prediction	37	Smokers and ex-smokers at high risk of lung cancer	Coronary artery calcification (CAC) Aortic/valvular calcification Epicardial adipose tissue (EAT) volume & density COPD/emphysema	CAC detection in lung cancer screening >2-fold increases prediction accuracy for CV mortality. Aortic/valvular calcification is an independent predictor of CV events (event rate: 12.2 % vs 4 % in high-risk vs low-risk groups). Change in EAT volume (>11 % increase or >7 % decrease over 2 years) correlates with increased all-cause mortality (OR 1.15–1.34). Decreased EAT volume and increased density (>2 HU) independently predict CV mortality (OR 1.27–1.78). COPD increases the risk of subclinical coronary artery disease by 28–32 % (OR 1.28–1.32). Emphysema raises the incidence of MI/stroke from 4 % to 7 %.

Thematic area	N studies	Target population	Main CT Markers	Key Findings
Perioperative CV Risk and Treatment Effects (including chemotherapy, immunotherapy, radiotherapy)	30	Patients with operable lung cancer or receiving chemo-/immuno-/radiotherapy	CAC (Agatston score, visual). Thoracic aortic calcification (ascending and descending). Valvular (aortic, mitral) calcification. Extracoronary calcifications (aortic arch, brachiocephalic arteries and other thoracic vessels). Cardiac chamber volumes (left and right ventricles, atria) as a potential marker of remodelling. Vascular inflammation by PET-CT (in one study). Signs of aortic pathologies (aneurysm, dilation). Progression of vascular calcification on the background of therapy (immunotherapy)	CT-detected calcification of the coronary arteries, aorta, and other vessels is associated with increased CV risk. Progression of calcification, particularly during immunotherapy, underscores the value of CT for risk stratification and treatment monitoring.
Machine Learning (ML) Algorithms	16	Screening participants, lung cancer patients	CNN, RNN, hybrid models, auto-segmentation	AI, particularly deep neural networks, significantly enhances the automated, accurate assessment of CV risk from CT data in lung cancer patients. This enables prediction of mortality/complications and supports personalized preventive strategies.

Примечательно, что визуальные полуколичественные методы оценки коронарного кальция показали высокую прогностическую ценность, сопоставимую с количественными методиками [16]. Исследование с участием 2000 пациентов из NLST продемонстрировало, что наличие любого уровня кальцификации связано с более чем трехкратным увеличением риска СС-смертности (отношение шансов ~3,3–3,4). В свою очередь, автоматизированная количественная оценка коронарного кальциноза по данным НДКТ продемонстрировала высокую диагностическую точность (F1-метрика 0,89 для коронарных артерий) и воспроизводимость ($\kappa = 0,91$) [17], что позволяет интегрировать ее в скрининговые протоколы. Клинические исследования выявили, что 60,5 % пациентов с показаниями к статинотерапии не получают лечение до скрининга, а выявление коронарного кальциноза приводит к назначению статинов в 2,6 раза чаще [18]. Долгосрочные наблюдения [19] показали снижение СС-смертности на 48 % при включении данных о коронарном кальцинозе в заключения НДКТ. Метаанализ 20 175 наблюдений подтвердил дозозависимый характер связи между объемом кальциноза и прогнозом: при индексе Агатстона >400 риск СС-смерти возрастал более чем вдвое (отношение рисков: 2,55; 95 %-ный ДИ: 1,70–3,84) [14]. Эти данные обосновывают целесообразность рутинной оценки коронарного кальциноза в программах скрининга для оптимизации превентивных стратегий.

Кальциноз клапанов сердца и стенок аорты. Кальцификация стенок аорты и клапанов сердца, выявляемая при НДКТ в рамках скрининга РЛ, демонстрирует значимую прогностическую ценность. В многоцентровом когортном исследовании автоматизированная оценка объема

кальция в аорте вошла в прогностическую модель с С-статистикой 0,71, где 34 % пациентов с риском ≥ 6 % имели 12,2 % СС-событий против 4 % в группе низкого риска [20]. Dirrachs и соавт. выявили кальцификации стенок аорты у 85 % участников программы скрининга, с умеренной корреляцией с коронарным кальцием ($r = 0,515$) [21]. Christensen и соавт. установили, что кальцификация аортального клапана независимо предсказывает общую смертность (коэффициент рисков (от англ. *hazard ratio*, HR) составил 1,041), инфаркты (HR = 1,021) и инсульты (HR = 1,027) [22]. Автоматизированные методы оценки, такие как в работе Isgum с соавторами, продемонстрировали высокую точность при анализе аортального кальция [23]. Эти данные подтверждают клиническую целесообразность интеграции оценки аортальных и клапанных кальцификатов в алгоритмы стратификации риска.

