

УДК 340.6:004.8

<https://doi.org/10.52420/umj.24.6.120>

<https://elibrary.ru/AXSNEO>



## Возможности использования нейросетей в судебной медицине

Оксана Борисовна Долгова, Юлия Геннадьевна Якимова<sup>✉</sup>, Полина Александровна Сайлер,  
Дмитрий Львович Кондрашов, Наталья Рудольфовна Шабунина-Басок

Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия

<sup>✉</sup> [yakimova\\_juli@mail.ru](mailto:yakimova_juli@mail.ru)

### Аннотация

**Введение.** Современные вызовы, связанные с ростом объема данных в различных сферах человеческой деятельности, требуют внедрения инновационных методов анализа, среди которых особое место занимает искусственный интеллект (ИИ). В медицине технологии машинного обучения активно применяются для автоматизации диагностики, прогнозирования заболеваний и обработки медицинских изображений. Судебно-медицинская экспертиза также начинает использовать нейросетевые алгоритмы для повышения точности и скорости исследований.

**Цель работы** — изучить современные подходы к использованию ИИ в судебно-медицинской экспертизе и смежных областях на основании литературных данных за последние 10 лет.

**Материалы и методы.** Анализ и систематизация научных публикаций, размещенных в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science, eLibrary.ru, «КиберЛенинка» за 2015–2024 гг. (имеется менее 5 % источников за 2008–2014 гг.) по поисковым словам *artificial intelligence, forensic examination, machine learning*. Обнаружено 98 источников, по критериям включения отобрано 62.

**Результаты и обсуждение.** Ключевые направления применения нейросетей в судебной медицине включают в себя идентификацию личности, в т. ч. по черепу, зубному статусу и ДНК, анализ повреждений, обработку биометрических данных, статистическую обработку медицинской информации для выявления скрытых закономерностей. Использование компьютерного зрения позволяет автоматизировать анализ фото- и видеоматериалов с мест преступлений, а прогнозные модели на основе ИИ помогают в установлении времени наступления смерти и определении факторов, влияющих на исход судебно-медицинских исследований. Однако внедрение нейросетей в экспертную практику требует решения ряда проблем, включая валидацию алгоритмов, обеспечение достоверности результатов, соблюдение этико-правовых норм.

**Заключение.** Таким образом, применение нейросетей в судебной медицине, хотя обладает потенциалом, сегодня ограничено необходимостью дорогостоящей инфраструктуры, риском алгоритмических предубеждений и отсутствием правовой базы. Внедрение ИИ возможно лишь как часть комплексного исследования при обязательном контроле со стороны эксперта-человека.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, судебно-медицинская экспертиза, судебная медицина, применение нейросетей, машинное обучение

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов.

**Для цитирования:** Возможности использования нейросетей в судебной медицине / О.Б. Долгова, Ю.Г. Якимова, П.А. Сайлер [и др.] // Уральский медицинский журнал. 2025. Т. 24, № 6. С. 120–135. DOI: <https://doi.org/10.52420/umj.24.6.120>. EDN: <https://elibrary.ru/AXSNEO>.

## Applications of Neural Networks in Forensic Medicine

Oksana B. Dolgova, Yulia G. Yakimova<sup>✉</sup>, Polina A. Sayler, Dmitry L. Kondrashov,  
Natalya R. Shabunina-Basok

Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia

✉ yakimova\_juli@mail.ru

### Abstract

*Introduction.* The growing volume of data across diverse fields demands innovative analytical approaches, with artificial intelligence (AI) emerging as a pivotal tool. In forensic medicine, neural networks are increasingly being adopted to improve the precision and efficiency of examinations. However, challenges persist, including algorithm validation, reliability assurance, and adherence to ethical standards.

*Aim of work* is to examine modern applications of AI in forensic medical examination and related fields, focusing on literature from the past decade (2015–2024).

*Materials and methods.* A systematic analysis of scientific publications from PubMed, Scopus, Web of Science, eLibrary.ru, CyberLeninka was conducted, prioritizing recent studies (2015–2024), with less than 5 % of sources dating back to 2008–2014.

*Results and discussion.* Key applications of neural networks in forensic medicine include: individual identification (via skull, dental records, and DNA), injury analysis (mechanism, timing, and cause of death), biometric data processing (facial recognition, skull-based facial reconstruction), and statistical analysis of medical data to uncover hidden patterns. Despite their potential, limitations such as the need for robust validation, legal compliance, and ethical considerations hinder widespread adoption.

*Conclusion.* AI technologies show significant promise in improving the speed and precision of forensic examinations. However, further research is needed to address existing challenges and ensure their reliable integration into expert practice.

**Keywords:** artificial intelligence, forensic examination, forensic medicine, application of neural networks, machine learning

**Conflict of interest.** The authors declare the absence of obvious or potential conflict of interest.

**For citation:** Dolgova OV, Yakimova YG, Sayler PA, Kondrashov DL, Shabunina-Basok NR. Applications of neural networks in forensic medicine. *Ural Medical Journal.* 2025;24(6):120–135. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.52420/umj.24.6.120>. EDN: <https://elibrary.ru/AXSNEO>.

© Долгова О. Б., Якимова Ю. Г., Сайлер П. А., Кондрашов Д. Л., Шабунина-Басок Н. Р., 2025

© Dolgova O. B., Yakimova Y. G., Sayler P. A., Kondrashov D. L., Shabunina-Basok N. R., 2025

### Введение

Особенностью настоящего времени стало быстрое накопление информации во всех сферах деятельности человека, при этом обработка данных приводит к затрате огромного количества ресурсов. Возможности отдельно взятого врача уже не позволяют справиться с потоком поступающей информации, специалисты узкого профиля, как правило, не обладают возможностями для обработки данных, стремительно накапливающихся в их профессиональной сфере. В своей деятельности врачам в области судебно-медицинской экспертизы (СМЭ) помимо судебной медицины необходимо постоянно обращаться к смежным медицинским наукам, что еще больше увеличивает трудозатраты в процессе реализации профессиональных функций [1]. Каждый год появляются новые виды исследований, СМЭ не остается в стороне от научных и технических открытий и использует передовые и эффективные методы анализа данных [2]. Примерами могут служить цифровые технологии анализа фотографий при идентификации личности, видеосъемки, результатов физических и химических методов исследований, используются статистические математические средства обработки информации. В здравоохранении в последние несколько лет активно

используются нейросети (НС) во многих направлениях работы: для диагностики онкологических заболеваний, определения и мониторинга жизненно важных показателей, при уточнении клинических диагнозов [3–5].

**Цель работы** — изучение современного состояния вопроса возможностей использования искусственного интеллекта (ИИ) в СМЭ и смежных областях для решения экспертных задач.

## Материалы и методы

Проведен анализ и систематизация научных публикаций, размещенных в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science, eLibrary.ru, «КиберЛенинка». Поиск источников для обзора литературы проводился с помощью поисковых слов: *artificial intelligence, forensic examination, forensic medicine, machine learning*. Найдено 98 работ, опубликованных в отечественных и зарубежных журналах с 2008 по 2024 г. После анализа полученной информации для настоящего обзора отобрано 62 работы, которые отвечали целям настоящего исследования.

