

Стан діджиталізації в судово-біологічній та молекулярно-генетичній експертизі в різних країнах світу

Надія Чернобай

кандидатка біологічних наук, провідна наукова співробітниця сектору молекулярно-генетичних досліджень, лабораторія фізичних, хімічних, біологічних та ветеринарних досліджень, ННЦ «ICE ім. Засл. проф. М. С. Бокаріуса» Мін'юсту України, м. Харків, Україна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5736-9277>, e-mail: nadiiachernobai@gmail.com

Вікторія Булавіна

кандидатка ветеринарних наук, завідувачка сектору біологічних, ветеринарних та ґрунтознавчих досліджень, лабораторія фізичних, хімічних, біологічних та ветеринарних досліджень, ННЦ «ICE ім. Засл. проф. М. С. Бокаріуса» Мін'юсту України, м. Харків, Україна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8746-9693>, e-mail: viktoriyabulavina84@gmail.com

Микита Скороходов

кандидат сільськогосподарських наук, провідний науковий співробітник сектору біологічних, ветеринарних та ґрунтознавчих досліджень, лабораторія фізичних, хімічних, біологічних та ветеринарних досліджень, ННЦ «ICE ім. Засл. проф. М. С. Бокаріуса» Мін'юсту України, м. Харків, Україна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5107-5032>, e-mail: skorokhodovnikita13@gmail.com

Діджиталізація в судово-біологічній та молекулярно-генетичній експертизі підвищує точність, швидкість аналізу та надійність результатів, сприяє міжнародній співпраці та є важливою складовою для підвищення ефективності роботи експертів. Проаналізовано стан діджиталізації в судово-біологічній та молекулярно-генетичній експертизі в різних країнах світу.

Ключові слова: *судова експертиза; діджиталізація.*

The State of Digitalization in Forensic Biology and Molecular Genetics Worldwide

Nadiia Chernobai, Viktoriya Bulavina, Mykyta Skorokhodov

Digitalization in forensic biology and molecular genetics increases the accuracy, speed of analysis, and results reliability. It promotes international cooperation

and is an important component in enhancing forensic experts' performance. This paper analyzes the state of digitalization in forensic biology and molecular genetics worldwide.

Keywords: *forensic examination; digitalization.*

Актуальність діджиталізації в судово-біологічній та молекулярно-генетичній експертній діяльності обумовлена стрімким розвитком цифрових технологій і вимогами до точності та швидкості виконання судових експертиз. Цей процес дає змогу вирішити ряд викликів, з якими стикаються правоохоронні органи та експерти в умовах збільшення обсягів даних, необхідних для аналізу, та складності сучасних кримінальних розслідувань. Діджиталізація сприяє оптимізації роботи експертів, забезпечує високий рівень надійності результатів та полегшує доступ до інформації, що є критично важливою в сучасному світі [1, 2].

Діджиталізація в судово-біологічній та молекулярно-генетичній експертній діяльності є не тільки актуальною, але й необхідною умовою для підвищення ефективності кримінальних розслідувань та справедливості судового процесу. Вона допомагає оптимізувати роботу експертів, забезпечити точність результатів і швидкість їх отримання, а також покращує можливості міжнародного співробітництва в боротьбі зі злочинністю.

Різні країни підходять до впровадження інновацій по-своєму, спираючись на національні стандарти, правову базу й технічну інфраструктуру. Розглянемо ключові особливості та

відмінності в підходах до діджиталізації в кількох провідних країнах світу.

У США одним із основних інструментів діджиталізації молекулярно-генетичних судових експертиз є система CODIS (Combined DNA Index System) [3], яка дає змогу автоматично порівнювати ДНК-профілі з великими національними базами даних. Застосування таких цифрових баз пришвидшує процес ідентифікації та порівняння зразків ДНК.

У США також активно досліджуються можливості застосування штучного інтелекту (далі — ШІ) для автоматичного аналізу складних біологічних зразків. Наприклад, ШІ застосовують для інтерпретації результатів ДНК-секвенування та аналізу мікробіологічних слідів; для автоматичного аналізу зображень, отриманих за допомогою мікроскопії, рентгену, МРТ та інших методів візуалізації; для створення моделей складних біологічних систем (моделі росту клітин, розвитку тканин); для пошуку закономірностей та кореляції в базах даних тощо. Окремі штати запроваджують цифрові системи управління доказами (LIMS — Laboratory Information Management Systems), які дають змогу автоматизувати процеси збирання, оброблення й архівування біологічних зразків і результатів [4].

Країни ЄС, зокрема Німеччина, Франція та Нідерланди, мають спільні стандарти щодо діджиталізації судової експертизи. Європейська мережа судово-експертних лабораторій (ENFSI) працює над уніфікацією протоколів та баз даних для експертів. Це сприяє кращому обміну інформацією між країнами. В Європі, як і в США, значна увага приділяється розвитку єдиних цифрових баз даних, таких як Prüm, які дають змогу автоматично обмінюватися ДНК-профілями між країнами ЄС. Це допомагає в розслідуваннях щодо транскордонних злочинів. У європейських лабораторіях активно застосовуються технології NGS (Next Generation Sequencing), що дають змогу значно прискорити процес ідентифікації ДНК-зразків. Ці дані відразу цифровізуються й можуть бути швидко інтегровані у великі бази даних.

