



ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1559>



Качество автоматизированного выявления синусита по результатам рентгенографии в условиях практического здравоохранения (проспективное диагностическое исследование)

© Бажин А.В.¹, Владимирский А.В.^{1,2}, Арзамасов К.М.¹,
Васильев Ю.А.¹, Семенов С.С.^{1*}

¹ ГБУЗ города Москвы “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗ города Москвы”; 127051 Москва, ул. Петровка, д. 24, стр. 1, Российская Федерация

² ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет); 119991 Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, Российская Федерация

Цель исследования: изучить диагностическую точность программного обеспечения на основе технологий искусственного интеллекта (ИИ) для диагностики верхнечелюстного и фронтального синусита (J01, J32) при его применении в условиях практического здравоохранения по данным рентгенографии.

Материал и методы. Проведено проспективное диагностическое исследование (10.2023–12.2024) по методологии STARD 2015. Индекс-тест – четыре анонимизированных ИИ-сервиса для анализа рентгенографии околоносовых пазух, интегрированные в ЕРИС ЕМИАС в рамках Московского Эксперимента. Референс-тест – оригинальная методология клинического мониторинга с двойным экспертным пересмотром, оценкой точности по критериям “трактовка” и “локализация”, расчетом чувствительности, специфичности и AUC. После тестирования в контуре ЕРИС ЕМИАС ИИ-сервисы работали с реальными данными, ежемесячно проходили клинический мониторинг.

Результаты. С октября 2023 г. по декабрь 2024 г. ИИ-сервисы проанализировали 126 547 рентгенограмм околоносовых пазух, из них 53% обработал ИИ-сервис-4. Объемы исследований варьировали в связи с разной продолжительностью работы сервисов.

Регулярный клинический мониторинг охватил 2320 рентгенограмм. Оценивалась правильность выявления патологии, точность ее классификации и локализации. Наивысшая диагностическая точность отмечена у ИИ-сервисов-1 и 2 (AUC 0,98 и 0,95; интегральная оценка – 95,1 и 83,3% соответственно). Они продемонстрировали высокую специфичность и точную локализацию патологий.

ИИ-сервисы-3 и 4 показали худшие результаты (AUC 0,89; интегральная оценка – 76,6 и 79,4% соответственно) с более низкой специфичностью у ИИ-сервиса-3 (0,65).

Выводы. В рамках Московского Эксперимента ИИ-сервисы успешно проанализировали 126 547 рентгенограмм околоносовых пазух (2023–2024 гг.), показав средний уровень точности (AUC 0,93) и качества (83,6%). Полученные результаты подтверждают применимость ИИ в клинической практике.

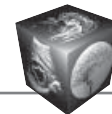
Различия в точности между сервисами требуют регулярного мониторинга безопасности и качества. Разработанные методологии позволяют эффективно проводить такой контроль. Достигнутый уровень качества открывает перспективы трансформации взаимодействия врачей разных специальностей, что станет темой будущих исследований.

Ключевые слова: искусственный интеллект; рентгенография; синусит; клинический мониторинг; ЕРИС ЕМИАС; программное обеспечение на основе технологий искусственного интеллекта

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Бажин А.В., Владимирский А.В., Арзамасов К.М., Васильев Ю.А., Семенов С.С. Качество автоматизированного выявления синусита по результатам рентгенографии в условиях практического здравоохранения (проспективное диагностическое исследование). *Медицинская визуализация*. 2026; 30 (2): 110–123. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1559>

Поступила в редакцию: 12.05.2025. Принята к печати: 30.05.2025. Опубликовано online: 11.02.2026.



The quality of automated detection of sinusitis based on radiography results in practical healthcare (prospective diagnostic study)

© Alexander V. Bazhin¹, Anton V. Vladzymyrskyy^{1, 2}, Kirill M. Arzamasov¹, Yuriy A. Vasilev¹, Serafim S. Semenov^{1*}

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

² I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 8, bld. 2, Trubetskaya str., Moscow 119991, Russian Federation

Purpose. To study the diagnostic accuracy of software based on artificial intelligence technologies for the diagnosis of maxillary and frontal sinusitis (J01, J32) when used in practical healthcare.

Materials and methods. Prospective diagnostic study (10.2023–12.2024) using the STARD 2015 methodology. The Index Test is four anonymized AI services for analyzing the X-ray imaging of the paranasal sinuses, integrated into Unified Radiological Information Service (ERIS) as part of the Moscow Experiment. The Reference Standard is an original methodology of clinical monitoring with a double expert review, an assessment of accuracy according to the criteria of “interpretation” and “localization”, calculation of sensitivity, specificity and AUC. After testing in the ERIS circuit, the AI services worked with real data and underwent monthly clinical monitoring.

Results. From October 2023 to December 2024, AI services analyzed 126,547 radiographs of the paranasal sinuses, of which 53% were processed by AI service-4. The scope of the research varied due to the different duration of the services.

Regular clinical monitoring covered 2,320 radiographs. The correctness of pathology detection, the accuracy of its classification and localization were evaluated. The highest diagnostic accuracy was found in AI services-1 and 2 (AUC 0.98 and 0.95; integral score – 95.1% and 83.3%). They demonstrated high specificity and precise localization of pathologies.

AI services-3 and 4 demonstrated comparatively lower results (AUC 0.89; integral score – 76.6% and 79.4%), with lower specificity for AI service-3 (0.65).

Conclusions. As part of the Moscow Experiment, AI services successfully analyzed 126,547 radiographs of the paranasal sinuses (2023–2024), showing an average level of accuracy (AUC 0.93) and quality (83.6%). The results obtained confirm the applicability of AI in clinical practice.

Differences in accuracy between services require regular monitoring of safety and quality. The developed methodologies make it possible to effectively carry out such control. The achieved level of quality opens prospects for the transformation of the interaction of doctors of different specialties, which will be the topic of future research.

Keywords: artificial Intelligence; X-ray (Radiography); sinusitis; clinical Monitoring; unified Radiological Information Service (ERIS); software based on artificial intelligence technologies

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.

For citation: Bazhin A.V., Vladzymyrskyy A.V., Arzamasov K.M., Vasilev Yu.A., Semenov S.S. The quality of automated detection of sinusitis based on radiography results in practical healthcare (prospective diagnostic study). *Medical Visualization*. 2026; 30 (2): 110–123. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1559>

Received: 12.05.2025.

Accepted for publication: 30.05.2025.

Published online: 11.02.2026.

Введение

В последние годы и в Российской Федерации, и в глобальной перспективе имеет место стойкая тенденция к росту заболеваемости синуситом [1–6]. Каждый год регистрируется свыше 10 млн случаев острого заболевания, а в целом до 17,0% взрослого населения страдает различными формами синусита [1–6]. Очевидно, что такое количество пациентов создает нагрузку на службы лучевой диагностики, особенно первичного звена

здравоохранения. Так, по данным статистической формы № 30 за 2023 г. количество выполненных рентгенограмм околоносовых пазух в Российской Федерации превысило 3,5 млн. Для более эффективного использования дефицитных кадровых ресурсов, сокращения сроков ожидания медицинской помощи и повышения ее качества необходимо использовать и те возможности автоматизации процессов, которые обеспечивают технологии искусственного интеллекта (ИИ). Однако потенци-



альные возможности требуют изучения в соответствии с принципами доказательной медицины.

Технологии ИИ в оториноларингологии находятся на начальном этапе своего развития. Ряд авторов отмечают наличие значительного потенциала ИИ для улучшения качества диагностических и лечебных процедур. Среди основных проблем указывают на возможные нарушения в области конфиденциальности персональных данных и общей информационной безопасности [7]. В России и в мире ведутся разработки решений для автоматизированного анализа медицинской визуализации в контексте диагностики заболеваний среднего уха, гортани, носоглотки [8–10]. Вместе с тем количество таких научных работ минимально, а качественно практически все они представляют собой ограниченные лабораторные исследования.