Критерий включения — тематическая релевантность научных исследований, в которых представлена информация о применении НС в судебной медицине, включая анализ причин смерти, идентификацию личности, обработку медицинских изображений, прогнозирование исходов судебно-медицинских экспертиз.

Критерий исключения — исследования по криминалистике, не касающиеся судебно-медицинских аспектов.

## Результаты и обсуждение

В судебной экспертизе возможности использования ИИ широки. НС помогают идентифицировать личность по лицу, голосу, зубам и т. д. Следы биологических жидкостей (крови, слюны, спермы), отпечатки губ, дополнительные продукты выстрела, метки на оружии, особенности огнестрельных снарядов могут сравниваться и анализироваться быстрее и точнее, чем это делает человек — судебный эксперт [6, 7]. ИИ может помочь в реконструкции места преступления, после ввода данных программа создает 3–4 видеоролика с информацией о последовательно произошедших событиях [8]. В настоящее время ИИ — отдельная отрасль компьютерных наук и инженерии, которая концентрируется на создании технологий, способных обрабатывать информацию. В этих технологиях используются сложные модели и алгоритмы, которые способны обучаться и выполнять когнитивные задачи, что позволяет получать прогнозный анализ при определенном варианте принятия решения как в физической, так и цифровой среде. Отличительной особенностью алгоритмов является их способность обрабатывать данные методом, который не совсем понятен человеку, не поддающимся полной интерпретации и проверке человеком, что порождает проблему «черного ящика», заключающуюся в непрозрачности методов обработки данных ИИ [9, 10]. Тем не менее это ограничение не останавливает процесс его активного внедрения в различные сферы.

Судебные эксперты относятся к НС неоднозначно. Проблема в том, что пока нет четких правил, разрешающих их использование в диагностике. Не существует утвержденных критериев, которые помогали бы интерпретировать данные о травмах и заболеваниях. Эти вопросы не прописаны ни в методических рекомендациях, ни в официальных приказах, регламентирующих проведение СМЭ. Кроме того, при применении НС результаты все равно должен проверять эксперт. Таким образом, ИИ — это подобие человеческого интеллекта,

для осуществления аналитической деятельности в цифровых технологиях должна быть заложена информация, представлены варианты и способы ее обработки. Следует отметить, что ИИ действует алгоритмами, не способен к творческому мышлению. Отсутствие сознания, способности к творчеству не позволяет ИИ использовать для конечной цели — реализации задач правосудия [11].

НС способны обучаться и самообучаться, используя предоставленные базы данных, что повышает вероятность принятия верного решения. При обучении используются результаты прошлой и настоящей экспертной практики, официально утвержденные методики экспертного исследования, научная, учебная и методическая литература с информацией об объектах исследования. Однако информационная среда постоянно требует обновления, чтобы результаты работы НС были актуальными и правильными. В отличие от человека ИИ способен не только быстро обрабатывать постоянно растущий объем информации, но и устанавливать связи между различными объектами, что крайне важно в судебно-медицинской экспертной практике. Это обусловлено тем, что один из главных вопросов к эксперту у судебно-следственных органов касается установления причинно-следственных связей между событием, процессом и неблагоприятным исходом. Главное преимущество компьютерной обработки данных — абсолютная объективность. В отличие от человеческой оценки, на которую влияет множество субъективных факторов (квалификация специалиста, физическое состояние, эмоциональный фон, личностные особенности и т. д.), НС анализируют информацию одинаково беспристрастно. Это способствует упрощению решения проблемных вопросов, связанных с использованием и трактовкой специальной терминологии при производстве СМЭ. Суммирование всей информации, важной для СМЭ, в одной системе позволит перейти на новый уровень эффективности производства экспертиз. Зачастую в ходе работы эксперт обращается к специалистам других направлений, изучает дополнительную информацию немедицинского характера, одновременно использует для формулировки выводов большой объем данных, что усложняет и удлиняет процесс СМЭ [1, 12].

В настоящее время в морфологических исследованиях при работе с гистологическими объектами для распознавания изображения с микропрепарата можно использовать сканеры гистологических стекол, которые работают по алгоритму, могут определять и охватывать необходимый объем изображения ткани на предметном стекле, расставлять в ней виртуальные точки, на которых фокусируется линза. Предлагаемые авторами программные алгоритмы не всегда работают корректно: не полностью охватывают срез ткани, в некоторых случаях патологический процесс не визуализируется, в связи с чем приходится выполнять повторное сканирование. Вышесказанное ведет к увеличению сроков гистологических исследований, дополнительным ресурсным затратам персонала, поскольку требуется вручную корректировать недочеты. Группой исследователей во главе с А. И. Ремезом предложен алгоритм автоматической расстановки точек фокусировки, состоящий из 5 этапов:

- 1) выделение области с тканью на изображении с помощью алгоритмов компьютерного зрения;
- 2) удаление фона (стекла), после чего работа выполняется исключительно на участке с тканью;
- 3) удаление из ткани мелких объектов и артефактов (потертости, грязь);
- 4) расчет оптимального количества точек для сканирования, чтобы сканирование не заняло слишком много времени, при этом фокус имелся на всех областях ткани;
- 5) определение и расстановка необходимого количества точек на биологической ткани.

В исследовании использовался описанный выше алгоритм: с помощью сегментационной нейросети U-Net и программы автоматического анализа на основе компьютерного зрения проведен патологоанатомический анализ 500 гистологических срезов. Нейросеть классифицировала клетки на изображениях с иммуногистохимической окраской Ki-67, количественно оценила ядерную экспрессию и рассчитала процентное соотношение клеток с экспрессией и без нее. Это позволило определить долю опухолевых клеток, находящихся в фазе деления. Изначально НС обучалась на изображениях из открытых источников данных, заканчивала работу на приватном источнике данных (3 100 размеченных изображений). В результате использования НС класса U-Net доля стекол, которым требовалась ручная поправка, снизилась с 40 % до 3 %; подсчет и классификация клеток занимала у системы промежуток времени от 7 до 10 секунд на стекло, при этом работа вручную требовала у врача 20–30 минут на стекло. Таким образом, использование ИИ в расстановке точек фокусировки избавляет специалистов от ручной расстановки точек и существенно экономит рабочее время [13, 14].

В России изучена возможность использования ИИ при работе с мазками крови — установлено, что для повышения точности идентификации общеклинических параметров крови изображения мазка целесообразно представить как набор бинарных изображений, где каждый сегмент отражает морфологические образования. Для осуществления работы автоматического гематологического анализатора в режиме использования НС решались две задачи. Во-первых, на изображении выделялись области эритроцитов, лейкоцитов и плазмы, следовательно, изображение подвергалось сегментированию. Во-вторых, формировалось пространство информативных признаков, с помощью которого возможно описать геометрическую структуру форменных элементов крови [15].