У Великій Британії широко застосовуються цифрові платформи для аналізу й зберігання генетичних даних. Наприклад, база даних UK National DNA Database (NDNAD) дає правоохоронним органам змогу швидко отримувати доступ до ДНК-профілів і здійснювати їх автоматизоване порівняння. Британські лабораторії активно інтегрують ШІ в автоматизацію інтерпретації складних біологічних доказів, таких як зразки з низькою концентрацією ДНК або сліди, змішані з іншими біологічними матеріалами.

Китай активно розвиває застосування «big data» та ШІ для аналізу біологічних доказів. У межах націо-

нальної програми інновацій держава запроваджує комплексні цифрові платформи, які дають змогу швидко ідентифікувати зразки ДНК та інші біологічні матеріали. Також на території Китаю розвиваються власні національні бази даних біологічних доказів, інтегровані в систему державної безпеки [5]. Це дає правоохоронним органам змогу мати доступ до великої кількості даних для швидкого проведення експертиз.

В Австралії кожен штат має власні цифрові системи для управління біологічними експертизами, однак вони підпорядковуються загальним національним стандартам. Ведеться активна робота з інтеграції окремих баз даних у єдину національну систему для полегшення обміну інформацією між штатами. Австралійські лабораторії застосовують передові методи діджиталізації процесів ДНК-аналізу, зокрема автоматизовані системи для секвенування та інтерпретації результатів.

В Україні триває активна робота з діджиталізації біологічної судово-експертної діяльності [6]. Створюються національні бази даних ДНК, а також вводяться сучасні цифрові інструменти для збирання, аналізування та архівування біологічних доказів. Судово-біологічна експертиза в Україні проводиться із застосуванням цифрових мікроскопів, що дають змогу якісніше досліджувати біологічні зразки, такі як клітини, волокна, тканини, робити високоякісні зображення, які можуть бути збережені, проаналізовані та представлені як

докази в суді. Упровадження 3D-технологій для аналізу біологічних зразків також є частиною діджиталізації. Це допомагає експертам детальніше вивчати структуру тканин або пошкоджень, надаючи точні моделі для дослідження. Україна прагне до інтеграції своїх систем із європейськими платформами для обміну біологічними доказами, що має на меті підвищити ефективність розслідувань, особливо у транскордонних справах.

Загалом діджиталізація впливає на співпрацю, підвищення кваліфікації та процес навчання судових експертів. Завдяки онлайн-платформам експерти можуть брати участь у міжнародних тренінгах та обмінюватися досвідом із колегами за кордоном.

Різні країни підходять до діджиталізації біологічної судово-експертної діяльності з різним рівнем технологічної зрілості та інфраструктури. у розвинених країнах (США, Велика Британія, Німеччина і Китай) процеси автоматизації й застосування ШІ добре інтегровані в повсякденну роботу судово-експертних установ. В Україні в останні роки також активно впроваджуються цифрові рішення, що сприяє інтеграції в міжнародний простір.

Перелік джерел посилання

1. Namsaraev Z., Korzhenkov A., Fedosov D., Patrushev M. Digitalization of Genetic Information: Prospects

and Challenges. *Nanobiotechnology Reports*. 2023. Vol. 18. Pp. 320—328. DOI: 10.1134/S2635167623700192 (дата звернення: 08.10.2024).

2. Sessa F., Esposito M., Cocimano G., Sablone S., Karaboue M. A. A., Chisari M., Albano D. G., Salerno M. Artificial Intelligence and Forensic Genetics: Current Applications and Future Perspectives. *Appl. Sci*. 2024. Vol. 14. DOI: 10.3390/app14052113 (дата звернення: 08.10.2024).

3. Miller K., Brown B., Budowle B. The combined DNA index system. *International Congress Series*. 2003. Vol. 1239. Pp. 617—620. DOI: 10.1016/S0531-5131(02)00502-2 (дата звернення: 08.10.2024).

4. Dubey S., Jangala H. Laboratory information and management system: A tool to increase laboratory productivity. *Clinical Research and Regulatory Affairs*. 2012. Vol. 29. DOI: 10.3109/10601333.2012.692689 (дата звернення: 08.10.2024).

5. Bernot A. Building of the World's Largest DNA Database: The China Case. 2020. DOI: 10.1007/978-981-15-6655-4_33 (дата звернення: 08.10.2024).

6. Степанюк Р. Криміналістичний ДНК-аналіз: стан і перспективи розвитку в Україні. *Теорія та практика судової експертизи і криміналістики*. 2021. Вип. 3 (25). С. 60—80. DOI: 10.32353/khrife.3.2021.05 (дата звернення: 08.10.2024).