Объем и плотность эпикардиального жира. Эпикардиальная жировая ткань (ЭЖТ), оцениваемая методом автоматизированного анализа на НДКТ ОГК, демонстрирует значимую прогностическую ценность для стратификации кардиоваскулярного риска у пациентов, проходящих скрининг РЛ. Атипичные изменения объема ЭЖТ (увеличение >11 % или снижение >7 % за два года) ассоциированы с повышением общей смертности (HR = 1,15–1,34), тогда как снижение объема и увеличение плотности (>2 HU) независимо предсказывают СС-смертность (HR = 1,27–1,78) [24]. Использование 3D U-Net архитектуры для сегментации ЭЖТ на несинхронизированных с ЭКГ КТ-исследованиях позволяет интегрировать этот биомаркер в рутинную практику без дополнительной лучевой нагрузки [25]. Многовариантный анализ подтверждает не-

зависимость прогностической значимости ЭЖТ от кальциевого индекса коронарных артерий и традиционных факторов риска. Полученные данные подчеркивают возможность использования КТ-скрининга для одновременной оценки онкологических и кардиометаболических рисков, оптимизируя профилактические стратегии у пациентов с высоким СС-риском.

Хроническая обструктивная болезнь легких (в том числе эмфизема). ХОБЛ у больных РЛ ассоциируется с повышенным СС-риском, что подтверждается данными КТ-скрининга. В датском исследовании по скринингу РЛ (Danish Lung Cancer Screening Trial, DLCST), включавшем 1535 курильщиков с длительным стажем курения, наличие ХОБЛ выявлялось у 59 % участников, причем независимо от других факторов риска, таких как возраст, пол, гиперхолестеринемия и курение, степень обструкции коррелировала с субклиническим атеросклерозом: для легкой и умеренно тяжелой ХОБЛ отношение шансов повышения коронарного кальциевого индекса (Agatston) составило 1,28 и 1,32 соответственно [26]. Аналогично, в когорте крупного многоцентрового исследовательского проекта, посвященного изучению ХОБЛ, COPDGene (4078 участников), 44 % обследованных по критериям скрининга имели эмфизему, что в 25 % случаев сопровождалось новым диагнозом СС-заболевания и почти вдвое увеличивало частоту инфарктов и инсультов (7 против 4 %, $p = 0,006$) [11]. Эти данные указывают, что ХОБЛ и эмфизема не только усиливают риск развития РЛ, но и являются независимыми предикторами СС-осложнений, что требует комплексного подхода к диагностике и лечению данной категории пациентов.

Периоперационная оценка и эффекты от лечения (в том числе химио-, иммуно-, лучевая терапия). Для периоперационной стратификации СС-рисков у больных РЛ КТ позволяет эффективно использовать ряд неинвазивных маркеров. К числу наиболее информативных относятся кальциевый индекс коронарных артерий (CAC/CACS), кальциноз аорты, объемные характеристики камер сердца и сосудистая ригидность. Например, в исследовании Yang et al. с участием 4491 пациента СACS по данным КТ без ЭЖГ-синхронизации достоверно коррелировал с частотой неблагоприятных СС-событий в периоперационный период, подтверждая его прогностическую ценность [27]. Аналогично Dirrachs et al. выявили, что экстракоронарные кальцификации, включая стенки аорты и клапаны, были связаны с основными кардиособытиями у 501 пациента [21]. Объемы предсердий и желудочков, определенные по КТ, также предлагались как новые биомаркеры сердечного риска [28].

Что касается оценки влияния лечения (включая химио-, иммуно- и лучевую терапию) на сосудистую систему, КТ является одним из важных инструментов для динамического мониторинга. Drobni et al. по данным КТ показали, что у пациентов, получающих ингибиторы контрольных точек иммунного ответа, происходит прогрессирование кальциноза стенок аорты, что потенциально увеличивает риск поздних кардиососудистых осложнений [29]. García et al. при помощи ПЭТ–КТ продемонстрировали, что воспаление сосудистой стенки и кальциноз аорты могут предшествовать острым СС-событиям [30]. Подобные исследования подчеркивают важность интеграции КТ-биомаркеров в онкологические протоколы, особенно при иммунотерапии и лучевом лечении, как в случае с исследованием Mets et al., где оценка сосудистого статуса позволила прогнозировать риск осложнений у 3648 пациентов [20].

