

<https://doi.org/10.29001/2073-8552-2025-40-3-212-224>  
УДК 616.712-084-073.75-047.44:355.511.512

# Анализ ошибок автоматической сортировки профилактических исследований грудной клетки: основные причины возникновения и возможные варианты снижения их количества

Бажин А.В., Васильев Ю.А., Владимирский А.В.

Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы (НПКЦ ДиТ ДЗМ), 127051, Российская Федерация, Москва, ул. Петровка, 24, стр. 1

## Аннотация

**Введение.** Высокая распространенность проведения рентгенографических и флюорографических исследований органов грудной клетки приводит к значительной нагрузке на службу лучевой диагностики. Одним из перспективных решений, направленных на оптимизацию процесса анализа профилактических исследований (рентгенографии и флюорографии), является использование технологий искусственного интеллекта (ТИИ). Такой подход демонстрирует эффективность в сортировке исследований на основе бинарной оценки («норма» / «не норма»). В ходе оценки данного метода были выявлены недочеты в виде ложноотрицательных результатов, требующих дальнейшего изучения и совершенствования.

**Цель:** оценить потенциальные пути снижения количества ложноотрицательных результатов автоматизированной сортировки профилактических рентгенографических исследований органов грудной клетки с помощью программного обеспечения на основе ТИИ.

**Материал и методы.** В ходе ретроспективного диагностического исследования, проведенного в период с 01.05.2025 по 30.06.2025 г., была проанализирована выборка из 411 случаев ложноотрицательных результатов, выявленных при оценке эффективности автоматизированной сортировки с помощью трех различных сервисов на основе ТИИ. Исследование базировалось на данных профилактических лучевых исследований органов грудной клетки, полученных при оказании медицинской помощи в амбулаторных условиях и в ходе массовых медицинских осмотров взрослого населения г. Москвы. Полученные изображения были повторно проанализированы двумя опытными врачами-рентгенологами (стаж работы более 10 лет) с учетом клинической информации и данных анамнеза пациента. Использовались методы аналитической и описательной статистики.

**Результаты.** Большинство ( $n = 266$ ) ложноотрицательных результатов было связано с пропуском инфильтративных изменений и очагов в легких. Остальные клинически значимые расхождения были установлены в 24 случаях. При анализе архивных данных и медицинской истории пациентов была выявлена дополнительная информация, которая при ее использовании в сервисах на основе ТИИ могла бы повлиять на интерпретацию исследований и уменьшить риск ложноотрицательных результатов. Такие данные были обнаружены в 68,3% случаев ( $n = 198$ ) с клинически значимыми и в 5% ( $n = 6$ ) – с клинически незначимыми пропусками.

**Заключение.** Снижение числа ложноотрицательных результатов требует комплексного подхода: внедрения дублирующего сервиса ТИИ, повышения качества направлений от врачей, а также интеграции в алгоритмы ТИИ клинических данных и результатов предыдущих исследований пациентов, что в свою очередь означает развитие мультимодального программного обеспечения с использованием ТИИ.

## Ключевые слова:

искусственный интеллект; автономный искусственный интеллект; медицинская профилактика; флюорография; рентгенография; диспансеризация.

## Финансирование:

исследование проведено в соответствии с постановлением Правительства г. Москвы от 24.04.2024 г. № 869-ПП «О проведении эксперимента по автоматизированной интерпретации данных рентгенологических исследований на основе технологий искусственного интеллекта» и приказом Департамента здравоохранения г. Москвы от 26.04.2024 г. № 360 «О правилах проведения эксперимента по автоматизированной интерпретации данных рентгенологических исследований на основе технологий искусственного интеллекта».

Бажин Александр Владимирович, e-mail: [BazhinAV@zdrav.mos.ru](mailto:BazhinAV@zdrav.mos.ru).

<b>Соответствие этики:</b>	<b>принципам</b>	исследование основано на результатах эксперимента по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения в системе здравоохранения г. Москвы, утвержденного этическим комитетом НЭК МРО РОПП (протокол № 2 от 20.02.2020 г.), а также зарегистрированного на ClinicalTrials (NCT04489992).
<b>Для цитирования:</b>		Бажин А.В., Васильев Ю.А., Владзимирский А.В. Анализ ошибок автоматической сортировки профилактических исследований грудной клетки: основные причины возникновения и возможные варианты снижения их количества. <i>Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины</i> . 2025;40(3):212–224. <a href="https://doi.org/10.29001/2073-8552-2025-40-3-212-224">https://doi.org/10.29001/2073-8552-2025-40-3-212-224</a>

## Errors in automated triage of preventive chest scans: main causes and potential reduction strategies

Bazhin A.V., Vasilev Yu.A., Vladzimirskyy A.V.

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department (Center for Diagnostics and Telemedicine), 24, Petrovka str., bldg. 1, Moscow, 127051, Russian Federation

**Introduction.** The high prevalence of chest X-ray and fluorographic examinations creates significant workload for the radiology department. One promising solution for optimizing the preventive radiography and fluorography pipelines is employing artificial intelligence (AI) technologies. This approach demonstrates effectiveness in triaging studies based on binary assessment (“normal”/“abnormal”). Evaluation of this method identified shortcomings in the form of false-negative results requiring further study and improvement.

**Aim:** To evaluate potential methods for reducing false-negative results in automated triage of preventive chest radiographic examinations using AI-powered software.

**Material and Methods.** In a retrospective diagnostic study conducted from May 1, 2025, to June 30, 2025, we analyzed 411 cases of false-negative results identified during evaluation of automated triage powered by three different AI models. The study utilized data from preventive chest radiographic examinations performed in outpatient setting and mass screening examinations of the adult population in Moscow. Images were re-analyzed by two expert radiologists (> 10 years of experience) considering the available clinical information and patient history data. Analytical and descriptive statistical methods were used.

**Results.** The majority ( $n = 266$ ) of false-negative results were associated with missed infiltrative changes and pulmonary foci. The remaining clinically significant discrepancies were observed in 24 cases.

Analysis of archival data and patient histories identified additional information that, when integrated into AI-powered services, could influence study interpretation and reduce false-negative risk. Such data were found in 68.3% of cases ( $n = 198$ ) with clinically significant omissions and in 5% ( $n = 6$ ) with clinically insignificant omissions.

**Conclusion.** Reducing false-negative results requires an integrated approach: implementing duplicate AI services, improving physician referral quality, and integrating clinical data and previous patient study results into AI algorithms, necessitating development of multimodal AI software.