Предпосылки появления ИИ можно отнести к периоду 1950–1960-х гг., когда появились программы, называемые экспертными системами, часть из которых использовалась в медицинской диагностике [16]. В эпоху экспертных систем необходимо было подробно описывать все возможные комбинации признаков в соответствии с диагнозом. ИИ намного эффективнее, поскольку может учиться на основе имеющихся примеров. Преимущество НС — возможность модифицироваться и совершенствоваться в процессе обучения. Таким образом, сегодняшний период времени — эра обучения машин [17].

В судебной медицине ИИ может использоваться в танатологических исследованиях для определения причин смерти, оценки времени, прошедшего с момента смерти, посмертной и прижизненной идентификации процессов в тканях и органах; в судебной практике имеется оценка НС риска совершения новых преступлений. В России в настоящее время в практике СМЭ почти не используются НС [18]. Недостаток информации, возможное наличие ошибок, искажений данных в проектах по разработке моделей на основе ИИ затрудняют интеграцию машинного обучения в экспертную работу. Разработка моделей НС требует обучение машины на основе большого объема данных [17, 18]. Следовательно, использование тех моделей, которые разрабатывались на основе малого количества или низкого качества данных, например неполных или неверно обозначенных, может привести к непригодности модели, поскольку она не может быть применена в реальных условиях [19]. Не менее важна репрезентативность данных для модели ИИ. Алгоритмы, разработанные и протестированные на нерепрезентативных выборках, могут неэффективно работать с данными, используемыми в реальных условиях для этого приложения: например, модель ИИ, разработанная для оценки возраста человека и протестированная на людях в возрасте до 20 лет, может оказаться неэффективной в использовании для людей старше 20 лет.

ИИ в судебной медицине предоставляет возможность проведения многокатегорийных анализов, а не только бинарных (например, выбор между двумя причинами смерти): в случае конкурирующих причин смерти (наличие острого или хронического процесса, данные токсикологического исследования, генетическая предрасположенность, сопутствующие нозологии и т. д.) сеть может предложить результат, который учитывает все патогенетические механизмы, приводящие к неблагоприятному исходу [20].

Предложено использование НС [21] при СМЭ пострадавших в случаях преступлений против половой неприкосновенности личности. Однако уточнено [22], что ИИ в некоторых подобных ситуациях может выявить признаки, которые указывают только на сексуальный контакт, а не совершенное преступление, что затруднит работу следствия. ИИ используется в судебной баллистике для поиска гильз, сравнения следов от пуль, определения вида оружия на основе базы данных изображений и их анализа [23].

Возможности использования ИИ перспективны в области токсикологии при анализе биологических образцов [24]. Традиционный способ проведения аутопсии имеет множество ограничений: требуется опытный персонал, при осмотре могут быть пропущены мелкие детали, при составлении заключений возможны разногласия между экспертами из-за разности в восприятии информации. НС могут помочь выявлять пораженные ядом участки тканей и органов с учетом имеющихся вещественных доказательств. Идентификация личности также может использовать ИИ. В настоящее время традиционный способ идентификации включает в себя описание лица, татуировок, рубцов, особенностей покровных тканей, установление возраста, пола, исследование отпечатков пальцев и дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). Процесс с использованием НС предполагает учет в программе параметров, характеризующих конкретного человека: черт лица, сосудистого рисунка сетчатки, отпечатков пальцев, цвета радужной оболочки, данных ДНК-исследования, отпечатка ладони, голоса; программа ИИ, используя эти параметры, может устанавливать или исключать личность человека.

Одним из наиболее перспективных направлений в развитии ИИ в судебной медицине является виртуальное вскрытие — технология, позволяющая проводить детальный анализ тела без инвазивного вмешательства. В основе метода лежат современные методы лучевой диагностики, такие как компьютерная и магнитно-резонансная томография, в сочетании с алгоритмами машинного обучения. Специальное программное обеспечение на основе ИИ анализирует полученные изображения, сравнивая их с обширными базами данных, содержащими информацию о различных патологиях, травмах и посмертных изменениях. Эта система способна выявлять структурные аномалии (опухоли, кровоизлияния, некротические явления, отеки), дифференцировать некоторые причины смерти, фиксировать повреждения различной степени тяжести (от небольших поверхностных повреждений до переломов и разрывов внутренних органов), диагностировать воспалительные и дегенеративные процессы на ранних стадиях. Кроме того, у такой системы есть большой потенциал в диагностике причин насилиственной смерти: ИИ может классифицировать повреждения и соотносить их с типом оружия (например, отличать колотые раны от огнестрельных), реконструировать механизм травмы, определяя угол, силу и последовательность воздействия, автоматически сравнивать следы повреждений с базами данными, что ускорит идентификацию орудия преступления. Виртуальное вскрытие имеет ряд преимуществ перед традиционным методом: сохранность тела, что важно в случаях некоторых культурных или религиозных ограничений; трехмерные модели позволяют изучать органы под любым углом и выявлять незаметные при обычном вскрытии изменения, что дает высокую детализацию

исследования; исключение субъективности эксперта; возможность удаленной работы для экспертов; долгосрочное хранение материалов дела [25, 26].

Отмечено, что результаты работы по производству СМЭ зависят от эмоциональной вовлеченности исследователя, в то время как на НС эти факторы не влияют, однако ИИ может стать предвзятым так же, как и судебно-медицинский эксперт [27]. Представлены доказательства предвзятости в алгоритме работы системы здравоохранения зарубежных стран, когда ИИ систематически препятствовал получению дополнительной медицинской помощи 30 % подходящих чернокожих пациентов, присваивая чернокожим пациентам более низкие оценки риска, чем белым пациентам с одинаковым диагнозом [28]. НС использовала для анализа классификацию по гендеру [29], проанализированы черно-белые изображения 200 мужчин и 200 женщин, точность классификации достигла 98,75 % и 99,38 % в базах данных лиц SUMS и AT&T; для определения пола младенцев ИИ в исследовании [30] использованы двухмерные фотографии подвздошной кости 135 человек в возрасте от 5 месяцев до 6 лет. Точность составила 59 % по сравнению с 61 % у специалиста. Для определения возраста правонарушителей (14 и 18 лет) [31] использовалась НС. Она анализировала базу данных, содержащую 18 000 фотографий мужчин и женщин. Оценка проводилась по фотоантропометрическим показателям краинофасциальных ориентиров, которые были отмечены и проверены в ходе СМЭ. Точность определения возраста по F-мере (гармоническое среднее точности и полноты) с помощью НС составила 0,72 при возрастном интервале в  $\pm 5$  лет, для оценки возрастной группы выше 0,93 для порогового значения в 14 лет и 0,83 в 18 лет. Сложность использования НС для идентификации личности определяет необходимость внесения биометрических данных большого количества людей, однако использование именно этого метода является наиболее информативным для сравнения биологических признаков индивидуума с имеющимися в системе образцами [32]. В ходе экспертизы живого лица ИИ может точно установить цвет кровоподтека для определения давности травмы, в то время как интерпретация цвета невооруженным глазом во многом зависит от индивидуального цветовосприятия самого судебно-медицинского эксперта. В программу заносят графические данные с отображением временных интервалов между травмой и моментом СМЭ при наличии изменения цвета кровоподтека, что позволяет НС точно установить момент травмы. Оценка давности наступления смерти представлена на основании использования биомаркеров в крови: лактатдегидрогеназы, водородного показателя (лат. *pondus Hydrogenii*, pH) крови, триглицеридов, холестерина, калия, натрия. Поскольку после смерти начинается процесс аутолиза, показатели биомаркеров меняются пропорционально проходящему времени. ИИ может устанавливать точную давность травмы по указанным маркерам, однако это требует достаточной, объемной базы данных высокого качества для обучения сети и последующей точной интерпретации. Для обучения НС специалистам необходимо на начальном этапе работы загрузить изображения, документы с комментариями, заключениями и другими деталями, следовательно, этап подготовки ИИ требует значительных временных и интеллектуальных затрат [33].

