



УДК 343.98

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ В СУДЕБНО-БАЛЛИСТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ МИКРОСКОПОВ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ

### П. В. Гиверц

инженер-механик, М.Sc. механика, эксперт баллистической лаборатории,  
Криминалистическое управление полиции Израиля  
E-mail: pavel.giverts@gmail.com

### Г. Охерман

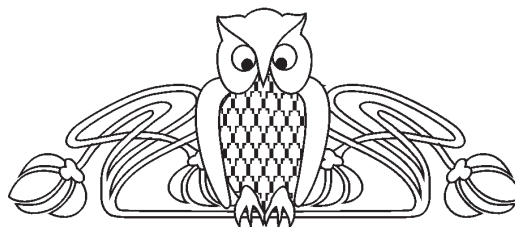
В.Sc. материаловедение, М.Sc. производство и управление,  
заведующий баллистической лабораторией,  
Криминалистическое управление полиции Израиля

### Л. Бокобза

В.Sc. электрооптика, эксперт баллистической лаборатории,  
Криминалистическое управление полиции Израиля

### Б. Шехтер

М.Sc. химия, консультант баллистической лаборатории,  
Криминалистическое управление полиции Израиля



**Введение.** В настоящее время в судебно-баллистической идентификации находят применение новые образцы научного оборудования, предназначенного для микроскопических исследований. В связи с этим актуальным является прогнозирование дальнейшего применения в данной научной отрасли новой техники и положения оптических микроскопов сравнения, на применение которых ориентированы криминалистические методики. **Теоретический анализ.** В статье рассматриваются три различных системы микроскопов: оптический, электронный сканирующий и конфокальный, их устройство и принципы работы. **Экспериментальная часть.** Для объективности оценки перспектив применения в экспертной практике нового оборудования и корректного его сравнения с традиционными оптическими системами авторы использовали рассматриваемую технику при производстве реальных экспертиз. **Обсуждение результатов.** Результаты применения трех различных систем микроскопов при проведении сложных идентификационных экспертиз по уголовным делам были проанализированы с целью определения их потенциала, достоинств и недостатков. **Выводы.** В статье делаются выводы о целесообразности использования оптических микроскопов в большинстве случаев и о необходимых доработках виртуальных микроскопов, которые могут занять свое место в работе эксперта-баллиста.

**Ключевые слова:** сравнительный микроскоп, электронный сканирующий (растровый) микроскоп, конфокальный микроскоп, виртуальный микроскоп.

### Введение

Несмотря на развитие технологий, во многих отраслях основным инструментом эксперта-баллиста остается оптический сравнительный микроскоп. Однако в последние годы в криминалистике все больше используются электронные сканирующие (растровые) микроскопы. Появились автоматические баллистические системы, которые предоставляют функции виртуального

микроскопа. В связи с этим возникает вопрос о целесообразности перехода на новые технологии и определения наиболее эффективных из них для судебно-баллистических идентификационных исследований.

Для ответа на эти вопросы разрабатывались разные «тестовые» образцы, которые используются для сравнения различных систем. Но, по нашему мнению, получить реальные результаты с использованием таких образцов очень сложно. В данной работе предпринята попытка сравнения различных систем с использованием пуля и гильз из реальных дел, в которых применение обычного оборудования не позволило прийти к однозначным результатам.

### Теоретический анализ

Рассмотрим кратко принципы работы микроскопов, которые сравнивались в данной работе.

**Оптический микроскоп.** Оптические микроскопы являются одним из старейших инструментов, используемых в работе эксперта-баллиста. Увеличение объекта в оптическом микроскопе происходит за счет преломления лучей света, отраженных от исследуемого объекта в стеклянных линзах. Сравнительный криминалистический микроскоп представляет собой две независимые оптические системы, объединенные с помощью оптического моста, так что два исследуемых объекта видны одновременно. Выпускаются модели со сменными линзами и с непрерывным увеличением. В данной работе мы использовали сравнительный микроскоп Leica, модель DMC с непрерывным увеличением до 80 крат.



