ПРОБЛЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЧОВИХ ДОКАЗІВ

THE ISSUES OF PHYSICAL EVIDENCE RESEARCH

УДК 577.2+57.08+614 doi: 10.37025/1992-4437/2018-30-2-106

А. С. Повх, С. М. Романчук
Державний науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
A. S. Povkh, S. M. Romanchuk
State Scientific Research Forensic Centre, MIA of Ukraine

КОНТАМІНАЦІЯ ПІД ЧАС МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ. ПРИЧИНИ ЇЇ ВИНИКНЕННЯ ТА НАСЛІДКИ

CONTAMINATION DURING MOLECULAR-GENETIC RESEARCH. ITS CAUSES AND CONSEQUENCES

Висвітлено проблему контамінації (забруднення об'єктів біологічного походження чужорідною ДНК, яка може призвести до помилкових результатів і відповідно позначитися на результатах досудового розслідування), що виникає під час молекулярно-генетичних досліджень. Сформульовано поняття контамінації. Структуровано джерела її виникнення, виокремлено види. Наголошено на потенційно небезпечних джерелах виникнення контамінації. Описано способи її виявлення та запобігання їй. Запропоновано засоби контролю контамінації, що дають змогу запобігти отриманню псевдопозитивних і псевдонегативних результатів під час встановлення генетичних ознак людини. Розроблено алгоритми застосування методів запобігання виникненню контамінації, її виявлення та усунення, які, убачається, є ефективними інструментами для якісного опрацювання експертами-біологами об'єктів дослідження. Також розроблено рекомендації щодо заходів контролю виникнення контамінації до, під час і після молекулярно-генетичного дослідження.

Ключові слова: контамінація; лабораторія; молекулярно-генетичне дослідження; дезоксирибонуклеїнова кислота.

Освещена проблема контаминации (загрязнения объектов биологического происхождения чужеродной ДНК, что может привести к ошибочным результатам и соответственно отразиться на результатах досудебного расследования), возникающая при

© *А. С. Повх, С. М. Романчук, 2018*

молекулярно-генетических исследованиях. Сформулировано понятие контаминации. Структурированы источники ее возникновения, выделены виды. Отмечены потенциально опасные источники возникновения контаминации. Описаны способы ее выявления и предотвращения. Предложены средства контроля загрязнения, что позволит предотвратить получение ложноположительных и ложноотрицательных результатов при установлении генетических признаков человека. Разработаны алгоритмы применения методов предотвращения возникновения контаминации, ее выявления и устранения, которые, надо полагать, являются эффективными инструментами при качественной обработке экспертами-биологами объектов исследования. Также разработаны рекомендации по мерам контроля возникновения контаминации до, во время и после молекулярно-генетического исследования.

Ключевые слова: контаминация; лаборатория; молекулярно-генетическое исследование; дезоксирибонуклеиновая кислота.

The author of the article highlights the problem of contamination that occurs during molecular-genetic researches (contamination of objects of biological origin with foreign DNA, which may lead to false results and affect the consequences of pre-trial investigation). The concept of contamination is explained. The sources of its origin are structured and the types are pointed out. The author emphasizes on potentially dangerous sources of contamination. The author emphasizes on potentially dangerous sources of contamination and describes the ways to detect and prevent them. The means of contamination control, which will prevent the receipt of pseudo-positive and pseudo-negative results during the establishment of human genetic features, are proposed. The algorithms of the methods application of preventing the occurrence of contamination, its detection and elimination have been developed. These algorithms are considered to be effective tools for performance of the qualitative expertise of the researched objects held by the experts biologists. Recommendations on control measures in case of contamination occurrence before, during and after the molecular-genetic research are also developed in the article.

Key words: contamination; laboratory; molecular-genetic research; deoxyribonucleic acid.

Молекулярно-генетичне дослідження зазвичай пов'язане з ризиком забруднення – контамінацією (англ. *contamination*) біологічних об'єктів (зразків) чужорідною дезоксирибонуклеїновою кислотою (далі – ДНК), тобто ДНК інших осіб (трупів). Вона може виникнути на будь-якому етапі дослідження (огляд речових доказів, пошук слідів біологічного походження, виділення ДНК з об'єктів дослідження, проведення полімеразної ланцюгової реакції (далі – ПЛР) у реальному часі, ампліфікації, фрагментного капілярного електрофорезу (далі – КЕФ) тощо).