В некоторых направлениях развития судебной медицины ИИ уже превосходит возможности диагностики человеком — в Китае в СМЭ внедрена модель обнаружения диатомовых водорослей с использованием НС для диагностики утопления по образцам изображений микроморфологического препарата, методика позволяет в два раза быстрее, чем эксперт, и при этом точно диагностировать диатомеи ( $AUC^1 = 0,9951$ ) [34].

<sup>1</sup> AUC — площадь под кривой (англ. area under curve).

Однако в настоящее время не решен вопрос об объективности оценки важных областей на микроизображении — правильно ли НС интерпретирует их, чтобы сделать прогноз. Таким образом, ИИ не может полностью заменить эксперта. Тем не менее модели ИИ могут быть использованы в ходе производства СМЭ при выполнении конкретной задачи и реализации процесса принятия решений в конкретной экспертной оценке. Таким образом, в настоящее время НС следует рассматривать скорее как виртуального помощника квалифицированного эксперта в области СМЭ [20].

Существуют трехмерные НС, которые способны представлять объект в трех измерениях, когда входными данными является трехмерное изображение или последовательность двухмерных изображений, например срезы компьютерной томографии [25], которые для судебно-следственных целей остаются неизменными в качестве вещественных доказательств.

Реконструкция лица по черепу долго являлась неисследованной частью судебной медицины. Современные методы использования ИИ в этом направлении крайне ограничены в возможностях. Прогнозирование внешнего вида мягких тканей лица в соответствии со строением черепа может быть улучшено при использовании большого количества показателей в базе данных с дополнительными сведениями о возрасте, поле, индексе массы тела и этнической принадлежности. Новые алгоритмы использования НС для выполнения реконструкции лица по черепу находят применение в судебной медицине, помогая идентифицировать личность по скелетированным останкам. Следует отметить, что многие алгоритмы прогнозирования профиля, реализованные в коммерческом программном обеспечении, основываются на неверном предположении, что рост и развитие мягких тканей и костей пропорциональны друг другу [35–37], что следует учитывать при обучении НС. При этом учет множества факторов, влияющих на рост тканей, позволяет оценивать любые повреждения в области головы и шеи, которые могли бы повлиять на внешний вид тканей при естественных возрастных изменениях, в т. ч. старении [25].

В криминалистике, судебной баллистике, СМЭ представлены разработки алгоритмов автоматической идентификации следов орудия на стрелянных пулях и гильзах по их цифровым изображениям [6, 7]. Одна из возможностей искусственных НС — улучшение качества видеозаписей для последующей идентификации личности. Распознавание лиц ИИ используется в судебно-медицинской идентификации при сравнении черепа с фотографией человека, в формате портретной экспертизы, при опознании трупов с признаками поздних трупных изменений. Это направление изучалось зарубежными исследователями в рамках краниофициальной идентификации и реконструкции лица по черепу. Создана база данных для обучения системы, которая содержит механизмы обучения НС по фотографиям черепов и лиц людей. База содержит фотопары положительного краниофициального совмещения, на которых и основано ее обучение. Попытка создания и обучения НС для краниофициальной идентификации с помощью автоматизированной компьютерной системы предпринималась отечественными учеными. Для обучения ИИ было отобрано 145 пар фотографий «лицо — череп» (фотография черепа анфас или в ракурсе, близком к нему, и фотография идентифицируемого лица в профиль или ракурсе, близком к нему). Также в обучающую программу было загружено 117 наборов совмещений: скриншоты трехмерных моделей черепа и лица смягкими тканями по данным компьютерной томографии и фотографии лица человека, подвергающегося идентификации. В этой выборке использовались изображения черепа и лица смягкими тканями анфас и с отклонением на 10° в каждую сторону (влево,

вправо, вверху и книзу). Также для обучения было использовано 80 фотографий черепов неопознанных лиц — анфас. Для осуществления сравнения изображений необходимо было определить идентифицирующие маркеры, выбрано 16 стандартных точек на лице и черепе, которые использовались в классической краинофациальной идентификации. В настоящее время обученная НС реализована в специализированном интернет-сервисе, в котором возможно осуществлять поиск и сравнение фотографий по созданной базе данных и проводить сравнение предоставленных изображений лиц и черепов. Предварительные результаты исследования демонстрируют, что программа достоверно находит соответствие лица и черепа. Это подтверждает перспективность подхода и указывает на необходимость дальнейшей работы, такой как увеличение обучающей выборки и тренировки сети, для повышения надежности и универсальности алгоритма [38].

Судебно-медицинские эксперты Республики Казахстан предприняли попытку установления критериев оценки заключений СМЭ по вопросам относимости, допустимости, достоверности и объективности, а также возможности отличия экспертных ошибок от за- ведомо ложных и поддельных экспертных заключений, выполнен SWOT-анализ<sup>1</sup> при использовании ИИ для решения вопроса его применимости в рассматриваемой сфере.

Сильными сторонами ИИ по сравнению с традиционными методами является быстрая обработка большого количества информации, что может сократить время, затрачиваемое на проведение СМЭ, а также меньшая вероятность случайных ошибок в отличие от человека-эксперта, на решение которого могут влиять усталость или субъективные факторы. Использование базы ранее выявленных фальсификаций для обучения НС даст возможность автоматически обнаруживать подобные случаи. Такой подход усилит контроль за достоверностью экспертных заключений и уменьшит число фальсификаций. К слабым сторонам использования ИИ исследователи отнесли допущенные НС ошибки, если ей были предоставлены неточные данные или неправильно настроенные алгоритмы; ограниченную способность адаптации к изменяющейся среде, что может снизить его эффективность в долгосрочной перспективе; использование ИИ для выявления поддельных заключений может потребовать затрат ресурсов на обучение и внедрение в рутинную работу, что может оказаться непривлекательным для некоторых организаций. Также ученые выделили возможности использования ИИ, включая более точные результаты выявления поддельных экспертиз и уменьшение количества ошибок, допущенных человеком; уменьшение времени, затраченного на проведение экспертизы; увеличение эффективности работы ИИ в будущем. Кроме того, авторы определили угрозы, такие как возможность создания еще более совершенных поддельных заключений, которые ИИ будет труднее выявить, что может создать дополнительные проблемы для организаций, использующих ИИ для выявления поддельных заключений; сокращение числа экспертов, что может вызвать социальные проблемы, связанные с потерей рабочих мест; проблемы с конфиденциальностью, т. к. если ИИ будет использоваться неправильно, то это приведет к утечке конфиденциальной информации и нарушению прав человека; использование ИИ может стать объектом критики и непринятия общества, которое может считать его недостаточно этичным или даже опасным для использования в судебных процессах [39].

