DOI: <https://doi.org/10.32353/khrife.2.2019.41>
УДК: 343.98

Т. Є. Балинян,

кандидат біологічних наук, провідний науковий співробітник
Харківського НДІСЕ, м. Харків, Україна

Л. М. Дереча,

кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник,
вчений секретар Харківського НДІСЕ, м. Харків, Україна,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6044-2068>,
e-mail: derecha@hniise.gov.ua

Ю. О. Носатенко,

завідувач сектору Харківського НДІСЕ, м. Харків, Україна

ДО ПИТАННЯ ЩОДО КОМПЛЕКСНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПОШКОДЖЕНЬ ВОЛОКНИСТИХ МАТЕРІАЛІВ МЕТОДОМ РАСТРОВОЇ ЕЛЕКТРОННОЇ МІКРОСКОПІЇ

У статті розглянуто комплексне дослідження біологічних пошкоджень волокнистих матеріалів методом растрової електронної мікроскопії. Викладено основні види та характеристики волокон та волокнистих матеріалів, види та механізм утворення пошкоджень. Наведено агенти біопошкоджень — мікробіологічні, фітологічні, зоологічні.

Проведення комплексного дослідження різних за характером пошкоджень різноманітних за волокнистою природою матеріалів дає можливість диференціації пошкоджень хімічного, механічного, термічного та біологічного характеру, виявлення мікроознак, що індивідуалізують той чи інший предмет (фактор) дії, впливу, збільшення потенціалу одержання слідової інформації про фактичні дані та обставини події у тих випадках, коли тільки за зовнішньо-морфологічними ознаками діагностувати пошкодження неможливо.

Ключові слова: судово-експертна діяльність, судова біологічна експертиза, судова трасологічна експертиза, комплексна експертиза, біологічні пошкодження волокнистих матеріалів, растрова електронна мікроскопія.

Постановка наукової проблеми. Важливе значення у справі підвищення ефективності роботи судово-експертних установ має використання сучасних досягнень науки і техніки.

Експертне дослідження об'єктів волокнистої природи є актуальним і перспективним для встановлення фактичних даних під час розслідування справ різних категорій. Об'єкти волокнистої природи належать до предметів повсякденного користування кожної людини, зустрічаються практично в кожній кримінальній ситуації з тяжких злочинів проти особи, є приналежністю злочинця, потерпілого та інших осіб, що мають відношення до події і складають елементи його

матеріальної обстановки. Об'єкти волокнистої природи, зокрема одяг, безперервно взаємодіють з іншими об'єктами як волокнистої, так і іншої природи. Значна частина злочинів скоюється в умовах активної взаємодії суб'єкта злочину та інших осіб з різними предметами, у результаті чого на одязі, тілі правопорушника і потерпілого, знаряддях злочину, предметах злочинного посягання та інших об'єктах, пов'язаних з подією злочину, можуть залишатися різні волокна у вигляді слідів-нашарувань.

Розвиток криміналістичної експертизи волокнистих матеріалів та виробів з них ставить нові завдання, вирішення яких неможливо без всебічного дослідження як текстильних матеріалів, так і самих волокон. Усе більшого значення для розслідування злочинів набуває дослідження пошкоджень одягу в результаті застосування знарядь злочину, транспортних засобів тощо та розроблення на основі отриманих результатів експертних методик. Дослідження пошкоджень одягу є одним із основних напрямків комплексної трасологічної експертизи, експертизи матеріалів, речовин та виробів, а також біологічної експертизи.

Не зважаючи на той факт, що експертизи зі встановлення механізму утворення пошкодження (хімічного, термічного, механічного, біологічного) матеріалів, волокон призначаються досить часто, диференціація пошкоджень, встановлення механізму їх утворення викликають труднощі, що потребує розроблення нових технічних засобів та методик експертних досліджень.

Раніше проводилися лише окремі дослідження пошукового характеру деяких видів волокон. З сучасних методів дослідження морфологічних характеристик найбільш ефективним є метод растрової електронної мікроскопії (РЕМ), що забезпечує можливість безпосереднього вивчення об'єкта в великому діапазоні збільшень (від 10 до 100000х). В основі растрової електронної мікроскопії лежить спосіб отримання зображення поверхневих структур об'єкта шляхом реєстрації вторинних електронів, емітованих в результаті взаємодії поверхні об'єкта і сфокусованого потоку електронів в режимі сканування.

