

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ / ORIGINAL RESEARCH

УДК 616.831-005.4-073.756.8

<http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2025-16-3-37-45>

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ДИАГНОСТИКЕ ОСТРЫХ ИШЕМИЧЕСКИХ ИНСУЛЬТОВ И ВНУТРИЧЕРЕПНЫХ КРОВОИЗЛИЯНИЙ: РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

¹М. Ю. Казиева[✉], ²И. К. Стулов[✉], ²И. В. Басек[✉], ¹Н. А. Медведева[✉], ²Д. И. Курапеев[✉]¹Общество с ограниченной ответственностью «СберМедИИ», Москва, Россия²Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова, Санкт-Петербург, Россия

ВВЕДЕНИЕ: Острые нарушения мозгового кровообращения (ОНМК), включая ишемические инсульты и внутримозговые кровоизлияния, являются одной из ведущих причин смертности и инвалидизации населения. Высокая нагрузка на врачей-рентгенологов и необходимость быстрого принятия решений в условиях ограниченного времени обуславливают актуальность внедрения технологий искусственного интеллекта (ИИ) в диагностику этих состояний.

ЦЕЛЬ: Оценить диагностическую эффективность модели искусственного интеллекта, предназначенной для выявления рентгенологических признаков острого ишемического инсульта и внутримозговых кровоизлияний на бесконтрастной компьютерной томографии головного мозга.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ: Исследование носило ретроспективный характер. В качестве тестовой выборки использовано 263 потоковых обезличенных нативных КТ-исследований пациентов старше 18 лет, проведенные по подозрению на ОНМК. Верификация диагноза осуществлялась двумя независимыми рентгенологами. Результаты ИИ-модели сравнивались с эталонными заключениями специалистов по чувствительности, специфичности, точности и ROC AUC. Дополнительно анализировалась точность локализации и сегментации патологических очагов.

РЕЗУЛЬТАТЫ: ИИ-модель продемонстрировала чувствительность 0,85, специфичность 0,82 и точность 0,83 в диагностике ишемического инсульта (ROC AUC=0,84), а также чувствительность 0,82, специфичность 0,81 и точность 0,81 в выявлении внутримозговых кровоизлияний (ROC AUC=0,81). В 94,2% случаев врачи согласились с контуром патологического очага, предложенным моделью, и в 95,7% — с расчетом объема поражения.

ОБСУЖДЕНИЕ: Результаты показывают, что ИИ-модель обладает высокой диагностической точностью и может быть полезным инструментом для поддержки врачебного принятия решений. В то же время ограниченная прогностическая ценность положительного результата подчеркивает необходимость использования модели в комплексе с клиническим контекстом и мнением специалиста.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: Модель ИИ «КТ головного мозга» продемонстрировала высокий потенциал для автоматизированной диагностики ишемических инсультов и кровоизлияний. Её внедрение может способствовать снижению нагрузки на врачей и повышению точности диагностики в рутинной практике, при условии дальнейшей валидации и дообучения модели на более широкой выборке.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: искусственный интеллект, компьютерная томография, острый ишемический инсульт, внутримозговое кровоизлияние, нейровизуализация, острое нарушение мозгового кровообращения, сегментация, системы поддержки принятия решений

* Для корреспонденции: Казиева Мариям Юсуфовна; e-mail: m.kazieva@sbermed.ai

Для цитирования: Казиева М.Ю., Стулов И.К., Басек И.В., Медведева Н.А., Курапеев Д.И. Опыт применения комплексной системы искусственного интеллекта в диагностике острых ишемических инсультов и внутримозговых кровоизлияний: ретроспективное исследование // Лучевая диагностика и терапия. 2025. Т. 16, № 3. С. 37–45, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2025-16-3-37-45>.

UTILIZATION OF AN INTEGRATED ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEM IN THE DIAGNOSIS OF ACUTE ISCHEMIC STROKES AND INTRACRANIAL HEMORRHAGES: A RETROSPECTIVE STUDY

¹Mariam Yu. Kazieva[✉], ²Ilya K. Stulov[✉], ²Ilona V. Basek[✉], ¹Natalia A. Medvedeva[✉], ²Dmitry I. Kurapeev[✉]

¹SberMedAI, Moscow, Russia

²Almazov National Medical Research Centre, Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

INTRODUCTION: Acute cerebrovascular accidents (CVA), including ischemic stroke and intracranial hemorrhage, remain among the leading causes of mortality and long-term disability worldwide. The substantial workload placed on radiologists, combined with the necessity for prompt decision-making under time pressure, underscores the importance of integrating artificial intelligence (AI) technologies into the diagnostic process.

OBJECTIVE: To assess the diagnostic performance of an artificial intelligence model developed for the detection of acute ischemic stroke and intracranial hemorrhage on non-contrast brain computed tomography (CT).

MATERIALS AND METHODS: This paper represents the results of a retrospective study. The test dataset comprised 263 anonymized non-contrast brain CT examinations of patients aged over 18 years, performed under clinical suspicion of acute cerebrovascular accident. Ground truth was established by two independent radiologists. The performance of the AI model was evaluated against the ground truth dataset using sensitivity, specificity, accuracy, and ROC AUC metrics. In addition, the accuracy of lesion localization and segmentation was analyzed.

RESULTS: For ischemic stroke detection, the AI model achieved a sensitivity of 0.85, specificity of 0.82, and overall accuracy of 0.83 (ROC AUC=0.84). For intracranial hemorrhage detection, sensitivity was 0.82, specificity 0.81, and accuracy 0.81 (ROC AUC=0.81). Agreement between radiologists and the model's proposed lesion contours was observed in 94.2% of cases, while concordance on lesion volume estimation reached 95.7%.