<b>Keywords:</b>	artificial intelligence; autonomous artificial intelligence; preventive medicine; fluorography; radiography; medical screening.
<b>Funding:</b>	the study was conducted in accordance with the Decree of the Government of Moscow dated April 24, 2024, No. 869-PP “On conducting an experiment on automated interpretation of X-ray examination data based on artificial intelligence technologies” and the order of the Moscow Healthcare Department dated April 26, 2024, No. 360 “On the rules for conducting an experiment on automated interpretation of X-ray examination data based on artificial intelligence technologies”.
<b>Compliance with ethical principles:</b>	this study is based on results from an experiment on innovative computer vision technologies for medical image analysis and implementation in the Moscow healthcare system, approved by the Ethics Committee of the IEC MRO RORR (protocol No. 2 dated February 20, 2020) and registered on ClinicalTrials (NCT04489992).
<b>For citation:</b>	Bazhin A.V., Vasilev Yu.A., Vladzimirskyy A.V. Errors in automated triage of preventive chest scans: main causes and potential reduction strategies. <i>Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine</i> . 2025;40(3):212–224. <a href="https://doi.org/10.29001/2073-8552-2025-40-3-212-224">https://doi.org/10.29001/2073-8552-2025-40-3-212-224</a>

## Введение

Рентгенография и флюорография в настоящее время имеют большое значение для раннего выявления социально значимых заболеваний: онкологических, инфекционных и других<sup>1</sup> [1]. Повсеместная распространенность рентгенологического оборудования делает возможным выполнение данных исследований широкому кругу населения, что особенно важно в рамках скрининговых программ. Так, согласно ф. 30 за 2024 г., практически половина лучевых исследований – это рентгенография или флюорография органов грудной клетки.

Вместе с высокой значимостью данных исследований их колоссальное количество однозначно создает нагрузку на службу лучевой диагностики на фоне кадрового дефицита врачей-рентгенологов, фиксируемого разными авторами [2, 3]. При этом основная часть любой скрининговой программы – исследования здоровых людей, а соответственно, подавляющее количество изображений, которые попадают на оценку врачам, являются нормой. В итоге врачи-рентгенологи попадают в ситуацию, когда основная часть их работы заключается в констатации факта отсутствия патологических изменений. Отвлечение высококвалифицированных медицинских кадров для рутинной задачи означает неэффективное использование ограниченного ресурса, что ведет как к профессиональному выгоранию специалистов, так и снижению доступности других лучевых исследований.

Внедрение автоматизированного анализа лучевых изображений показало свою эффективность. Сортировка с помощью программного обеспечения на основе технологий искусственного интеллекта (ТИИ) в виде бинарной оценки профилактических исследований (рентгенографии и флюорографии) с отнесением их к «норме» или «не норме» способна отсеять практически половину исследований, которые не попадут на оценку врачам-рентгенологам. При реализации данного алгоритма к категории «не норма» относились все случаи любых отклонений (патологические состояния, последствия перенесенных заболеваний и операций, возрастные и врожденные особенности и т. д.), которые направлялись на описание врачу-рентгенологу. «Нормой» считались случаи без признаков патологических отклонений, которые потенциально не требовали описания врачом-рентгенологом [4].

В мае–сентябре 2024 г. в г. Москве проведено проспективное многоцентровое диагностическое исследование с целью оценки результативности и эффективности автономной сортировки результатов профилактических лучевых исследований органов грудной клетки в условиях практического здравоохранения. В исследование включены результаты 575 549 профилактических лучевых исследований, полученных при флюорографии и рентгенографии органов грудной клетки и обработанные с применением трех медицинских изделий на основе ТИИ. При автономной сортировке к категории «норма» отнесены 54,8% профилактических лучевых исследований, получена пропорциональная экономия труда врача-рентгенолога, сокращены финансовые расходы. С точки зрения медицинской эффективности полностью корректная автономная сортировка зафиксирована в 99,95% случаев; соответственно, клинически значимые расхождения отмечены в 0,05% случаев (95% ДИ 0,04; 0,06%). Детально

ход и результаты данного исследования опубликованы ранее [5].

В ходе оценки эффективности медицинской сортировки были выявлены ее недочеты в виде ложноотрицательных результатов (не выявленные патологические изменения), которые достигали 0,05% случаев. Для снижения их количества на первом этапе была предложена оценка исследований двумя сервисами на основе ТИИ, что действительно дало результаты и привело к снижению количества расхождений на 31,6%. Однако внедрение оценки всех исследований вторым сервисом также снизит и эффективность автоматизированной сортировки за счет отнесения более чувствительным сервисом части исследований с «нормой» в категорию «не норма».

Для поиска других решений по снижению количества ложноотрицательных результатов автоматизированной сортировки рентгенограмм и флюорограмм была проведена подробная оценка всех случаев расхождений с учетом клинико-anamnestических данных пациентов.

Цель исследования: оценить потенциальные пути снижения количества ложноотрицательных результатов автоматизированной сортировки профилактических рентгенографических исследований органов грудной клетки с помощью программного обеспечения на основе ТИИ.

## Материал и методы

**Дизайн исследования:** ретроспективное диагностическое исследование.

**Продолжительность исследования:** 01.05.2025–30.06.2025 гг.

**Условия проведения:** исследование выполнено с использованием результатов профилактических лучевых исследований органов грудной клетки, проведенных в медицинских организациях Департамента здравоохранения г. Москвы при оказании медицинской помощи в амбулаторных условиях и при проведении массовых профилактических осмотров взрослого населения.

### Критерии включения:

- возраст пациента 18 и более лет;
- назначение профилактического исследования органов грудной клетки уполномоченным врачом городской поликлиники;
- подписанное добровольное информированное согласие пациента на оказание медицинской помощи и проведение лучевых исследований в данной городской поликлинике;
- наличие данных профилактического лучевого исследования, проанализированного медицинским изделием на основе ТИИ с ложноотрицательным результатом.

### Критерии исключения:

- отсутствие результатов профилактического лучевого исследования и / или результатов его автоматизированной обработки в Едином радиологическом информационном сервисе Единой медицинской информационно-аналитической системы г. Москвы (ЕРИС ЕМИ-АС);
- технические дефекты при выполнении профилактического лучевого исследования.

### Классификация расхождений

Оценка правильности решений о сортировке, принимаемых медицинскими изделиями, проводилась на ос-

<sup>1</sup> Ивашкин Ю.М. Активность лучевого скрининга легких при профилактических медицинских осмотрах и диспансеризации. В сборнике: Высшая школа: научные исследования. Материалы Межвузовского международного конгресса. Москва. 2024:139–141.