Контамінація сьогодні є важливою проблемою, що спонукає до розроблення заходів контролю з метою запобігти забрудненню об'єктів біологічного походження, виділеної та ампліфікованої ДНК, реактивів, лабораторного посуду, обладнання тощо, які використовують під час молекулярно-генетичного дослідження.

Цю проблему вперше висвітлено під час обговорення «німецької примари» («german phantom»): у Європі упродовж 15 років працівники слідства не могли відстежити серійного правопорушника, ДНК-профіль якого постійно встановлювали, розслідуючи різні злочини. У 2008 р. «правопорушника» було знайдено. Ним виявилася жінка похилого віку, яка працювала на виробництві упаковки марлевих тампонів для відбору ДНК. Укладаючи тампони до упаковки, вона випадково забруднила деякі з них своєю власною ДНК і таким чином на об'єктах з місця події встановлювали її генетичні ознаки [1].

Подібно до «німецької примари» в багатьох судово-медичних лабораторіях США було виявлено контамінацію фільтрів для концентрування виділеної ДНК Microcon® (Millipore, Billerica, MA) біологічним матеріалом працівника компанії-виробника [2].

У 2010 р. Європейська мережа криміналістичних наукових установ (ENFSI), наукова робоча група з методів аналізу ДНК (SWGDAM) та австралійська консультативна група спеціалістів з біології (BSAG) опублікували спільну заяву до комерційних виробників реактивів, одноразового посуду тощо, використовуваних у криміналістичних лабораторіях світу, з вимогою забезпечити чистоту своїх виробів (тобто відсутність дезоксирибонуклеаз та рибонуклеаз) [3], хоча, зрозуміло, що «чистота» лабораторних матеріалів не надійна запорука уникнення контамінації, адже є безліч причин її виникнення.

Технологічно і методологічно удосконалюючи методи молекулярно-генетичного дослідження, учені всього світу значну увагу приділяють і проблемі контамінації. Так, дослідженню проблеми контамінації присвятили свої праці Дж. Батлер, Дж. Блозіс, М. Горай, Ф. Нейхубер, Р. ван Ооршот, І. Перепечина, С. Проф, О. Россинська та ін. (див., напр., [1–9]). Але попри їх вагомий науковий доробок багатоаспектність проблеми контамінації, зокрема і в Україні, потребує додаткового дослідження.

Метою статті є узагальнення видів контамінації, визначення заходів щодо запобігання їй та вжиття судовими експертами-біологами (далі – експерти) певних дій у разі її виникнення.

Контамінація, як зазначалося, може виникнути на різних етапах маніпуляцій із речовими доказами, об'єктами, що підлягають молекулярно-генетичному дослідженню, їх предметами-носіями, а також їх упакуванням, транспортуванням тощо (рис. 1).

Рис. 1. Види контамінації під час молекулярно-генетичного дослідження

За місцем виникнення розрізняють *передлабораторну* контамінацію (коли об'єкт забруднюється «чужою» ДНК ще до того, як потрапити до ДНК-лабораторії) та *лабораторну* (забруднення об'єкта відбувається безпосередньо в ДНК-лабораторії внаслідок порушення визначених правил зонування приміщень, неправильного облаштування вентиляції, використання у різних робочих зонах того самого лабораторного посуду, недбалої лабораторної роботи експерта тощо).

Залежно від джерела виникнення передлабораторну контамінацію поділяють на кілька видів:

первинна – забруднення біологічних слідів власним біологічним матеріалом (зокрема клітинами епітелію) спеціаліста чи працівників слідчо-оперативної групи або біологічним матеріалом інших об'єктів на місці події через нехтування вимог і правил вилучення об'єктів біологічного походження;

вторинна (додаткова) – перенесення біологічного матеріалу з одного речового доказу на інший. Такий вид передання ДНК має кілька джерел, серед яких – контактування різних речових доказів між собою внаслідок поміщення їх до однієї упаковки (наприклад, речей підозрюваного з речами жертви, просоченими її кров'ю). Мало того, іноді навіть напис на упаковці з речовими доказами може свідчити про можливість такої контамінації [4; 7]. Іншим джерелом є неналежне поводження з об'єктами – носіями слідової інформації (приміром, недбале ставлення до одягу, знятого з трупа в морзі), у результаті чого генетичні ознаки чужорідного біологічного матеріалу, який було перенесено на одяг жертви, найчастіше встановлюють як компонент у суміші ДНК.

