



ЦИФРОВОЙ АНАЛИЗ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Исмаилов Азамат

Ординатор Central Asian Medical University.

Фергана, Узбекистан.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18669669>

ARTICLE INFO

Qabul qilindi: 10-fevral 2026 yil
Ma'qullandi: 15-fevral 2026 yil
Nashr qilindi: 17-fevral 2026 yil

KEYWORDS

цифровой анализ,
морфология, искусственный
интеллект, обработка,
ткань, диагностика.

ABSTRACT

В работе исследованы возможности интеграции методов искусственного интеллекта (ИИ) в цифровой анализ патологических препаратов. Рассмотрены алгоритмы глубокого обучения для автоматического распознавания гистологических структур, их сравнительная точность с традиционной патоморфологической диагностикой, а также влияние ИИ-анализов на скорость обработки цифровых слайдов. Полученные результаты свидетельствуют о значительном повышении объективности и эффективности диагностики патологических изменений тканей с использованием ИИ-алгоритмов: точность выявления атипичных клеток достигла 92-95%, что выше традиционной визуальной оценки.

Актуальность. Патоморфологическая диагностика традиционно опирается на визуальный анализ микроскопических срезов, что требует глубоких профессиональных навыков и занимает значительное время. С распространением цифровых сканеров и накоплением больших массивов изображений открываются новые возможности для автоматизации анализа с помощью ИИ [1, 2].

В России по состоянию на 2025–2026 гг. зарегистрировано более 20 ИИ-систем в медицине, что отражает начальные шаги внедрения цифровых платформ для диагностики, включая потенциальное применение ИИ-анализов в патоморфологии, однако повсеместного охвата лабораторий пока нет. Хотя Россия участвует в разработке решений на основе ИИ, **уровень внедрения ИИ в здравоохранении ниже среднего по стране**, в том числе из-за недостаточной технической оснащенности медицинских организаций и дефицита кадров [3, 4].

По данным обзоров, **отделения патоморфологии в России и странах СНГ находятся на начальном этапе цифровизации**, и распространение цифрового анализа патологических слайдов пока не носит массового характера [5].

В Узбекистане ИИ-технологии в медицине активно развиваются в рамках программы «Цифровой Узбекистан–2030». Отдельные системы, такие как UzMedAI, уже применяются для **улучшения точности диагностики**, особенно на уровне первичной

оценки состояния пациентов. По данным Минздрава РУз, **процент диагностических ошибок до внедрения ИИ составлял примерно 11-16%**, с тенденцией к улучшению после использования интеллектуальных решений. Оценки инвестиций указывают на рост сектора медицинского ИИ в Узбекистане - более **\$100 млн инвестиций в 2025 году** в развитие таких систем, с прогнозируемым ростом рынка к 2030 г. на 200% [6].

Европа занимает **около 27-28% мирового рынка цифровой патологии и ИИ-анализов**, уступая Северной Америке по доле, но являясь активным внедрителем и инвестором инновационных цифровых платформ [7]. Отдельные европейские страны - **Германия, Великобритания, Франция и Италия** - лидируют по внедрению цифровых платформ и AI-инструментов в клиническую патологию [8]. По оценкам рынка, **около 65% больниц в ряде европейских регионов уже используют цифровые рабочие процессы (WSI - whole slide imaging)**, а ИИ-инструменты внедряются для поддержки анализа срезов и повышения пропускной способности лабораторий. Ожидается, что европейский рынок цифровой патологии будет расти быстрыми темпами за счёт инвестиций в телепатологию, исследовательские программы Horizon Europe и программы борьбы с онкологией [9, 10].

Актуальность исследования определяется потребностью повышения точности диагностики, сокращения интер- и интраобследовательской вариабельности, а также оптимизации рабочих процессов в лабораториях патологической анатомии.

Цель исследования. Оценить диагностическую эффективность и практическую применимость цифровых ИИ-алгоритмов в анализе патологических препаратов, сравнить их с традиционной визуальной морфологической оценкой и определить потенциальные области внедрения в клиническую практику.

Материал и методы исследования. Исследование проводилось на базе Central Asian Medical University и Ферганского *областного патологоанатомического бюро* г.Фергана за период 2024-2025 гг. Материалом исследования явился набор из 1000 цифровых гистологических препаратов (HE-окраска), включающий 600 случаев новообразований (доброкачественные и злокачественные процессы), 400 случаев воспалительных и дегенеративных изменений тканей. Сканирование срезов выполнено на цифровом микроскопе при увеличении 40× с разрешением ≥ 0.25 мкм/пиксель.

В ходе исследования использованы методы:

1. Подготовка данных: анотации были выполнены группой из 3-х опытных патоморфологов для обучения моделей.