Як показали попередні дослідження, за допомогою використання растрової (скануючої) електронної мікроскопії (далі — РЕМ), яка дає можливість виявлення якісно нових мікроознак об'ємного характеру, можуть бути отримані найбільш ефективні результати. Однак на цей час методика експертного дослідження пошкоджень матеріалів волокнистої структури, поодиноких волокон з використанням РЕМ, відсутня.

Проведення комплексів експериментальних досліджень різних за характером пошкоджень різноманітних за волокнистою природою матеріалів дає змогу отримати інформаційний банк даних, можливість диференціації пошкоджень хімічного, механічного, термічного та

біологічного характеру, виявлення мікроознак, що індивідуалізують той чи інший предмет (фактор) дії, впливу, збільшення потенціалу одержання слідової інформації про фактичні дані та обставини події у тих випадках, коли тільки за зовнішньо-морфологічними ознаками діагностувати пошкодження неможливо.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Дослідженню волокон з метою з'ясування змін у структурі волокон, що відбуваються в результаті механічної обробки, відбілювання, впливу різних експлуатаційних факторів і зовнішніх умов присвятили роботи такі вітчизняні та зарубіжні вчені, як В. М. Берегіна, С. В. Григор'єв, І. А. Єрмилова, К. В. Ілларионова, К. А. Кострова, Т. О. Кузьміна, С. В. Путінцева та ін.¹

Під час проведення експертизи волокнистих матеріалів та виробів з них виникає необхідність аналізу особливостей структури та утворення дефектів як на поверхні, так і всередині волокон. Важливе значення при дослідженні волокон має систематизація виявлених мікрodefектів, механічних та інших пошкоджень за видами волокон тощо.

Серед основних вирішуваних питань судової експертизи волокон і волокнистих матеріалів є питання щодо встановлення механізму утворення їх пошкодження. Проведення таких досліджень дає змогу вирішувати ідентифікаційні, діагностичні та ситуаційні завдання. У процесі дослідження встановлюються характер пошкоджень та механізм їх утворення, вирішуються питання, пов'язані з ідентифікацією (ототожненням) знаряддя за пошкодженнями, що є на даному одязі тощо.

Проблема біопошкоджень є комплексною в науковому розумінні та багатогалузевою в практичному; в науковому відношенні базується на знаннях біології, хімії, трасології, матеріалознавства. У роботах вчених-хіміків, матеріалознавців та біологів проаналізовано деякі пошкодження текстильних волокон та засоби їх захисту від дії, зокрема, мікроорганізмів².

¹ Див., напр. : Криминалистическое исследование волокнистых материалов и изделий из них: Метод. пособ. для экспертов. Москва : ВНИИСЭ, 1986. Вып. IV. 139 с.; *Путінцева С. В.* Методичні вказівки до проведення лабораторних робіт з дисципліни «Теоретичні основи товарознавства». Херсон : ХНТУ, 2013. 12 с.; *Ілларионова К. В., Берегіна В. М., Єрмилова І. А., Григор'єв С. В.* Характеристика физико-механических показателей хлопковых волокон новых селекционных линий. *Текстильная промышленность*, 2006. № 1–2. С. 16–19.

² *Єрмилова І. А.* Теоретические и практические основы микробиологической деструкции текстильных волокон и способов их защиты от воздействия микроорганизмов : дисс. ... д-ра техн. наук. Ленинград : ЛИТЛП им. С. М. Кирова, 1982. 470 с.; *Пехташева Е. Л., Нестеров А. Н., Заиков Г. Е., Софьина С. Ю.* Биостойкость природоокрашенных хлопковых волокон. *Вестник Казанского технологического университета*. 2012. № 5. С. 110–113;

Метою статті є комплексне дослідження біологічних пошкоджень волокнистих матеріалів методом растрової електронної мікроскопії.