Контамінація під час проведення інших видів судових експертиз виникає через нехтування слідчим порядку черговості призначення експертиз (для прикладу, балістичного дослідження перед молекулярно-генетичним) або нехтування експертами, що проводять дослідження, які передують молекулярно-генетичному у межах комплексного дослідження, заходів щодо запобігання забрудненню об'єктів їх власною ДНК або ДНК інших об'єктів (скажімо, через невикористання захисного одягу чи гумових рукавичок) [6; 9].

До *лабораторної* контамінації можуть призводити порушення правил зонування приміщень, неправильне облаштування вентиляції, використання того самого обладнання (наприклад дозаторів) у різних лабораторних зонах, недбала робота експертів тощо.

Цей вид контамінації може виникнути на будь-якому з етапів молекулярно-генетичного дослідження, а саме: під час роботи з речовими доказами (їх опису чи відбору зразків); виділення ДНК; роботи з реактивами; ампліфікації; роботи зі зразками після ампліфікації.

У практиці експертів, які проводять молекулярно-генетичні дослідження, найчастіше мають місце такі види контамінації:

– *забруднення об'єктів дослідження геномною ДНК людини з навколишнього середовища*. Цей вид контамінації виникає через нехтування працівниками правил роботи в ДНК-лабораторії (рис. 2) – під час роботи з об'єктами дослідження на різних стадіях молекулярно-генетичної експертизи, реактивами, лабораторним посудом або обладнанням без одягу та засобів індивідуального захисту тощо.

До цього виду контамінації також належить забруднення досліджуваного зразка біологічним матеріалом експерта, який з ним працює, або біологічним матеріалом його колег. Така контамінація найбезпечніша, адже не призводить до помилкового обвинувачення особи, що проходить у кримінальному провадженні. Крім того, її найпростіше виявити, оскільки зазвичай персонал лабораторії «протипований», а отже в разі виникнення такої контамінації довести артефактне походження встановленого ДНК-профілю не становить складнощів;

– *перехресна контамінація* – ненавмисне перенесення біологічного матеріалу з одного зразка (проби) на інший унаслідок недбалого використання обладнання,

Рис. 2. Засоби запобігання контамінації
під час молекулярно-генетичного дослідження в ДНК-лабораторії

процедур або методів дослідження. Така контамінація доволі небезпечна, оскільки її не завжди відразу розпізнають і вона може призвести до помилкової ідентифікації та, як наслідок, до судової помилки (наприклад, забруднення об'єкта, що стосується злочину, генетичним матеріалом порівняльного зразка). Ризик такої контамінації виникає, коли об'єкт з місця події та порівняльні зразки досліджують у цьому самому приміщенні. Також небезпечною для результатів дослідження є контамінація слідів, походження яких невідоме, генетичним матеріалом об'єктів, що вочевидь стосуються події злочину (наприклад, якщо об'єкти, вилучені з помешкання підозрюваного, випадково забруднюватимуться генетичним матеріалом жертви з об'єктів, вилучених з місця її вбивства, результати ДНК-аналізу можуть стати вагомим аргументом на противагу обвинуваченню зазначеної особи);

– *контамінація продуктами ампліфікації (ампліконами),* або перенесення продуктів ПЛР. Така контамінація є найпроблемнішим потенційним джерелом забруднення, оскільки в процесі ПЛР амплікони у великій кількості накопичуються на лабораторному обладнанні (наприклад дозаторах), поверхнях лабораторних столів і навіть на поверхні шкіри працівників лабораторії (амплікон – експонентно збільшена кількість копій фрагмента вихідної ДНК). Накопичені амплікони ДНК є ідеальними продуктами для реампліфікації. Перенесення відбувається, коли ампліфікована ДНК забруднює зразок (пробу), який ще не був ампліфікований.