С 2020 г. в Москве проводится эксперимент по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения этих технологий в системе здравоохранения города Москвы (mosmed.ai). В его рамках десятки продуктов на основе технологий ИИ (так называемые ИИ-сервисы) работают в условиях практического здравоохранения, проходя при этом всестороннюю оценку, в том числе с применением оригинальных, специально разработанных методологий. В настоящее время Московский Эксперимент – это крупнейшее в мире проспективное многоцентровое клиническое исследование применимости, безопасности и качества технологий ИИ в лучевой диагностике [11]. Уникальное отличие Московского Эксперимента заключается в том, что тестирование ИИ-сервисов на эталонных наборах данных (общепринятое и фактически осуществляемое в 90,0% научных публикациях на тему ИИ) – всего лишь один, относительно небольшой его этап. Ключевой и наиболее масштабный компонент Московского Эксперимента – это изучение ИИ-сервисов в условиях эксплуатации в практическом здравоохранении, т.е. в процессе их работы с потоком результатов лучевых исследований. Здесь открываются уникальные возможности для всестороннего изучения качества, точности и эффектов от внедрения технологий ИИ, причем в контексте решения конкретной клинической задачи.

Цель исследования: изучить диагностическую точность программного обеспечения на основе технологий ИИ для диагностики верхнечелюстного и фронтального синусита (J01, J32) при его применении в условиях практического здравоохранения.

Материал и методы

Дизайн: проспективное диагностическое исследование по методологии “STARD 2015”.

Период проведения исследования: 10.2023–12.2024 гг.

Индекс-тест (исследуемый метод) – программный продукт на основе технологий ИИ (ИИ-сервис) для анализа результатов рентгенографии околоносовых пазух, интегрированный в Единый радиологический информационный сервис Единой медицинской информационно-аналитической системы Москвы (ЕРИС ЕМИАС) в соответствии с процедурами Московского Эксперимента.

В исследование включены ИИ-сервисы:

1. AI RADIOLOGY SXR (АО ВО “Университет Иннополис”).
2. АПК АрхиМед Ivory AI Nose X (ООО “АртВижн”).
3. Просвет. РГ лицевого черепа. Синусит (ООО “Оксиджен Технолоджиес Рус”).
4. А-рг-синусит (ООО “Эирвэй ИИ”).

Для обеспечения непредвзятого изложения и оценки в последующем тексте статьи ИИ-сервисы анонимизированы.

Референс-тест: оригинальная методология клинического мониторинга работы технологий ИИ в условиях практического здравоохранения. Включает регулярные процедуры формирования выборки, отвечающей установленным требованиям; двойной экспертный пересмотр; оценку результатов работы ИИ-сервисов по критериям “трактовка (заключение)” и “локализация (маркировка)” патологии, определение интегральной клинической оценки (стремится к 100,0%); построение четырехпольной таблицы результатов и расчет показателей чувствительности, специфичности, площади под характеристической кривой [12–14].

В рамках Московского Эксперимента [11] каждый ИИ-сервис интегрировался в тестовый контур ЕРИС ЕМИАС и проходил процедуры входного тестирования. При выполнении установленных требований к надежности и качеству ИИ-сервис получал допуск в промышленный контур ЕРИС ЕМИАС для работы с реальным потоком результатов лучевых исследований. Ежемесячно проводились процедуры клинического мониторинга, позволяющие оценивать качество и точность работы ИИ-сервиса в условиях практического здравоохранения.

Ежемесячный мониторинг каждого ИИ-сервиса проводился на всей совокупности данных, доступной в рамках Московского Эксперимента, т.е. анализировались все исследования, направленные на обработку ИИ-сервисам за отчетный период. Для клинической части мониторинга формиро-



валась подвыборка в соответствии с утвержденными нормативными документами и методическими подходами Московского Эксперимента.

Для направления “диагностика верхнечелюстного и фронтального синусита (J01, J32)” на разных этапах Московского Эксперимента объемы выборок составляли 80 или 400 исследований, что соответствовало установленным регламентам и этапам проведения мониторинга ИИ-сервисов. Итоговый размер выборки для каждого ИИ-сервиса в данной работе определяется как сумма всех подвыборок, сформированных за весь исследуемый период, с учетом количества отчетных периодов, которые прошел каждый сервис.

Для статистического анализа данных использовались стандартные методы оценки диагностической точности, включая построение четырехпольных таблиц и расчет чувствительности, специфичности, площади под ROC-кривой (AUC). Расчеты проводились с использованием Python (библиотеки pandas, scikit-learn, statsmodels). Для каждой диагностической оценки представлены 95% доверительные интервалы, рассчитанные методом Уилсона (для чувствительности и специфичности), методом ДеЛонга (для AUROC).

Результаты исследования

С октября 2023 г. по декабрь 2024 г. ИИ-сервисами для выявления синусита проанализированы результаты 126 547 рентгенограмм околоносовых пазух. Наибольшую долю из них (53,0%) обработал ИИ-сервис-4. Отличия в объемах проанализированных исследований обусловлены различной длительностью работы ИИ-сервисов в Эксперименте (табл. 1).

Результаты работы ИИ-сервисов в виде дополнительной серии изображений и проекта текстового описания сохранялись в ЕРИС ЕМИАС и становились доступны врачам-рентгенологам для формирования окончательного протокола. Согласно утвержденным базовым диагностическим требованиям, ИИ-сервисы выявляли рентгенологические признаки отека слизистой или наличия жидкости, содержимого в пазухе (в виде наличия затемнения околоносовых пазух, включая снижение или отсутствие пневматизации, формирование горизонтального уровня жидкость–воздух в пазухе). Соответственно результаты анализа содержали вероятность наличия патологии (в виде числа); локализацию патологических находок (в виде маркировки и текста) с указанием конкретной пазухи и находок в ней; указание наличия горизонтального уровня жидкости или тотального отсутствия пневматизации околоносовых пазух, дефектов костной стенки пазухи (с их маркировкой); пло-

Таблица 1. Объемы рентгенограмм околоносовых пазух, проанализированные ИИ-сервисами в период исследования

Table 1. The number of X-ray images of the paranasal sinuses analyzed by AI-services during the study period

ИИ-сервисы AI services	Количество обработанных исследований Number of processed studies	
	абс. / abs.	%
ИИ-сервис-1 / AI-service-1	11 982	9.5
ИИ-сервис-2 / AI-service-2	11 465	9.1
ИИ-сервис-3 / AI-service-3	35 999	28.4
ИИ-сервис-4 / AI-service-4	67 101	53.0
Всего / Total	126 547	100.0

Таблица 2. Объемы рентгенограмм околоносовых пазух, включенных в клинический мониторинг качества ИИ-сервисов

Table 2. The number of X-rays of the paranasal sinuses included in the clinical monitoring of the quality of AI services

ИИ-сервисы AI-services	Количество обработанных исследований, включенных в клинический мониторинг Number of processed studies included in clinical monitoring	
	абс. / abs.	%
ИИ-сервис-1 / AI-service-1	400	17.2
ИИ-сервис-2 / AI-service-2	400	17.2
ИИ-сервис-3 / AI-service-3	400	17.2
ИИ-сервис-4 / AI-service-4	1120	48.3
Всего / Total	2320	100.0

щадь затемнения в процентах от общей площади пазухи [15].

Для каждого ИИ-сервиса регулярно проводились процедуры клинического мониторинга; всего в них были включены результаты 2320 рентгенограмм околоносовых пазух (табл. 2). Как и в предыдущей таблице, отличия в объемах включенных исследований обусловлены различными сроками работы ИИ-сервисов в Московском Эксперименте.

В соответствии с оригинальной методологией, разработанной и верифицированной в рамках Московского Эксперимента, в каждом случае оценивалась правильность выявления и классифика-



Таблица 3. Результаты клинического мониторинга качества ИИ-сервисов для анализа рентгенограмм околоносовых пазух

Table 3. Results of clinical monitoring of the quality of AI services for the analysis of paranasal sinuses based on radiography data

Результат Results	ИИ-сервис-1 AI-service-1	ИИ-сервис-2 AI-service-2	ИИ-сервис-3 AI-service-3	ИИ-сервис-4 AI service-4
Чувствительность (95% ДИ) Sensitivity (95% CI)	0.913 (0.874–0.952)	0.861 (0.816–0.905)	0.970 (0.946–0.994)	0.851 (0.786–0.915)
Специфичность (95% ДИ) Specificity (95% CI)	0.982 (0.955–1.000)	0.943 (0.894–0.992)	0.650 (0.604–0.695)	0.851 (0.800–0.901)
AUROC (95% ДИ) AUROC (95% CI)	0.983 (0.965–1.000)	0.954 (0.928–0.980)	0.891 (0.865–0.916)	0.893 (0.859–0.927)
Клиническая оценка, % Clinical assessment, %	95.100	83.300	76.600	79.400

ции патологии, а также точность ее локализации, интегрально определялась клиническая оценка [11, 13].