**Электронный сканирующий микроскоп.** Этот тип микроскопов позволяет не только получать изображения исследуемого объекта с очень большим увеличением, но и производить анализ вещества. В криминалистике такие микроскопы используются для исследования продуктов выстрела.

В электронном сканирующем микроскопе исследуемый объект обстреливается электронами. Управление пучком электронов осуществляется фокусирующими и отклоняющими электромагнитными линзами. При столкновении электронов с материалом объекта генерируются вторичные электроны, обратно отраженные электроны, рентгеновское излучение и т.д., которые могут улавливаться различными детекторами. Для получения изображения обычно используются вторичные электроны, уровень энергии которых зависит в том числе и от топографии исследуемого объекта [1].

По нашим данным, только в Федеральном криминалистическом управлении Германии (ВКА), используется сравнительная версия растрового электронного микроскопа [2, 3]. Этот сравнительный микроскоп состоит из двух электронных микроскопов «Zeiss» и программного обеспечения, позволяющего совмещать изображения с обоих микроскопов и синхронизировать перемещение исследуемых объектов. В итоге работа с этим оборудованием во многом напоминает работу с оптическим сравнительным микроскопом, только исследователь видит изображение на экране, а не в окулярах. По сравнению с оптическим микроскопом качество изображения, глубина фокуса и возможное увеличение несравнимо лучше.

**Виртуальный микроскоп.** Во всех конструкциях виртуальных микроскопов можно выделить два модуля – сканер и программное обеспечение, преобразующее изображение и визуализирующее процесс сравнения. В настоящее время виртуальные микроскопы не получили распространения и большинство из них является частью автоматических баллистических систем, таких как «POISC», «EvoFinder», «Alias», «IBIS» и др. Обычно в таких системах используются различные оптические сканеры и программные алгоритмы, строящие трехмерное изображение на основе множественных двухмерных. Также существуют и другие методы получения трехмерного объекта, в том числе механические и оптические профилометры. Так, в IBIS (Integrated Ballistic Identification System) в модуле проверки пуль – BulletTrax3D используется конфокальный микроскоп [4]. Это было одной из причин использования именно этого оборудования в данной работе.

В конфокальном микроскопе [5] исследуемый объект освещается лазерным лучом, который проходит через фильтр (апертуру), дихроичное зеркало и фокусирующую систему (рис. 1). Отраженный луч, прежде чем он попадет на детектор, должен пройти через еще одну апертуру. В итоге отраженный луч достигнет улавливающего детектора только при строго фиксированном расстоянии между системой микроскопа и поверхностью объекта. То есть такая конструкция позволяет просканировать исследуемую поверхность и получить матрицу профиля.

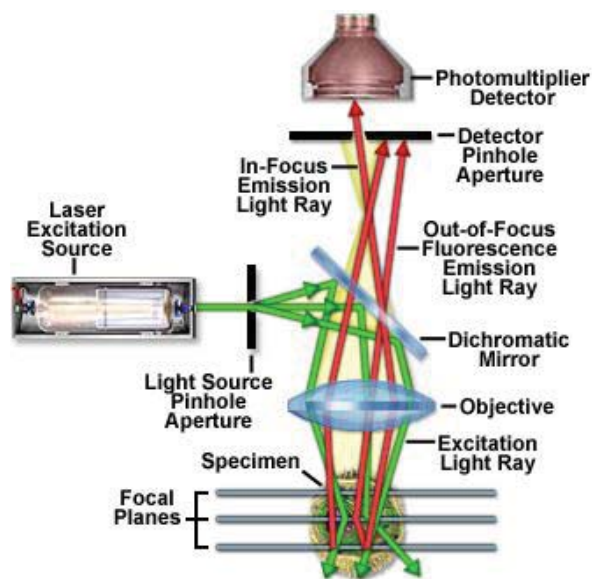


Рис. 1. Схема электронного сканирующего (растрового) микроскопа

### Экспериментальная часть

Как отмечалось выше, синтетические тесты зачастую не могут полностью продемонстрировать достоинства и недостатки различного оборудования. Поэтому для сравнения анализировались результаты применения новых систем при производстве экспертиз по реальным уголовным делам, в которых не хватило возможностей традиционных оптических микроскопов для формирования категорических выводов.