Визначити джерело контамінації в таких випадках зазвичай дуже складно, до того ж цей процес потребує значного часу;

– *контамінація при роботі з обліком генетичних ознак людини,* або контамінація, яка призводить до помилкового збігу з обліком генетичних ознак людини в разі, коли до отримання позитивної відповіді на запит ідентифікована особа не була підозрюваною (в англомовній літературі «cold hits» – «холодні збіги»). Прикладом такої контамінації слугуватиме випадок, що трапився в одній із лабораторій, де об'єкти експертизи, які залишилися після зґвалтування, вчиненого кілька років тому, були контаміновані генетичним матеріалом особи, яку свого часу тестували для обліку генетичних ознак людини. Було встановлено, що в період, коли проводили цю експертизу, також досліджували її біологічний матеріал. Від обвинувачення ідентифі-

ковану особу врятувало лише те, що в момент вчинення зґвалтування вона була ще дитиною [5].

Заходи щодо запобігання контамінації (рис. 3) залежать від її виду.

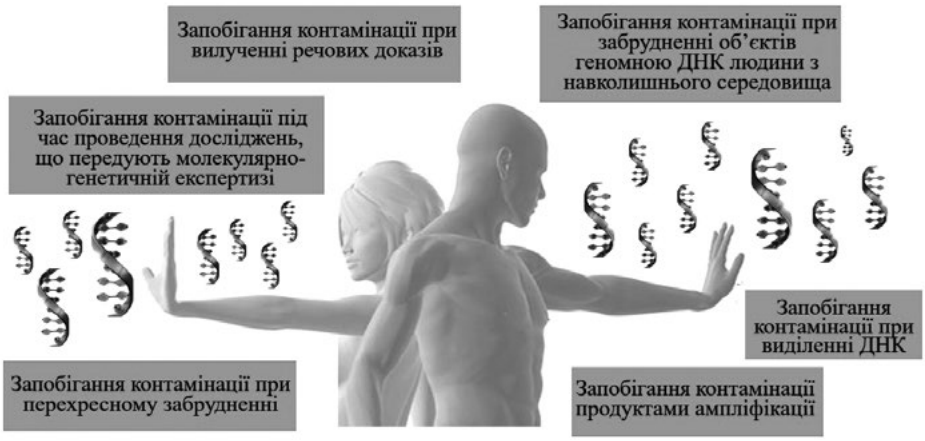

Рис. 3. Заходи щодо запобігання контамінації

Лабораторія для молекулярно-генетичних досліджень має передбачати окремі робочі зони: для огляду об'єктів дослідження, виділення ДНК, підготовки до ПЛР у реальному часі, ампліфікації та фрагментного КЕФ. При цьому перед- та постПЛР-приміщення слід обладнати УФ-боксами, а роботу в лабораторії організувати в напрямку від перед- до постПЛР-приміщень.

На всіх етапах молекулярно-генетичного дослідження та/або дослідження, яке йому передує, працівники мають використовувати засоби індивідуального захисту: медичні шапочки, гумові рукавички, одноразові лабораторні халати, лабораторні маски, бахіли, захисні окуляри тощо (рис. 2). Комплект таких засобів для кожної лабораторної зони має бути окремий і стаціонарний. Якщо працівник з однієї зони переміщується до іншої, його слід змінювати. У кожній зоні, де працюють із біологічними об'єктами, має бути індивідуальне обладнання та витратні матеріали. За потреби дозволяється перенести до наступної робочої зони лише штатив із пробірками.

Усе обладнання, використовуване у відповідній робочій зоні ДНК-лабораторії (у тому числі набір дозаторів, канцелярське приладдя тощо), повинно бути стаціонарним і чітко промаркованим. Перенесення будь-яких предметів з однієї зони лабораторії до іншої без застосування відповідних методів очищення (оброблення спиртом або кварцування) не допускається. Після користування такими предметами, як телефон, комп'ютерна клавіатура, комп'ютерна миша, раковина тощо (в рукавичках чи без них) рекомендовано вдягати чисті рукавички чи обробляти їх дезінфікаційними засобами перш ніж повернутися до роботи з об'єктами дослідження.