нове утвержденной Департаментом здравоохранения г. Москвы методики оценки качества рентгенорадиологических исследований<sup>2</sup>:

1. Клинически значимые расхождения: ателектаз; диссеминация; инфильтрация / консолидация; нарушение целостности кортикального слоя кости; очаг затенения; плевральный выпот; пневмоторакс; полость; расширение средостения.

2. Клинически незначимые расхождения: кальцинат / кальцинированная тень в легких; кардиомегалия; консолидированный перелом.

### Медицинские изделия на основе технологий искусственного интеллекта

В исходном исследовании применялись следующие медицинские изделия для автоматизированного анализа результатов рентгенографии / флюорографии органов грудной клетки:

1. «Программа автоматизированного анализа цифровых рентгенограмм органов грудной клетки / флюорограмм по ТУ 62.01.29-001-96876180-2019» (ООО «ФтизисБиоМед»; РЗН 2022/17406).

2. «Третье Мнение. Флюорограммы / Рентгенограммы» (ООО «Платформа Третье Мнение»; РЗН 2021/14506).

3. «Цельс» (ООО «Медицинские скрининг системы»; РЗН 2021/14449).

Включенные сервисы ИИ были настроены на чувствительность 1,0 (95% ДИ 1,0; 1,0); значение специфичности было не существенно.

### Общий ход исследования

Ранее выполнено исследование эффективности автоматической сортировки результатов профилактических лучевых исследований органов грудной клетки [5], по итогам которого сформирована выборка, состоящая из случаев с клинически значимыми ( $n = 290$ ) и клинически незначимыми ( $n = 121$ ) расхождениями между решениями медицинского изделия на основе ТИИ и врачей-экспертов.

Фактически выборка представляла собой случаи ложноотрицательных срабатываний медицинских изделий на основе ТИИ.

В ходе текущего исследования указанная выборка была повторно проанализирована двумя врачами-рентгенологами со стажем работы более 10 лет. При ретроспективной интерпретации результатов лучевых исследований использованы анамнестические, клинические данные, результаты предыдущих диагностических исследований.

Источник данных: ЕРИС ЕМИАС.

### Методы:

1. Аналитические (анализ, синтез).
2. Описательной статистики с применением программы «MedCalc 18» (MedCalc Software Ltd, Бельгия).

### Результаты

Большинство ложноотрицательных результатов ( $n = 266$ ; 64,7% среди всех пропущенных патологических изменений и 91,7% из клинически значимых расхождений) были связаны с пропуском инфильтрации легочной тка-

ни и наличием очагов затенения. Данные семиотические признаки могут скрывать за собой клинически и социально значимые заболевания, такие как воспалительные изменения легких (пневмония), специфические инфекции (например, туберкулез), образования в легких. Остальные клинически значимые расхождения были выявлены в 24 случаях (8,3% из клинически значимых расхождений), однако в их число входили ателектаз, диссеминация, полость, оценка которых особенно важна для выбора дальнейшей тактики лечения пациента (табл. 1).

При оценке инфильтративных изменений наибольшее количество пропусков имело локализацию в нижних отделах легочных полей, что обусловлено более низкой прозрачностью легких в данных областях, суммацией с легочным рисунком. При сопоставлении с данными анамнеза клинические проявления острого респираторного заболевания и наличие характерных для воспалительного процесса в легких аускультативных признаков в виде хрипов в легких были выявлены у 85,6% ( $n = 161$ ) пациентов (рис. 1). Данный факт, во-первых, требует более тщательного подхода к оценке наличия инфильтративных изменений легких при анализе данных исследований медицинским изделием на основе ТИИ, а, во-вторых, эта категория пациентов должна направляться на диагностическое исследование, что позволит исключить их из автоматической сортировки. В 10,1% ( $n = 19$ ) исследования являлись динамикой – выполнялись в процессе или после окончания лечения выявленных ранее инфильтративных изменений в легких. Более того, в 9 случаях при первом исследовании инфильтративные изменения были зарегистрированы и адекватно промаркированы сервисом на основе ТИИ (рис. 2). Это подчеркивает необходимость учета данных предыдущих исследований с целью более тщательной оценки изменений в легких.

Пропуски очагов во многом зависели от их размеров, интенсивности затенения и расположения в проекции легочных полей. Среди ложноотрицательных результатов преобладали очаги размером до 10 мм, средней или низкой интенсивности (рис. 3). Однако в 4,1% ( $n = 12$ ) случаях были пропущены очаги больших размеров (рис. 4).

При оценке клинической информации в 2 (2,6%) наблюдениях данные о наличии очага в легких были указаны в анамнезе, в 14 (17,9%) случаях в доступном архиве изображений данные очаги были выявлены и описаны либо при предыдущих рентгенографических исследованиях, либо при выполнении компьютерной томографии (КТ) (см. рис. 4).

В остальной группе с клинически значимыми пропусками сортировки у одного пациента (50%) имелась клиническая информация о наличии в анамнезе инфильтративного туберкулеза, в архиве было КТ-исследование с признаками множественных кальцинатов в легких и обызвествленных внутригрудных лимфатических узлов (рис. 5). В одном случае (50%) полостная структура в легком (булла) была выявлена и описана ранее при КТ-исследовании (рис. 6).

Среди клинически незначимых расхождений в архивных исследованиях были данные о наличии в 6 случаях (13,6%) кальцинатов в легких (рис. 7).

При общей оценке архивных исследований и анамнеза дополнительная информация, которая при включении

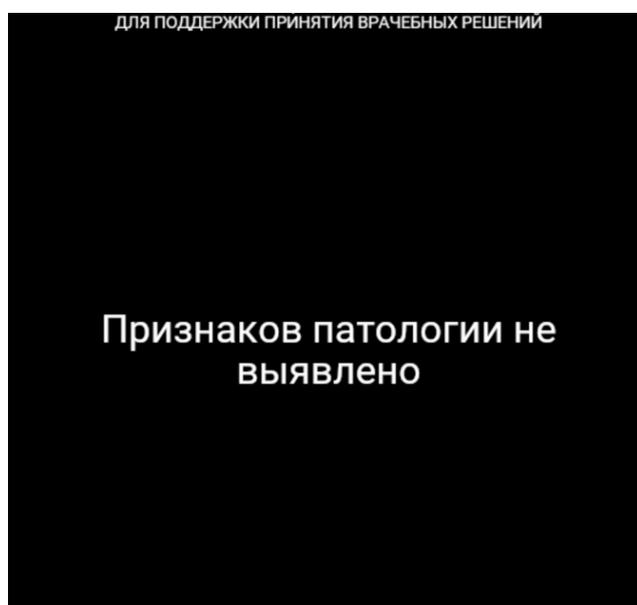
<sup>2</sup> Оценка качества рентгенорадиологических исследований: методические рекомендации / сост. С.П. Морозов, Н.Н. Ветшева и др. Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики», вып. 48: ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»; 2019:47.