Результаты клинического мониторинга представлены в табл. 3.

В условиях практического здравоохранения наиболее высокий уровень диагностической точности отмечен у ИИ-сервиса-1 – площадь под характеристической кривой составила 0,98. Практически идентичным оказался ИИ-сервис-2, этот же показатель у него составил 0,95. Оба решения имели более высокую специфичность, нежели чувствительность, т.е. на фоне некоторого риска пропуска случаев с синуситом имела место высокая вероятность правильной его дифференциальной диагностики в случае выявления патологических признаков.

Также ИИ-сервисы-1 и 2 отличала более высокая интегральная клиническая оценка – 95,1 и 83,3% соответственно, что свидетельствовало о точности определения не только факта наличия синусита, но и локализации процесса, а также выполняемых измерений.

На этом фоне ИИ-сервисы-3 и 4 отличались принципиально худшими показателями: клиническая оценка составила 76,6 и 79,4%, площадь под характеристической кривой – лишь 0,89. ИИ-сервис-3 отличался самой низкой специфичностью (0,65).

Примеры с результатами работы ИИ-сервисов представлены на рис. 1–6.

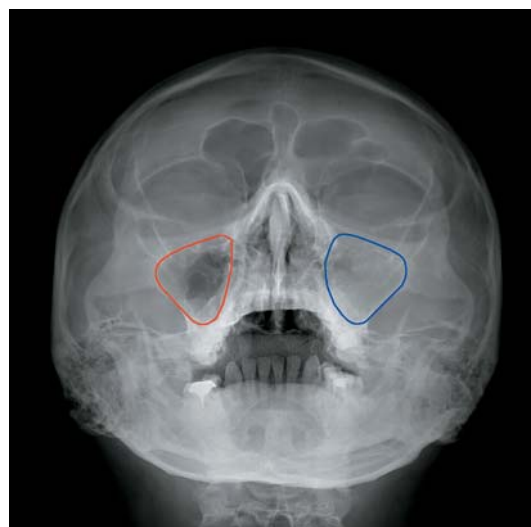


Рис. 1.
Fig. 1.

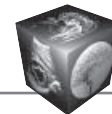


Рис. 1. Пример некорректной оценки ИИ-сервисом-3 рентгенограммы околоносовых пазух: двусторонний гайморит выявлен верно (истинно положительный результат), фронтит справа пропущен (ложноотрицательный результат). Слева – рентгенограмма черепа в носоподбородочной проекции (мужчина 32 лет). Справа – изображение из дополнительной серии ИИ-сервиса с результатами анализа рентгенограммы (красный контур – снижение пневматизации околоносовых пазух, синий контур – отсутствие пневматизации). Визуализируются признаки правостороннего фронтита и двустороннего гайморита (в правой лобной пазухе – горизонтальный уровень газ–жидкость до половины объема; в правой верхнечелюстной пазухе – тотальное снижение воздушности; в левой верхнечелюстной пазухе – снижение воздушности в проекции альвеолярной бухты). Заключение от сервиса: “снижение пневматизации в правой гайморовой пазухе, пазуха затемнена на 41%; отсутствие пневматизации в левой гайморовой пазухе, пазуха затемнена на 100%”.

Fig. 1. An example of an incorrect assessment of the paranasal sinus X-ray by the AI-service-3: bilateral sinusitis was detected correctly (true-positive result), frontal sinusitis on the right was missed (false-negative result). On the left is an X-ray of the skull in the occipitomental projection (male, 32 years old). On the right is an image from an additional series of the AI-service with the results of the X-ray analysis (the red contour is a decrease in the pneumatization of the paranasal sinuses, the blue contour is the absence of pneumatization). Signs of right-sided frontal sinusitis and bilateral sinusitis are visualized (in the right frontal sinus, a horizontal gas-liquid level of up to half the volume; in the right maxillary sinus, a total decrease in airiness; in the left maxillary sinus, a decrease in airiness in the projection of the alveolar bay). Conclusion from the service: reduced pneumatization in the right maxillary sinus, the sinus is darkened by 41%; no pneumatization in the left maxillary sinus, the sinus is darkened by 100%.

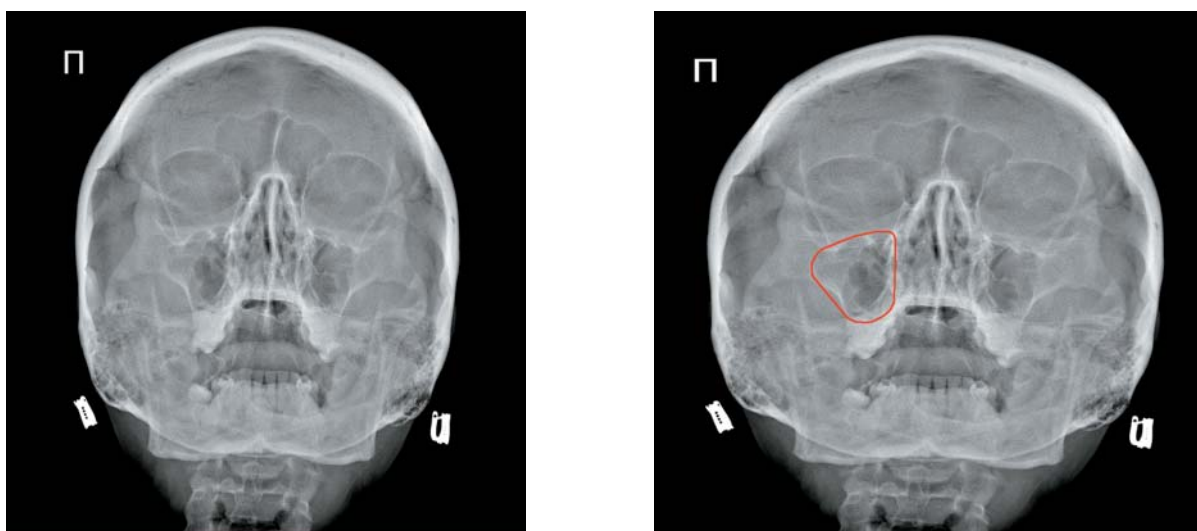


Рис. 2. Пример ложноположительной оценки ИИ-сервисом-3 рентгенограммы околоносовых пазух: выявлены признаки синусита при их отсутствии. Слева – рентгенограмма черепа в носоподбородочной проекции (женщина, 42 года). Справа – изображение из дополнительной серии ИИ-сервиса с результатами анализа рентгенограммы (красный контур – снижение пневматизации околоносовых пазух). Визуализируются искривление носовой перегородки, утолщение слизистой носовых ходов. Заключение от сервиса: “рентгенологические признаки хронического синусита: снижение пневматизации в правой гайморовой пазухе, пазуха затемнена на 14%”.

Fig. 2. An example of a false-positive assessment of the AI-service 3 radiographs of the paranasal sinuses: signs of sinusitis have been identified in their absence. On the left is an X-ray of the skull in the occipitomental projection (female, 42 years old). On the right is an image from an additional series of the AI service with the results of the X-ray analysis (the red contour is a reduction in the pneumatization of the paranasal sinuses). Curvature of the nasal septum and thickening of the nasal mucosa are visualized. Conclusion from the service: radiological signs of chronic sinusitis: reduced pneumatization in the right maxillary sinus, the sinus is darkened by 14%.