Алгоритмы машинного обучения. На основе комплексного анализа представленных научных публикаций можно выделить ключевые направления применения искусственного интеллекта (ИИ) в оценке СС-риска по данным КТ у больных РЛ. Особую ценность представляют алгоритмы глубокого обучения, такие как сверточные нейронные сети (Convolutional Neural Network, CNN), которые обеспечивают автоматизированное выявление и количественную оценку кальцинозов в коронарных артериях, грудной аорте и клапанах сердца по низкодозовым и стандартным КТ-изображениям. Так, по данным крупного исследования, проведенного на материалах NLST, модели ИИ позволили прогнозировать долгосрочную СС-смертность с площадью под ROC-кривой до 0,82, значительно превышая показатели визуальной оценки рентгенологами [31]. ИИ-методы также эффективны в оценке ЭЖТ [25]. Дополнительно показано, что автоматизированный подсчет кальция в коронарных артериях позволяет точно стратифицировать пациентов по категориям риска и прогнозировать возникновение инфарктов и инсультов как в общей популяции, так и среди лиц с онкологическими заболеваниями [17, 32]. Помимо оценки кальцификации, использование ИИ позволяет выявлять и количественно оценивать признаки других СС-патологий на КТ, таких как признаки сердечной недостаточности, кардиомегалию и патологию клапанов сердца, что повышает точность и полноту прогностических моделей [20]. Кроме того, инновационным подходом стало применение ИИ-моделей для оценки КТ-маркеров в динамике. Lu с соавт. предложили гибридную модель на основе сверточной и рекуррентной нейронных сетей (CNN-RNN) для анализа выживаемости пациентов в иссле-

довании по скринингу РЛ [33]. Модель объединяет оценку данных КТ и временные данные из серии обследований. Это позволило предсказать риск смерти от сердечно-легочных причин с точностью до 0,76, что превышает точность человеческих оценок.

Таким образом, внедрение ИИ-методов не только повышает эффективность рутинного и скринингового обследования, но и позволяет использовать существующие данные КТ для многофакторной персонализированной оценки СС-риска больных РЛ.

Обсуждение

Краткое описание полученных доказательств. Настоящий обзор охватывает широкий спектр исследований, посвященных анализу потенциальных возможностей КТ ОГК как инструмента комплексной оценки состояния пациентов. В обзор включены исследования, охватывающие широкий спектр подходов: от оценки КТ-маркеров СС-риска на основе данных скрининговых исследований до применения высокотехнологичных методов, основанных на использовании ИИ. Такой интегративный подход позволяет сформировать целостное представление о диагностическом потенциале КТ ОГК.

КТ ОГК представляет собой ценный источник информации не только об опухолевой патологии, но и о состоянии СС-системы. Зачастую внимание рентгенологов фокусируется преимущественно на выявлении онкологических находок, в то время как изменения, не относящиеся непосредственно к профилю основного заболевания, остаются вне поля зрения. Однако накапливающиеся научные данные убедительно демонстрируют клиническую значимость таких находок. В частности, наличие кальцинатов в артериях или аневризмы аорты у онкологических пациентов имеют прямое прогностическое значение и требуют соответствующего реагирования.

Проанализированные в рамках обзора исследования показывают, что систематическое внимание к сопутствующим изменениям при скрининговой КТ может способствовать улучшению выживаемости. Эти данные подчеркивают важность комплексного диагностического подхода, который может оказывать не менее выраженное влияние на прогноз пациента, чем строго онкологически ориентированные стратегии.

С практической точки зрения, ключевые выводы настоящего обзора заключаются в следующем. Коронарный кальций в настоящее время является наиболее изученным и валидированным КТ-маркером СС-риска. Его количественная оценка должна рассматриваться в качестве обязательного элемента при проведении КТ ОГК

по любым показаниям. Накоплено убедительное количество данных, свидетельствующих, что ведение пациентов с учетом показателей кальциевого индекса (например, при принятии решения о назначении статинов) способствует улучшению прогноза.