Современная криминалистика достигла прогресса в создании автоматизированных систем идентификации баллистических следов на стрелянных пулях и гильзах по их цифро-

<sup>1</sup> SWOT — метод стратегического планирования, позволяющий выделить сильные (англ. strengths) и слабые (англ. weaknesses) стороны, возможности (англ. opportunities), угрозы (англ. threats).

вым изображениям. Однако разработка подобных алгоритмов сопряжена с рядом методологических сложностей. Основная проблема заключается в необходимости формирования обширной обучающей выборки, включающей в себя тысячи изображений следов, полученных при тестовых отстрелах из различных моделей огнестрельного оружия. Обученная НС должна выявлять уникальные признаки, характерные для конкретных моделей и даже отдельных экземпляров оружия, анализируя неизвестные образцы и присваивая вероятностные оценки соответствия каждому сравниваемому изображению. Особое внимание при этом следует уделять потенциальной алгоритмической предвзятости, которая напрямую зависит от качества обучающих данных. Например, если в тренировочный набор включены исключительно гильзы одного производителя, система может ошибочно интерпретировать технологические следы от производственного оборудования (такие как вальцовочные отмечины) как индивидуальные характеристики оружия. Это приводит к ошибкам идентификации. Особую сложность представляют подклассовые признаки на гильзах, которые являются вызовом для разработчиков машинных алгоритмов. Устранение подобных артефактов и повышение точности идентификации требуют дальнейшего совершенствования методов компьютерного анализа и расширения репрезентативности обучающих выборок [40].

Неотъемлемой частью криминалистики являются развивающиеся технологии ДНК-дактилоскопии. Развитие современных методов визуализации (магнитный резонанс и компьютерная томография) и антропологии, 3D-моделирования, НС сделали возможным восстановление облика человека по биологическим образцам. Прогресс расшифровки генетических данных, 3D-моделирования и НС-алгоритмов, а также знания современной антропологии позволяют обрабатывать большие объемы антропологической и генетической информации, анализировать ее при помощи НС. Нужно отметить, что НС может не только определять этническую принадлежность или распознавать морфологические признаки, но и воссоздавать вид человека по образцам ДНК, взятым на месте происшествия [41, 42].

Кроме того, ИИ используется для диагностики различных заболеваний, в т. ч. онкологических. Использование молекулярных методов и ИИ сможет сделать визуализацию ключевым инструментом в диагностике и подборе терапии при злокачественных новообразованиях [43]. Ручное выделение границ патологии на гистологическом снимке — трудоемкая работа, требующая экспертного подхода. Патологоанатомам и судебно-медицинским экспертам-гистологам приходится выделять контуры всей опухоли и описывать ее [44, 45]. Диагностика опухолей может реализовываться по-разному: это может быть обучение НС отличать злокачественные опухоли от доброкачественных или нормальной ткани, определять степень злокачественности, гистологический тип опухоли. Наиболее простая задача — отличить клетки опухоли от обычных [46–48]. Продемонстрирована возможность ИИ отличать нормальную ткань головного мозга от глиобластомы без ошибок, при разделении нормальной ткани молочной железы от рака *in situ* НС допускает менее 10 % ошибок [49]. НС показала высокую точность в классификации опухолей молочной железы. Ошибка при разделении доброкачественных и злокачественных образований составила менее 3 % [50]. При дифференциации инвазивных злокачественных опухолей и *in situ* от нормальных тканей ошибки достигли 5 % и 3 % соответственно. Наибольший уровень ошибок (до 13 %) зафиксирован при определении доброкачественных опухолей [51].

ИИ выполнил дифференциальную диагностику невуса и меланомы, точность результата составила 68 %, что было точнее, чем проведенная диагностика патологоанатомами на том же материале (59 %) [52]. Точность выявления метастазов, включая микрометаста-

зы, рака молочной железы в лимфатических узлах достигла 96 % [53]. Предложенный метод обучения НС со сканированием гистологических изображений, когда поле зрения нарезается на квадраты или прямоугольники одинакового размера, делает невозможным изоляцию изображения в квадрате от других тканей, что приводит к ошибкам в обучении, т. к. ИИ будет воспринимать изображения по принципу «здесь это есть». Результаты исследования демонстрируют, что ИИ способен точно прогнозировать злокачественные новообразования на микропрепаратах, не реагируя на артефакты и доброкачественные изменения. Алгоритм эффективно выявляет макрометастазы с нулевым уровнем ложноположительных результатов, а его чувствительность к метастазам (как макро-, так и микро-) не имеет статистически значимых отличий от показателей патологоанатома.

Хотя обнаружение отдельных опухолевых очагов не всегда имеет прямое клиническое значение (например, выявление дополнительных мелких метастазов после обнаружения макрометастаза не меняет стадию заболевания), этот параметр важен для оценки диагностических возможностей системы. Если предположить, что в конкретном случае обнаруженный очаг мог быть единственным, то его пропуск (как алгоритмом, так и патологоанатомом) приведет к ложноотрицательному диагнозу на уровне всего случая.

Кроме того, чувствительность на уровне опухолевого очага позволяет оценить не только способность системы обнаруживать слайды с метастазами, но и точность локализации каждого поражения. Это важно для объективной оценки алгоритма: даже если ИИ правильно классифицирует слайд как содержащий метастаз, но при этом ошибочно отметит доброкачественный участок и пропустит истинный очаг опухоли, такая ошибка будет зафиксирована. Таким образом, этот подход обеспечивает более строгую проверку диагностической точности ИИ по сравнению с оценкой только на уровне слайда.

Эти данные подчеркивают потенциал ИИ в патологической диагностике, а также необходимость комплексной оценки его работы, учитывающей не только общие выводы, но и точность выявления каждого конкретного очага поражения [54]. По результатам исследований можно убедиться, что ИИ хорошо решает поставленную перед ним задачу, однако в настоящее время необходим специалист для принятия окончательного решения [42].