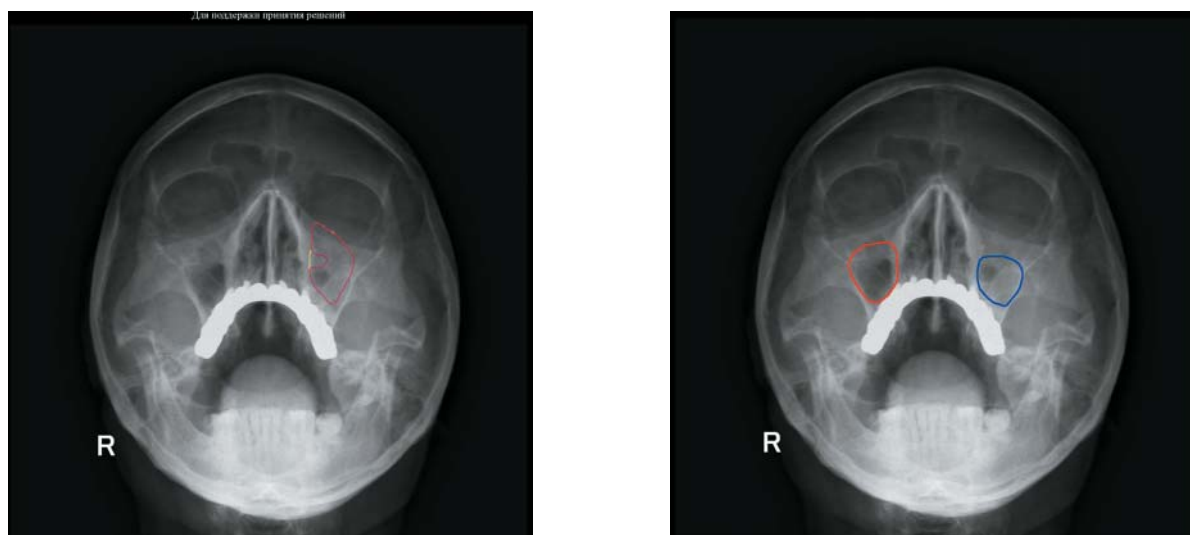


Рис. 3. Пример истинно положительной оценки и некорректной локализации (пазухи и патологические изменения выбраны правильные, но контуры неточные) ИИ-сервисом-2 и ИИ-сервисом-3 рентгенограммы околоносовых пазух (женщина 66 лет). Слева – изображение из дополнительной серии ИИ-сервиса-2 с результатами анализа рентгенограммы (желтый контур – границы околоносовых пазух, красный контур – снижение пневматизации околоносовых пазух). Справа – изображение из дополнительной серии ИИ-сервиса-3 с результатами анализа рентгенограммы (красный контур – снижение пневматизации околоносовых пазух, синий контур – отсутствие пневматизации). Визуализируется незначительное утолщение слизистой правой верхнечелюстной пазухи, субтотальное затемнение левой верхнечелюстной пазухи. Заключение от ИИ-сервиса-2: “снижение пневматизации левой верхнечелюстной пазухи с площадью затемнения 90,86%, левосторонний верхнечелюстной синусит”. Заключение от ИИ-сервиса-3: “снижение пневматизации в правой гайморовой пазухе, пазуха затемнена на 43%; отсутствие пневматизации в левой гайморовой пазухе, пазуха затемнена на 95%”.

Fig. 3. An example of a true positive assessment and incorrect localization (sinuses and pathological changes are correct, but the contours are inaccurate) of AI-service-2 and AI-service-3 radiographs of the paranasal sinuses (female, 66 years old). On the left is an image from the additional series AI-service-2 with the results of the X-ray analysis (the yellow contour is the boundaries of the paranasal sinuses, the red contour is the reduction of pneumatization of the paranasal sinuses). On the right is an image from the additional series AI-service-3 with the results of the X-ray analysis (the red contour is a decrease in the pneumatization of the paranasal sinuses, the blue contour is the absence of pneumatization). There is a slight thickening of the mucosa of the right maxillary sinus, a subtotal darkening of the left maxillary sinus. Conclusion from AI-service-2: reduced pneumatization of the left maxillary sinus with a darkening area of 90.86%, left-sided maxillary sinusitis. Conclusion from AI-service-3: reduction of pneumatization in the right maxillary sinus, the sinus is darkened by 43%; there is no pneumatization in the left maxillary sinus, the sinus is darkened by 95%.

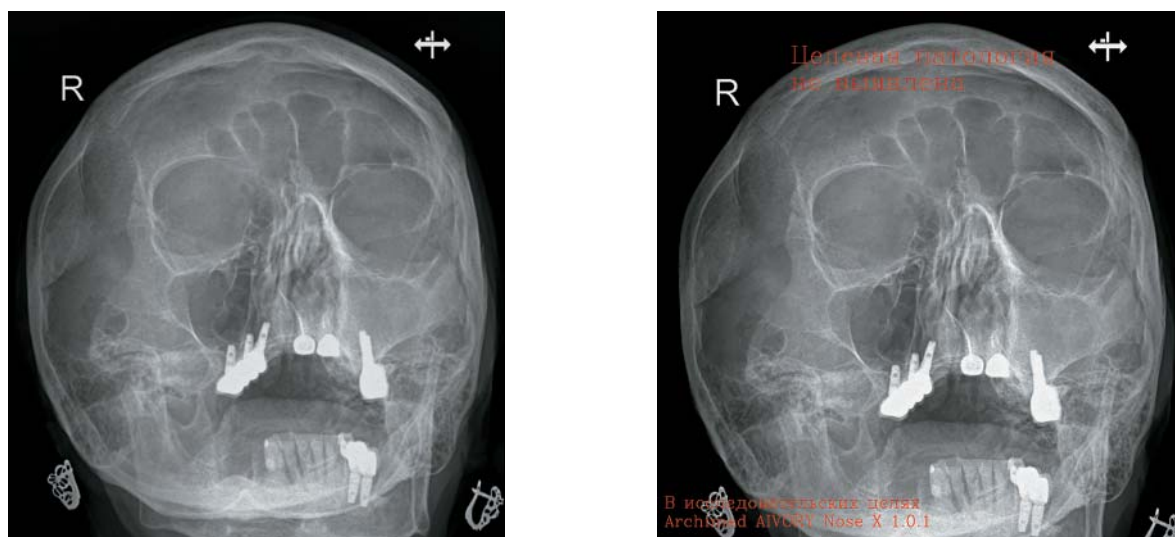
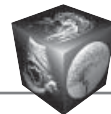


Рис. 4. Пример ложноотрицательной оценки ИИ-сервисом-4 рентгенограммы околоносовых пазух. Слева – рентгенограмма черепа в носоподбородочной проекции (женщина 76 лет). Справа – изображение из дополнительной серии ИИ-сервиса с результатами анализа рентгенограммы. Визуализируется тотальное затемнение левой верхнечелюстной пазухи. Заключение от сервиса: “целевая патология не выявлена”.

Fig. 4. An example of a false-negative assessment of the AI-service-4 X-ray of the paranasal sinuses. On the left is an X-ray of the skull in the occipitomental projection (76-year-old woman). On the right is an image from an additional series of the AI service with the results of the X-ray analysis. Total darkening of the left maxillary sinus is visualized. The conclusion from the service: no target pathology has been identified.

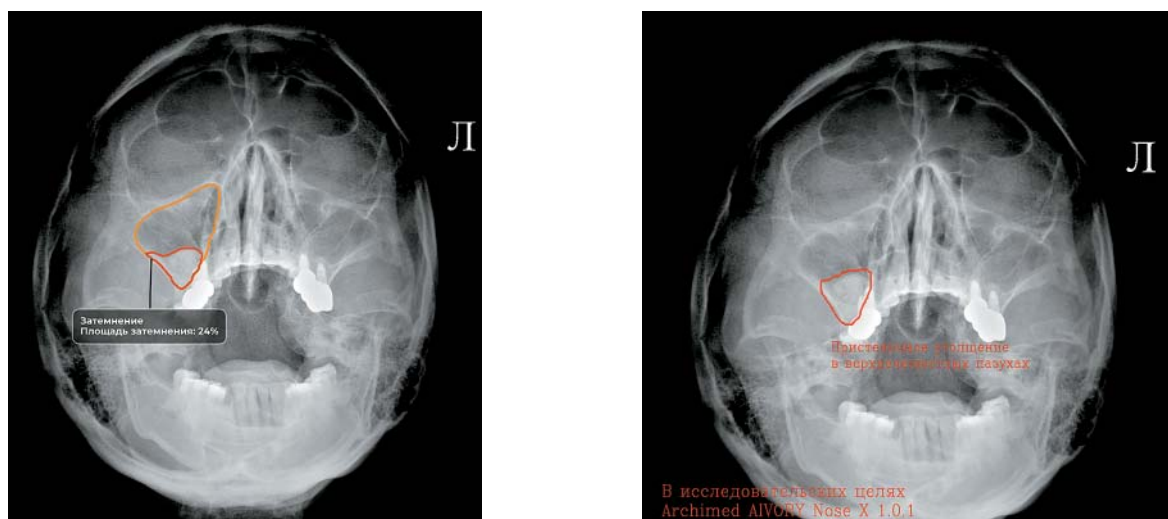


Рис. 5. Пример истинноположительной оценки ИИ-сервисом-1 и ИИ-сервисом-4 рентгенограммы околоносовых пазух (женщина 55 лет). Слева – изображение из дополнительной серии ИИ-сервиса-1 с результатами анализа рентгенограммы (оранжевый контур – придаточные пазухи носа с патологией, красный контур – затемнения в придаточных пазухах носа). Справа – изображение из дополнительной серии ИИ-сервиса-4 с результатами анализа рентгенограммы (красный контур – патологические находки). Визуализируется локальное утолщение слизистой правой верхнечелюстной пазухи, утолщение слизистой носовых ходов. Заключение от ИИ-сервиса-1: “правосторонний верхнечелюстной синусит”. Заключение от ИИ-сервиса-4: “пристеночное утолщение в правой верхнечелюстной пазухе, занимающее 26% площади пазухи”.