DISCUSSION: The findings demonstrate that the AI model provides high diagnostic accuracy and may serve as a valuable tool for clinical decision-making. Nonetheless, the limited positive predictive value highlights the necessity of employing the model in conjunction with clinical context and expert interpretation.

CONCLUSION: The «Brain CT» AI model demonstrated strong potential for automated detection of ischemic stroke and intracranial hemorrhage. Its implementation could contribute to reducing the workload of radiologists and improving diagnostic accuracy in routine practice, contingent upon further validation and model retraining on larger and more diverse datasets.

KEYWORDS: artificial intelligence, computed tomography, acute ischemic stroke, intracranial hemorrhage, neuroimaging, acute cerebrovascular accident, segmentation, clinical decision support systems

* For correspondence: Mariam Yu. Kazieva; e-mail: m.kazieva@sbermed.ai

For citation: Kazieva M.Yu., Stulov I.K., Basek I.V., Medvedeva N.A., Kurapeev D.I. Utilization of an integrated artificial intelligence system in the diagnosis of acute ischemic strokes and intracranial hemorrhages: a retrospective study // *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2025. Vol. 16, No. 3. P. 36–45, <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2025-16-3-37-45>.

Введение. По оценке Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), острые нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) по состоянию на 2019 г. занимают второе место среди всех причин смертности, что составляет около 11% [1]. В Российской Федерации (РФ) в течение последних 5 лет регистрируется от 430 до 470 тыс. случаев инсульта в год, при этом госпитальная летальность варьирует от 17,6% (2022 г.) до 20,7% (2020 г.). По данным Росстата смертность от ОНМК более чем в два раза выше, чем от инфаркта миокарда [1].

«Золотым стандартом» в нейровизуализации ОНМК являются компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ) головного мозга, включенные также в клинические рекомендации Минздрава РФ [2]. Однако КТ головного мозга считается предпочтительным методом диагностики поскольку характеризуется минимальными

временными затратами для проведения исследования (5–7 мин), высокой эффективностью в выявлении и детализации ишемического инсульта (инфаркта головного мозга) и внутричерепных кровоизлияний, возможностью применения у пациентов в тяжелом состоянии, а также экономической обоснованностью по сравнению с МРТ.

В последние годы как на глобальном уровне, так и в РФ наблюдается тенденция к снижению числа врачей-рентгенологов при одновременном увеличении количества исследований [3].

Значительное увеличение числа пациентов связано с общим ростом населения, старением общества, а также улучшением доступности медицинских услуг. Это приводит к возрастанию нагрузки на медицинский персонал, включая врачей-рентгенологов, которые вынуждены обрабатывать всё большее количество диагностических материалов, включая КТ-изображения (МРТ, ПЭТ и т.д.) [4].

Согласно национальной стратегии развития искусственного интеллекта (ИИ) на период до 2030 г. (Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490) активно внедряются научно-технологические решения, разработанные на основе ИИ, в сфере здравоохранения, что может внести определенный вклад в снижение нагрузки на медицинский персонал, обеспечивая дополнительные возможности для повышения качества диагностики и лечения. Одним из наиболее перспективных направлений является использование ИИ в анализе изображений медицинской визуализации. Компьютерная томография (КТ), как высокоинформативный и широко используемый метод диагностики, представляет особый интерес для автоматизации процессов анализа данных [5].

Острый ишемический инсульт (инфаркт мозга) и внутримозговые кровоизлияния представляют собой тяжелые патологические состояния, требующие экстренной диагностики и лечения [6]. Временной фактор является критически важным, так как чем быстрее будет установлен диагноз, тем выше вероятность благоприятного исхода. Однако значительная рабочая нагрузка на врачей-рентгенологов, особенно в крупных медицинских учреждениях, увеличивает риск ложноположительных и ложноотрицательных результатов по данным нейровизуализации.

Дополнительно, определение балла по шкале ASPECTS для выявления объема ранних ишемических изменений головного мозга сопряжено с определенной субъективностью и возможной асинхронностью врачебных мнений, что создает неопределенность на этапе диагностики и определения степени тяжести патологии. В данном контексте системы ИИ могут сыграть важную роль в качестве вспомогательных инструментов, снижая нагрузку на специалистов и способствуя повышению точности диагностики. Однако чтобы обеспечить их надежность, необходимо провести систематическую оценку метрик качества моделей, включая чувствительность, специфичность и общую диагностическую точность.

Цель. Проведение и анализ предварительных клинико-технических испытаний (ПКИ) для определения диагностической эффективности модели ИИ,

те использовались обезличенные и агрегированные данные, предоставленные медицинским учреждением исключительно в исследовательских целях, и анализ не предполагал возможности идентификации пациентов. Для анализа и выявления зон ишемического инсульта и внутримозговых кровоизлияний использовалась нейросетевая модель, разработанная компанией СберМедИИ. Модель была построена на основе полносверточных нейронных сетей с блоками внимания, что позволяло локализовать патологические области на каждом срезе КТ-исследования, учитывая пространственную структуру данных. Модель при обнаружении патологии демонстрировала попиксельную вероятностную маску ишемии и кровоизлияния, которая затем бинаризовывалась с помощью порогового значения. Пороговое значение подбиралось экспериментально для оптимизации качества модели на отложенной выборке. Результирующая модель представляет собой ансамбль 5 моделей на базе вышеопределенного алгоритма.