Для кожного об'єкта дослідження слід використовувати чисті наконечники до піпеткових дозаторів, пробірки відкривати обережно та закривати їх, коли їх не використовують. Перед відкриттям пробірки необхідно осадити її вміст центрифугуванням, одночасно відкриваючи не більше однієї пробірки. Після роботи з кожним з об'єктів інструменти слід обробляти. Для запобігання накопиченню ДНК робочу

поверхню потрібно застелити одноразовим папером, змінюючи його перед тим, як перейти до дослідження нового об'єкта.

Перед початком і після завершення будь-якого етапу дослідження необхідно проводити деконтамінацію робочої поверхні дезінфікаційними розчинами; перед початком і наприкінці робочого дня – кварцування та деконтамінаційну обробку ПЛР-боксів і лабораторних приміщень.

Якщо в одній робочій зоні працюють кілька експертів, то вони мають перебувати якнайдалі один від одного.

Будь-яка стороння особа (наприклад, спеціаліст з обслуговування обладнання або спостерігач) також має бути одягнена в захисний одяг, навіть якщо вона не бере безпосередньої участі в роботі з об'єктами.

Крім загальних заходів запобігання контамінації застосовують ще й такі, що стосуються виконання певних видів робіт.

Так, вилучаючи біологічні сліди людини, вживають усіх необхідних заходів щодо цього та засоби індивідуального захисту [3]. Для запобігання перехресній контамінації між різними речовими доказами їх поміщають до окремих упаковок.

Під час проведення експертиз, що передують молекулярно-генетичній експертизі, зокрема дактилоскопічної, рекомендовано для кожного об'єкта використовувати окремі пензлі для нанесення дактилоскопічного порошку або проводити ретельну процедуру очищення пензлів перед кожним дослідженням [6]. Балістичні експертизи та експертизи матеріалів, речовин і виробів потрібно проводити після молекулярно-генетичного дослідження.

Для запобігання контамінації в разі забруднення об'єктів геномною ДНК людини з навколишнього середовища огляд і відбір біологічних об'єктів, виділення та ампліфікація ДНК, проведення фрагментного КЕФ слід виконувати в окремих спеціальних робочих зонах. Біологічні зразки живих осіб, трупний матеріал і сліди біологічного походження слід опрацьовувати в різний час.

Для зберігання біологічних об'єктів, виділеної та ампліфікованої ДНК і реактивів використовують окремі холодильники чи морозильні шафи. Пробірки з об'єктами дослідження, а також пробірки з виділеною ДНК з об'єктів дослідження повинні бути промарковані із зазначенням мінімально необхідної інформації, що дозволить ідентифікувати об'єкт, а саме номери експертизи та номери об'єкта або штрих-коду. Реактиви зберігають у фабричних упаковках з етикетками виробника. За потреби – у мінімальних кількостях (аліквотах). У протоколах зазначають інформацію про набори реактивів, використані під час дослідження, що дозволить виявити технічні помилки та випадки контамінації.

З огляду на те, що етап виділення ДНК найчутливіший до контамінації, спочатку опрацьовують сліди біологічного походження, а потім порівняльні біологічні зразки. Дослідження починають з тих об'єктів, що ідентифікують. Виділення ДНК із порівняльних зразків і слідів провадять у відповідних зонах або в одній зоні в різний час. Об'єкти з низькою концентрацію ДНК досліджують окремо у часі та просторі від об'єктів з високою концентрацією ДНК.

Зважаючи на високу чутливість до контамінації етапу виділення ДНК, до вибору методу виділення слід підходити розсудливо. Але варто наголосити, що сучасні методи виділення ДНК більш захищені від контамінації. Так, для виділення ДНК з об'єктів, які містять її малі кількості, деградовану та/або інгібовану ДНК, доцільно ви-

користовувати комерційні набори реактивів, у складі яких є магнітні частинки (наприклад, такі як PrepFiler™ і PrepFiler™ BTA (Applied Biosystems), та набори реактивів із використанням колонок (NucleoSpin® Tissue, NucleoSpin® Blood (MACHEREY-NAGEL), QIAamp® DNA Micro Kit (QIAGEN), All-tissue DNA-extraction kit (GEN-IAL) [10]. При цьому автоматизована дозувальна станція AutoMate Express™ для роботи з наборами PrepFiler™ та PrepFiler™ BTA має більше рівнів захисту від контамінації порівняно з протоколами, призначеними для ручного виділення ДНК [11–13].