Объем ЭЖТ рассматривается как новый независимый фактор риска, особенно при сочетании с метаболическим синдромом. Внедрение автоматизированных методов количественной оценки ЭЖТ открывает перспективы для ее интеграции в клиническую практику. В будущем включение объема ЭЖТ в состав комбинированных моделей оценки риска наряду с индексом коронарного кальция может повысить точность стратификации пациентов, подверженных риску СС-осложнений.

Эффективное внедрение результатов в клиническую практику предполагает не только идентификацию повышенного риска, но и принятие соответствующих лечебных решений. Многочисленные исследования показали, что сведения о высоком СС-риске теряют клиническую ценность, если не сопровождаются последующим медикаментозным либо хирургическим вмешательством. В связи с этим необходимо разработать четкие алгоритмы ведения пациентов, включающие критерии направления к кардиологу, показания к проведению КТ-ангиографии и рекомендации по профилактической терапии.

Таким образом, результаты настоящего обзора подтверждают важность интеграции кардиологических и онкологических подходов в ведении пациентов. Явление, ранее обозначаемое как *competition between cancer and heart disease* (соревнование между онкологическими и СС-заболеваниями за жизнь пациента) [34], приобретает черты синергии: достижение успеха в лечении одной патологии невозможно без учета другой. Если онкологическое заболевание излечено, но пациент погибает от инфаркта миокарда, поставленная цель не может считаться достигнутой. Следовательно, современный специалист, осуществляющий ведение больного с РЛ, должен выходить за пределы онкологической парадигмы. КТ, являясь основным инструментом диагностики в пульмонологии, может также служить информативным методом оценки состояния СС-системы — важно использовать этот потенциал в клинической практике.

Ограничения обзора. Основными ограничениями обзора являются гетерогенность включенных исследований, отсутствие формальной оценки их качества и выраженная неоднородность исследуемых популяций, поскольку большинство данных основано на условно здоровых курильщиках. Нехватка исследований среди пациентов с поздними стадиями РЛ ограничивает возмож-

ность экстраполяции выводов на более тяжелые клинические группы. Имеет место дисбаланс географического распределения работ, при этом данные по РФ крайне ограничены, что затрудняет адаптацию международных рекомендаций.

Направления будущих исследований. В будущем планируется проведение исследований с целью оценки диагностической и прогностической значимости вышеописанных КТ-маркеров СС-риска у больных РЛ, в том числе в условиях специализированных онкологических учреждений. Особое внимание будет уделено проблеме оценки внепупьмональных изменений на КТ-исследованиях в онкологических диспансерах и других узкопрофильных стационарах, что может приводить к недооценке риска СС-осложнений и снижению качества комплексной медицинской помощи.

Кроме того, на фоне растущего интереса к автоматизации интерпретации лучевых изображений актуальной задачей становится дальнейшее изучение алгоритмов ИИ, способных выявлять внепупьмональные КТ-признаки СС-риска. Перспективные исследования в этой области могут быть направлены не только на клиническую валидацию таких алгоритмов, но и на оценку их эффективности в условиях узкоспециализированных стационаров, не ориентированных на СС-патологию. Полученные данные потенциально смогут служить научным обоснованием для принятия управленческих решений о закупке и внедрении ИИ-инструментов в онкологические и другие специализированные учреждения, что, в свою очередь, позволит повысить качество мультидисциплинарного подхода к ведению пациентов с онкологическими заболеваниями.

Заключение

Проведенный обзор демонстрирует двойную клиническую ценность КТ при наблюдении пациентов с РЛ: помимо традиционной роли метода в выявлении и динамическом контроле онкопатологии, КТ позволяет получать ценные сведения о кардиоваскулярном статусе. Эти данные существенны для стратификации риска и профилактики осложнений. Однако подобная информация нередко остается вне фокуса внимания онкологов и рентгенологов. В результате упускается возможность своевременной коррекции комплексной терапии и индивидуализации стратегии лечения, что могло бы повысить качество медицинской помощи.

Внедрение КТ-биомаркеров в рутинную клиническую практику может способствовать раннему выявлению пациентов, находящихся в группе высокого риска СС-событий, что особенно актуально для больных с ранними стадиями

РЛ и длительно выживающих после успешного противоопухолевого лечения. Такой междисциплинарный подход, интегрирующий усилия онкологов и кардиологов, полностью соответствует принципам персонализированной медицины и способен существенно улучшать исходы у данной группы пациентов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Финансирование

Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding

The study was performed without external funding.