Для формирования эталонного набора данных из ретроспективного пула бесконтрастных КТ-исследований головного мозга было случайным образом отобрано 263 потоковых исследования пациентов в возрасте старше 18 лет, поступивших с подозрением на острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК) за трехмесячный период. Данные были деперсонализированы медицинской организацией и вследствие этого лишены какой-либо дополнительной информации о пациенте, за исключением возраста. Все кейсы соответствовали требованиям качества, исключающим наличие артефактов на изображениях. Тестовая выборка включает в себя потоковые случаи острых ишемических инсультов, внутримозговых кровоизлияний, а также исследования, в которых отсутствовали рентгенологические признаки данных патологий. Это обеспечило возможность оценки универсальности модели и проведения её тестирования на данных, отражающих реальную клиническую практику. Проведение ПКИ осуществлялось согласно следующему алгоритму (рис. 1).

Итого в отобранной выборке было представлено 35 исследований с подтвержденным острым ишеми-

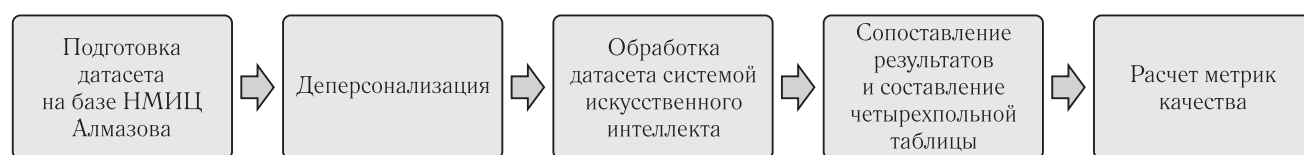


Рис. 1. Основные этапы проведения предварительных клинико-технических испытаний
Fig. 1. Key steps in the implementation of clinical and technical trials

предназначенной для диагностики рентгенологических признаков острых ишемических инсультов (инфарктов головного мозга) и внутримозговых кровоизлияний в реальной практике многопрофильного стационара.

Материалы и методы. Этическое одобрение для данного исследования не требовалось, так как в рабо-

ческом инсультом, 55 случаев с внутримозговым кровоизлиянием, а также 173 исследования без признаков целевой патологии (отсутствие острого ишемического инсульта и внутримозговых кровоизлияний). Каждый случай сопровождался выписным эпикризом, основанным на данных истории болезни.

Далее для формирования эталонного набора данных (ground truth), каждое исследование было проанализировано двумя независимыми специалистами в области лучевой диагностики для достижения согласованности мнений по отобранным исследованиям. Данные были впоследствии обработаны

как эти функции являются критически важными для поддержки врача-рентгенолога.

Результаты. В качестве результата модель ИИ «КТ головного мозга» выдает два выхода (рис. 2 и 3): дополнительную серию изображений с наложением контуров выявленных патологий (гематом или областей ише-

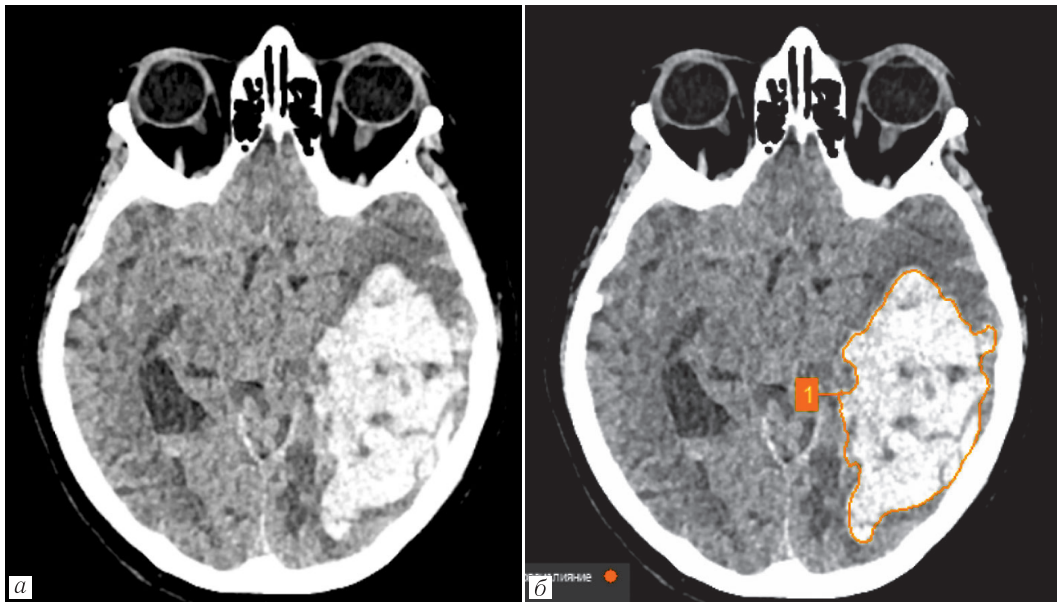


Рис. 2. Нативная компьютерная томография головного мозга, аксиальные срезы, мозговое окно. Исходное изображение (а) и результат анализа изображения с использованием ИИ-модели (б). Площадь внутримозговой гематомы обведена оранжевым контуром (цифра 1)

Fig. 2. Non-contrast computed tomography (NCCT) of brain, axial plane, brain window. Original image (а) and AI-based image analysis output (б). The intracerebral hematoma is demarcated by an orange contour (labeled as 1)

с использованием алгоритма искусственного интеллекта «КТ-головного мозга». Выводы специалистов и системы ИИ включали информацию о наличии или отсутствии рентгенологических признаков острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК), при выявлении патологии — с обязательным указанием анатомической локализации ишемического инсульта или внутримозгового кровоизлияния. Модель ИИ не имела доступа к клиническим данным, сопутствующим случаям, и информации о соотношении «норма/патология» в выборке.