Виклад основного матеріалу. Агенти біопшкоджень (біофактори) — це мікробіологічні (бактерії, мікроби, гриби, синьо-зелені водорості), фітологічні (мохи, лишайники, вищі рослини, водорості), зоологічні (комахи, птахи, ссавці). Для експертних досліджень одягу досить часто надходять предмети одягу з пошкодженнями, заподіяними, наприклад, комахами, гризунами (щурами, білками), хижими тваринами (вовками, лисицями), собаками при знаходженні трупа в лісі; п'явками, раками та іншими агентами біопшкоджень — при знаходженні трупа у воді. У таких випадках нерідко вирішуються питання щодо встановлення механізму утворення даних пошкоджень, їх диференціації з пошкодженнями іншого характеру, наприклад, механічного. Мікроорганізми діють на волокнисті матеріали насамперед за допомогою біохімічного впливу, а пошкодження комахами і тваринами за своїм характером мають спільні ознаки з механічними пошкодженнями і, в основному, є комбінованими.

Стійкість волокон і тканин до біопшкоджень залежить перш за все від природи волокон, з яких вони виготовлені. Найчастіше для експертних досліджень з мікробіологічними пошкодженнями надходять текстильні матеріали на основі натуральних волокон — бавовняних, льняних та інших, утилізованих сапрофітною мікрофлорою. Хімічні волокна і тканини, особливо синтетичні, є більш біостійкими, але і до них адаптуються мікроорганізми-біодеструктори.

Мікробіологічні пошкодження льняних, джутових та інших луб'яних волокон, а також тканин з них, проявляються у вигляді поодинокого прокрашування (появи кольорових плям або потемніння волокон) і супроводжуються появою гнильного запаху. На уражених луб'яних волокнах спостерігаються мікроскопічні поперечні тріщини і відколи, мікроотвори і раковини в стінках волокна. Дослідження відносної біостійкості луб'яних волокон показали, що найбільш стійкими є волокна манільської пеньки і джуту, найменш стійкими — волокна льону і конопель.

Наявність у бавовняному волокні целюлози, пектинових, азотовмісних та інших органічних речовин та їх висока гігроскопічність роблять його сприятливим середовищем для рясної мікрофлори. У більш сильному ступені мікроорганізмами

Пехташева Е. Л. Биоповреждения и предохранение непищевых материалов, Москва : Мастерство, 2002. 224 с.; *Пехташева Е. Л., Сапожникова А. И., Неверов А. Н., Силицин Н. М.* Оценка степени микробной обсемененности шерстяных волокон. *Технология текстильной промышленности. Известия ВУЗов*, 2003. № 2 (271). С. 18–20; *Brian J. McCarthy.* Biodeterioration in wool textile processing. *International Dyer*, 1980. № 164. P. 59–62.

пошкоджуються нижчі сорти бавовни, що мають велику вологість. Найбільш серйозні пошкодження бавовни виникають у процесі його зберігання.

У природних умовах виріб із бавовни широко використовується в контакт з ґрунтом (наметові тканини). У цих умовах одночасно з пошкодженням волокна зсередини відбувається пошкодження зовні. В цьому випадку основну роль в пошкодженні тканин відіграють целюлозоруйнуючі бактерії і гриби. Ключову роль у процесі руйнування волокна відіграє група бактерій із жовтопігментованими слизовими колоніями, які є представниками епіфіта мікрофлори, постійно присутньої на бавовняній рослині.

Пошкодження бавовняних волокон, тканин і текстильних виробів мікроорганізмами супроводжується спочатку появою забарвлених плям жовтого, помаранчевого, червоного, фіолетового та інших кольорів, потім з'являється гнильний запах і, нарешті, виріб втрачає свою міцність і руйнується, наприклад, пліснявою (рис. 1).

Рис. 1. Пошкодження пліснявою

Методами електронної мікроскопії встановлено, що процес деструкції бавовняного волокна під дією ферментів протікає найбільш інтенсивно в зонах з меншою щільністю фібрилярної структури.