**Обстоятельства 1-го дела.** Около 6 часов вечера 28 июля 2008 г. двое неизвестных на мотоцикле приехали на один из пляжей города Бат-Яма (Тель-Авивский округ) и один из них открыл стрельбу из пистолета по находившемуся там криминальному авторитету. В результате перестрелки была смертельно ранена репатриантка из стран бывшего СССР Маргарита Л., отдыхавшая на пляже с мужем и двумя детьми. Задержать убийц на месте преступления не удалось, но в течение часа после происшествия



были задержаны двое подозреваемых с полуавтоматическим пистолетом Глок 17 калибра  $9 \times 19$  мм. Несмотря на то, что, по показаниям свидетелей, было произведено шесть выстрелов, найти стреляные гильзы на месте преступления (территория отдыха и песчаный пляж) не удалось. При вскрытии потерпевшей была извлечена пуля. Пистолет и пуля были направлены на экспертизу в баллистическую лабораторию.

**Результаты экспертизы.** Полученная на экспертизу пуля была идентифицирована как пуля калибра  $9 \times 19$  мм, выстреленная из оружия с полигональными нарезами ствола. Профиль полигональных нарезов соответствует профилю нарезов, используемых в пистолетах семейства Глок [6]. Кроме этого, на боковой поверхности пули обнаружены трассы, которые идентифицированы как следы ржавчины в канале ствола. При визуальном исследовании канала ствола были обнаружены области коррозии, которые могли оставить вышеописанные трассы (рис. 2). При сравнении пули, извлеченной во время вскрытия, с пулями, полученными во время тестового отстрела оружия в лаборатории, не удалось найти достаточного количества трасс для заключения о тождественности. К такому же выводу пришли и еще два эксперта лаборатории (в соответствии со стандартными процедурами работы при сравнении следов оружия на пулях и гильзах, независимо от результатов сравнения, как минимум еще один эксперт должен выполнить исследование для обеспечения качества экспертизы [7]).

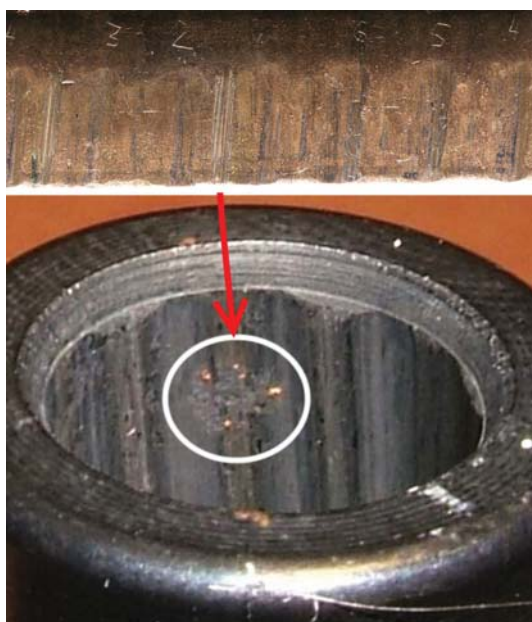


Рис. 2. Поверхность пули и внутренняя поверхность ствола

В связи с тем, что единственный метод связать подозреваемых с преступлением – установление того факта, что пуля была выстрелена из оружия подозреваемых, было решено провести экспертизу с использованием техники, обеспечивающей более качественное изображение. После согласования с лабораторией Федерального криминалистического управления Германии (ВКА) два эксперта лаборатории провели сравнение с использованием сравнительного сканирующего электронного микроскопа (рис. 3). Стоит отметить, что хотя этот микроскоп может обеспечивать очень большое увеличение, оптимальным для сравнения следов на пулях было увеличение до 100 крат (оптический сравнительный микроскоп Leica DMC обеспечивает увеличение до 80 крат). Но при этом глубина резкости и качество изображения позволили обнаружить совпадения трасс в местах, в которых при использовании оптического микроскопа не было обнаружено достаточной для сравнения информации.