**Таблица 1.** Количество клинически значимых и клинически незначимых ложноотрицательных результатов по видам патологических изменений  
**Table 1.** Number of clinically significant and clinically insignificant false-negative results by abnormality type

Вид патологических изменений	Абсолютное количество	Относительное количество в зависимости от группы расхождений (%)	Относительное количество среди всех наблюдений с расхождениями (%)
Клинически значимые расхождения, из них:	290	100,0	70,6
Инфильтрация или консолидация	188	64,8	45,7
Очаг затенения:	78	26,9	19,0
– более 10 мм	12	4,1	2,9
Расширение средостения	9	3,1	2,2
Плевральный выпот	5	1,7	1,2
Нарушение целостности кортикального слоя кости	3	1,0	0,7
Ателектаз	3	1,0	0,7
Диссеминация	2	0,7	0,5
Полость	2	0,7	0,5
Клинически незначимые расхождения, из них:	121	100,0	29,4
Консолидированный перелом	76	62,8	18,5
Кальцинат или кальцинированная тень в легких	44	36,4	10,7
Кардиомегалия	1	0,8	0,2
Всего	411	–	100



а



б

Рис. 1. Пациент 28 л., обратился к терапевту с жалобами на лихорадку, продуктивный кашель, при осмотре влажные хрипы в нижних отделах справа. Рентгенограмма органов грудной клетки в прямой проекции (а), результат работы сервиса на основе ТИИ (б). В нижнемедиальных отделах правого легочного поля, на уровне 3–6 межреберьев по передним отрезкам ребер определяется средней интенсивности тень неправильной формы, с нечеткими, неровными контурами, размером 103 мм (а). Целевая патология сервисом на основе ТИИ не найдена (б)

Fig. 1. A 28-year-old patient consulted a physician with complaints of fever, productive cough, and wet rales in the right lower lung fields on examination. Anteroposterior chest radiograph (a), AI service result (b). In the lower medial right lung field at the level of the 3rd–6th intercostal spaces along the anterior rib segments, a medium-intensity shadow of irregular shape with fuzzy, uneven contours measuring 103 mm is identified (a). The target pathology was not detected by the AI service (b)

в алгоритм работы программных продуктов на основе ТИИ может изменить характер интерпретации изменений и снизить вероятность ложноотрицательного результата, была получена в 68,3% случаев ( $n = 198$ ) с клинически значимыми пропусками и в 5% ( $n = 6$ ) случаев с клинически незначимыми пропусками (табл. 2).

### Обсуждение

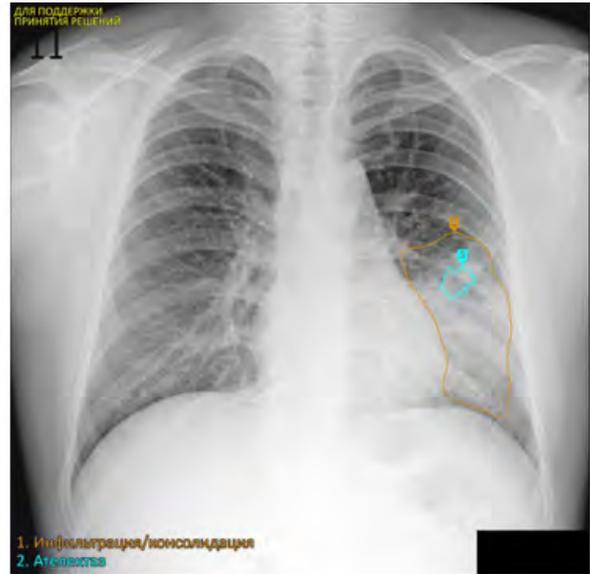
Увеличение доступности диагностического оборудования неуклонно приводит к повышению нагрузки на медицинский персонал службы лучевой диагностики, особенно врачей-рентгенологов. Решить данную проблему

можно за счет внедрения систем автоматизации, которые возьмут на себя рутинную функцию, с исключением из работы врача части его задач. Наиболее эффективным в данном случае может стать сортировка профилактических исследований с полным исключением из дальнейшей оценки врачами-рентгенологами части исследований без патологических изменений.

Одним из очевидных направлений в данном случае является автономная сортировка сервисами на основе ТИИ профилактических исследований органов грудной клетки, которые в общем количестве лучевых исследований занимают более половины. При этом первоочеред-



а



б



в



г

Рис. 2. Пациент 27 л., первичная рентгенограмма органов грудной клетки в прямой проекции (а), результат работы сервиса на основе ТИИ (б); рентгенограмма, выполненная через 9 дней и прошедшая автономную сортировку (в), результат работы сервиса на основе ТИИ (г). В нижних отделах левого легочного поля, на уровне 4–6 межреберьев по передним отрезкам ребер определяется зона снижения прозрачности легочной ткани неправильной формы средней интенсивности, с нечеткими, неровными контурами, размером 124 мм (а), уменьшение размеров зоны инфильтративных изменений до 61 мм (в). Маркировка изменений сервисом ИИ (б), отсутствие выявленных изменений сервисом на основе ТИИ (г)

Fig. 2. A 27-year-old patient, native anteroposterior chest radiograph (a), AI service result (b); the radiograph taken 9 days later and sorted autonomously (c) and AI service result (d). In the lower left lung field at the level of the 4th–6th intercostal spaces along the anterior rib segments, a zone of decreased lung tissue transparency of irregular shape and medium intensity with fuzzy, uneven contours measuring 124 mm is identified (a), with decreased infiltrative change zone size to 61 mm (c). Changes marked by the AI service (b), no changes detected by the AI service (d)

ными задачами внедрения данных систем является эффективное выявление исследований без патологических изменений и снижение количества ложноотрицательных результатов сортировки.

В ходе эксперимента было выявлена высокая эффективность работы сервисов ИИ, которые смогли отнести к «норме» 54,8% исследований ( $n = 315\ 491$ ). Однако в 411 случаях (0,07%) были выявлены ложноотрицательные результаты автоматизированной сортировки, которые в

0,05% ( $n = 290$ ) могли повлиять на тактику лечения пациентов.