Високий рівень захисту від контамінації мають комерційні набори реактивів, які виготовляють компанії QIAGEN, GEN-IAL, MACHEREY-NAGEL. Досягнутий він завдяки тому, що біологічний матеріал постійно знаходиться в одній фільтрувальній колонці.

Швидким і нетоксичним є метод виділення ДНК з використанням суспензії іонообмінної смоли Chelex 100, яку можна додавати безпосередньо до об'єкта. Усі етапи виділення ДНК цим методом потребують лише однієї пробірки, внаслідок чого потенційно знижується ймовірність перехресної контамінації ДНК між різними об'єктами [14; 15].

Щоб запобігти контамінації продуктами ампліфікації важливо відокремити неампліфіковані зразки від ампліфікованих, передбачивши при цьому в ДНК-лабораторії спеціальні зони для кожного з етапів молекулярно-генетичного дослідження. Кімнату детекції продуктів ампліфікації (постПЛР-приміщення) слід розмістити якнайдалі від передПЛР-приміщень. Також слід унеможливити рух повітряного потоку з пост- до передПЛР-приміщень. Продукти ПЛР, що залишилися після встановлення ДНК-профілю, повинні зберігатися в холодильнику/морозильній шафі лише в цьому приміщенні.

У разі виникнення контамінації експерт має вжити певних заходів.

Засвідчує наявність контамінації виявлення ДНК-профілю у спеціально передбачених негативному і холостому контролях, а також «змішаного», не властивого матриці, ДНК-профілю в позитивному контролі. За таких обставин результати дослідження панелі зразків визнають недостовірними і дослідження проводять повторно [5].

Як відомо, негативним є контроль, використовуваний із метою перевірки якості проходження ПЛР та/або КЕФ і виявлення контамінації (зазвичай це бідистильована деіонізована вода).

Холостим (англ. *blank test*) – для перевірки впливу різних чинників на чистоту реактивів (відсутність контамінації), використовуваних для виділення ДНК.

Позитивним – з метою перевірки якості проходження ПЛР та/або КЕФ і виявлення контамінації (зазвичай це контрольна ДНК, надана виробником реактивів, використовуваних під час дослідження, з уже відомим набором алелів за кожним локусом).

Але трапляється, що контамінація не є тотальною, тобто коли об'єкт забруднюється генетичним матеріалом експерта або коли експерт плутає лунки з об'єктами. У цьому разі контрольні проби можуть «спрацювати» належним чином, хоча це аж ніяк не свідчить про наявність контамінації. Експерт може виявити контамінацію за допомогою програмного забезпечення ЕМСіЛАБ®. Для цього він «імпортує» дані, отримані на генетичному аналізаторі, безпосередньо до програмного забезпечення і після цього програма автоматично перевіряє встановлені генетичні ознаки за усім масивом, поміщеним до неї раніше (у тому числі ДНК-профілі експертів і спеціалістів, залучуваних до оглядів місця подій).

При цьому слід наголосити, що для завчасного виявлення випадків контамінації перевірку ДНК-профілів варто проводити відразу після отримання результатів (у той самий день), що дасть змогу вжити відповідних оперативних корегувальних заходів.

У разі виявлення контамінації молекулярно-генетичні дослідження в ДНК-лабораторії припиняються. Працівник, який виявив контамінацію, повинен негайно сповістити про це керівника з якості, а керівник з якості відповідно керівника відділу (лабораторії). Результати, отримані разом із контамінованими пробами, вважають недійсними. Дослідження всіх зразків слід провести повторно.