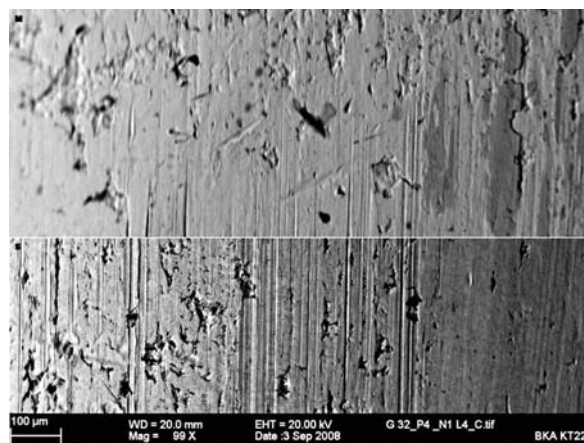


Рис. 3. Примеры трасс, исследуемых с применением электронного сканирующего микроскопа

По требованию защиты результаты экспертизы, включая все рабочие листы, были переданы для ознакомления эксперту защиты, который не смог найти оснований, чтобы опротестовать эти результаты. На основании результатов экспертизы суд признал обвиняемых виновными в убийстве.

По окончании экспертизы и с целью проверить возможности виртуального микроскопа, входящего в систему IBIS, пули из тела и тестового отстрела были отсканированы модулем BulletTRAX3D с использованием конфокального микроскопа. По результатам сравнения было обнаружено несколько областей с трассами, пригодными для сравнения (рис. 4).

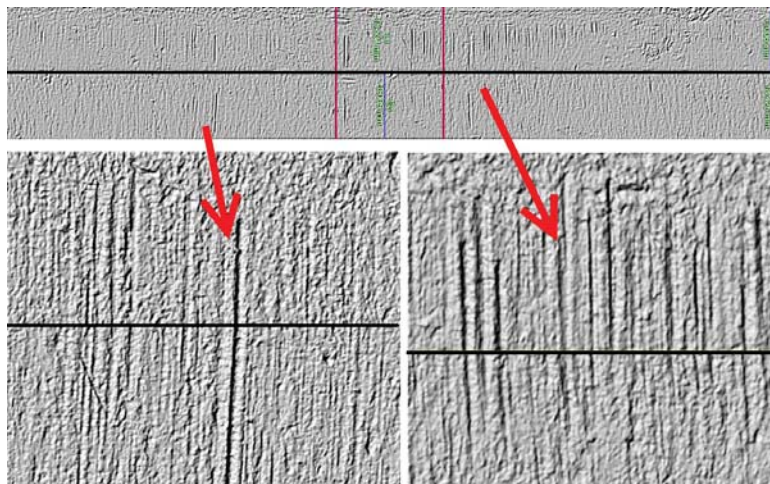


Рис. 4. Примеры исследования полигональных пуль с применением виртуального микроскопа

*Обстоятельства 2-го дела.* В полицию поступило сообщение о незаконном применении огнестрельного оружия. На месте преступления была обнаружена гильза калибра 22LR. У подозреваемого в преступлении была изъята винтовка калибра 22LR. Оружие и гильза были направлены на экспертизу в баллистическую лабораторию.

*Результаты экспертизы.* В процессе сравнения гильзы с места преступления с гильзами, полученными при отстреле оружия, не удалось установить тождественности – единственными следами, пригодными для сравнения, были трассы на боковой поверхности гильзы, образованные в процессе извлечения гильзы из патронника. Эти трассы были расположены так, что одновременно можно было исследовать под микроскопом только одну из нескольких групп. При этом в каждой отдельно взятой группе было недостаточно трасс для установления тождества. Для решения данной проблемы боковые поверхности гильзы с места преступления и тестовых гильз были отсканированы с использованием конфокального микроскопа, входящего в модуль BulletTRAX3D системы IBIS. Сканирование и последующее сравнение производилось в соответствии с методиками, разработанными для проверки пуль, выстреленных из гладкоствольного и (или) самодельного оружия. Благодаря функциональной возможности сравнения виртуальных разверток поверхности гильз было сделано обоснованное заключение, что гильза, обнаруженная на месте преступления, была стреляна в оружии, изъятом у подозреваемого.