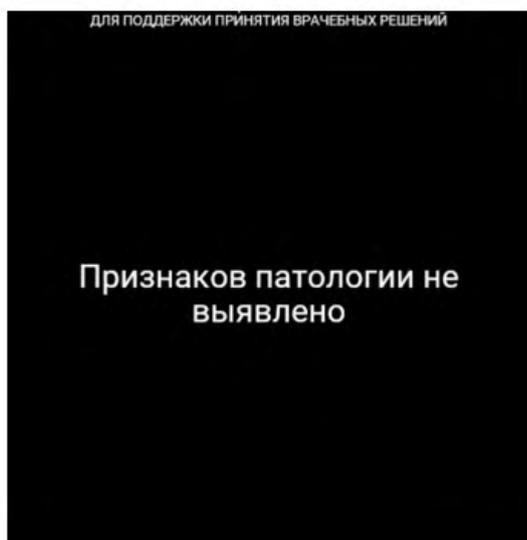
Первично с целью уменьшения количества ложноотрицательных результатов было предложено использование двойной сортировки, с оценкой одного исследования двумя программными продуктами на основе ТИИ, что снизило количество ложноотрицательных результатов на 31,6%. Потенциально можно снизить и эффективность медицинской сортировки за счет ложноположительных



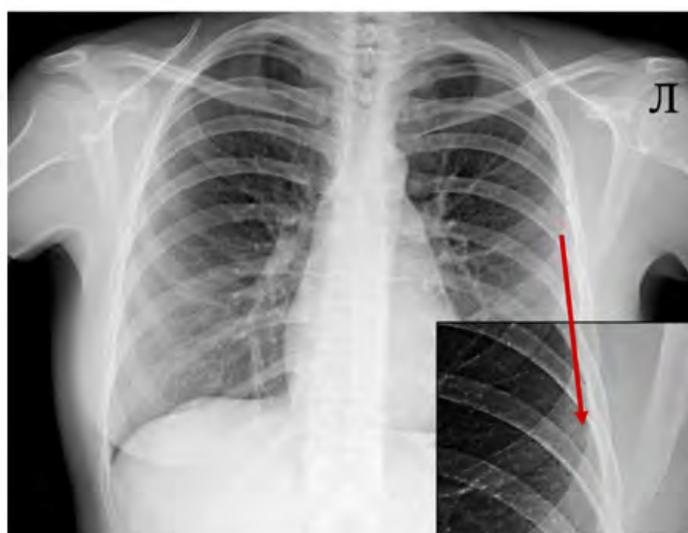
а



б



в



г

Рис. 3. Пациент 36 л., флюорограмма в прямой проекции (а), увеличенный фрагмент флюорограммы на уровне средних отделов левого легочного поля (б), результат работы сервиса на основе ТИИ (в), архивная рентгенограмма с увеличением фрагментов, выполненная 3 месяцами ранее (г). В средних отделах левого легочного поля, на уровне 3 межреберья по передним отрезкам ребер на уровне передней подмышечной линии определяется низкой интенсивности очаг, с четкими, ровными контурами, размером 8 мм (а, б, г). Целевая патология сервисом на основе ТИИ не найдена (в)  
 Fig. 3. A 36-year-old patient, fluorogram in anteroposterior view (a), enlarged fluorogram fragment at the level of the middle left lung field (b), AI service result (c), archival radiograph with enlarged fragment taken 3 months earlier (d). In the middle left lung field at the level of the 3rd intercostal space along the anterior rib segments at the anterior axillary line, a low-intensity lesion with clear, smooth contours measuring 8 mm is identified (a, b, d). The target pathology was not detected by the AI service (c)

результатов при работе более чувствительного сервиса на основе ТИИ и увеличения стоимости системы автоматизации в результате необходимости использования двух сервисов на основе ТИИ.

Другой путь решения проблемы снижения количества ложноотрицательных результатов – это оценка дополнительной информации, которую средства автоматизированной сортировки способны получить из электронной карты пациента и его архива медицинских изображений. Данный подход к оценке состояния здоровья пациентов неоднократно оценивался различными научными коллек-

тивами и потенциально способен повысить точность результата работы технологий на основе ТИИ [6–8].

Большинство клинически значимых расхождений были связаны с наличием инфильтративных изменений в легких. Подавляющее большинство изменений, пропущенных при работе сервисов на основе ТИИ, имели локализацию в медиабазальных отделах легочных полей, что затрудняло сегментацию изменений на фоне более высокой рентгеновской плотности легочной тени и большей плотности структурных элементов легочного рисунка в данных отделах. При оценке медицинской карты данных