Після виявлення контамінації в лабораторії вживають комплекс заходів, обсяг яких визначається результатами дослідження контрольних змивів, реактивів і бідистильованої деіонізованої води, використаних на всіх етапах дослідження. Комплекс заходів передбачає утилізацію всіх реактивів, які перебувають у «контамінованій» зоні; утилізацію досліджуваних матеріалів на всіх проміжних стадіях обробки (крім вихідної); ретельне прибирання, хімічну та ультрафіолетову дезінфекцію усіх поверхонь лабораторних приміщень; дезінфекцію меблів, робочих поверхонь, поверхонь корпусів приладів і обладнання з використанням хімічного методу та ультрафіолетового опромінення.

Випадки контамінації обов'язково реєструють у спеціальному журналі із зазначенням заходів щодо її усунення та їх ефективності, а також результатів внутрішньолабораторного контролю якості.

ПЛР-дослідження до завершення деконтамінаційних заходів і отримання негативних результатів внутрішньолабораторного контролю не провадять.

Отже, для запобігання контамінації під час молекулярно-генетичних досліджень слід чітко дотримуватися правил зонування ДНК-лабораторії, користуватися засобами індивідуального захисту і проводити внутрішньолабораторний контроль чистоти об'єктів дослідження від чужорідної ДНК.

References

1. Female criminals – it's not always the offender! / Neuhuber F., Dunkelmann B., Hockner G. etc. *Forensic Sci Int Genet Suppl Series.* 2009. Vol. 2 (1). P. 145–146.

2. Butler J. M. Advanced Topics in Forensic DNA Typing : Methodology / J. M. Butler. Acad. Press: Elsevier, 2011. 699 p.

3. Blozis J. Forensic DNA evidence collection at a crime scene: an investigator's commentary / J. Blozis. *Forensic Sci Rev*. 2010. Vol. 22. P. 121–130.

4. Goray M. Secondary DNA transfer of biological substances under varying test conditions / Goray M., Eken E., Mitchell R., van Oorschot R. *Forensic Sci Int Genet*. 2010. Vol. 4 (2). P. 62–67.

5. Perepechina I. O. Kontaminatsiya kak prichina oshibok pri kriminalisticheskom issledovanii DNK / I. O. Perepechina. *Zakonnost i pravoporyadok v sovremennom obschestve* : sb. materialov XII mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Novosibirsk: SIBPRINT, 2013. S. 50–54.

6. Experiments on the DNA contamination risk via latent fingerprint brushes / Proff C., Schmitt C., Schneider P. etc. *Progress in Forensic Genet*. 2006. Vol. 1288. P. 601–603.

7. Rossinskaya E. R. Sudebnaya ekspertiza (zaklyuchenie eksperta): tipichnye oshibki / E. R. Rossinskaya. M.: Prospekt, 2012. 544 s.

8. Manufacturer contamination of disposable plastic-ware and other reagents – an agreed position statement by ENFSI, SWGDAM and BSAG / Gill P., Rowlands D., Tully G. etc. *Forensic Sci Int Genet.* 2010. Vol. 4 (4). P. 269–270.

9. Beware of the possibility of fingerprinting techniques transferring DNA / van Oorschot R. A., Treadwell S., Beaurepaire J. etc. *J Forensic Sci*. 2005. Vol. 50. P. 1417–1422.

10. Olkhovets S. O. Vydilennia DNK za dopomohoiu naboru reahentiv «All-tissue DNA-

Kit» (firmy GEN-IAL) ta «QIAamp DNA Micro Kit» (firmy QIAGEN): metod. rek. / S. O. Olkhovets, V. V. Voitenko. Kyiv: DNDEKTs MVS Ukrainy, 2008. 15 s.

11. Barbaro A. Validation of PrepFiler™ forensic DNA extraction kit (Applied Biosystems) / Barbaro A., Cormaci P., Agostino A. *Forensic Sci Int Genet Suppl Series.* 2009. Vol. 2. P. 176–177.

12. Brevnov M. G. Validation of the PrepFiler Forensic DNA Extraction Kit for extraction of genomic DNA from biological samples / Brevnov M., Pawar H., Mundt J. *J Forensic Sci*. 2009. Vol. 54. P. 599–607.

13. Stray J. Extraction of high quality DNA from biological materials and calcified tissues / Stray J., Holt A., Brevnov M. *Forensic Sci Int Genet Suppl Series*. 2009. Vol. 2. P. 159–160.

