



7. Бочарова, О.С. Использование микроскопа спектрального люминесцентного Регула 5001МК и лупы спектральной люминесцентной Регула 4177 для исследования и атрибуции художественных ценностей в Брестском областном краеведческом музее (на примере икон из коллекции музея «Спасенные художественные ценности») / О.С. Бочарова, Е.Е. Куприянюк // Исследования в консервации культурного наследия: Мат-лы междунар. науч.-метод. конф., посвящ. 60-летию Гос. науч.-исследоват. ин-та реставрации (24-26 окт. 2017 г), Москва, ГосНИИР, 2017. – С. 17–24.

## ЛАЗЕРНАЯ АБЛЯЦИЯ ТОНЕРА И ЕЕ КРИМИНАЛИСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ

*А.В. Водолазов*

Абляция, аблация (англ. *ablation*, от лат. *ablatio* отнятие) – многозначный междисциплинарный термин, обозначающий процесс уноса вещества с поверхности твердого тела под воздействием излучений и обтекающего потока горячего газа. Лазерная абляция (далее – ЛА) – это абляция, возникающая в результате воздействия на объект излучения оптического квантового генератора – лазера.

ЛА представляет собой процесс взаимодействия энергии, передаваемой лазерным излучением, с веществом, в результате которого данное вещество, в зависимости от параметров лазера (длина волны, мощность и плотность импульса, частота и продолжительность импульсов и т.д.), либо плавится и испаряется, либо сублимируется с образованием пара и низкотемпературной плазмы.

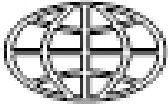
Максимально упрощенное описание процесса ЛА можно представить в следующем виде: электроны вещества, возбуждаемые лазером, приобретают энергию, достаточную для их испарения (десятки электронвольт), и при этом не успевают передавать возбуждение вглубь электронной решетки другим электронам, сохраняя относительно низкую общую (не электронную) температуру вещества.

Каждый материал обладает уникальными свойствами. Поэтому параметры лазерного излучения с целью инициирования процесса ЛА не могут быть универсальными.

Метод ЛА используется для очистки промышленных объектов, памятников от глубоко въевшихся загрязнений [1; 2]. Одними из наиболее сложных объектов для реставрации являются старинные документы и книги, на которых от частого использования остаются многочисленные следы рук, пятна сажи, воска и т.п. [3–6]. В качестве примера успешного использования лазера при реставрации документов можно привести результаты экспериментов А.А. Галушкина, в ходе которых образцы тряпичной бумаги (изготовленной в XIX в.), различающиеся между собой по композиционному составу (волоконистая составляющая, вид и количество наполнителя и проклейки), обрабатывались с двух сторон листа импульсным твердотельным иттербиевым лазером. Исследования показали, что обработка бумаги с использованием импульсно-периодического лазера является эффективным и безопасным способом очистки бумаги, который может быть использован при реставрации книг и документов [7].

ЛА текста, выполненного с использованием электрофотографического устройства, представляет собой поглощение энергии лазера спекшими частицами тонера, с последующим их разогревом до температуры испарения.

Впервые очищать бумагу методом ЛА предложил Артур Шавлов в 1965 г. В том же году он получил патент на изобретение, названное им «лазерный ластик» [8]. Принципиальное описание возможностей удаления распечатанного текста с бумаги, а также описание проводившихся в этом направлении экспериментов можно обнаружить в зарубежных научных статьях [9–12].



На возможность изменения первоначального содержания документов методом ЛА, с криминалистической точки зрения, одной из первых указала А.В. Досова, которая провела серию экспериментов с целью выявления реальных возможностей указанной технологии для внесения изменений в содержание документов, выполненных электрофотографическим способом, а также установления признаков, свидетельствующих об этом. Полученные ею данные говорят о наличии в месте расположения первоначального текста повреждений поверхностного слоя бумаги, которые можно обнаружить при микроскопическом исследовании [13].

Основываясь на приведенных выше исходных данных, в Научно-практическом центре Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь была проведена научно-исследовательская работа по исследованию криминалистических признаков лазерной абляции в документах, выполненных электрофотографическим способом.

Суть работы заключалась в проведении экспериментов по удалению тонеров с поверхности документов, выполненных электрофотографическим способом, и последующим выявлением и анализом образующихся при этом следов. Эксперименты проводились совместно с сотрудниками Государственного научного учреждения «Институт физики им. Б.И. Степанова Национальной академии наук Беларуси».

Для проведения экспериментов, совместно с сотрудниками отдела экспертиз документов и денежных знаков управления экспертиз документов, денежных знаков и почерка главного управления криминалистических экспертиз центрального аппарата Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь, была разработана специальная типовая мишень.

Мишени распечатывались:

- на белой офисной бумаге формата А4, класса А, плотностью 80г/м<sup>2</sup>;
- на бланках защищенных документов «Товарно-транспортная накладная» (далее – ТТН) в различных цветовых решениях (бумага с химической защитой и специальными включениями, плотностью 60г/м<sup>2</sup>);
- на бланках защищенных документов «Аттестат соответствия» в различных цветовых решениях (бумага с водяными знаками и специальными включениями, плотностью 90г/м<sup>2</sup>);
- на бланках защищенных документов «Ветеринарное свидетельство» (бумага с водяными знаками и специальными включениями, плотностью 90г/м<sup>2</sup>).