#### Обсуждение результатов

По результатам использования проанализируем достоинства и недостатки каждого рассматриваемого микроскопа.

*Оптический микроскоп.* Основным недостатком оптических систем является небольшая глубина резкости, обратно пропорциональная увеличению. К достоинствам же этого типа оборудования можно отнести: хорошо известную, проверенную конструкцию; сравнительно низкую цену; простоту обслуживания и ремонта; простоту использования и легкость в смене исследуемого объекта, не требующую специальных или дополнительных процедур.

*Электронный сканирующий микроскоп.* Электронные микроскопы обладают большим числом недостатков по сравнению с оптическими системами: очень высокая стоимость оборудования; высокая стоимость и сложность обслуживания и ремонта; длительная процедура смены исследуемого объекта. При этом микроскоп обладает и явными достоинствами, такими как: великолепное качество изображения и резкость при любых увеличениях; разработанные системы точного перемещения объекта позволяют совмещать исследуемые следы с высокой точностью; фактически неограниченное увеличение, многократно превышающее необходимое для сравнения следов на пулях и гильзах.

*Виртуальный микроскоп.* Как и остальные системы, виртуальный микроскоп обладает как достоинствами, так и недостатками. При этом некоторые его достоинства являются следствием недостатков.

К недостаткам виртуального микроскопа можно отнести (рассматривается на примере системы IBIS<sup>TM</sup>): высокую стоимость оборудования; высокую стоимость и сложность обслуживания и ремонта (у виртуального микроскопа она ниже, чем у электронного, но все равно намного выше, чем у оптического); длительную



процедуру сканирования исследуемого объекта, даже более длительную, чем у электронного микроскопа; сканируется сравнительно небольшая часть поверхности пули при этом с не максимально желаемым разрешением.

С другой стороны, виртуальный микроскоп является одной из дополнительных функций автоматической баллистической системы. Следовательно, в случае приобретения баллистической системы виртуальный микроскоп получается бесплатным. Сканирование пули является длительной процедурой, но эта процедура не требует участия эксперта-баллиста и может выполняться техническим персоналом и только один раз для каждого объекта. В этом случае в процессе сравнения экспертом смена объекта сравнения не будет занимать дополнительное время. Факт использования данных профилей объекта позволяет применять различные инструменты, улучшающие визуализацию и облегчающие выделение сравниваемых признаков. Принцип работы виртуального микроскопа предоставляет возможность пересылать данные сканирования другим экспертам для консультации и вторичной экспертизы. При этом нет необходимости пересылать сами объекты исследования.

### Выводы

На основании данной работы можно сделать вывод, что оптический микроскоп остается наиболее используемым оборудованием и останется таким еще сравнительно длительное время.

Электронный сравнительный микроскоп является наиболее мощным из существующих инструментов, но необходимость в его использовании возникает исключительно редко – по опыту баллистической лаборатории криминалистического управления полиции Израиля,

необходимость в использовании такого оборудования возникает раз в 10 лет при том, что в год выполняется порядка полутора тысяч экспертиз.

Виртуальный микроскоп обладает высоким потенциалом и со временем может занять свое место в баллистических лабораториях. Достаточно высока вероятность того, что он потеснит оптические микроскопы. Поэтому следует обратить внимание на совершенствование научно-методического обеспечения по применению виртуальных микроскопов при идентификации оружия.