Fig. 5. An example of a true positive assessment of AI-service-1 and AI-service-4 radiographs of the paranasal sinuses (female, 55 years old). On the left is an image from the additional series of AI-service-1 with the results of X-ray analysis (the orange contour is the paranasal sinuses with pathology, the red contour is darkening in the paranasal sinuses). On the right is an image from the additional series AI-service-4 with the results of the X-ray analysis (red outline – pathological findings). A local thickening of the mucous membrane of the right maxillary sinus, thickening of the mucous membrane of the nasal passages is visualized. Conclusion from AI-service-1: right-sided maxillary sinusitis. Conclusion from AI-service-4: Parietal thickening in the right maxillary sinus, occupying 26% of the sinus area.

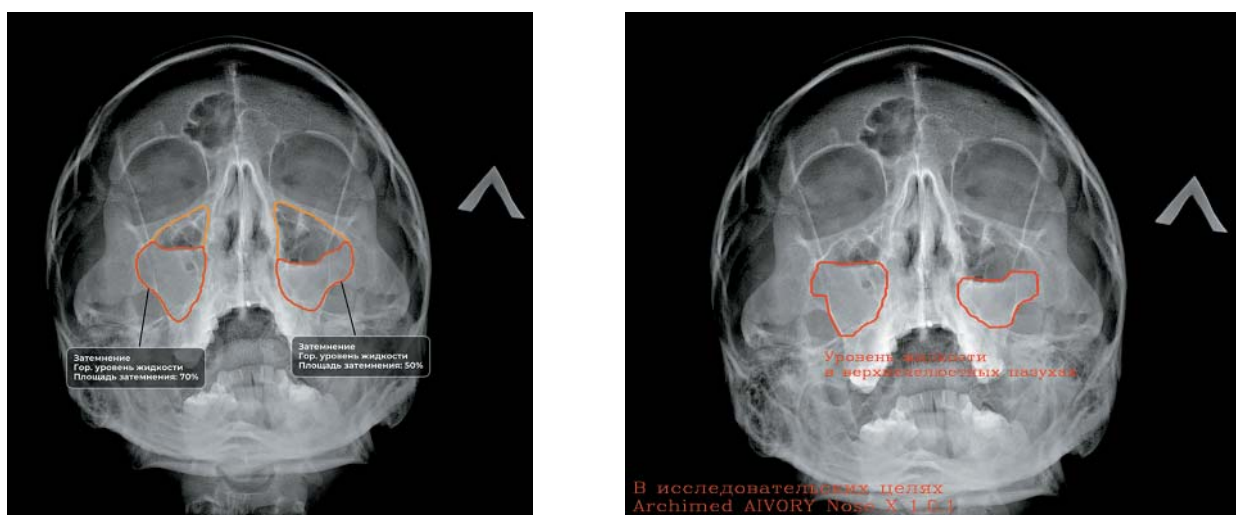


Рис. 6. Пример некорректной оценки ИИ-сервисом-1 и ИИ-сервисом-4 рентгенограммы околоносовых пазух (мужчина 30 лет): двусторонний гайморит выявлен верно (истинно положительный результат), фронтит слева пропущен (ложноотрицательный результат). Слева – изображение из дополнительной серии ИИ-сервиса-1 с результатами анализа рентгенограммы (оранжевый контур – придаточные пазухи носа с патологией, красный контур – затемнения в придаточных пазухах носа). Справа – изображение из дополнительной серии ИИ-сервиса-4 с результатами анализа рентгенограммы (красный контур – патологические находки). Визуализируются признаки двустороннего гайморита (горизонтальный уровень жидкости до верхней трети справа и до средней трети слева), левостороннего фронтита (снижение воздушности левой лобной пазухи). Заключение от ИИ-сервиса-1: “двусторонний верхнечелюстной синусит”. Заключение от ИИ-сервиса-4: “жидкость в левой верхнечелюстной пазухе, занимающая 41% площади пазухи; жидкость в правой верхнечелюстной пазухе, занимающая 57% площади пазухи”.

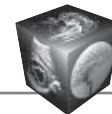
Fig. 6. An example of an incorrect assessment of the AI-service-1 and AI-service-4 radiographs of the paranasal sinuses (male, 30 years old): bilateral sinusitis was detected correctly (true-positive result), frontal sinusitis on the left was missed (false-negative result). On the left is an image from the additional series of AI-service-1 with the results of X-ray analysis (the orange contour is the paranasal sinuses with pathology, the red contour is darkening in the paranasal sinuses). On the right is an image from the additional series AI-service-4 with the results of the X-ray analysis (red outline – pathological findings). Signs of bilateral sinusitis (horizontal fluid level up to the upper third on the right and to the middle third on the left), left-sided frontal sinusitis (decreased airiness of the left frontal sinus) are visualized. Conclusion from AI-service-1: bilateral maxillary sinusitis. Conclusion from AI-Service-4: fluid in the left maxillary sinus, occupying 41% of the sinus area; fluid in the right maxillary sinus, occupying 57% of the sinus area.

Обсуждение

Вопросы применения технологий ИИ для диагностики синуситов рассматриваются, фактически, в единичных научных статьях. Например, в два систематических обзора 2024 г. по данной тематике включено всего 24 статьи (10 об автоматизированной обработке результатов компьютерной томографии и 14 – рентгенографии) [16, 17]. Одиночные работы посвящены оппортунистическому выявлению синуситов на результатах ортопантомографии и конусно-лучевой компьютерной томографии в стоматологической практике [18–20]. Такая ситуация объясняется менее выраженной социально-экономической и медицинской значимостью воспалительных заболеваний околоносовых пазух по сравнению с такими фундаментальными проблемами здравоохранения, как онкологические, хронические неинфекционные заболевания, туберкулез и пр. Вместе с тем в рамках

отдельной взятой клинической специальности – оториноларингологии – вопросы быстрой и точной диагностики синуситов чрезвычайно важны в силу высокой распространенности этой патологии. Существенный факт состоит в том, что порядка 19,4% пациентов с этим заболеванием нуждается в неотложном лечении в условиях стационара [1–6, 21]. При этом данные пациенты могут первично обращаться к смежным с оториноларингологами специалистами: врачам-стоматологам, врачам челюстно-лицевым хирургам. Поэтому от корректной и быстрой диагностики зависят не только нагрузка на соответствующие медицинские организации, но и правильная маршрутизация пациентов, а следовательно, расход разных видов ресурсов системы здравоохранения в целом.

Большинство научных статей о применении ИИ для дифференциальной диагностики синусита сфокусированы на применении методов радиоми-



ческого анализа результатов компьютерной или магнитно-резонансной томографии [16, 22–24]. Это важное, но совершенно отдельное направление, причем практически неактуальное для первичного звена здравоохранения. Радиомика в сочетании с высокотехнологичными лучевыми исследованиями – это преимущественно инструмент специализированной медицинской помощи, оказываемой в условиях стационара. На этом фоне наше исследование посвящено автоматизированному анализу результатов рентгенографии, поэтому оно направлено на решение более массовой проблемы быстрой и точности диагностики синусита при оказании медицинской помощи в амбулаторных условиях.

В научных статьях, посвященных автоматизированному анализу результатов рентгенографии, представлено описание процессов разработки и сопоставления точности моделей. В систематическом обзоре о применении ИИ и машинного обучения в ринологии, опубликованном в 2023 г., удалось собрать 39 статей, из которых 29 (почти 75,0%) носили исключительно “технический характер”; разработанные модели не испытывали на реальных клинических данных, а заявленные метрики точности невозможно было подтвердить, так как разработчики не помещали код своих программных решений в открытом доступе [25]. Очевидно, что для медицинской науки и практики ценность таких публикаций стремится к нулю.