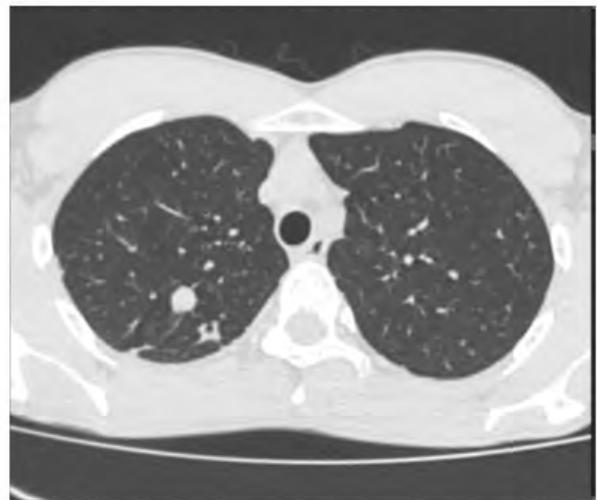
а



б



в



г

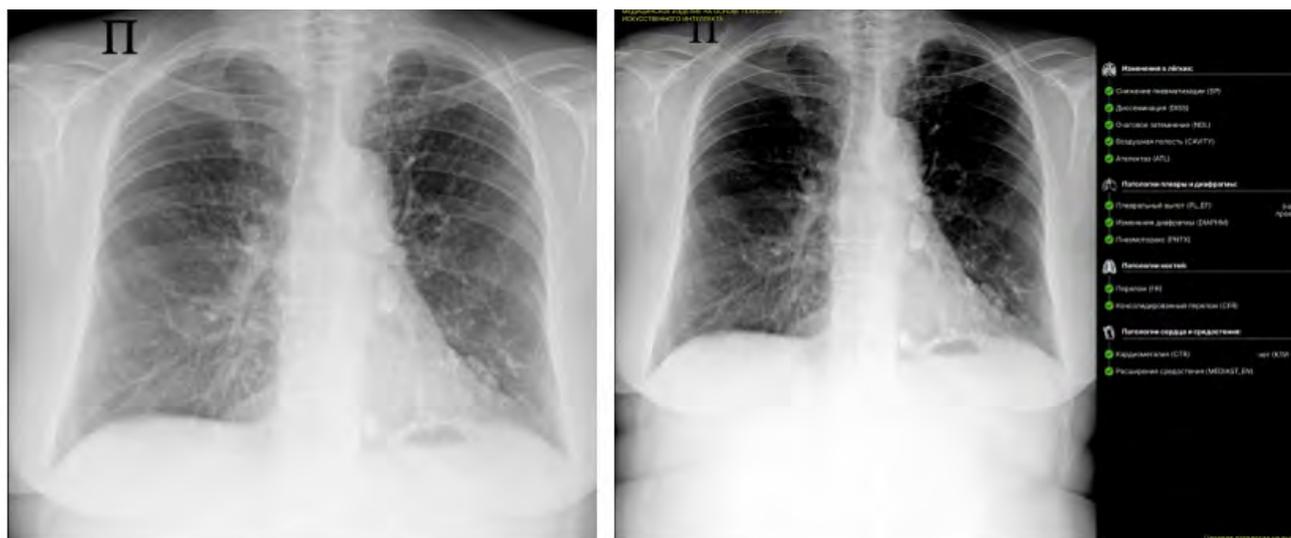
Рис. 4. Пациентка 38 д., рентгенограмма органов грудной клетки в прямой проекции (а), увеличенный фрагмент рентгенограммы на уровне верхних отделов правого легочного поля (б), результат работы сервиса на основе ТИИ (в), компьютерная томограмма в аксиальной плоскости (г), выполненная 4 годами ранее. В верхних отделах правого легочного поля, на уровне 1 ребра по переднему отрезку по парастернальной линии определяется высокоинтенсивная тень округлой формы, с четкими, ровными контурами, размером 15 мм (а, б). Целевая патология сервисом на основе ТИИ не найдена (в). Очаг S2 правого легкого размером 13 мм (г)

Fig. 4. A 38-day-old patient, anteroposterior chest radiograph (a), enlarged radiograph fragment at the level of the upper right lung field (b), AI service result (c), axial computed tomography performed 4 years earlier (d). In the upper right lung field at the level of the 1st rib along the anterior segment at the parasternal line, a high-intensity rounded shadow with clear, smooth contours measuring 15 mm is identified (a, b). The target pathology was not detected by the AI service (c). The right lung S2 lesion measures 13 mm (d)

пациентов в 85,6% случаев была выявлена информация о наличии острого респираторного заболевания. Во-первых, это указывает на ошибочность направления пациента на профилактическое исследование, что должно было еще в рамках назначения исключить данную группу пациентов из автономной сортировки. Во-вторых, наличие в карте указания на острое респираторное заболевание может скорректировать чувствительность программного

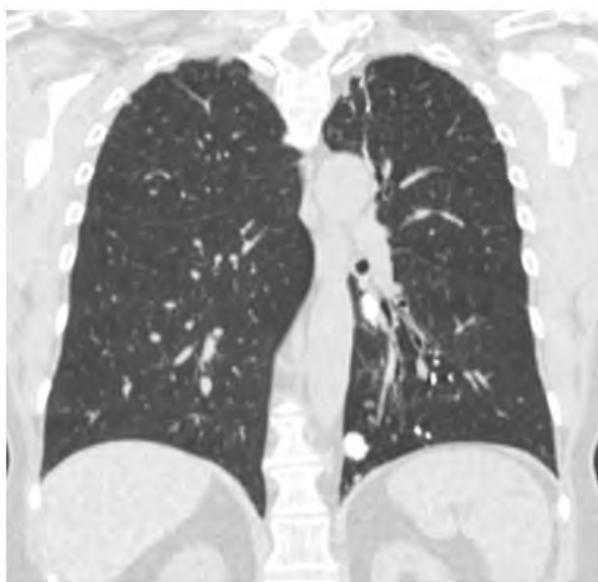
продукта на основе ТИИ с более высокими показателями выявления инфильтративных изменений.

В другой группе пациентов с инфильтративными изменениями легких были назначены динамические (повторные) исследования в ходе лечения (10,1%). Данная категория также должна была быть направлена на диагностическое исследование и не включаться в автоматизированную медицинскую сортировку, но при включении



а

б



в

Рис. 5. Пациент 69 лет, рентгенограмма органов грудной клетки в прямой проекции (а), результат работы сервиса на основе ТИИ (б), компьютерная томограмма в аксиальной плоскости, выполненная 6 годами ранее (в). В проекции нижних отделов левого легочного поля отмечаются высокоинтенсивные очаги размером от 5 до 15 мм, отмечаются высокоинтенсивные тени в проекции корня левого легкого и средостения (а), аналогичные изменения регистрировались ранее на компьютерной томограмме во фронтальной плоскости (в). Целевая патология сервисом на основе ТИИ не найдена (б)

Fig. 5. A 69-year-old patient, anteroposterior chest radiograph (a), AI service result (b), axial CT scan performed 6 years earlier (c). In the lower left lung field projection, high-intensity foci ranging from 5 mm to 15 mm are observed, along with high-intensity shadows in the left lung root and mediastinum projection (a); similar changes were previously recorded on the frontal CT scan (c). The target pathology was not detected by the AI service (b)

в нее при наличии клинических данных и предыдущих исследований указанная информация должна учитываться в работе программных продуктов на основе ТИИ, особенно при адекватной маркировке патологических изменений на первичном диагностическом изображении.

При оценке очаговых изменений значимая для интерпретации информация содержалась как в медицинских картах 2 (2,6%) пациентов, так и в предыдущих исследованиях 14 (17,9%) пациентов. При этом подавляющее большинство (84,6%) пропущенных очагов имели размеры менее 10 мм, а следовательно, низкую или среднюю интенсивность затенения, что также снижало эффектив-

ность их обнаружения и маркировки. В остальных случаях клинически значимых пропусков сортировки у одного пациента данные об интерстициальном заболевании с признаками диссеминированного процесса были как в медицинской карте, так и предыдущих исследованиях, а у пациента с полостной структурой (буллой) имелись результаты компьютерной томографии.