Участие авторов

Авторы декларируют соответствие своего авторства международным критериям ICMJE.

Чернина В.Ю. — формулировка идеи и целей литературного обзора; поиск, отбор и анализ публикаций по теме обзора; систематизация и критическая оценка литературных источников; написание текста литературного обзора. Мелдо А.А. — формулировка идеи и целей литературного обзора; техническое и языковое редактирование текста; научное редактирование и утверждение окончательной версии рукописи.

Гомболевский В.А. — поиск, отбор и анализ публикаций по теме обзора.

Вальков М.Ю. — научное редактирование и утверждение окончательной версии рукописи; координация работы авторского коллектива.

Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.

Authors' contributions

All authors confirm that their contributions meet the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE) criteria.

Chernina V.Yu.: Conceptualization; literature search, selection, and analysis; data curation and critical appraisal of literary sources; drafting the text of the literature review.

Meldo A.A.: Conceptualization; writing – review & editing, including technical and language editing; scientific editing and final approval of the manuscript.

Gombolevskiy V.A.: Literature search, selection, and analysis.

Valkov M.Yu.: Scientific editing and final approval of the manuscript; project administration and team coordination.

All authors have approved the final version of the article before publication, agreed to assume responsibility for all aspects of the work, implying proper review and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. Злокачественные новообразования в России в 2023 году (заболеваемость и смертность). М.: МНИОИ им. П.А. Герцена — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России; 2024: 276. [Kaprin A.D., Starinskii V.V., Shakhzadova A.O. Malignant neoplasms In Russia in 2023 (morbidity