Для распечатывания мишеней использовались электрофотографические устройства: HP LaserJet 1200; HP LaserJet 1320; HP LaserJet 1010; Canon LaserBase MF3228; Canon LBP 3300; Canon iSensys MF4120; Samsung xPress M2870FD.

При изготовлении мишеней использовались тонеры: стирен-акриловый магнитный; стирен-акриловый немагнитный.

В качестве источника лазерного излучения применялась Nd:YAG лазер (активная среда алюмо-иттриевый гранат легированный ионами неодима).

Полученные в ходе проведения экспериментов образцы исследовались визуальным и микроскопическим способом, с использованием источников ИК- и УФ-излучения.

Основными результатами экспериментов стали:

1. Подтверждение гипотезы о возможности удаления тонера с документов, выполненных электрофотографическим способом, методом ЛА.
2. Установление факта невозможности разработки лазера с универсальными параметрами излучения, позволяющими одинаково эффективно удалять тонер с поверхности любого документа. На параметры лазерного излучения, необходимые для эффективного протекания процесса абляции тонера, существенно влияют плотность и цвет бумаги.
3. Установление зависимости между степенью влияния лазерного излучения на бланк защищенного документа и цветом красящих веществ, с помощью которых данные бланки изготовлены.



4. Установление факта отсутствия, при определенных параметрах, следов воздействия лазера на защитную сетку бланков защищенных документов.
5. Установление дополнительных криминалистических признаков ЛА тонера в виде:
  - гашения (полной или частичной) люминесценции защитных волокон красного цвета;
  - следов, характерных для термического повреждения бумаги в форме кругов и овалов;
  - следов повреждения бумаги, характерного для термического воздействия, повторяющих своей формой удаленные знаки;
  - потери целлюлозными волокнами бумаги сплоченности, что визуальюно выглядит как взерошенность волокон.
6. Выработка наиболее оптимального алгоритма проведения судебного технического исследования документов с целью установления в них ЛА тонера.

### Литература

1. Asmus, J.F. The development of a laser statue cleaner, *Lithoclastia* 76/2 (1976) p. 131–141.
2. Asmus, J.F. Light cleaning: laser technology for surface preparation in the arts, *Technol. Conserv.* 3/78(1978) p.14–18.
3. Парфенов, В.А. Лазерная очистка бумаги и пергамента / В.А. Парфенов // Основы реставрации западно-европейского переплета и сохранности фотодокументов. – М., 2008. – С. 37–43.
4. Friberg T. R., Zafiropulos V., Petrakis Y., Fotakis C. Removal of fungi and stains from paper substrates using laser ceaning Strategies // Kautek W., Konig E. (eds.). *Lasers in the conservation of artworks (LACONA I), Restauratorenblatter (special Issue), Mayer & Comp. Vienna, 1997. – P. 79–82.*
5. Ochocinska K., Kaminska A., Sliwinski G. Experimental investigations of stained paper documents cleaned by the Nd:YAG laser pulses // *Journal of Cultural Heritage* 4 (2003). – P. 188–193
6. Pilch E., Pentzien S., Madebach H., Kautek W. Anti-fungal treatment of paper: a model Study with a laser wavelength of 532 nm // *Laser in the conservation of artworks (LACONA V), Springer-Verlag, Berlin; Heidelberg, 2005. – P.18–27.*
7. Исследования в консервации культурного наследия [Электронный ресурс] / А.А. Галушкин [и др. ] // Лазерные технологии в очистке документов на бумажной основе: теоретические и методические аспекты. Выпуск 3. – Режим доступа: <https://culture.wikireading.ru/75465>. – Дата доступа: 10.01.2017.
8. Optics and Laser Spectroscopy, Bell Telephone Laboratories, 1951-1961, and Stanford University Since 1961. Arthur L. Schawlow. With an Introduction by Boris P. Stoicheff. Interviews Conducted by Suzanne B. Riess in 1996 [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://texts.cdlib.org/view?docId=kt5b69n7k2&query=&brand=calisphere>. – Дата доступа: 05.02.2018.
9. Leal-Ayala D.R., Allwood J.M., Counsell T.A.M. Paper un-printing: using lasers to remove toner-print in order to reuse office paper // *Appl Phys A* (2011) 105:801–818.
10. Haruo Ithori, Yuki Inagawa, Naohiro Ito, Masaharu Fujii, Hideki Ninomiya / Study of the Conditions of Irradiating Laser for Removal of Toner from Used Paper // *Electrical Engineering in Japan*, Vol. 179, No. 1, 2012.
11. Thomas A.M. Counsell, Julian M. Allwood / Desktop paper recycling: A survey of novel technologies that might recycle office paper within the office // *Journal of Materials Processing Technology* 173 (2006) 111–123.
12. Ученые изобрели «антипринтер» для очистки бумаги [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://rg.ru/2012/03/16/printer-site-anons.html>. – Дата доступа: 10.01.2017.
13. Досова, А.В. Теоретические и практические особенности комплексного криминалистического исследования документов с измененными реквизитами : дис. ... канд. юрид. наук : 12.00.12 / А.В. Досова. – Волгоград, 2014. – С. 49–50.