На этом фоне особенно ценными являются исследования, подтверждающие диагностическую точность программных решений на основе технологий ИИ в условиях реальной клинической практики. Так, в недавнем исследовании на базе городской клинической больницы была проведена оценка сервиса для анализа рентгенограмм органов грудной клетки. Полученные результаты подтвердили высокую скорость формирования предварительного заключения (до 15 с) при сохранении роли врача в интерпретации и принятии окончательного диагностического решения [26].

Дополнительный интерес вызывает направление, связанное с учетом индивидуального стиля аннотирования врачей-рентгенологов при обучении нейросетей: как показано в исследовании Е.Д. Никитина, включение информации о врачеразметчике в архитектуру модели может значительно повысить ее точность при детекции патологических изменений [27].

По данным опубликованного в 2024 г. систематического обзора, диапазон общей точности моделей ИИ для диагностики синусита на результатах рентгенографии составляет 0,757–0,997, а площади под характеристической кривой –

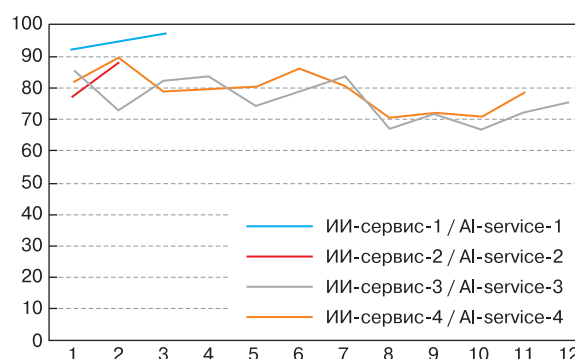


Рис. 7. Динамика уровня клинической оценки ИИ-сервисов для анализа результатов рентгенографии с целью выявления признаков синусита (по оси абсцисс – условные периоды наблюдения, по оси ординат – уровень оценки в процентах).

Fig. 7. Dynamics of the level of clinical assessment of AI services for analyzing X-ray results to identify signs of sinusitis (on the abscissa axis – conditional observation periods, on the ordinate axis – the level of assessment in percent).

0,7–0,997 [17]. Однако все эти данные получены исключительно в лабораторных условиях, т.е. при тестировании алгоритмов на наборах данных (в дизайне ретроспективного диагностического исследования).

Нами проведено изучение качества и точности ИИ-сервисов в условиях практического здравоохранения. Исследуемые программные продукты работали с потоком рентгенограмм околоносовых пазух, выполняемых в городских поликлиниках на различном оборудовании, в том числе с наличием различных отклонений в качестве позиционирования (укладки) пациентов. По оригинальной методике проводился регулярный мониторинг, позволивший объективно охарактеризовать диагностическую ценность технологий ИИ для решения задач диагностики заболеваний ЛОР-органов.

Полученные нами средние значения клинической оценки (83,6%) и площади под характеристической кривой (0,93) позволяют утверждать, что технологии ИИ потенциально применимы для диагностики верхнечелюстного и фронтального синуситов по данным рентгенографии, в том числе при оказании медицинской помощи в амбулаторных условиях. Вместе с тем качество работы конкретных программных продуктов в реальных условиях практического здравоохранения значительно варьирует. От периода к периоду значения точности и качества (клинической оценки) колеблются; крайне редко наблюдаются периоды стабильности (рис. 7).



Это означает, что программные решения на основе технологий ИИ нуждаются в постоянном мониторинге, даже будучи допущенными к применению в системе здравоохранения в статусе медицинского изделия. В рамках Московского Эксперимента разработчикам ИИ-сервисов предоставляется обширная обратная связь, позволяющая им дорабатывать и улучшать свои продукты.

Ограничение данного исследования связано с разными периодами работы ИИ-сервисов в условиях практического здравоохранения, соответственно с разными объемами выборок, сформированных для регулярного клинического мониторинга.

Перспективы дальнейших исследований состоят в изучении результативности и эффективности ИИ-сервисов для автоматизированной диагностики синуситов с точки зрения оценки их влияния на трудовые операции и производственные процессы в здравоохранении, показатели деятельности медицинских организаций.

Выводы

1. В рамках Московского Эксперимента внедрен ряд ИИ-сервисов для диагностики верхнечелюстного и фронтального синуситов, которые за период 2023–2024 гг. успешно проанализировали 126 547 рентгенограмм околоносовых пазух.

2. Средний уровень диагностической точности (площадь под характеристической кривой) составил 0,93, а диагностического качества (интегральной клинической оценки) – 83,6%; это свидетельствует о применимости соответствующих программных продуктов на основе технологий искусственного интеллекта в практическом здравоохранении.

3. Программные продукты различаются между собой уровнем точности и качества, что требует тщательного выбора оптимального решения, а в целом – регулярного мониторинга безопасности и качества. Разработанные и валидированные в рамках Московского Эксперимента методологии и технические решения позволяют осуществлять такой мониторинг эффективно и с минимальными затратами.

4. Достигнутый уровень качества ИИ-сервисов для диагностики верхнечелюстного и фронтального синуситов позволяет рассмотреть вопрос трансформации процессов взаимодействия врачей-рентгенологов, врачей-отоларингологов, а также врачей смежных специальностей: стоматологов и челюстно-лицевых хирургов, чему будут посвящены дальнейшие исследования.

Таким образом, использование технологий искусственного интеллекта для диагностики сину-

ситов в широкой клинической практике продемонстрировало, что соответствующие решения уже сегодня достигают уровня, необходимого для существенного повышения эффективности рентгенологической диагностики. Результаты эксперимента свидетельствуют не только о зрелости современных ИИ-продуктов, но и подчеркивают важность системного подхода к их оценке, внедрению и постоянному мониторингу. Полученный опыт подтверждает целесообразность дальнейшего развития и масштабирования подобных сервисов, а также актуальность трансформации традиционных моделей взаимодействия между специалистами различных медицинских направлений в условиях цифровизации здравоохранения.

Источник финансирования. Данная статья подготовлена авторским коллективом в рамках НИОКР “Разработка платформы подготовки наборов данных лучевых диагностических исследований” (№ ЕГИСУ: 123031500003-8) в соответствии с Приказом от 17.12.2024 № 1184 “Об утверждении государственных заданий, финансовое обеспечение которых осуществляется за счет средств бюджета города Москвы государственным бюджетным (автономным) учреждениям, подведомственным Департаменту здравоохранения города Москвы, на 2025 год и плановый период 2026 и 2027 годов” Департамента здравоохранения города Москвы.

Source of funding. This paper was prepared by a team of authors as a part of the research and development project “Development of a platform to generate datasets containing diagnostic imaging studies” (EGISU No 123031500003-8) in accordance with Order No. 1184 dated December 17, 2024: “On approval of state assignments funded from the Moscow city budget to state budgetary (autonomous) institutions subordinated to the Moscow Healthcare Department for 2025 and the planning period of 2026 and 2027”.

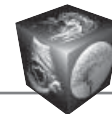
Участие авторов

Бажин А.В. – проведение исследования, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка и редактирование текста, утверждение окончательного варианта статьи.

Владимирский А.В. – концепция и дизайн исследования, участие в научном дизайне, утверждение окончательного варианта статьи.

Арзамасов К.М. – проведение исследования, сбор и обработка данных, обзор публикаций по теме статьи, статистическая обработка данных, написание текста, утверждение окончательного варианта статьи.

Васильев Ю.А. – концепция и дизайн исследования, участие в научном дизайне, утверждение окончательного варианта статьи.



Семенов С.С. – сбор и обработка данных, статистическая обработка данных, написание текста, подготовка, создание опубликованной работы, ответственность за целостность всех частей статьи.

Authors' participation

Bazhin A.V. – conducting research, analysis and interpretation of the obtained data, text preparation and editing, approval of the final version of the article.

Vladymyrsky A.V. – concept and design of the study, participation in scientific design, approval of the final version of the article.

Arzamasov K.M. – conducting research, collection and analysis of data, review of publications, statistical analysis, writing text, approval of the final version of the article.

Vasilev Yu.A. – concept and design of the study, participation in scientific design, approval of the final version of the article.