- and mortality). Moscow: P.A. Herzen Moscow Oncology Research Institute — branch of National Medical Research Center of Radiology; 2024: 276 (In Rus)].
2. Валькова Л.Е., Грибанова Т.Г., Попов В.Н., et al. Динамика смертности от злокачественных новообразований, регистрируемых в ходе диспансеризации отдельных групп взрослого населения: популяционное исследование по данным Архангельского областного канцер-регистра. *Research'n Practical Medicine Journal*. 2020; 7(4): 175-189.-DOI: <https://doi.org/10.17709/2409-2231-2020-7-4-14>. [Valkova L.E., Gribanova T.G., Popov V.N., et al. Dynamics of mortality from malignant neoplasms registered during medical examination of certain groups of adult population: population study based on data from Arkhangelsk regional cancer registry. *Research'n Practical Medicine Journal*. 2020; 7(4): 175-189.-DOI: <https://doi.org/10.17709/2409-2231-2020-7-4-14> (In Rus)].
 3. Wang C., Wang Z., Yang J., et al. Lung cancer and risk of cardiovascular mortality. *Front Cardiovasc Med*. 2025; 11: 1491912.-DOI: <https://doi.org/10.3389/fcvm.2024.1491912>.
 4. Stemmer A., Shadmi R., Bregman-Amitai O., et al. Using machine learning algorithms to review computed tomography scans and assess risk for cardiovascular disease: Retrospective analysis from the National Lung Screening Trial (NLST). *PLoS One*. 2020; 15(8): e0236021.-DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236021>.
 5. ESC Cardiovasc Risk Collaboration, Hageman S.H.J., Pennells L., et al. SCORE2 risk prediction algorithms: new models to estimate 10-year risk of cardiovascular disease in Europe. *Eur Heart J*. 2021; 42(25): 2439-2454.-DOI: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab309>.
 6. Lloyd-Jones D.M., Larson M.G., Beiser A., et al. Framingham risk score and prediction of lifetime risk for coronary heart disease. *Am J Cardiol*. 2004; 94(1): 20-24.-DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2004.03.023>.
 7. Jungblut L., Blum T., Bode-Lesniewska B., et al. Advancements in lung cancer: a comprehensive perspective on diagnosis, staging, therapy and follow-up from the SAKK Working Group on Imaging in Diagnosis and Therapy Monitoring. *Swiss Med Wkly*. 2024; 154(12): 3843.-DOI: <https://doi.org/10.57187/s.3843>.
 8. Николаев А.Е., Козлов А.В., Чернышова А.Л., et al. Случайные находки при скрининге рака легкого методом низкодозной компьютерной томографии. *Туберкулез и болезни легких*. 2018; 96(11): 60-67.-DOI: <https://doi.org/10.21292/2075-1230-2018-96-11-60-67>. [Nikolaev A.E., Kozlov A.V., Chernyshova A.L., et al. Incidental findings during lung cancer screening with low-dose computed tomography. *Tuberculosis and Lung Diseases*. 2018; 96(11): 60-67.-DOI: <https://doi.org/10.21292/2075-1230-2018-96-11-60-67> (In Rus)].
 9. IRA Labs. Продукты искусственного интеллекта для анализа медицинских изображений. IRA Labs: ООО «АЙРА Лабс». 2025.-URL: <https://ira-labs.ru/#products> (09.06.2025). [IRA Labs. Artificial Intelligence Products for Medical Image Analysis. Electronic resource. IRA Labs: LLC "IRA Labs".-URL: <https://ira-labs.ru/#products> (09.06.2025) (In Rus)]
 10. Tricco A., Lillie E., Zarin W., et al. PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): checklist and explanation. *Ann Intern Med*. 2018; 169(7): 467-473.-DOI: <https://doi.org/10.7326/M18-0850>.
 11. Regan E.A., Lynch D.A., Curran-Everett D., et al. Identifying smoking-related disease on lung cancer screening CT scans: increasing the value. *Chronic Obstr Pulm Dis*. 2019; 6(3): 233.-DOI: <https://doi.org/10.15326/jcopdf.6.3.2018.0142>.
 12. Balata H., Blandin Knight S., Barber P., et al. Targeted lung cancer screening selects individuals at high risk of cardiovascular disease. *Lung Cancer*. 2018; 124: 148-153.-DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lungcan.2018.08.006>.
 13. Jacobs P.C., Gondrie M.J., van der Graaf Y., et al. Coronary artery calcium can predict all-cause mortality and cardiovascular events on low-dose CT screening for lung cancer. *Am J Roentgenol*. 2012; 198(3): 505-511.-DOI: <https://doi.org/10.2214/AJR.10.5577>.
 14. Gendarme S., Zuber B., Olsson E., et al. Impact on all-cause and cardiovascular mortality rates of coronary artery calcifications detected during organized, low-dose, computed-tomography screening for lung cancer: systematic literature review and meta-analysis. *Cancers*. 2021; 13(7): 1553.-DOI: <https://doi.org/10.3390/cancers13071553>.
 15. Kasprzyk P., Wierzbicka A., Litwin T., et al. Evaluation of conventional cardiovascular risk factors and ordinal coronary artery calcium scoring in a lung cancer screening cohort. *J Cardiovasc Dev Dis*. 2024; 11(1): 16.-DOI: <https://doi.org/10.3390/jcdd11010016>.
 16. Watts Jr J.R., Sonavane S.K., Snell-Bergeon J., et al. Visual scoring of coronary artery calcification in lung cancer screening computed tomography: association with all-cause and cardiovascular mortality risk. *Coron Artery Dis*. 2015; 26(2): 157-162.-DOI: <https://doi.org/10.1097/MCA.0000000000000189>.
 17. Lessmann N., van Ginneken B., de Jong P.A., et al. Automatic calcium scoring in low-dose chest CT using deep neural networks with dilated convolutions. *IEEE Trans Med Imaging*. 2017; 37(2): 615-625.-DOI: <https://doi.org/10.1109/TMI.2017.2769839>.
 18. Tailor T.D., Choudhury K.R., Tong B.C., et al. Cardiovascular risk in the lung cancer screening population: a multicenter study evaluating the association between coronary artery calcification and preventive statin prescription. *J Am Coll Radiol*. 2021; 18(9): 1258-1266.-DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2021.01.015>.
 19. Puliti D., Novelli L., Taverna F., et al. Decreased cardiovascular mortality in the ITALUNG lung cancer screening trial: analysis of underlying factors. *Lung Cancer*. 2019; 138: 72-78.-DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lungcan.2019.10.006>.
 20. Mets O.M., Vliegenthart R., Gondrie M.J., et al. Lung cancer screening CT-based prediction of cardiovascular events. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2013; 6(8): 899-907.-DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2013.02.008>.
 21. Dirrachs T., Tietz E., Karagiannis E., et al. Extracoronary thoracic and coronary artery calcifications on chest CT for lung cancer screening: association with established cardiovascular risk factors-the "CT-Risk" trial. *Acad Radiol*. 2015; 22(7): 880-889.-DOI: <https://doi.org/10.1016/j.acra.2015.03.005>.
 22. Christensen J.L., Tan S., Elias-Smale S.E., et al. Aortic valve calcification predicts all-cause mortality independent of coronary calcification and severe stenosis. *Atherosclerosis*. 2020; 307: 16-20.-DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2020.06.019>.
 23. Išgum I., de Jong P.A., Leiner T., et al. Automated aortic calcium scoring on low-dose chest computed tomography. *Med Phys*. 2010; 37(2): 714-723.-DOI: <https://doi.org/10.1118/1.3284211>.
 24. Langenbach I.L., Xie Y., Zhao Y., et al. Association of epicardial adipose tissue changes on serial chest CT scans with mortality: insights from the national lung screening trial. *Radiology*. 2025; 314(2): e240473.-DOI: <https://doi.org/10.1148/radiol.240473>.