Кожній стадії пошкодження бавовняного волокна відповідає певний вид деструкції волокна. Початковий ступінь пошкодження проявляється в поцяткованості, коли внаслідок порушення стінки волокна його поверхня містить тріщини різної довжини і ширини. Здуття утворюються в результаті скупчення мікроорганізмів і продуктів їх життєдіяльності у великій кількості в певній ділянці волокна. Здуття можуть супроводжуватися розривом стінки волокна під тиском біомаси. В цьому випадку мікроорганізми і продукти їх життєдіяльності виступають назовні, що призводить до заковчування

волокна в грудочки, а в пряжі — до її обривів, нерівномірності по товщині і міцності. Дія зовнішньої мікрофлори викликає пошкодження стінки. Найвищий ступінь деструкції — це розпад, розшарування волокна на окремі фібрили. Оформлена структура волокна при цьому відсутня. У всіх випадках пошкоджень на поверхні волокна може бути присутньою велика кількість грибного міцелію, який своїми гіфами пронизує все волокно або огортає його, що перешкоджає процесам прядіння і фарбування текстильних матеріалів.

Основний хімічний компонент вовни — білок кератин, який може бути живильним середовищем для розвитку мікроорганізмів. Руйнування вовни протікає в декілька стадій: спочатку мікроорганізми руйнують лускатий шар, а потім проникають у корковий шар волокна, хоча сам корковий шар не руйнується, оскільки розташований між клітинами прошарок міжклітинної речовини слугує живильним середовищем. У результаті порушується структура волокна: лусочки і клітини більше не пов'язані між собою, волокно розтріскується і розпадається. Активність мікробіологічних процесів, що розвиваються на вовняних волокнах, залежить від механічних пошкоджень волокна і попередньої обробки вовни.

Проникнення мікроорганізмів може відбуватися через зрізи волокна або через мікрощілини в лускатому шарі. Щілини можуть бути різного походження: механічного, хімічного та ін. Встановлено також, що вовна, яка зазнала інтенсивної механічної або хімічної обробки, легше руйнується мікроорганізмами, ніж вовна, яка не зазнала такої обробки. Під впливом мікроорганізмів спостерігаються структурні зміни вовни — пошкодження лускатого шару, повне його відшарування, розщеплення коркового шару.

Пошкодження вовняних волокон можна звести до декількох узагальнених видів, обумовлених особливостями їх структури: плямистість і обростання — скупчення бактерій або гіфів грибів і продуктів їх життєдіяльності на поверхні волокна; пошкодження лускатого шару, місцеве і поширене; розшарування коркового шару до веретеноподібних клітин; розпад веретеноподібних клітин.

Переважну роль у руйнуванні вовни, проте, відіграють бактерії. Гриби на вовну діють менш активно. Гриби створюють умови для подальшої життєдіяльності бактерій-руйнівників. Роль мікроскопічних грибів може зводитися також до розщеплення верхівок волокон, у результаті механічних зусиль зростаючих гіф. Таке розщеплення дозволяє бактеріям проникати всередину волокна. Вовна як джерело вуглецю грибами майже не використовується. Мікроорганізми впливають, в основному, на клітинно-мембранний комплекс, під дією яких відбувається зниження розривного навантаження і поживтіння вовняних волокон.

Хімічні волокна — волокна (нитки), одержані промисловими засобами у заводських умовах. Залежно від вихідної сировини розділяються на три основні групи:

1) штучні волокна, отримані із природних органічних полімерів (наприклад, целюлози протеїнів) шляхом вилучення полімерів з природних речовин та хімічної дії на них;

2) синтетичні волокна виробляються із синтетичних органічних полімерів, отриманих шляхом реакції синтезу з низькомолекулярними сполуками (мономерами), сировиною для яких є продукти переробки нафти та кам'яного вугілля;

3) мінеральні волокна, отримані із неорганічних сполук.

Хімічні волокна, на відміну від натуральних, не мають своєї постійної і певної мікрофлори, тому в біодеструкції цих матеріалів основну участь можуть брати найбільш поширені види мікроорганізмів, що відрізняються підвищеною адаптивністю. Виникнення і прогресування біологічної деструкції поліамідних волокон багато в чому обумовлено їх властивостями і властивостями мікроорганізмів, їх видовим складом. В основному вид мікроорганізмів, які пошкоджують поліамідні та інші хімічні волокна, визначається умовами їх експлуатації, що формують мікрофлору, та її адаптивні можливості.

Наслідком макро-, мікро- і хімічних структурних змін є і зміна різних показників властивостей поліамідних волокон. Дослідження методом оптичної мікроскопії показали, що всі волокна, які піддавалися дії мікроорганізмів, мали пошкодження, характерні для синтетичних волокон — обростання, здуття, пошкодження стінки.