Semenov S.S. – collection and analysis of data, statistical analysis, writing text, preparation and creation of the published work, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Список литературы

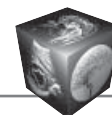
- Аксенова А.В., Брико Н.И., Клейменов Д.А. Хронические фарингиты, назофарингиты, синуситы и риниты – эпидемиологические показатели распространенности и заболеваемости в Москве и Российской Федерации с 1996 по 2009 г. *Российская оториноларингология*. 2012; 2 (57): 11–19.
- Джураева Ш.Ф., Рахимов З.К. Эпидемиология верхнечелюстного одонтогенного синусита и принципы лечения пациентов в стационарных условиях. *Интегративная стоматология и челюстно-лицевая хирургия*. 2022; 1 (1): 50–54.
- Колосов В.П., Манаков Л.Г., Перельман Ю.М., Самсонов В.П. Хронические респираторные заболевания: эпидемиологический мониторинг и профилактика. *Бюллетень физиологии и патологии дыхания*. 2020; 76: 8–18. <https://doi.org/10.36604/1998-5029-2020-76-8-18>
- Шкуракова Е.А., Гавенене Е.Н. Исследования заболеваемости синуситами в г. Новочеркасске. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2024; 7 (145): 1–5. <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.72>
- Ali M.A., Taishan W.S., Almaymoni A.A. et al. Prevalence of Ear, Nose, and Throat Problems in Saudi Arabia: A Cross-Sectional Study. *Cureus*. 2025; 17 (1): e76927. <https://doi.org/10.7759/cureus.76927>
- Tuladhar A.S., Bhattarai A., Bimali S. et al. Sinusitis among Patients Undergoing CT Scan of Paranasal Sinuses in a Tertiary Care Centre: A Descriptive Cross-sectional Study. *J. Nepal Med. Assoc.* 2022; 60 (254): 857–860. <https://doi.org/10.31729/jnma.7595>
- Haider S.P., Sharaf K., Baumeister P., Reichel C.A. Künstliche Intelligenz in der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde [Artificial intelligence in otorhinolaryngology]. *HNO*. 2022; 70 (2): 87–93. <https://doi.org/10.1007/s00106-021-01095-0> (In German)
- Wu Q., Wang X., Liang G. et al. Advances in Image-Based Artificial Intelligence in Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery: A Systematic Review. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2023; 169 (5): 1132–1142. <https://doi.org/10.1002/ohn.391>
- Калинин Д.И., Карякин А.А., Захарченко У.Р., Морозова Д.А., Карякина О.Е., Попов Н.В. Создание интеллектуальной системы анализа изображений барабанной перепонки для дифференциальной диагностики заболеваний уха. *Бюллетень Северного государственного медицинского университета*. 2023; 2 (50): 35–40.
- Каибханов У.К., Широкова В.И. Использование нейросети для диагностики заболеваний в оториноларингологии. В сборнике: Мечниковские чтения-2024. Материалы 97-й Всероссийской научно-практической конференции студенческого научного общества с международным участием. С.-Пб., 2024: 651–653.
- Васильев Ю.А., Владимирский А.В., Арзамасов К.М., Андрейченко А.Е., Гомболевский В.А., Кульберг Н.С., Омелянская О.В., Павлов Н.А., Решетников Р.В., Сергунова К.А., Шарова Д.Е., Шулькин И.М. Компьютерное зрение в лучевой диагностике: первый этап Московского эксперимента: Монография. М.: Издательские решения, 2022. 388 с. <https://telemedai.ru/biblioteka-dokumentov/kompyuternoe-zrenie-v-luchevoj-dagnostike-pervyj-etap-moskovskogo-eksperimenta?ysclid=mjzoej1vqe83567861>
- Бобровская Т.М., Васильев Ю.А., Никитин Н.Ю., Арзамасов К.М. Подходы к формированию наборов данных в лучевой диагностике. *Врач и информационные технологии*. 2023; 4: 14–23. https://doi.org/10.25881/18110193_2023_4_14
- Васильев Ю.А., Владимирский А.В., Омелянская О.В., Арзамасов К.М., Четвериков С.Ф., Румянцев Д.А., Зеленова М.А. Методология тестирования и мониторинга программного обеспечения на основе технологий искусственного интеллекта для медицинской диагностики. *Digital Diagnostics*. 2023; 4 (3): 252–267. <https://doi.org/10.17816/DD321971>
- Клинические испытания систем искусственного интеллекта (лучевая диагностика). – Москва: Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы”, 2023. 40 с.
- Базовые рекомендации к работе сервисов искусственного интеллекта для лучевой диагностики: методические рекомендации / Составители С.П. Морозов, Л.Р. Абуладзе, А.Е. Андрейченко и др. Серия “Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики”. Вып. 119. М.: ГБУЗ “НПКЦ ДиТ ДЗМ”, 2022. 68 с.
- Darbari Kaul R., Sacks P.L., Thiel C. et al. Radiomics of the Paranasal Sinuses: A Systematic Review of Computer-Assisted Techniques to Assess Computed Tomography Radiological Data. *Am. J. Rhinol. Allergy*. 2024: 19458924241304082. <https://doi.org/10.1177/19458924241304082>
- Wu Z., Yu X., Chen Y. et al. Deep learning in the diagnosis of maxillary sinus diseases: a systematic review. *Dentomaxillofac Radiol.* 2024; 53 (6): 354–362. <https://doi.org/10.1093/dmfr/twae031>
- Turosz N., Chęcińska K., Chęciński M. et al. Applications of artificial intelligence in the analysis of dental panoramic radiographs: an overview of systematic reviews. *Dentomaxillofac. Radiol.* 2023; 52 (7): 20230284. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20230284>



19. Webster S., Fraser J. Artificial intelligence and dental panoramic radiographs: where are we now? *Evid. Based Dent.* 2024; 25 (1): 43–44. <https://doi.org/10.1038/s41432-024-00978-9>
20. Попадюк В.И., Балашова М.Е., Хабазде З.С., Елисеева Т.А., Козлова З.В., Фокина С.А. Алгоритм диагностического исследования верхних дыхательных путей по данным КЛКТ. *Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae.* 2023; 29 (4): 4–11.
21. Касаткин А.Н., Фомина А.В. Анализ распространенности заболеваний ЛОР-органов и их медико-социальная значимость. *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики.* 2024; 2: 338–351. <https://doi.org/10.24412/2312-2935-2024-2-338-351>
22. He S., Chen W., Wang X. et al. Deep learning radiomics-based preoperative prediction of recurrence in chronic rhinosinusitis. *iScience.* 2023; 26 (4): 106527. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.106527>
23. Wang Y., Han Q., Wen B. et al. Development and validation of a prediction model for malignant sinonasal tumors based on MR radiomics and machine learning. *Eur. Radiol.* 2025; 35: 2074–2083. <https://doi.org/10.1007/s00330-024-11033-7>
24. Zhu K.Z., He C., Li Z. et al. Development and multicenter validation of a novel radiomics-based model for identifying eosinophilic chronic rhinosinusitis with nasal polyps. *Rhinology.* 2023; 61 (2): 132–143. <https://doi.org/10.4193/Rhin22.361>
25. Bulfamante A.M., Ferella F., Miller A.M. et al. Artificial intelligence, machine learning, and deep learning in rhinology: a systematic review. *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* 2023; 280 (2): 529–542. <https://doi.org/10.1007/s00405-022-07701-3>
26. Бородулин Б.Б., Гогоберидзе Ю.Т., Жилинская К.В., Просвиркин И.А., Сабитов Р.А. Опыт применения искусственного интеллекта для автоматизированного анализа цифровых рентгенограмм в условиях городской больницы. *Digital Diagnostics.* 2024; 5 (S1): 127–129. <https://doi.org/10.17816/DD629896>
27. Никитин Е.Д. Моделирование индивидуального стиля разметки врача-рентгенолога для улучшения точности нейронных сетей. *Digital Diagnostics.* 2023; 4 (S1): 99–101. <https://doi.org/10.17816/DD430358>
5. Ali M.A., Taishan W.S., Almaymoni A.A. et al. Prevalence of Ear, Nose, and Throat Problems in Saudi Arabia: A Cross-Sectional Study. *Cureus.* 2025; 17 (1): e76927. <https://doi.org/10.7759/cureus.76927>
6. Tuladhar A.S., Bhattarai A., Bimali S. et al. Sinusitis among Patients Undergoing CT Scan of Paranasal Sinuses in a Tertiary Care Centre: A Descriptive Cross-sectional Study. *J. Nepal Med. Assoc.* 2022; 60 (254): 857–860. <https://doi.org/10.31729/jnma.7595>
7. Haider S.P., Sharaf K., Baumeister P., Reichel C.A. Künstliche Intelligenz in der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde [Artificial intelligence in otorhinolaryngology]. *HNO.* 2022; 70 (2): 87–93. <https://doi.org/10.1007/s00106-021-01095-0> (In German)
8. Wu Q., Wang X., Liang G. et al. Advances in Image-Based Artificial Intelligence in Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery: A Systematic Review. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2023; 169 (5): 1132–1142. <https://doi.org/10.1002/ohn.391>
9. Kalinin D.I., Karyakin A.A., Zakharchenko U.R. et al. Development of an intelligent image analysis system for differential diagnosis of ear diseases. *Bulletin of the Northern State Medical University.* 2023; 2 (50): 35–40. (In Russian)
10. Kaibkhanov U.K., Shirokova V.I. Application of neural networks for disease diagnostics in otorhinolaryngology. In: Mechnikov Readings-2024. Materials of the 97th All-Russian Scientific and Practical Conference of the Student Scientific Society with International Participation. Saint Petersburg, 2024: 651–653. (In Russian)
11. Vasilyev Yu.A., Vladimirovskiy A.V., Arzamasov K.M. et al. Computer Vision in Radiology: The First Stage of the Moscow Experiment: Monograph. Moscow: Publishing Solutions, 2022. 388 p. (In Russian) <https://telemedai.ru/biblioteka-dokumentov/kompyuternoe-zrenie-v-luchevoj-dagnostike-pervyj-etap-moskovskogo-eksperimenta?ysclid=mjzoej1vqe83567861> (In Russian)
12. Bobrovskaya T.M., Vasilyev Yu.A., Nikitin N.Yu., Arzamasov K.M. Approaches to dataset formation in radiology. *Doctor and Information Technologies.* 2023; 4: 14–23. https://doi.org/10.25881/18110193_2023_4_14 (In Russian)
13. Vasilyev Yu A., Vladimirovskiy A.V., Omelyanskaya O.V. et al. Methodology for testing and monitoring artificial intelligence-based software for medical diagnostics. *Digital Diagnostics.* 2023; 4 (3): 252–267. <https://doi.org/10.17816/DD321971> (In Russian)
14. Clinical Trials of Artificial Intelligence Systems (Radiology). – Moscow: Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, 2023. 40 p. (In Russian)
15. Basic Guidelines for the Operation of Artificial Intelligence Services for Radiology: Methodological Recommendations / Comp. by S.P. Morozov, L.R. Abuladze, A.E. Andreichenko et al. Series “Best Practices in Radiology and Instrumental Diagnostics”. Issue 119. Moscow: Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, 2022. 68 p. (In Russian)
16. Darbari Kaul R., Sacks P.L., Thiel C. et al. Radiomics of the Paranasal Sinuses: A Systematic Review of Computer-Assisted Techniques to Assess Computed Tomography Radiological Data. *Am. J. Rhinol. Allergy.* 2024: 19458924241304082. <https://doi.org/10.1177/19458924241304082>