Для осуществления оценки работы модели использовались референсные категории «патология» и «норма». Категория «патология» включала исключительно целевые состояния — ишемический инсульт и/или внутримозговое кровоизлияние. К категории «норма» относились исследования, на которых признаки целевой патологии отсутствовали.

Для оценки качества модели применялись классические классификационные метрики — чувствительность, специфичность, точность и ROC AUC. Анализ ошибок включал рассмотрение ложно положительных и ложно отрицательных случаев, что позволило выявить ключевые направления для дальнейшего улучшения модели. Отдельное внимание было уделено качеству сегментации патологических участков, а также подсчету объемов найденных патологий, так

Заключение искусственного интеллекта

Описание

Выявленные патологии:
Ишемический инсульт

Вероятность патологии:
91 %

Объём области патологии:
19.82 см3

Балл по ASPECTS:
5

Затронутые зоны СМА:
I, IC, L, M2, M3

Очаги выявленной патологии:
Очаг 1: Ишемический инсульт, объём 19.82 см3, размеры 75*52*41 мм, срезы 44-85

Заклучение

Обнаружены признаки ишемического инсульта в зонах I, IC, L, M2, M3, общий объёмом 19.82 см3.
Балл по ASPECTS - 5.

Краткое руководство пользователя

Область ишемического инсульта выделена розовым контуром и пронумерованы. Область внутримозгового кровоизлияния выделена оранжевым контуром и пронумерованы.
Если не удалось выявить ни одной патологии, в верхней части отображается сообщение об отсутствии патологии.

Рис. 3. Пример заклчения ИИ в форме дополнительной серии SR-отчета

Fig. 3. Example of AI-generated findings presented as an additional SR (structured report) series

мии), а также дополнительную серию SR-отчета (заключение искусственного интеллекта в текстовой форме). Результаты анализа, предоставленные алгоритмом нейросети «КТ головного мозга», включали выводы о наличии рентгенологических признаков острого ишемического инсульта с указанием его объема и локализации, оценку балла по шкале ASPECTS, а также информацию об отсутствии или наличии внутримозгового кровоизлияния с указанием его объема. В случае если целевых патологий не было обнаружено на исследовании, модель выдавала заключение об их отсутствии.

Для оценки метрик качества работы модели СИИ «КТ головного мозга» были составлены таблицы результатов заключений системы искусственного интеллекта и заключений врачей-рентгенологов, прилагающиеся к каждому КТ-исследованию относительно наличия рентгенологических признаков острого ишемического инсульта (табл. 1) и внутримозгового кровоизлияния (табл. 2). Также были составлены

Заключение отражает обнаруженные целевые патологии (в данном случае — ишемический инсульт), указывает его объем, затронутые зоны СМА и балл по ASPECTS. Прилагается краткое руководство для пользователя.

В ходе анализа истинно положительных случаев (обнаружение как внутримозговых кровоизлияний, так и острых ишемических изменений) была проведена оценка согласованности результатов работы модели с мнением врачей-рентгенологов в контексте оценки локализации патологических участков и подсчета объемов патологий.

В результате оценки сегментации/оконтуривания патологических очагов выяснилось, что в 94,2% случаев врачи-рентгенологи согласились либо полностью, либо частично с маской (контуром) патологического очага, предложенной моделью. Что касается оценки предложенных моделью расчетов объема обнаруженных патологий, то в 95,7% случаев

Таблица 1

Оценка метрик качества результатов работы Системы искусственного интеллекта «КТ головного мозга» по выявлению острого ишемического инсульта относительно врачей-рентгенологов

Table 1

Evaluation of performance metrics for the Artificial Intelligence System in detecting acute ischemic stroke compared to radiologists

Идентификатор обезличенного КТ-исследования	Заключение СИИ «КТ головного мозга» (индекс-тест)	Референсное заключение врачей- рентгенологов (референс-Тест)	Результат СИИ «КТ головного мозга» по выявлению острого ишемического инсульта			
			является истинно- положительным (ИП)	является истинно- отрицательным (ИО)	является ложноположи- тельным (ЛП)	является ложноотрица- тельным (ЛО)
Итого:	263	263	29	188	41	5
Чувствительность=ИП/ /(ИП+ЛО)				0,85		
Специфичность=ИО/(ИО+ЛП)				0,82		
Точность=(ИП+ИО)/(ИП+ +ИО+ЛП+ЛО)				0,83		
Отношение правдоподобия поло- жительного результата= =Чувствительность/(1–Специ- фичность)				4,76		
Отношение правдоподобия отрица- тельного результата=(1–Чув- ствительность)/ Специфичность				0,18		
Прогностическая ценность поло- жительного результата=ИП/ /(ИП+ЛП)				0,41		
Прогностическая ценность отри- цательного результата=ИО/ /(ИО+ЛО)				0,97		
Площадь под ROC-кривой				0,84		

графики ROC AUC по обоим патологиям, отражающие качество бинарной классификации модели. График ROC AUC помогает определить, насколько хорошо модель различает два класса, и показывает баланс между истинно положительными результатами и ложноположительными срабатываниями модели на разных порогах классификации (рис. 4).

объем патологий, рассчитанный моделью, соответствовал либо полностью, либо частично экспертной оценке врачей-рентгенологов.