## Выводы

Вместе с преимуществами НС использование ИИ в настоящее время не является простым и доступным [55]. Существует недоверие цифровым технологиям в формулировании на основе имеющихся данных правильного заключения, что в судебно-медицинской практике особенно важно, поскольку объективности и обоснованности выводов должны доверять следственные органы. В то же время в судебно-медицинских экспертных организациях необходимо оборудование для внедрения ИИ: высокопроизводительная вычислительная инфраструктура и объемные системы хранения данных, приобретение и эксплуатация которых является дорогостоящими. Следует учитывать, что различные инструменты ИИ могут конфликтовать друг с другом, вести к возникновению противоречащих результатов исследований, дублированию усилий, поскольку неизбежен контроль результатов. Технологии ИИ должны иметь законную силу, т. е. разрешены порядком производства СМЭ, иметь унифицированную методическую основу, для того чтобы быть принятыми в судах в качестве доказательств [33]. Следует при работе с программами исключить предвзятость сетей, которая может сформироваться на основе заложенных данных, количество которых должно быть достаточным для работы НС [56]. Примером установления неоднозначности

выводов по выявлению ДНК стало исследование 2011 г., когда ДНК-аналитики из одной и той же лаборатории предложили разные выводы при изучении одного и того же образца ДНК, несмотря на то что до указанного момента определение ДНК считалось «золотым стандартом» из-за хороших показателей надежности статистических данных [9].

Несколько лет назад применение ИИ в медицине было предметом исключительно научных исследований, в настоящее время обсуждается вопрос о его применении в повседневной практике. Очевидно, что требования к надежности и точности, существующие в медицине, относятся и к судебной медицине, поскольку признать заключение сети должно и медицинское сообщество, и органы правоприменения. Бессспорно, началась эпоха масштабного внедрения НС. Тем не менее внедрение ИИ зависит от таких факторов, как степень оцифровки медицинских данных, наличие систем для разработки моделей ИИ и их интеграции с существующими информационными системами. Для повышения эффективности НС необходима взаимосвязь между данными, которые обычно не взаимодействуют друг с другом: медицинскими, с одной стороны, и результатами следствия — с другой. Это определяет необходимость решения вопросов нормативного характера. На сегодня обучение НС влечет за собой затрату большого количества ресурсов, в т. ч. на подготовку специалистов по обслуживанию и обучению ИИ. Кроме того, надо учитывать зависимость от создателей НС, что также делает их использование дорогостоящим. В некоторых направлениях ИИ развивается быстрее, чем ожидалось, например генеративные нейросети, такие как ChatGPT<sup>1</sup> (OpenAI, США). НС нуждаются в доработке, однако уже способствуют появлению новых возможностей, которые ранее не рассматривались. ИИ создан человеком, что требует контроля за объективностью цифровых технологий, т. к. сеть воспроизводит предубеждения, возникающие в результате человеческой деятельности. Это серьезное ограничение, поскольку может возникнуть ложная уверенность в надежности ИИ. Кроме того, множество параметров оценки и параметров, влияющих на оценку, в базах данных отсутствует, например особенности заболеваний сердечно-сосудистой системы, связанные с полом и этнической принадлежностью, что может усилить формирующиеся у ИИ предубеждения и представлять их как норму [9, 20].

Существует мнение о том, что алгоритмы НС более объективны, обладают более высоким интеллектом, чем люди. Однако такие системы способны тиражировать человеческие ошибки — будучи созданными людьми и функционируя автономно, ИИ неизбежно воспроизводит заложенные в них предубеждения и неточности. В независимых исследованиях показано, что использование ИИ может привести к тому, что правоохранительные органы будут непропорционально часто преследовать определенные группы населения, тем самым ставя под угрозу принципы справедливости [57–59].

На основе сказанного можно сделать вывод, что внедрение современных компьютерных технологий и программного обеспечения в практику СМЭ возможно, однако в настоящее время обязателен контроль работы специалистом, применение ИИ может являться частью комплексного исследования.

## Список источников | References

1. Vodanović M, Subašić M, Milošević DP, Galić I, Brkić H. Artificial intelligence in forensic medicine and forensic dentistry. *The Journal of Forensic Odonto-Stomatology*. 2023;41(2):30–41. PMID: <https://pubmed.gov/37634174>.

<sup>1</sup> GPT — генеративный предварительно обученный трансформер (англ. generative pre-trained transformer).

2. Kokin AV. Forensic expertise in the era of the fourth industrial revolution (Industry 4.0). *Theory and Practice of Forensic Science*. 2021;16(2):29–36. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30764/1819-2785-2021-2-29-36>.
3. Sunde N, Dror IE. A hierarchy of expert performance (HEP) applied to digital forensics: Reliability and biasability in digital forensics decision making. *Forensic Science International: Digital Investigation*. 2021;37:301175. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsidi.2021.301175>.
4. Hmyz AI. Using the power of artificial intelligence in judicial expertise. *Bulletin of Economic Security*. 2022;(5):224–227. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24412/2414-3995-2022-5-224-227>.
5. Fang YT, Lan Q, Xie T, Liu YF, Mei SY, Zhu BF. New opportunities and challenges for forensic medicine in the era of artificial intelligence technology. *Fa Yi Xue Za Zhi*. 2020;36(1):77–85. (In Chinese). DOI: <https://doi.org/10.12116/j.issn.1004-5619.2020.01.016>.
6. Fedorenko VA, Sorokina KO, Giverts PV. Classification of firing pin marks images by weapon specimens using a fully-connected neural networks. *Izvestiya of Saratov University. Economics. Management. Law*. 2022; 22(2):184–190. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18500/1994-2540-2022-22-2-184-190>.
7. Sorokina KO, Fedorenko VA, Giverts PV. Identification of similar images of breech face impressions by the correlation cells method. *Izvestiya of Saratov University. Economics. Management. Law*. 2020;20(2):203–209. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18500/1994-2540-2020-20-2-203-209>.
8. Kamshad M. Artificial intelligence in forensic science. *International Journal of Forensic Research*. 2021; 4(1):172–173. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3910244>.
9. Chen CY, Tseng PK. The boundary of artificial intelligence in forensic science. *Dialogo*. 2023;10(1):83–90. DOI: <https://doi.org/10.51917/dialogo.2023.10.1.5>.
10. Ponkin IV, Redkina AI. Artificial intelligence from the point of view of law. *RUDN Journal of Law*. 2018; 22(1):91–109. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.22363/2313-2337-2018-22-1-91-109>.
11. Poskryakov RS. The use of artificial intelligence in judicial work. *Ogarev-Online*. 2019;(16):2. (In Russ.). EDN: <https://elibrary.ru/VGMMPE>.
12. Smith RT, Clarke TJ, Mayer W, Cunningham A, Matthews B, Zucco JE. Mixed reality interaction and presentation techniques for medical visualisations. In: Rea PM (ed.). *Biomedical visualisation. Advances in experimental medicine and biology*, vol. 1320. Cham: Springer; 2020. P. 123–139. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-47483-6\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-47483-6_7).
13. Remez AI, Mayer AO, Yasnov AO. Artificial intelligence approaches in histology. *Laboratory Service*. 2022; 11(2):56–58. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17116/labs20221102156>.
14. Latfullina DR. The human mind and artificial intelligence. In: *Uchenye zapiski. Vol. XIV. Collection of articles by teachers of the Kazan Branch of the Russian State University of Justice*. Kazan: Otechestvo; 2018. P. 512–516. (In Russ.). EDN: <https://elibrary.ru/XZRRRR>.
15. Tomakova RA, Filist SA, Gorbatenko SA, Shvetsova NA. Analysis of histological images using morphological operators synthesized on the basis of Fourier transform and neural network modeling. *Biotechnosphere*. 2010;(3):54–60. (In Russ.). EDN: <https://elibrary.ru/SZBSLB>.
16. Shortliffe E, Buchanan B. A model of inexact reasoning in medicine. *Mathematical Biosciences*. 1975;23(3–4): 351–379. DOI: [https://doi.org/10.1016/0025-5564\(75\)90047-4](https://doi.org/10.1016/0025-5564(75)90047-4).
17. Tournois L, Troussel V, Hatsch D, Delabarre T, Ludes B, Lefevre T. Artificial intelligence in the practice of forensic medicine: A scoping review. *Internal Journal of Legal Medicine*. 2024;138(3):1023–1037. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00414-023-03140-9>.
18. Rossinskaya ER. Neural networks in forensic expertology and expert practice: Problems and prospects. *Courier of Kutafin Moscow State Law University*. 2024;(3):21–33. (In Russ.). <https://doi.org/10.17803/2311-5998.2024.115.3.021-033>.
19. Klevno VA, Maximov AV. The question of classification and terminology of expert errors. *Russian Journal of Forensic Medicine*. 2017;3(2):8–11. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.19048/2411-8729-2017-3-2-8-11>.
20. Johnson J, Khoshgoftaar T. Survey on deep learning with class imbalance. *Journal of Big Data*. 2019;6:27. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40537-019-0192-5>.
21. Lefevre T, Tournois L. Artificial intelligence and diagnostics in medicine and forensic science. *Diagnostics*. 2023;13(23):3554. DOI: <https://doi.org/10.3390/diagnostics13233554>.
22. Fernandes K, Cardoso JS, Astrup BS. A deep learning approach for the forensic evaluation of sexual assault. *Pattern Analysis and Applications*. 2018;21(3):629–640. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10044-018-0694-3>.
23. El-Din EAA. Artificial intelligence in forensic science: Invasion or revolution? *Egyptian Society of Clinical Toxicology Journal*. 2022;10(2):20–32. DOI: <https://doi.org/10.21608/esctj.2022.158178.1012>.
24. Morkhat PM. On the issue of the legal understanding of artificial intelligence. *Agrarian and Land Law*. 2017;(11):89–95. (In Russ.). EDN: <https://elibrary.ru/XQJVRB>.
25. Wankhade TD, Ingale SW, Mohite PM, Bankar NJ. Artificial intelligence in forensic medicine and toxicology: The future of forensic medicine. *Cureus*. 2022;14(8):e28376. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.28376>.