25. Foldyna B., Zeleznik R., Eslami P., et al. Deep learning analysis of epicardial adipose tissue to predict cardiovascular risk in heavy smokers. *Commun Med.* 2024; 4(1): 44.-DOI: <https://doi.org/10.1038/s43856-024-00475-1>.
26. Rasmussen T., Køber L., Abdulla J., et al. Relationship between chronic obstructive pulmonary disease and subclinical coronary artery disease in long-term smokers. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2013; 14(12): 1159-1166.-DOI: <https://doi.org/10.1093/ehjci/jet057>.
27. Yang X., Latich I., He W., et al. Nongated computed tomography predicts perioperative cardiovascular risk in lung cancer surgery. *Ann Thorac Surg.* 2022; 114(6): 2050-2057.-DOI: <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2022.04.023>.
28. Atkins K.M., Nikolova A.P. Optimizing cardiovascular risk prediction from CT imaging at the radiation oncology point of care. *Cardio Oncol.* 2024; 6(4): 541-543.-DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2024.07.003>
29. Drobni Z.D., Zafar A., Asnani A., et al. Impact of immune checkpoint inhibitors on atherosclerosis progression in patients with lung cancer. *J Immunother Cancer.* 2023; 11(7): e007307.-DOI: <https://doi.org/10.1136/jitc-2023-007307>.
30. Villena García A.C., Fernandez-Alvira J.M., Martínez-González M.Á., et al. 18FDG PET/CT & arterial inflammation: predicting cardiovascular events in lung cancer. *QJM.* 2019; 112(6): 401-407.-DOI: <https://doi.org/10.1093/qjmed/hcz036>.
31. Lu Y., Tan Y., Schwartz L.H., et al. Deep learning-based long term mortality prediction in the National Lung Screening Trial. *IEEE Access.* 2022; 10: 34369-34378.-DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3161954>.
32. Vivekanandan D.D., Paulraj L., Sathvik C., et al. Artificial intelligence-driven advances in coronary calcium scoring: expanding preventive cardiology. *Cureus.* 2024; 16(11).-DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.74681>.
33. Lu Y., Tan Y., Schwartz L.H., et al. A hybrid CNN-RNN approach for survival analysis in a Lung Cancer Screening study. *Heliyon.* 2023; 9(8).-DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18695>.
34. Murphy A. C., Koshy A. N., Yudi M. B. Ischaemic heart disease and Cancer: Competing malignant conditions. *BMC Cardiovascular Disorders.* 2020; 20: 1-3.-DOI: <https://doi.org/10.1186/s12872-020-01539-5>.

Поступила в редакцию / Received / 11.06.2025
 Прошла рецензирование / Reviewed / 18.07.2025
 Принята к печати / Accepted for publication / 25.09.2025

Сведения об авторах / Author Information / ORCID

Валерия Юрьевна Чернина / Valeria Yu. Chernina / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0302-293X>; eLibrary SPIN: 8896-8051; Researcher ID (WOS): AAB-3925-2021; Author ID (Scopus): 57210638679.

Анна Александровна Мелдо / Anna A. Meldo / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4906-9901>; eLibrary SPIN: 7434-6468; Author ID (Scopus): 57190565637.

Виктор Александрович Гомболевский / Victor A. Gombolevskiy / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1816-1315>; eLibrary SPIN: 6810-3279; Researcher ID (WOS): J-3389-2017; Author ID (Scopus): 57204359134.

Михаил Юрьевич Вальков / Mikhail Yu. Valkov / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3230-9638>; eLibrary SPIN: 8608-8239; Researcher ID (WOS): L-4441-2018; Author ID (Scopus): 6506508968.