Важно также отметить, что клинически значимым достижением модели «КТ головного мозга» стало её умение идентифицировать и оконтуривать области с острыми нарушениями мозгового кровообращения

Таблица 2

Оценка метрик качества результатов работы системы искусственного интеллекта «КТ головного мозга»
по выявлению внутричерепных кровоизлияний относительно врачей-рентгенологов

Table 2

Evaluation of performance metrics for the Artificial Intelligence System in detecting acute intracranial hemorrhages
compared to radiologists

Идентификатор обезличенного КТ-исследования	Заключение СИИ «КТ головного мозга» (индекс-тест)	Референсное заключение врачей-рентгено- логов (референс-Тест)	Результат СИИ «КТ головного мозга» по выявлению внутричерепных кровоизлияний			
			Является истинно- положительным (ИП)	Является истинно- отрицательным (ИО)	Является ложноположи- тельным (ЛП)	Является ложноотрица- тельным (ЛО)
Итого:	263	263	45	168	40	10
Чувствительность=ИП/ /(ИП+ЛО)				0,82		
Специфичность=ИО/(ИО+ЛП)				0,81		
Точность=(ИП+ИО)/(ИП+ +ИО+ЛП+ЛО)				0,81		
Отношение правдоподобия поло- жительного результата = Чувст- вительность/(1–Специфичность)				4,25		
Отношение правдоподобия отри- цательного результата= (1– –Чувствительность)/Специфич- ность				0,23		
Прогностическая ценность поло- жительного результата=ИП/ /(ИП+ЛП)				0,53		
Прогностическая ценность отри- цательного результата=ИО/ /(ИО+ЛО)				0,94		
Площадь под ROC-кривой				0,81		

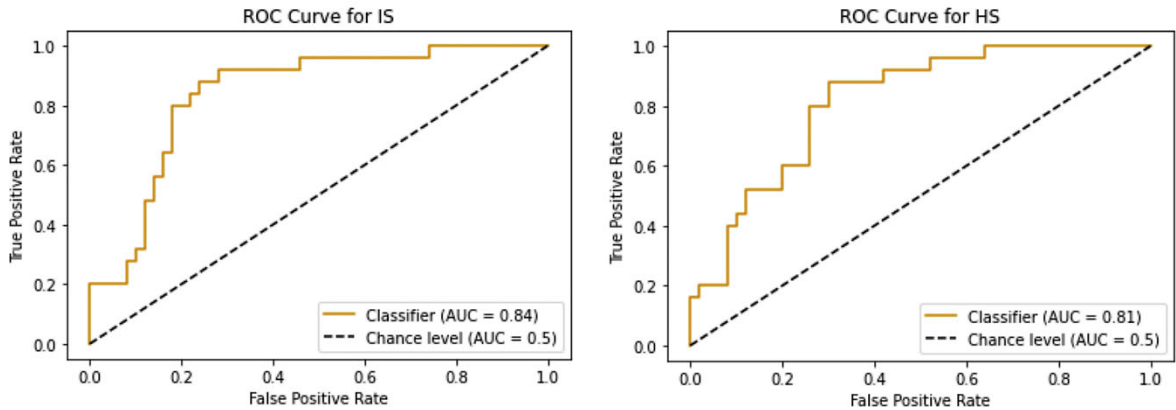


Рис. 4. Графики ROC-AUC для патологий «острый ишемический инсульт» и «внутричерепное кровоизлияние»

Fig. 4. ROC-AUC curves for the acute ischemic stroke and the intracranial hemorrhage diseases

ишемического типа (острейшие ишемические инсульты), которые могут быть упущены даже опытными специалистами из-за ограничений зрительного восприятия, когда явная гиподенсивность еще не проявляется. В качестве примера приведена обработка исследования (рис. 5), в котором наблюдаются признаки острейшего инсульта. В частности, на изображениях присутствует сглаживание борозд и контуров коры, снижение контрастности между серым и белым веществом.

Обсуждение. Представленные результаты демонстрируют, что разработанная модель ИИ для анализа КТ-изображений головного мозга обладает высокой

клинической значимостью. Основные метрики модели, такие как чувствительность, специфичность, точность и ROC AUC, указывают на её способность корректно выявлять признаки как ишемического инсульта (инфаркта головного мозга), так и внутричерепных кровоизлияний. При чувствительности 0,85 для ишемии и 0,82 для кровоизлияний модель способна обнаруживать подавляющее большинство случаев патологии, минимизируя риск пропуска клинически значимых изменений. Высокие значения специфичности (0,82 и 0,81) свидетельствуют о надежности модели в исключении патологий, что снижает частоту ложноположительных результатов и уменьшает нагрузку на врачей.