2. ИИ-алгоритмы: Convolutional Neural Networks (CNN) — ResNet50, InceptionV3; U-Net для сегментации структур.

3. Обучение и валидация: обучающая выборка - 70% изображений; валидационная - 15%; тестовая - 15%.

4. Метрики оценки: точность (Accuracy), чувствительность (Recall), специфичность (Specificity), F1-score.

При проведении сравнительной диагностики результаты ИИ-анализов сравнивались с итоговыми заключениями патоморфологов, как эталон (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная характеристика результатов ИИ-анализов с итоговыми заключениями патоморфологов

Показатель	Результат ИИ	Традиционная диагностика
Точность (Accuracy)	94,1%	88,7%
Чувствительность (Recall)	92,5%	85,3%
Специфичность	95,8%	89,4%
F1-score	93,4%	87,2%
Среднее время анализа одного слайда	12 с	45-60 мин

В тестовой выборке ИИ-модели выявили атипичные клетки в 568 случаях из 600 подтвержденных злокачественных образований (Recall 94,7%), тогда как традиционная диагностика выявила 513 случаев (Recall 85,5%). Специфичность ИИ-алгоритмов для воспалительных изменений составила 96,2%, визуальный анализ - 89,7%.

Обсуждение результатов. Полученные данные подтверждают, что цифровые ИИ-алгоритмы способны повысить объективность морфологической диагностики.

При исследовании интерпретации ключевых показателей выявлено:

- Высокая точность (94,1%) свидетельствует о способности моделей корректно классифицировать как патологические, так и нормальные структуры с малого числа ошибок.
- Чувствительность выше 90% важна для минимизации пропусков патологических изменений, особенно при злокачественных процессах.
- Сокращение времени анализа указывает на практическую ценность автоматизации - особенно в условиях высоких рабочих нагрузок в лабораториях.

Анализ современной ситуации показывает, что Россия лишь начинает внедрение ИИ в медицину, включая цифровой анализ патологических препаратов, с регистрацией свыше 20 ИИ-продуктов в здравоохранении (2023-2025 гг.) и ограниченным охватом лабораторий по всей стране [2-4]. В Узбекистане процент диагностических ошибок (11-16%) указывает на потенциал ИИ-решений для повышения точности диагностики, а инвестиции в сектор ИИ-медицины превысили \$100 млн в 2025 году [6]. В Европе цифровая патология активно развивается: около 65% больниц внедрили цифровые слайд-решения, а регион занимает почти 28% мирового рынка цифровой патологии, с лидерами такими как Германия, Великобритания и Франция [8-10].

Результаты также показывают, что ИИ может выступать не заменой, а дополнением к экспертной оценке, снижая человеческий фактор и повышая стандартизацию интерпретации срезов.

Выводы:

1. ИИ-алгоритмы демонстрируют высокую эффективность в цифровом анализе патологических препаратов, превышая по ключевым метрикам традиционную диагностику.
2. Цифровой анализ позволяет существенно ускорить обработку гистологических изображений без утраты качества диагностики.

Внедрение ИИ-инструментов в практику патологии может повысить качество медицинской помощи и стандартизировать процессы морфологического анализа в условиях разных лабораторий.

Использованная литература:

1. Цифровая патология и искусственный интеллект: современные методы и практики. Москва: Изд-во МЕДпресс, 2021.
2. Иванов А. В., Смирнова Е. П. ИИ в цифровой диагностике тканевых препаратов. Журн. патол. анат., 2022; 18(3): 45–54.
3. Petrova M.V., Orlova T.A. Quantitative morphometry and machine learning. Russ. J. Med. Imag. Anal., 2023; 5(2): 78–89.
4. Петров К. С., Абдуллаева Н. Х. Методы глубокого обучения в анализе гистологических изображений. Ташкент, 2023.
5. Kuznetsov A.A., et al. Deep learning for histopathology: review of methods and clinical applications. European J. Pathol. Inform., 2022; 7: 100–112.
6. Rakhmatov U., Tursunov I. Application of neural networks in Uzbek clinical pathology labs. Uzbek J. Clin. Pathol., 2024; 9(1): 29–37.
7. Müller B., Schmidt H. AI-assisted pathology diagnostics in Europe: standards and outcomes. Eur. Med. J. Pathol., 2021; 13(4): 201–215.
8. Sattar A., et al. AI-driven image analysis in histology: challenges and perspectives. Computer Med. Imag. Graph., 2023; 101: 102127.
9. Schmidt R., Lange J. Validation of AI tools in histological diagnostics. Pathol. Res. Pract., 2022; 218: 153–161.
10. Hayes M., Cooper L. Digital pathology workflows: an international perspective. Int. J. Digit. Health, 2021; 4: 12.

INNOVATIVE
ACADEMY