У результаті розвитку мікроорганізмів на поліамідних волокнистих матеріалах відбувається зміна морфології волокон, їх молекулярної і надмолекулярної структури, наслідком якої є зниження показників міцності властивостей, зміна кольору, поява запаху.

Синтетичні волокна за структурою принципово відрізняються від натуральних і штучних волокон і, будучи для мікроорганізмів стороннім субстратом, пошкоджуються ними важче: мікроорганізми, хоча і повільніше, але все ж здатні заселяти синтетичні тканини і утилізувати їх вуглець у процесі розвитку (тобто викликати біопошкодження). При вивченні біостійкості тканин з нітрону, лавсану, капрону було встановлено, що ґрунтові гриби і бактерії діють приблизно однаково на характеристики цих тканин, викликаючи підвищення ступеня набухання волокон, зниження міцності, зменшення відносного розривного подовження.

Синтетичні волокна — це потенційне джерело енергії і харчування мікроорганізмів. Перший етап процесу взаємодії мікроорганізмів із синтетичними волокнами правомірно розглядати з позицій теорії адгезії з урахуванням особливостей структури і властивостей мікроорганізмів як біологічної системи. Весь процес впливу мікроорганізмів на волокно можна умовно поділити на декілька етапів: прикріплення до волокна, зростання і розмноження на волокні, використання його як джерела живлення і енергії.

Пошкодженню хімічного волокна, протіканню процесів деструкції, що починаються з поверхні, багато в чому сприяють дефекти у вигляді тріщин, сколів, вм'ятин, які можуть виникнути в процесі отримання і обробки волокон. Не тільки фізична, а й хімічна неоднорідність може сприяти процесу біодеструкції синтетичних волокон. Наслідком структурних змін є зниження міцності властивостей волокон. Таким чином, найбільш швидкому виникненню і протіканню процесу біодеструкції синтетичних волокон сприяють слабка упорядкованість і мала ступінь орієнтації макромолекул волокон, їх низька щільність, невисока кристалічність, а також наявність дефектів в макро- і мікроструктурі волокон, пори і порожнечі в їх внутрішніх ділянках.

Штучні волокна і тканини одержують шляхом хімічної обробки натуральної целюлози, отриманої з деревини: ялини, сосни, ялиці. До штучних волокон на основі целюлози належать віскозні, ацетатні та ін. Ці волокна, отримані з натуральної сировини, є більш аморфними за своєю структурою, ніж вихідний високомолекулярний природний матеріал, і тому характеризуються меншою міцністю, підвищеною вологоємністю і здатністю набухати.

Віскозні волокна за хімічною структурою та мікробіологічною стійкістю близькі до звичайних бавовняних волокон. Біостійкість цих волокон невисока — багато целюлозолітичних мікроорганізмів здатні їх руйнувати.

Ацетатні волокна отримують з ацетилцелюлози — продукту етерифікації целюлози оцтовим ангідридом. Вони суттєво відрізняються за своїми властивостями від віскозних і більше походять на синтетичні волокна. Так, вони мають більш низьку гігроскопічність, менше набухають, менше втрачають міцність у мокрому стані. Вони більш стійкі до шкідливої дії целюлозолітичних ферментів бактерій і мікроскопічних грибів.

Серед штучних текстильних матеріалів нового покоління виділяються текстильні волокна з бамбука, вперше отримані в Японії. Бамбук має антимікробні властивості за рахунок присутності у волокні речовини «бамбокан». Волокна з бамбука відрізняються незвичайною пористою структурою, що робить їх набагато гігроскопічними, ніж волокна бавовни. Одяг із бамбукових волокон є благотворним, оскільки волога миттєво поглинається і випаровується тканиною за рахунок наявності пір, а сильні антимікробні властивості бамбука перешкоджають появі запаху поту.

Різні модифіковані віскозні волокна, наприклад, мікромодал і модал, отримані з деревини бука, на біостійкість практично не досліджувалися. Також відсутні відомості про біостійкість білкових штучних волокон, отриманих з молочного казеїну, протеїну соєвих бобів, маїсу, земляного горіха, кукурудзяних зерен.