References

1. Aksenova A.V., Briko N.I., Kleymenov D.A. Chronic pharyngitis, nasopharyngitis, sinusitis, and rhinitis: epidemiological prevalence and incidence rates in Moscow and the Russian Federation from 1996 to 2009. *Russian Otorhinolaryngology.* 2012; 2 (57): 11–19. (In Russian)
2. Juraeva Sh.F., Rakhimov Z.K. Epidemiology of maxillary odontogenic sinusitis and principles of inpatient treatment. *Integrative Dentistry and Maxillofacial Surgery.* 2022; 1 (1): 50–54. (In Russian)
3. Kolosov V.P., Manakov L.G., Perelman Yu.M., Samsonov V.P. Chronic respiratory diseases: epidemiological monitoring and prevention. *Bulletin of Physiology and Pathology of Respiration.* 2020; 76: 8–18. <https://doi.org/10.36604/1998-5029-2020-76-8-18> (In Russian)
4. Shkurakova E.A., Gavenene E.N. Study of sinusitis incidence in Novocherkassk. *International Research Journal.* 2024; 7 (145): 1–5. <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.72> (In Russian)



17. Wu Z., Yu X., Chen Y. et al. Deep learning in the diagnosis of maxillary sinus diseases: a systematic review. *Dentomaxillofac Radiol.* 2024; 53 (6): 354–362. <https://doi.org/10.1093/dmfr/twae031>
18. Turosz N., Chęcińska K., Chęciński M. et al. Applications of artificial intelligence in the analysis of dental panoramic radiographs: an overview of systematic reviews. *Dentomaxillofac. Radiol.* 2023; 52 (7): 20230284. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20230284>
19. Webster S., Fraser J. Artificial intelligence and dental panoramic radiographs: where are we now? *Evid. Based Dent.* 2024; 25 (1): 43–44. <https://doi.org/10.1038/s41432-024-00978-9>
20. Popadyuk V.I., Balashova M.E., Khabadze Z.S. et al. Diagnostic algorithm for upper airway examination based on CBCT data. *Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae.* 2023; 29 (4): 4–11. (In Russian)
21. Kasatkin A.N., Fomina A.V. Analysis of the prevalence of ENT diseases and their medical and social significance. *Modern Problems of Healthcare and Medical Statistics.* 2024; 2: 338–351. <https://doi.org/10.24412/2312-2935-2024-2-338-351> (In Russian)
22. He S., Chen W., Wang X. et al. Deep learning radiomics-based preoperative prediction of recurrence in chronic rhinosinusitis. *iScience.* 2023; 26 (4): 106527. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.106527>
23. Wang Y., Han Q., Wen B. et al. Development and validation of a prediction model for malignant sinonasal tumors based on MR radiomics and machine learning. *Eur. Radiol.* 2025; 35: 2074–2083. <https://doi.org/10.1007/s00330-024-11033-7>
24. Zhu K.Z., He C., Li Z. et al. Development and multicenter validation of a novel radiomics-based model for identifying eosinophilic chronic rhinosinusitis with nasal polyps. *Rhinology.* 2023; 61 (2): 132–143. <https://doi.org/10.4193/Rhin22.361>
25. Bulfamante A.M., Ferella F., Miller A.M. et al. Artificial intelligence, machine learning, and deep learning in rhinology: a systematic review. *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* 2023; 280 (2): 529–542. <https://doi.org/10.1007/s00405-022-07701-3>
26. Borodulin B.B., Gogoberidze Y.T., Zhilinskaya K.V. et al. Experience of using artificial intelligence for automated analysis of digital radiographs in a city hospital setting. *Digital Diagnostics.* 2024; 5 (S1): 127–129. <https://doi.org/10.17816/DD629896> (In Russian)
27. Nikitin E.D. Modeling the individual annotation style of a radiologist to improve the accuracy of neural networks. *Digital Diagnostics.* 2023; 4 (S1): 99–101. <https://doi.org/10.17816/DD430358> (In Russian)

Для корреспонденции*: Семенов Серафим Сергеевич – e-mail: SemenovSS3@zdrav.mos.ru

Бажин Александр Владимирович – канд. мед. наук, заместитель директора по образовательной деятельности ГБУЗ города Москвы “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-3198-1334>

Владимирский Антон Вячеславович – доктор мед. наук, заместитель директора по научной работе ГБУЗ города Москвы “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗ города Москвы”; профессор кафедры информационных технологий и обработки медицинских данных ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва. <https://orcid.org/0000-0002-2990-7736>

Арзамасов Кирилл Михайлович – канд. мед. наук, руководитель отдела ГБУЗ города Москвы “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-7786-0349>

Васильев Юрий Александрович – канд. мед. наук, главный врач ГБУЗ города Москвы “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-5283-5961>

Семенов Серафим Сергеевич – младший научный сотрудник ГБУЗ города Москвы “Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-2585-0864>

Contact*: Serafim S. Semenov – e-mail: SemenovSS3@zdrav.mos.ru

Alexander V. Bazhin – Cand. of Sci. (Med.), Deputy Director for Educational Activities, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-3198-1334>

Anton V. Vladymyrsky – Doct. of Sci. (Med.), Deputy Director for Scientific Work, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department; Professor of the Department of Information Technology and Medical Data Processing, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-2990-7736>

Kirill M. Arzamasov – Cand. of Sci. (Med.), Head of the Department, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-7786-0349>

Yuriy A. Vasilev – Cand. of Sci. (Med.), Chief Medical Officer, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-5283-5961>

Serafim S. Semenov – Junior Researcher, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-2585-0864>