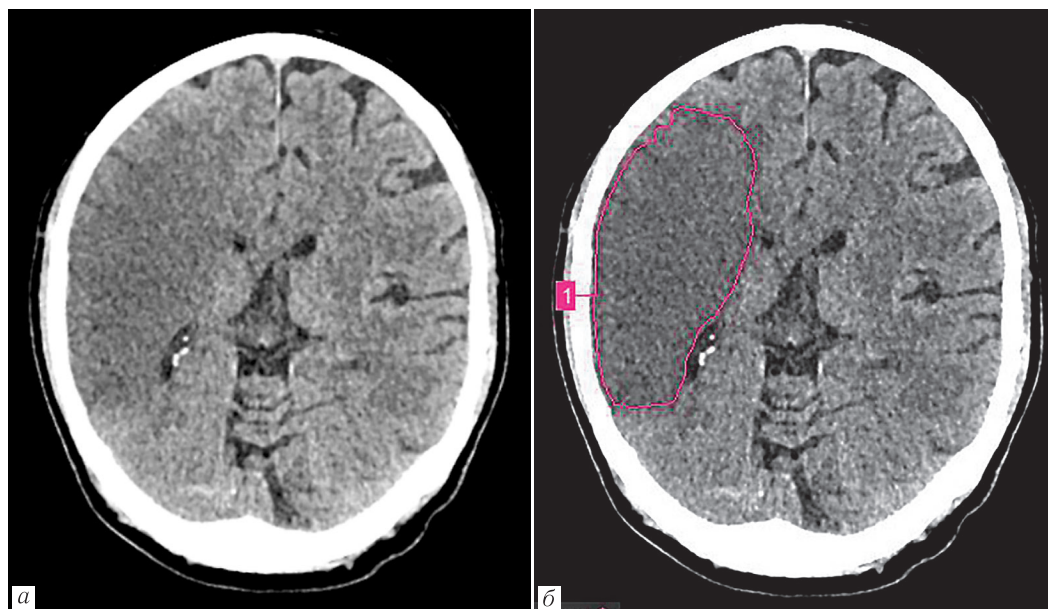


Рис. 5. Обнаруженные моделью рентгенологические признаки острейшего ишемического инсульта. Исходное изображение (а) и результат анализа изображения с использованием ИИ-модели (б)

Fig. 5. Radiological signs of hyperacute ischemic stroke detected by the model. Original image (a) and AI-based image analysis output (b)

Однако несмотря на высокие диагностические показатели, низкая прогностическая ценность положительного результата (0,41 для ишемии и 0,53 для кровоизлияний) указывает на необходимость осторожного использования модели в условиях низкой распространённости патологий в анализируемой выборке. Низкая прогностическая ценность положительного результата вероятно связана с низкой распространённостью целевых патологий в выборке. Данный аспект подчеркивает роль модели как вспомогательного инструмента, который должен работать исключительно в связке с врачом-рентгенологом. В то же время высокая прогностическая ценность отрицательного результата (0,97 для ишемии и 0,94 для кровоизлияний) подтверждает возможность надежного исключения патологии, что особенно важно в условиях высокой загрузки отделений КТ.

Одной из ключевых особенностей модели также является её способность предоставлять визуализацию патологий в виде цветного контурирования и расчета объема поражения. Проведенная оценка показала, что в 94,2% случаев врачи-рентгенологи согласились либо полностью, либо частично с предложенными моделью контурами патологических очагов. Этот результат подчеркивает высокую точность алгоритма в локализации патологий и может значительно упростить процесс интерпретации изображений. Кроме того, совпадение в 95,7% случаев между объемами поражения, рассчитанными моделью, и экспертной оценкой врачей подтверждает её точность в количественном анализе данных.

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы.

Во-первых, для улучшения прогностической ценности положительного результата потребуется про-

вести дополнительное обучение модели с использованием большей выборки. Это позволит снизить число ложноположительных результатов и повысить уверенность модели в выявлении настоящих патологий. Обучение должно включать больше случаев редких и трудных для диагностики патологий, что обеспечит более высокую точность в прогнозировании моделью положительных результатов.

Во-вторых, для более частого выявления острых инсультов (инфарктов головного мозга), включая те случаи, которые могут быть неочевидны на ранних стадиях, необходимо провести дообучение модели с фокусом на данных, отражающих максимально ранние признаки ишемического инсульта, такие как обскурация чечевицеобразных ядер, точечное повышение плотности СМА, наличие признака гиперденсивной средней мозговой артерии, а также снижение дифференцировки коры островка.

В-третьих, для повышения чувствительности модели следует включить в анализ информацию из клинического анамнеза пациента. Это даст возможность модели учитывать дополнительные факторы, которые могут повлиять на предсказание моделью диагноза, такие как начало появления симптомов ОНМК, история заболеваний (например, наличие инсульта в анамнезе), факторы риска и т.д. Интеграция этих данных поможет повысить точность диагностики, особенно в сложных и неоднозначных случаях.

Полученные результаты подчеркивают наличие потенциала в использовании технологий ИИ в интерпретации КТ-исследований, а также одновременно и необходимость врачебного контроля при использовании модели в рутинной практике. Модель способна выполнять роль инструмента поддержки

принятия решений, снижая вероятность пропуска патологий и упрощая количественный анализ, но окончательная интерпретация данных должна оставаться за специалистом [7].

Предварительные клиничко-технические испытания модели искусственного интеллекта «КТ-головного мозга», разработанной компанией «СберМедИИ», показали её потенциал для улучшения процесса диагностики острых ишемических инсультов и внутричерепных кровоизлияний. Модель продемонстрировала высокие значения чувствительности и специфичности, что свидетельствует о её способности эффективно выявлять патологические изменения на КТ-срезах головного мозга. ROC AUC, равный 0,84 и 0,81 (острый ишемический инсульт и кровоизлияния соответственно), подтверждает высокую точность работы модели.

Анализ ошибок выявил, что наибольшее количество ложноотрицательных результатов было связано с нетипичными случаями патологии, требующими дополнительного контекста для точной диагностики, что подчеркивает необходимость дальнейшего развития модели для обработки сложных и редких случаев. Результаты исследования показали, что использование ИИ в анализе КТ-снимков может значительно сократить время диагностики посредством автоматизации рутинных задач и снизить риск ошибок [8]. Однако для широкого внедрения модели необходимо провести дополнительные исследования, подтверждающие её эффективность и безопасность в клинической практике.