26. Thurzo A, Kosnáčová HS, Kurilová V, Kosmeľ S, Beňuš R, Moravanský N, et al. Use of advanced artificial intelligence in forensic medicine, forensic anthropology and clinical anatomy. *Healthcare*. 2021;9(11):1545. DOI: <https://doi.org/10.3390/healthcare9111545>.
27. Matsuda S, Yoshimura H. Personal identification with artificial intelligence under COVID-19 crisis: A scoping review. *Systematic Reviews*. 2022;11:7. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01879-z>.
28. Livingston M. Preventing racial bias in federal AI. *Journal of Science Policy & Governance*. 2020;16(2). DOI: <https://doi.org/10.38126/JSPG160205>.
29. Obermeyer Z, Powers B, Vogeli C, Mullainathan S. Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. *Science*. 2019;366(6464):447–453. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aax2342>.
30. Liew SS, Khalil-Hani M, Radzi F, Bakhteri R. Gender classification: A convolutional neural network approach. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*. 2016;24(3):1248–1264. DOI: <https://doi.org/10.3906/elk-1311-58>.
31. Ortega RF, Irurita J, Campo EJE, Mesejo P. Analysis of the performance of machine learning and deep learning methods for sex estimation of infant individuals from the analysis of 2D images of the ilium. *International Journal of Legal Medicine*. 2021;135:2659–2666. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00414-021-02660-6>.
32. Porto LF, Lima LNC, Franco A, Pianto D, Machado CEP, Vidal FB. Estimating sex and age from a face: A forensic approach using machine learning based on photo-anthropometric indexes of the Brazilian population. *International Journal of Legal Medicine*. 2020;134(6):2239–2259. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00414-020-02346-5>.
33. Saini M, Anup KK. Biometrics in forensic identification: Applications and challenges. *Journal of Forensic Medicine*. 2016;1(2):1000108. Available from: <https://clck.ru/3QRkCa> (accessed 5 May 2025).
34. Zhu YZ, Zhang J, Cheng Q, Deng KF, Ma KJ, Zhang JH, et al. Research progress of automatic diatom test by artificial intelligence. *Fa Yi Xue Za Zhi*. 2022;38(1):14–19. (In Chinese). DOI: <https://doi.org/10.12116/j.issn.1004-5619.2021.410404>.
35. Lin HH, Chiang WC, Yang CT, Cheng CT, Zhang T, Lo LJ. On construction of transfer learning for facial symmetry assessment before and after orthognathic surgery. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 2021;200:105928. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2021.105928>.
36. Dalvit Carvalho da Silva R, Jenkyn TR, Carranza VA. Development of a convolutional neural network based skull segmentation in MRI using standard tesselation language models. *Journal of Personalized Medicine*. 2021;11(4):310. DOI: <https://doi.org/10.3390/jpm11040310>.
37. Lee SM, Kim HP, Jeon K, Lee SH, Seo JK. Automatic 3D cephalometric annotation system using shadowed 2D image-based machine learning. *Physics in Medicine and Biology*. 2019;64(5):055002. DOI: <https://doi.org/10.1088/1361-6560/ab00c9>.
38. Leonov SV, Kosukhina OI, Shakiryanova YP. Practical experience in training artificial neural networks for forensic medicine. In: Avdeev AI, Vlasyuk IV (eds.). *Selected issues of forensic medical examination. Issue 21*. Khabarovsk: Editorial and Publishing Center of Postgraduate Institute; 2022. P. 55–58. (In Russ.). EDN: <https://elibrary.ru/DVZBYE>.
39. Voyevodkin DV, Rustemova GR, Begaliyev YN, Igembayev KA, Ayupova ZN. Identifying fake conclusions of forensic medical examinations using an artificial intelligence technology based on the experience in the Republic of Kazakhstan: A review. *Russian Journal of Forensic Medicine*. 2023;9(3):287–298. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17816/fm8270>.
40. Kokin AV, Denisov YD. Artificial intelligence in criminalistics and forensic examination: Issues of legal personality and algorithmic bias. *Theory and Practice of Forensic Examination*. 2023;18(2):30–37. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30764/1819-2785-2023-2-30-37>.
41. Perepechina IO. Some new possibilities of DNA (RNA)-diagnostics. *Bulletin of Economic Security*. 2019;(2):214–219. (In Russ.). EDN: <https://elibrary.ru/WLZPGC>.
42. Kraeva YV, Rozhkova VR. DNA phenotyping: Problems and prospects. *Issues of Russian Justice*. 2021;(11):440–444. (In Russ.). EDN: <https://elibrary.ru/UQTICA>.
43. Popova AY, Gazhonova VE, Kartashov MV, Shevchenko SA, Belova OS. Radiomics in the radiation diagnosis of biological subtypes of breast cancer. *Ural Medical Journal*. 2024;23(4):41–56. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.52420/umj.23.4.41>.
44. Remez AI, Zhuravlev AS, Fattakhov AO, Pavlova VA. Digital pathology in Russia: Experience and prospects. *Russian Medical Journal. Medical Review*. 2018;2(6):19–21. (In Russ.). EDN: <https://elibrary.ru/XZRSMP>.
45. Esmailyfard R, Paknahad M, Dokohaki S. Sex classification of first molar teeth in cone beam computed tomography images using data mining. *Forensic Science International*. 2021;318:110633. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110633>.
46. Borbat AM. Neural networks for morphological diagnostics. *Clinical and Experimental Morphology*. 2020; 9(2):11–15. DOI: <https://doi.org/10.31088/CEM2020.9.2.11-15>.