### Список литературы

1. *Atteberry J.* How Scanning Electron Microscopes Work. URL: <http://www.unl.edu/CMRACfem/em.htm> (дата обращения: 07.02.2012).
2. *Katterwe H., Goebel R., Grooss K. D.* The Comparison Scanning Electron Microscope within the Field of Forensic Science // *AFTE Journal*. 1983. Vol. 15, № 3. P. 141–146.
3. *Katterwe H., Braune M., Korschgen A., Radke B., Weimar B.* Comparison Scanning Electron Microscopy in Forensic Science: from the Beginning of the Electron Microscopy towards Comparison-Variable Pressure-SEM Imaging in Firearms and Tool Marks Examinations // *AFTE Journal*. 2009. Vol. 41, № 3. P. 283–289.
4. The InterNet site of Forensic Technology Inc. URL: [www.forensictechnology.com](http://www.forensictechnology.com) (дата обращения: 07.02.2012).
5. A brief description of the principles of confocal microscopy. URL: <http://www.bio.brandeis.edu/marderlab/microscopyB.html> (дата обращения: 07.02.2012).
6. *Hocherman G., Giverts P., Shoshani E.* Identification of polygonal barrel sub-family characteristics // *AFTE Journal*. 2003. Vol. 35, № 2. P. 197–200.
7. *Гиверц П.* Специфика и методика проведения баллистических экспертиз в Израиле. Теория и практика судебной экспертизы // *Науч.-практ. журнал*. 2009. № 2 (14). С. 188–195.

### Comparative Analysis of Prospects for Application in Forensic Ballistic Identification Microscopes of Different Systems

#### P. V. Giverts

Division of Identification and Forensic Science, National Police HQ,  
1, Haim Bar-Lev road, Jerusalem, 91906, Israel  
E-mail: [pavel.giverts@gmail.com](mailto:pavel.giverts@gmail.com)

#### G. Hocherman

Division of Identification and Forensic Science, National Police HQ,  
1, Haim Bar-Lev road, Jerusalem, 91906, Israel

#### L. Bokobza

Division of Identification and Forensic Science, National Police HQ,  
1, Haim Bar-Lev road, Jerusalem, 91906, Israel

#### B. Schecter

Division of Identification and Forensic Science, National Police HQ,  
1, Haim Bar-Lev road, Jerusalem, 91906, Israel



**Introduction.** Due to technological improvement the question presents itself – is not it time firearms examiners changed optical microscopes to something more modern, and what this could be. **Theoretical analysis.** The article reviews three different kinds of microscopes (Optical, Electron Scanning and Confocal/Virtual) which can be used, their design and principles of work. **Experimental investigation.** To study the potential of equipment and for the interdetermination of it the authors used these equipment for real life case examinations. **Discussion of results.** The results of using three different kinds of comparison microscopes for real life case examinations were analyzed with the purpose to compare their potential, advantages and disadvantages. **Conclusions.** The article shows the advisability of using optical microscopes in most cases and the necessity of improvement of virtual microscopes which can get its place in the work of firearms examiner.

**Key words:** comparison microscope, electron scanning microscope (SEM), confocal microscope, virtual microscope.

## References

1. Atteberry J. *How Scanning Electron Microscopes Work*. Available at: <http://www.unl.edu/CMRACfem/em.htm> (accessed 7 February 2012).
2. Katterwe H., Goebel R., Grooss K. D. The Comparison Scanning Electron Microscope within the Field of Forensic Science. *AFTE Journal*, 1983, vol. 15, no. 3, pp. 141–146.
3. Katterwe H., Braune M., Korschgen A., Radke B., Weimar B. Comparison Scanning Electron Microscopy in Forensic Science: from the Beginning of the Electron Microscopy towards Comparison-Variable Pressure-SEM Imaging in Firearms and Tool Marks Examinations. *AFTE Journal*, 2009, vol. 41, no. 3, pp. 283–289.
4. *The InterNet site of Forensic Technology Inc.* Available at: [www.forensictechnology.com](http://www.forensictechnology.com) (accessed 7 February 2012).
5. *A brief description of the principles of confocal microscopy*. Available at: <http://www.bio.brandeis.edu/marderlab/microscopyB.html> (accessed 7 February 2012).
6. Hoeherman G., Giverts P., Shoshani E. Identification of polygonal barrel sub-family characteristics. *AFTE Journal*, 2003, vol. 35, no. 2, pp. 197–200.
7. Giverts P. Spetsifika I metodika provedeniia ballisticheskikh ekspertiz v Izraile [The specificity and methods of conducting ballistic examinations in Israel]. *Teoriia i praktika sudebnoi ekspertizy. Nauch.-prakt. Zhurnal*, 2009, no. 2(14), pp. 188–195.