Качество сегментации патологических участков и подсчет объемов патологий были оценены положительно. Эти функции могут значительно повы-

сить эффективность работы врачей-рентгенологов, обеспечивая им поддержку в реальном времени.

Для повышения точности модели необходимо продолжить её обучение на более репрезентативных выборках данных, включая случаи с нетипичными проявлениями патологий. Важно также учитывать дополнительные факторы, такие как анамнез пациента и клинические данные, для улучшения диагностики [9].

В целом, исследование демонстрирует перспективность использования ИИ для автоматизации диагностики острых ишемических инсультов и внутричерепных кровоизлияний. Полученные результаты могут стать основой для дальнейших разработок и внедрения технологий ИИ в медицинскую практику, способствуя улучшению качества медицинской помощи и повышению шансов на благоприятный исход для пациентов [9, 10].

Заключение. Важно отметить, что на сегодняшний момент технологии ИИ в медицине представляют собой революционное направление, открывающее новые горизонты в диагностике и лечении заболеваний. Несмотря на то, что человечество находится лишь на начальной стадии внедрения этих технологий, уже сейчас можно отметить значительный потенциал ИИ в улучшении точности диагностики, ускорении обработки данных и поддержке врачей в принятии решений. Модели ИИ, такие как «КТ головного мозга», могут стать мощным инструментом в руках специалистов, помогая выявлять даже те изменения, которые могут быть незаметны на первых этапах заболевания. Эти технологии обещают значительно улучшить качество диагностики, особенно в условиях высоких нагрузок на медицинские учреждения, и облегчить работу врачей.

Сведения об авторах:

Казиева Мария Юсуфовна — продуктовый менеджер сервиса КТ «Головного мозга», общество с ограниченной ответственностью «СберМедИИ», ДЗО ПАО Сбербанк; 121205, Москва, территория Сколково Инновационного Центра, Большой 6-р, д. 30, стр. 1, эт/пом/рм 2/225/225-5; e-mail: m.kazieva@sbermed.ai; ORCID 0009-0001-2875-0802;

Стулов Илья Константинович — кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики № 1 федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 197341, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2; врач-рентгенолог рентгеновского отделения федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и неврологии имени В. М. Бехтерева» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 192019, Санкт-Петербург, ул. Бехтерева, д. 3; e-mail: symrak.spb@mail.ru; ORCID 0000-0002-5776-1252;

Басек Илона Владимировна — кандидат медицинских наук, доцент кафедры лучевой диагностики и медицинской визуализации с клиникой, врач-рентгенолог, заведующая отделом лучевой диагностики федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 197341, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2; e-mail: ilona.basek@mail.ru; ORCID 0000-0003-4442-7228;

Медведева Наталья Александровна — кандидат медицинских наук, клинический эксперт, врач-рентгенолог, общество с ограниченной ответственностью «СберМедИИ», ДЗО ПАО Сбербанк; 121205, Москва, территория Сколково Инновационного Центра, Большой 6-р, д. 30, стр. 1, эт/пом/рм 2/225/225-5; e-mail: radiologmed@mail.ru; ORCID 0000-0002-2371-5661;

Курапеев Дмитрий Ильич — заместитель генерального директора по информационным технологиям и проектному управлению федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 197341, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2; e-mail: kurapeev_di@almazovcentre.ru; ORCID 0000-0002-2190-1495.

Information about the authors:

Mariam Yu. Kazieva — Product Manager of the CT Brain Imaging Service SberMedAI, a subsidiary of PJSC Sberbank, 30 Bolshoy Boulevard, Building 1, Floor 2, Room 225-5, Skolkovo Innovation Center, 121205, Moscow, Russia; e-mail: m.kazieva@sbermed.ai; ORCID 0009-0001-2875-0802;

Ilya K. Stulov — Cand. of Sci. (Med.), Radiologist, Department of Radiology No. 1, Almazov National Medical Research Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2 Akkuratova St., St. Petersburg, 197341, Russia; Radiology Department, V. M. Bekhterev National Medical Research Center for Psychiatry and Neurology of the Ministry of Health of the Russian Federation, 3 Bekhtereva St., St. Petersburg, 192019, Russia; e-mail: symrak.spb@mail.ru; ORCID 0000–0002–5776–1252;

Iлона В. Басек — Cand. of Sci. (Med.), Radiologist, Head of the Radiology Department at the same institution, Associate Professor at the Department of Radiology and Medical Imaging with Clinical Practice, Almazov National Medical Research Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2 Akkuratova St., St. Petersburg, 197341, Russia; e-mail: Iлона.basek@mail.ru, ORCID 0000–0003–4442–7228;

Natalia A. Medvedeva — Cand. of Sci. (Med.), Clinical Expert, Radiologist, SberMedAI; 30 Building 1, Bolshoy Boulevard, Skolkovo Innovation Center, Moscow, 121205, Russia; Office: 2/225/225–5; e-mail: radiologmed@mail.ru; ORCID 0000–0002–2371–5661;

Dmitry I. Kurapeev — Deputy Director General for Information Technology and Project Management at the Almazov National Medical Research Center, Ministry of Health of the Russian Federation, 197341, 2 Akkuratova St., St. Petersburg, Russia; e-mail: kurapeev_di@almazovcentre.ru, ORCID 0000–0002–2190–1495.

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция, план и организация исследования — *М.Ю. Казиева*; сбор и математический анализ данных — *И.К. Стулов, И.В. Басек*; анализ нативных КТ-исследований и валидация результатов ИИ — *И.К. Стулов, Н.А. Медведева*; совместная подготовка рукописи — *М.Ю. Казиева, И.К. Стулов, И.В. Басек, Н.А. Медведева, Д.И. Курапеев*.