Первое, что обращает на себя внимание при оценке клинически значимых расхождений – это неверное назначение профилактических исследований пациентам с наличием признаков заболеваний органов дыхания. Данные пациенты еще при направлении должны быть



а



б



в

Рис. 6. Пациент 38 л., рентгенограмма органов грудной клетки в прямой проекции (а), компьютерная томограмма в аксиальной плоскости, выполненная 2 годами ранее (б), результат работы сервиса на основе ТИИ (в). В проекции верхних отделов правого легочного поля отмечается зона просветления с четкой, неровной нижней границей – воздушная полость (а), аналогичные изменения отмечаются на компьютерной томограмме во фронтальной плоскости (б). Целевая патология сервисом на основе ТИИ не найдена (в)

Fig. 6. A 38-year-old patient, anteroposterior chest radiograph (a), axial CT scan performed 2 years earlier (b), AI service result (c). In the upper right lung field projection, a zone of lucency with a clear, uneven lower border is noted—an air cavity (a); similar changes are noted on the frontal CT scan (b). The target pathology was not detected by the AI service (c)

исключены из программ профилактических осмотров и автоматизированной сортировки, что однозначно снизит количество ложноотрицательных результатов. Также следует отметить, что использование в работе программных продуктов на основе сервиса ТИИ, данных клинической информации (направление, осмотр врача-специалиста) и предыдущих лучевых исследований могут отразиться на качестве интерпретации в 68,6% случаев клинически значимых ложноотрицательных результатов. Указанный факт должен повлиять на дальнейшую работу по увели-

чению эффективности использования автономных систем сортировки медицинских изображений с помощью сервисов на основе ТИИ.

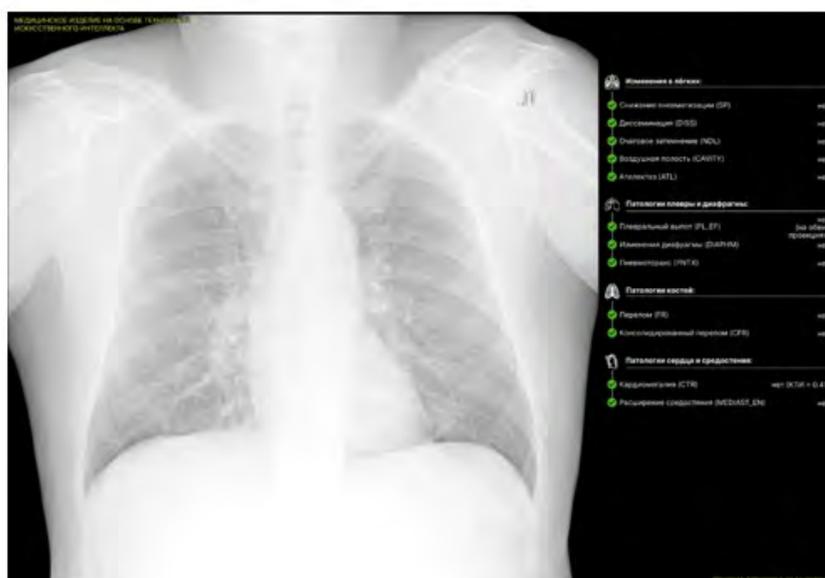
Еще одним вариантом нивелирования ложноотрицательных результатов работы программных продуктов на основе ТИИ при оценке профилактических исследований является возможность ручной отправки направляющими врачами на повторную оценку врачам-рентгенологам рентгенограмм при несовпадении клинической и рентгенологической картин.



а



б



в

Рис. 7. Пациент 59 л., рентгенограмма органов грудной клетки в прямой проекции (а), компьютерная томограмма в аксиальной плоскости, выполненная 4 годами ранее (б), результат работы сервиса на основе ТИИ (в). В проекции верхних отделов правого легочного поля отмечается высокоинтенсивный очаг размером 3 мм – кальцинат (а), аналогичные изменения отмечаются на компьютерной томограмме во фронтальной плоскости (б). Целевая патология сервисом на основе ТИИ не найдена (в)  
Fig. 7. A 59-year-old patient, anteroposterior chest radiograph (a), axial CT scan performed 4 years earlier (b), AI service result (c). In the upper right lung field projection, a high-intensity lesion measuring 3 mm is noted—calcification (a); similar changes are noted on the frontal CT scan (b). The target pathology was not detected by the AI service (c)

Решение такой сложной проблемы, как снижение количества ложноотрицательных результатов медицинской сортировки профилактических исследований органов грудной клетки требует комплексного подхода. Во-первых, необходимо неукоснительное соблюдение правил направления пациентов на скрининговые методы исследования; во-вторых, развитие так называемого мультимодального ИИ, способного одновременно анализировать и клинические данные, и результаты предыдущих лучевых исследований; в-третьих, подключение, при необходимости, второго сервиса ИИ; наконец, возможность самостоятельной ручной отправки исследования направляющим

врачом на повторную оценку врачом-рентгенологом при несоответствии клинической и рентгенологической картин. Все эти пути решения проблемы ошибочной сортировки помогут снизить количество клинически значимых расхождений до минимально возможного уровня, при этом сохранив высокую эффективность медицинской сортировки и снизив нагрузку на систему здравоохранения.

**Таблица 2.** Наличие дополнительной информации о клинически значимых и клинически незначимых ложноотрицательных результатах в анамнезе и по данным архива медицинских изображений**Table 2.** Availability of additional information on clinically significant and clinically insignificant false-negative results in patient history and medical image archive

Вид патологических изменений	Анамнез		Архив лучевых изображений	
	Абсолютное количество	Относительное количество (%)	Абсолютное количество	Относительное количество (%)
Клинически значимые расхождения, из них:	163	56,2	36	12,4
Инфильтрация или консолидация	161	85,6	19	10,1
Очаг затемнения	2	2,6	14	17,9
– более 10 мм	0	0,0	1	11,1
Расширение средостения	0	0,0	0	0,0
Плевральный выпот	0	0,0	0	0,0
Нарушение целостности кортикального слоя кости	0	0,0	0	0,0
Ателектаз	0	0,0	0	0,0
Диссеминация	0	0,0	1	50,0
Полость	0	0,0	1	50,0
Клинически незначимые расхождения, из них:	0	0,0	6	5,0
Консолидированный перелом	0	0,0	0	0,0
Кальцинат или кальцинированная тень в легких	0	0,0	6	13,6
Кардиомегалия	0	0,0	0	0,0
Всего	163	–	42	–

## Заключение

Автоматизация сортировки результатов профилактических исследований органов грудной клетки должна преследовать две цели: высокую эффективность для снижения нагрузки на систему здравоохранения и минимальное количество ложноотрицательных результатов.

Для выполнения этих задач необходим комплексный подход: внедрение в медицинскую сортировку второго, дублирующего сервиса ИИ; использование правильных назначений направляющими врачами; внедрение в алгоритм работы сервисов на основе ТИИ клинических данных и данных предыдущих лучевых исследований, то есть развитие мультимодального ИИ.

Использование комплексного подхода потенциально способно снизить количество клинически значимых ложноотрицательных результатов на 68,6%.