14. Pimenov M. G. Nauchnye i prakticheskie aspekty kriminalisticheskogo DNK-analiza: *ucheb. posobie* / Pimenov M. G., Kultin A. Yu., Kondrashov S. A. M.: GU EKC MVD Rossii, 2001. 144 s.

15. Walsh P. Chelex 100 as a medium for simple extraction of DNA for PCR-based typing from forensic material / Walsh P., Metzger D., Higuchi R. *BioTechniques.* 1991. Vol. 10. P. 506–513.

Список використаних джерел

1. Female criminals – it's not always the offender! / Neuhuber F., Dunkelmann B., Hockner G. etc. *Forensic Sci Int Genet Suppl Series*. 2009. Vol. 2 (1). P. 145–146.

2. Butler J. M. Advanced Topics in Forensic DNA Typing: Methodology / J. M. Butler. Acad. Press: Elsevier, 2011. 699 p.

3. Blozis J. Forensic DNA evidence collection at a crime scene: an investigator's commentary / J. Blozis. *Forensic Sci Rev.* 2010. Vol. 22. P. 121–130.

4. Goray M. Secondary DNA transfer of biological substances under varying test conditions / Goray M., Eken E., Mitchell R., van Oorschot R. *Forensic Sci Int Genet.* 2010. Vol. 4 (2). P. 62–67.

5. Перепечина И. О. Контаминация как причина ошибок при криминалистическом исследовании ДНК / И. О. Перепечина. *Законность и правопорядок в современном обществе*: сб. материалов XII междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск: СИБПРИНТ, 2013. С. 50–54.

6. Experiments on the DNA contamination risk via latent fingerprint brushes / Proff C., Schmitt C., Schneider P. etc. *Progress in Forensic Genet.* 2006. Vol. 1288. P. 601–603.

7. *Россинская Е. Р.* Судебная экспертиза (заключение эксперта): типичные ошибки / Е. Р. Россинская. М.: Проспект, 2012. 544 с.

8. Manufacturer contamination of disposable plastic-ware and other reagents – an agreed position statement by ENFSI, SWGDAM and BSAG / Gill P., Rowlands D., Tully G. etc. *Forensic Sci Int Genet.* 2010. Vol. 4 (4). P. 269–270.

9. Beware of the possibility of fingerprinting techniques transferring DNA / van Oorschot R. A., Treadwell S., Beaurepaire J. etc. *J Forensic Sci*. 2005. Vol. 50. P. 1417–1422.

10. Ольховець С. О. Виділення ДНК за допомогою набору реагентів «All-tissue DNA-Kit» (фірми GEN-IAL) та «QIAamp DNA Micro Kit» (фірми QIAGEN): метод. рек. / С. О. Ольховець, В. В. Войтенко. Київ: ДНДЕКЦ МВС України, 2008. 15 с.

11. Barbaro A. Validation of PrepFiler™ forensic DNA extraction kit (Applied Biosystems) / Barbaro A., Cormaci P., Agostino A. *Forensic Sci Int Genet Suppl Series*. 2009. Vol. 2. P. 176–177.

12. Brevnov M. G. Validation of the PrepFiler Forensic DNA Extraction Kit for extraction of genomic DNA from biological samples / Brevnov M., Pawar H., Mundt J. *J Forensic Sci*. 2009. Vol. 54. P. 599–607.

13. Stray J. Extraction of high quality DNA from biological materials and calcified tissues / Stray J., Holt A., Brevnov M. *Forensic Sci Int Genet Suppl Series*. 2009. Vol. 2. P. 159–160.

14. Пименов М. Г. Научные и практические аспекты криминалистического ДНК-анализа: *учеб. пособие* / Пименов М. Г., Культин А. Ю., Кондрашов С. А. М.: ГУ ЭКЦ МВД России, 2001. 144 с.

15. Walsh P. Chelex 100 as a medium for simple extraction of DNA for PCR-based typing from forensic material / Walsh P., Metzger D., Higuchi R. *BioTechniques*. 1991. Vol. 10. P. 506–513.

Стаття надійшла до редакції 08.08.2018