Authors' contributions. All authors met the ICMJE authorship criteria. (each author has made a substantial contribution to the conception, design, execution, or interpretation of the research, has read and approved the final version of the manuscript prior to publication). The primary contributions are distributed as follows: study concept, design, and organization MYuK; data collection and statistical analysis — *IKS, IVB*; analysis of non-contrast CT scans and validation of AI results — *IKS, NAM*; joint preparation of the manuscript of the study — *MYuK, IKS, IVB, NAM, DIK*.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure: the authors declare that they have no competing interests.

Соответствие принципам этики: информированное согласие получено от каждого пациента.

Adherence to ethical standards: informed consent was obtained from each patient.

Поступила/Received: 08.06.2025

Принята к печати/Accepted: 29.08.2025

Опубликована/Published: 29.09.2025

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Игнатьева В.И., Вознюк И.А., Шамалов Н.А., Резник А.В., Виницкий А.А., Деркач Е.В. Социально-экономическое бремя инсульта в Российской Федерации // *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2023. Т. 123, № 8 (вып. 2). С. 5–15. [Ignatieva V.I., Voznyuk I.A., Shamalov N.A., Reznik A.V., Vinitsky A.A., Derkach E.V. Socio-economic burden of stroke in the Russian Federation. *S. S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*, 2023, Vol. 123, No. 8 (Issue 2), pp. 5–15 (In Russ.).] doi: 10.17116/jnevro20231230825.
- Campbell B.C.V., Lansberg M.G., Broderick J.P., Derdeyn C.P., Khatri P., Sarraj A., Saver J.L., Vagal A., Albers G.W. Acute Stroke Imaging Research Roadmap IV: Imaging Selection and Outcomes in Acute Stroke Clinical Trials and Practice // *Stroke*. 2021. Vol. 52, No. 8. P. 2723–2733 doi: 10.1161/STROKEAHA.121.035132.
- European Society of Radiology (ESR), A. P. Brady, P. Graciano, B. Brkjacic, C. Loewe, M. Szucsich, M. Hierath. The future of radiology in Europe under increasing workload and staff shortages: a survey from the European Society of Radiology (ESR) // *Insights into Imaging*. 2025. Vol. 16. Art. No. 19. P. 1–10. doi: 10.1186/s13244-025-01925-7.
- Андропова П.Л., Гаврилов П.В., Савинцева Ж.И. Шкала ASPECTS: межэкспертное соглашение при использовании // *Лучевая диагностика и терапия*. 2022. Т. 13, № 1. С. 21–27. [Andropova P.L., Gavrilov P.V., Savintseva Zh.I. ASPECTS scale: Inter-expert agreement in usage. *Diagnostic radiology and radiotherapy*, 2022, Vol. 13, No. 1, pp. 21–27 (In Russ.).] doi: 10.22328/2079-5343-2022-13-1-7-13.
- Андропова П.Л., Гаврилов П.В., Савинцева Ж.И., Вовк А.В., Рыбин Е.В. Применение систем искусственного интеллекта в нейрорадиологии острого ишемического инсульта // *Лучевая диагностика и терапия*. 2021. Т. 12, № 2. С. 30–36. [Andropova P.L., Gavrilov P.V., Savintseva Zh.I., Vovk A.V., Rybin E.V. Application of artificial intelligence systems in neuroimaging of acute ischemic stroke. *Diagnostic radiology and radiotherapy*, 2021, Vol. 12, No. 2, pp. 30–36 (In Russ.).] doi: 10.22328/2079-5343-2021-12-2-30-36.
- Powers W.J., Rabinstein A.A., Ackerson T. et al. Guidelines for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke: 2019 Update to the 2018 Guidelines for the Early Management of Acute Ischemic Stroke // *Stroke*. 2019. Vol. 50. P. e344–e418. doi: 10.1161/STR.0000000000000211.
- Щеглова Л.В., Савинова А.В., Камышанская И.Г., Харитонов Н.Ю., Рублева О.В. Использование искусственного интеллекта в диагностике острых нарушений мозгового кровообращения (обзор литературы) // *Медицина: теория и практика*. 2023. Т. 8, № 4. С. 272–278 [Shcheglova L.V., Savinova A.V., Kamyschanskaya I.G., Kharitonov N.Yu., Rubleva O.V. Use of artificial intelligence in the diagnosis of acute cerebrovascular accidents (literature review). *Medicine: Theory and Practice*, 2023, Vol. 8, No. 4, pp. 272–278 (In Russ.).] doi: 10.35478/MTP.2023.4.07.
- Soun J.E., Chow D.S., Nagamine M., Takhtawala R.S., Filippi C.G., Yu W., Chang P.D. Artificial Intelligence and Acute Stroke Imaging // *American Journal of Neuroradiology*. 2021. Vol. 42, No. 1. P. 2–11. doi: 10.3174/ajnr.A6897.
- Wang Z., Yang W., Li Z., Rong Z., Wang X., Han J., Ma L. A 25-Year Retrospective of the Use of AI for Diagnosing Acute Stroke: Systematic Review // *Journal of Medical Internet Research*. 2024. Vol. 26. e51234. doi: 10.2196/51234.
- Larentzakis A., Lygeros N. Artificial intelligence (AI) in medicine as a strategic valuable tool // *Pan African Medical Journal*. 2021. Vol. 38. P. 244. doi: 10.11604/pamj.2021.38.244.25354.