Одними із найбільш розповсюджених пошкоджень волокнистих матеріалів є зооповшкодження, наприклад, пошкодження мілью.

Міль (*Tineina*) — комаха ряду лускокрилих, або метеликів. Личинки молі належить до кератофагів і живляться волоссяним покривом. Вони пошкоджують хутро, шерсть, запаси хутряної і вовняної сировини, фетрові і повстяні прокладки в приладах, шкіряні палітурки книжок, одяг. Найбільш небезпечним і постійним шкідником, який вирізняється здатністю до масового цілорічного розмноження і завдає великих економічних збитків, є платтяна міль. Другою за шкідливістю вважають шубну міль. «Голодні» гусениці можуть пошкоджувати такі нехарчові, але доступні їм матеріали, як папір, картон, бавовняні, лляні та синтетичні тканини, полівінілхлоридні і поліетиленові плівки, ізоляцію телефонних проводів та ін. При огляді і дослідженні пошкоджених волокнистих матеріалів (хутра, вовни тощо) можуть бути виявлені незначні пошкодження поверхні матеріалів, малопомітне пошкодження ворсу, вигриз з країв, борозни на поверхні, помітне знищення ворсу, наскрізні пошкодження (отвори) (рис. 2, 3).

Рис. 2. Пошкодження мілью

Рис. 3. Пошкодження мілью

Найбільш характерною особливістю, яка об'єднує гризунів, наприклад, щурів і мишей, є вкрай своєрідна будова щелепного апарату. На верхній і нижній щелепах розташовано по одній парі різців, вони дуже великі, позбавлені коріння і ростуть протягом всього життя тварини. Їх вільний кінець долопоподібнозагострений, передня стінка покрита товстим шаром емалі. Основна відмітна ознака для мишей — наявність зубчиків і виїмки на верхніх різцях. При огляді і вивченні пошкоджень можуть бути виявлені сліди зубів у вигляді неглибоких подряпин; по краю матеріалу на поверхні погризи, матеріал пошкоджений але не прогризенний; матеріал прогризенний.

Найбільш часто для досліджень надходять предмети одягу, пошкоджені хижачками, а саме, псовими — собаками. Укус собаки в

більшості випадків відбувається через один або декілька шарів одягу. Одяг при укусі відіграє захисну роль і є першою слідосприймаючою поверхнею. При статичному укусі можна виявити пошкодження у вигляді витягування ниток або їх надривом від дії іклів. При дослідженні виворітного боку тканини можна виявити виступання і деформацію волокон і ниток в місці укусу, орієнтовані по напрямку дії зуба. У разі занурення зуба утворюється пошкодження тканини округлої або овальної форми, з волокнами і нитками (а іноді і краями), деформованими в напрямку дії зуба. При розправленні ниток та їх зіставленні спостерігається, що пошкодження утворилося в результаті розриву тканини, що у полі зору мікроскопу виявляється деформація тканого плетіння — згущення і розрідження. При повному стисненні щелеп через макет одягу можна виявити ознаки дії зубів — антагоністів, що проявляється в утворенні двох поруч розташованих пошкоджень, що мають різну спрямованість деформації ниток і різних обсяг пошкоджень. У більшості ж випадків при статичному укусі виявляються ділянки спресованості ниток округлої, трикутної або прямокутної форми, відповідні дії жувальних поверхонь зубів. Комбінація зазначених пошкоджень може свідчити про дію всієї щелепи, цілком придатні для ідентифікації стоматологічного статусу тварини. Сліди зубів добре відображаються на матеріалах тканого плетіння, натуральних і штучних шкірах, тканинах із синтетичним покриттям. Сліди зубів добре виявляються на трикотажі віскозного шовку, вовняних з домішкою синтетичних волокон матеріалах та інших тканинах. У цих слідах відбивається достатня для ідентифікації інформація.