## Литература / References

- Игнатъева В.И., Концевая А.В., Калинина А.М., Дроздова Л.Ю., Муканеева Д.К., Драпкина О.М. Социально-экономическая эффективность мероприятий по раннему выявлению онкологических заболеваний при диспансеризации. *Профилактическая медицина*. 2024;27(1):36–44. <https://doi.org/10.17116/profmed20242701136>.
- Ignatyeva V.I., Kontsevaya A.V., Kalinina A.M., Drozdova L.Y., Mukaneeva, D.K., & Drapkina, O.M. (2024). Sotsialno-ekonomicheskaya effektivnost meropriyatiy po rannemu vyyavleniyu onkologicheskikh zabolevaniy pri dispanserizatsii. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2024;27(1):36–44. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/profmed20242701136>.
- Голубев Н.А., Огрызко Е.В., Тюрина Е.М., Шелепова Е.А., Шелехов П.В. Особенности развития службы лучевой диагностики в Российской Федерации за 2014–2019 годы. *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики*. 2021;(2):356–376. <https://doi.org/10.24412/2312-2935-2021-2-356-376>.
- Golubev N.A., Ogryzko E.V., Tyurina E.M., Shelepova E.A., Shelekhov P.V. (2021). Features of the development of the radiation diagnostics service in the russian federation for 2014-2019. *Current problems of health care and medical statistics*. 2021;(2):356–376. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2312-2935-2021-2-356-376>.
- Шелехов П.В. Кадровая ситуация в лучевой диагностике. *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики*. 2019;(1):265–275. <https://doi.org/10.24411/2312-2935-2019-10018>.
- Shelekhov P.V. Personnel situation in radiative diagnostics. *Current problems of health care and medical statistics*. 2019;(1):265–275. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/2312-2935-2019-10018>.
- Васильев Ю.А., Тьров И.А., Владимировский А.В., Арзамасов К.М., Пестренин Н.Д., Шулькин И.М. Новая модель организации массовых профилактических исследований, основанная на автономном искусственном интеллекте для сортировки результатов флюорографии. *Здоровье населения и среда обитания*. 2023;31(11):23–32. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-11-23-32>.
- Vasilev Yu.A., Tyrov I.A., Vladzimirskyy A.V., Arzamasov K.M., Pestrenin L.D., Shulkin I.M. A new model of organizing mass screening based on stand-alone artificial intelligence used for fluorography image triage. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(11):23–32. (In Russ.). <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-11-23-32>.
- Васильев Ю.А., Сычев Д.А., Бажин А.В., Шулькин И.М., Владимировский А.В., Голикова А.Ю. и др. Автономный искусственный интеллект для сортировки результатов профилактических рентгенологических исследований органов грудной клетки: медицинская и экономическая эффективность. *Digital Diagnostics*. 2025;6(1):5–22. <https://doi.org/10.17816/DD641703>.
- Vasilev Yu.A., Sychev D.A., Bazhin A.V., Shulkin I.M., Vladzimirskyy A.V., Golikova A.Yu. et. al. Autonomous artificial intelligence for sorting results of preventive radiological examinations of chest organs: medical and economic efficiency. *Digital Diagnostics*. 2025;6(1):5–22. <https://doi.org/10.17816/DD641703>.
- Zhang T., Ding R., Luong K.D., Hsu W. Evaluating an information theoretic approach for selecting multimodal data fusion methods. *J. Biomed. Inform.* 2025;167:104833. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2025.104833>.
- Varunkumar K., Zymbler M., Kumar S. Multimodal deep dilated convolutional learning for lung disease diagnosis. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2024;67:e24231088. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2024231088>.
- Oncu E., Ciftci F. Multimodal AI framework for lung cancer diagnosis: Integrating CNN and ANN models for imaging and clinical data analysis. *Comput. Biol. Med.* 2025;193:110488. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2025.110488>.



## Информация о вкладе авторов

Бажин А.В. – сбор данных, дизайн исследования, написание рукописи; Васильев А.Ю. – предварительный анализ задачи, научное сопровождение; Владимирский А.В. – формирование концепции исследования, дизайн исследования. Все авторы внесли значимый вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию статьи перед подачей к публикации.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Сведения об авторах

**Бажин Александр Владимирович**, канд. мед. наук, заместитель директора по образовательной деятельности, НПКЦ ДиТ ДЗМ, Москва, Россия, e-mail: [BazhinAV@zdrav.mos.ru](mailto:BazhinAV@zdrav.mos.ru); <https://orcid.org/0000-0003-3198-1334>.

**Васильев Юрий Александрович**, канд. мед. наук, главный врач, НПКЦ ДиТ ДЗМ, Москва, Россия, e-mail: [VasilevYA1@zdrav.mos.ru](mailto:VasilevYA1@zdrav.mos.ru); <https://orcid.org/0000-0002-5283-5961>.

**Владимирский Антон Вячеславович**, д-р мед. наук, заместитель директора по научной работе, НПКЦ ДиТ ДЗМ, Москва, Россия, e-mail: [VladimirskijAV@zdrav.mos.ru](mailto:VladimirskijAV@zdrav.mos.ru); <https://orcid.org/0000-0002-2990-7736>.

Поступила 02.07.2025;  
рецензия получена 21.07.2025;  
принята к публикации 30.07.2025.

## Information on author contributions

Bazhin A.V. – data collection, study design, manuscript writing; Vasilev A. Yu. – preliminary analysis of the problem, scientific support; Vladzimirskyy A. V. – formation of the research concept, investigation design. All authors made significant contribution to the research and preparation of the article, read and approved the final version of the article before publication.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

## Information about the authors

**Alexander V. Bazhin**, Cand. Sci. (Med.), Deputy Director for Educational Affairs, Moscow Center for Diagnostics and Telemedicine, Moscow, Russia, e-mail: [BazhinAV@zdrav.mos.ru](mailto:BazhinAV@zdrav.mos.ru); <https://orcid.org/0000-0003-3198-1334>.

**Yuriy A. Vasilev**, Cand. Sci. (Med.), Medical Director, Moscow Center for Diagnostics and Telemedicine, Moscow, Russia, e-mail: [VasilevYA1@zdrav.mos.ru](mailto:VasilevYA1@zdrav.mos.ru); <https://orcid.org/0000-0002-5283-5961>.

**Anton V. Vladzimirskyy**, Dr. Sci. (Med.), Deputy Director for Research, Moscow Center for Diagnostics and Telemedicine, Moscow, Russia, e-mail: [VladzimirskijAV@zdrav.mos.ru](mailto:VladzimirskijAV@zdrav.mos.ru); <https://orcid.org/0000-0002-2990-7736>.

Received 02.07.2025;  
review received 21.07.2025;  
accepted for publication 30.07.2025.