47. Sharma H, Zerbe N, Klempert I, Hellwich O, Hufnagl P. Deep convolutional neural networks for automatic classification of gastric carcinoma using whole slide images in digital histopathology. *Computerized Medical Imaging and Graphics*. 2017;61:2–13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compmedimag.2017.06.001>.
48. Feng Y, Zhang L, Yi Z. Breast cancer cell nuclei classification in histopathology images using deep neural networks. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*. 2018;13(2):179–191. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11548-017-1663-9>.
49. Ker J, Bai Y, Lee HY, Rao J, Wang L. Automated brain histology classification using machine learning. *Journal of Clinical Neuroscince*. 2019;66:239–245. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2019.05.019>.
50. Alom MZ, Yakopcic C, Nasrin MS, Taha TM, Asari VK. Breast cancer classification from histopathological images with inception recurrent residual convolutional neural network. *Journal of Digital Imaging*. 2019;32:605–617. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10278-019-00182-7>.
51. Yan R, Ren F, Wang Z, Wang L, Zhang T, Liu Y, et al. Breast cancer histopathological image classification using a hybrid deep neural network. *Methods*. 2019;173:52–60. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ymeth.2019.06.014>.
52. Hekler A, Utikal JS, Enk AH, Solass W, Schmitt A, Klode J, et al. Deep learning outperformed 11 pathologists in the classification of histopathological melanoma images. *European Journal of Cancer*. 2019;118: 91–96. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2019.06.012>.
53. Ehteshami BB, Veta M, Johannes van Diest P, van Ginneken B, Karssemeijer N, Litjens G, et al. Diagnostic assessment of deep learning algorithms for detection of lymph node metastases in women with breast cancer. *JAMA*. 2017;318(22):2199–2210. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2017.14585>.
54. Liu Y, Kohlberger T, Norouzi M, Dahl GE, Smith JL, Mohtashamian A, et al. Artificial intelligence-based breast cancer nodal metastasis detection. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*. 2019;143(7): 859–868. DOI: <https://doi.org/10.5858/arpa.2018-0147-OA>.
55. Polyakov VV. On using the concept of “artificial intelligence” in forensic science. *Legal Linguistics*. 2022; (25):21–28. (In Russ.). DOI: [https://doi.org/10.14258/leglinleglin\(2022\)2504](https://doi.org/10.14258/leglinleglin(2022)2504).
56. Malcev VA, Murzhina AS, Suchkova TE. Using artificial intelligence capabilities in forensic activities. *Problems of Contemporary Science and Practice*. 2023;(2):21–26. (In Russ.). EDN: <https://elibrary.ru/IQNRDF>.
57. Galante N, Cotroneo R, Furci D, Lodetti G, Casali MB. Applications of artificial intelligence in forensic sciences: Current potential benefits, limitations and perspectives. *International Journal of Legal Medicine*. 2023;137(2):445–458. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00414-022-02928-5>.
58. Zubova YV. The use of artificial intelligence as a tool to counter crime. In: Avdeev AI, Rozenko SV (eds.). *Strategic directions for countering crime at national and transnational levels. Iss. 6*. Khanty-Mansiysk; 2023. P. 307–310. (In Russ.). EDN: <https://elibrary.ru/YNLUPO>.
59. Mazurov VA, Starodubtseva MA. Artificial intelligence as a means for forecasting and countering crime. *Russian-Asian Law Journal*. 2019;(3):46–50. (In Russ.). EDN: <https://elibrary.ru/ZSGNNB>.

### Информация об авторах

**Оксана Борисовна Долгова** — доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой патологической анатомии и судебной медицины, институт клинической медицины, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: [obdolgova@gmail.com](mailto:obdolgova@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3709-1546>

**Юлия Геннадьевна Якимова** — ассистент кафедры патологической анатомии и судебной медицины, институт клинической медицины, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: [yakimova\\_juli@mail.ru](mailto:yakimova_juli@mail.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7232-5473>

**Полина Александровна Сайлер** — ординатор кафедры патологической анатомии и судебной медицины, институт клинической медицины, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: [polia.chugaeva@yandex.ru](mailto:polia.chugaeva@yandex.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5862-9693>

**Дмитрий Львович Кондрашов** — кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры патологической анатомии и судебной медицины, институт клинической медицины, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: [ndl@uralsudmed.ru](mailto:ndl@uralsudmed.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8143-1043>

**Наталья Рудольфовна Шабунина-Басок** — доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры патологической анатомии и судебной медицины, институт клинической медицины, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: bassokmax@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2358-1223>

### Information about the authors

**Oksana B. Dolgova** — Doctor of Sciences (Medicine), Associate Professor, Head of the Department of Pathological Anatomy and Forensic Medicine, Institute of Clinical Medicine, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: obdolgova@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3709-1546>

**Yulia G. Yakimova** — Assistant of the Department of Pathological Anatomy and Forensic Medicine, Institute of Clinical Medicine, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: yakimova\_juli@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7232-5473>

**Polina A. Sayler** — Resident of the Department of Pathological Anatomy and Forensic Medicine, Institute of Clinical Medicine, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: polia.chugaeva@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5862-9693>

**Dmitry L. Kondrashov** — Candidate of Sciences (Medicine), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Pathological Anatomy and Forensic Medicine, Institute of Clinical Medicine, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: kdl@uralsudmed.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8143-1043>

**Natalya R. Shabunina-Basok** — Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Professor of the Department of Pathological Anatomy and Forensic Medicine, Institute of Clinical Medicine, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia

E-mail: bassokmax@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2358-1223>

Рукопись получена: 26 марта 2025. Одобрена после рецензирования: 23 мая 2025. Принята к публикации: 21 ноября 2025.

Received: 26 March 2025. Revised: 23 May 2025. Accepted: 21 November 2025.