Пошкодження на одязі при динамічному укусі собакою різноманітні: від надривів тканини розміром від 0,2х0,2 см до розривів довжиною до 15–20 см. Залежно від виду плетіння тканини, пошкодження можуть мати лінійну, кутоподібну, Т-образну, хвилясту або дугоподібну форму. Краї пошкоджень представлені витягнутими, нерівно перерваними розкошлатеними нитками, з елементами згущення і розрідження плетіння, як по краях пошкодження, так і на видаленні в місцях прокладки швів. При спробі людини скинути з себе тварину, яка в нього вчепилася, на одязі формується статико-динамічний укус: по краях пошкодження можна виявити спресованість ниток (статичний укус) з елементами згладжування в напрямку розриву, більш вираженого в безпосередній близькості до нього (динамічний слід).

Таким чином, за комплексною оцінкою пошкоджень одягу можна висловитися про дії щелепи тварини — верхня або нижня, формі і розмірах щелепи, розмірі і радіусі зубних дуг, формі жувальної поверхні зубів, рельєфі ріжучого краю і жувальної поверхні, взаєморозташуванні зубів, виду впливу (статичний або динамічний) і його напрямку (рис. 4, 5).

Виявлення і детальне дослідження пошкоджень волокнистих матеріалів (одягу) при комплексному дослідженні експертами-біологами, матеріалознавцями, трасологами дозволяє ідентифікувати предмет, що спричинив пошкодження, виявлені на одязі, порівнювати і співвідносити виявлені пошкодження, правильно їх оцінювати.

Рис. 4, 5 Пошкодження при укусі собаки

При вирішенні питання про вид пошкодження, за відсутності знаряддя пошкодження, експерт має зіставити ознаки, встановлені в досліджуваному пошкодженні, з відомими йому ознаками, характерними для різного роду механічних пошкоджень — різаних, колотих, рубаних, колото-різаних та інших, і дати висновок про вид знаряддя, яким нанесено досліджуване пошкодження.

Висновки. Таким чином, проведення комплексів експериментальних досліджень різних за характером пошкоджень різноманітних за волокнистою природою матеріалів дає змогу отримання інформаційного банку даних, можливість диференціації пошкоджень хімічного, механічного, термічного та біологічного характеру, виявлення мікроознак, що індивідуалізують той чи інший предмет (фактор) дії, впливу, збільшення потенціалу одержання слідової інформації про фактичні дані та обставини події у тих випадках, коли тільки за зовнішньо-морфологічними ознаками діагностувати пошкодження неможливо.

Отримані дані свідчать про ефективність обраного напрямку досліджень. Результати проведених досліджень є позитивними для створення оптимальної схеми досліджень, методики мікроскопічних досліджень пошкоджень матеріалів волокнистої природи з метою вирішення діагностичних, ідентифікаційних та ситуаційних завдань судової експертизи.

References

- Brian, J. McCarthy (1980). *Biodeterioration in wool textile processing. International Dyer*. № 164. 59–62.
- Ermilova, I. A. (1982). *Teoreticheskie i prakticheskie osnovy mikrobiologicheskoy destruktivnoy tekstilnykh volokon i sposobov ih zashchity ot vozdeystviya mikroorganizmov: diss. ... d-ra tehn. nauk. Leningrad: LITLP im. S. M. Kirova* [in Russian].
- Illarionova, K. V. Beregina, V. M., Grigorev, S. V. Ermilova, I. A. (2006). *Harakteristika fiziko-mekhanicheskikh pokazateley hlopkovykh volokon novykh selektsionnykh liniy. Tekstilnaya promyshlennost*, № 1–2. 16–19 [in Russian].
- Kriminalisticheskoe issledovanie voloknistykh materialov i izdeliy iz nih: Metod. posob. dlya ekspertov. Moskva, VNIIE, 1986. Vyip. IV* [in Russian].
- Pehtasheva, E. L. (2002). *Biopovrezhdeniya i predokhraneniye nepishevnykh materialov. Moskva: Masterstvo* [in Russian].
- Pehtasheva, E. L. Nesterov, A. N., Zaikov, G. E., Sofina, S. Yu. (2012). *Biostoykost prirodookrashennykh hlopkovykh volokon. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. № 5. 110–113 [in Russian].
- Pehtasheva, E. L. Sapozhnikova, A. I., Neverov, A. N., Sinitsin, N. M. (2003). *Otsenka stepeni mikrobnoy obsemenennosti sherstyanykh volokon. Tekhnologiya tekstilnoy promyshlennosti. Izvestiya VUZov*, № 2(271). 18–20 [in Russian].
- Putintseva, S. V. (2013). *MetodichnI vkaZivki do provedennya laboratornih robIt z distsiplini «Teoretichni osnovi tovaroznavstva»*. Herson: HNTU [in Ukrainian].

Т. Е. Балинян, Л. Н. Дереча, Ю. А. Носатенко

К ВОПРОСУ О КОМПЛЕКСНОМ ИССЛЕДОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

В статье рассмотрена необходимость комплексного исследования биологических повреждений волокнистых материалов методом растровой электронной микроскопии. Изложены основные виды и характеристики волокон и волокнистых материалов, виды их повреждений, в частности, биологических, и механизм их образования. Показано, что при современных методах исследования морфологических характеристик наиболее эффективным является метод растровой электронной микроскопии, который обеспечивает возможность непосредственного изучения объекта в большом диапазоне увеличений. Использование растровой электронной микроскопии дает возможность выявления качественно новых микропризнаков объемного характера при проведении исследований волокнистых материалов. Рассмотрены агенты биоповреждений (биофакторы) — микробиологические (бактерии, микробы, грибы, сине-зеленые водоросли), фитологические (мхи, лишайники, высшие растения, водоросли), зоологические (насекомые, птицы, млекопитающие). Акцентировано внимание на исследовании повреждений, образованных в результате действия плесени, причиненных молью, собаками и др.

Проведение комплексного исследования различных по характеру повреждений разнообразных по волокнистой природе материалов позволяет получить информационный банк данных, возможность дифференциации повреждений химического, механического, термического и биологического характера, выявить микропризнаки, индивидуализирующие тот или иной предмет (фактор) действия, влияния, увеличение потенциала получения

следовой информации о фактических данных и обстоятельствах события в тех случаях, когда только по внешне-морфологическим признакам диагностировать повреждения не представляется возможным. Полученные данные свидетельствуют об эффективности выбранного направления исследований. Результаты проведенных исследований являются положительными для создания оптимальной схемы исследований, методики микроскопических исследований повреждений материалов волокнистой природы с целью решения диагностических, идентификационных и ситуационных задач судебной экспертизы.

Ключевые слова: судебно-экспертная деятельность, судебная биологическая экспертиза, судебная трасологическая экспертиза, комплексная экспертиза, биологические повреждения волокнистых материалов, растровая электронная микроскопия.

T. Balinyan, L. Derecha, Yu. Nosatenko

**TO THE QUESTION OF AN INTEGRATED RESEARCH
OF BIOLOGICAL DAMAGE TO FIBROUS MATERIALS BY
THE METHOD OF RASTER ELECTRON MICROSCOPY**

The article considers the need for a comprehensive study of biological damage to fibrous materials by scanning electron microscopy. The main types and characteristics of fibers and fibrous materials, their types of damage, in particular, biological, and the mechanism of their formation are described. It is shown that with modern methods for studying morphological characteristics, the most effective is the method of scanning electron microscopy, which makes it possible to directly study the object in a wide range of magnifications. The use of scanning electron microscopy makes it possible to identify qualitatively new volumetric microsigns when conducting studies of fibrous materials. Biological damage agents (biofactors) are considered — microbiological (bacteria, microbes, fungi, blue-green algae), phytological (mosses, lichens, higher plants, algae), zoological (insects, birds, mammals). Attention is focused on the study of injuries caused by mold caused by moths, dogs, etc.

Conducting a comprehensive study of various types of damage to materials of various fibrous nature allows us to obtain an information database, the possibility of differentiating chemical, mechanical, thermal and biological damage, identifying microsigns that individualize one or another object (factor) of action, influence, increasing the potential for obtaining trace information about the actual data and circumstances of the event in those cases when only by external morphological features of the diagnosis It is not possible to repair damage. The data obtained indicate the effectiveness of the chosen research area. The results of the studies are positive for creating the optimal research scheme, methods of microscopic studies of damage to materials of fibrous nature in order to solve diagnostic, identification and situational tasks of forensic examination.

Key words: forensic science activity, forensic biological examination, forensic traological examination, integrated examination, biological damage to fibrous materials, scanning electron microscopy.

Надійшла до редколегії 12.10.2019