

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФЕМТОСКАН ОНЛАЙН В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЫ

стр. 16 – 22

А.И. Ахметова^{1,2,3}, И.В. Яминский^{1,2,3}

¹МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва,

²ООО НПП «Центр перспективных технологий», Москва,

³ООО «Энегэоэффективные технологии», Москва

Контактные данные: Яминский И.В., yaminsky@nanoscopy.ru

Резюме: В статье приведено описание программного обеспечения FemtoScan Онлайн, которое помогает решать актуальные задачи в биологии и медицине, а также обрабатывать большое количество данных и презентовать результаты исследований.

Ключевые слова: атомно-силовая микроскопия, нанометровое разрешение, трехмерное изображение, контактный режим, режим трения, резонансный режим, обработка изображений, слюда, подложка.

SOFTWARE FEMTOSCAN ONLINE IN SOLVING PROBLEMS OF BIOLOGY AND MEDICINE

pages 16 – 22

A.I. Akhmetova^{1,2,3}, I.V. Yaminsky^{1,2,3}

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,

²Advanced Technologies Center, Moscow, Russia,

³Energy Efficient Technologies, Moscow, Russia

Summary. The article describes the FemtoScan Online software, which helps to solve current problems in biology and medicine, as well as to process a large amount of data and present the results of research.

Keywords: atomic force microscopy, nanometer resolution, 3D imaging, contact mode, friction mode, resonant mode, image processing, mica, substrate.

Программное обеспечение FemtoScan Онлайн предназначено для обработки данных в сканирующей зондовой микроскопии, просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии, различных видов оптической микроскопии. Разработка программного обеспечения началась в 1996 году в качестве специализированного пакета для сканирующей зондовой микроскопии по двум причинам. В научной группе бионаноскопии интенсивно шла разработка новой модели сканирующего зондового микроскопа FemtoScan. Одновременно физический факультет закупил атомно-силовой микроскоп Nanoscope-3 производства американской компании DigitalInstruments.

С американским прибором возникла определенная проблема: в то время программное обеспечение было установлено на компьютер, управляющим микроскопом Nanoscope-3 и при обработке данных и изображений микроскоп простаивал. Его использование становилось неэффективным, поскольку очень много времени уходило на обработку изображений. И так получилось, что программное обеспечение FemtoScan Онлайн сразу стало работать на два микроскопа – российский FemtoScan и американский Nanoscope. Все последующие годы ПО FemtoScan Онлайн успешно продолжало работать с различными сериями микроскопов FemtoScan и Nanoscope.

Сегодня программное обеспечение ФемтоСкан Онлайн умеет читать более 50 различных форматов файлов микроскопов Nanoscope различных модификаций [1]. За прошедшие десятилетия программное обеспечение стало работать с форматами изображений микроскопов многих различных производителей: .spm, .mdt, .sm2, .spm, .aist, .ibw, .hdf, .stp, .tlk, .wip, .par, .nid, .pni, .pro, .sur, .tif, .bmp, .jpg, .txt. Сравнение различных программ приведено в таблице 1.

В настоящее время ФемтоСкан Онлайн работает также с данными и изображениями электронной и оптической микроскопии. Может захватывать и анализировать данные от многих источников: фотоаппаратов, цифровых камер, сканеров и пр. При разработке ПО мы выработали основное правило, которому следовали неукоснительно: для достижения искомого результата на кнопки мыши и клавиши клавиатуры нужно нажимать минимально возможное количество раз. Сравнение с другими программными пакетами показывают, что наше правило во многом работает.

Особенностью данных и изображений в биологии и медицине является то, что они очень информативны и имеют большой объем данных. По этой причине многие достоинства и реальные возможности обнаруживаются именно при работе с такими данными [2, 3, 4].

Простой пример: удачный выбор цифровой палитры, от которого во многом зависит восприятие данных. Посмотрите на четыре приведенных ниже изображения (рис.1) и оцените, какое из них вам представляется более информативным и привлекательным.

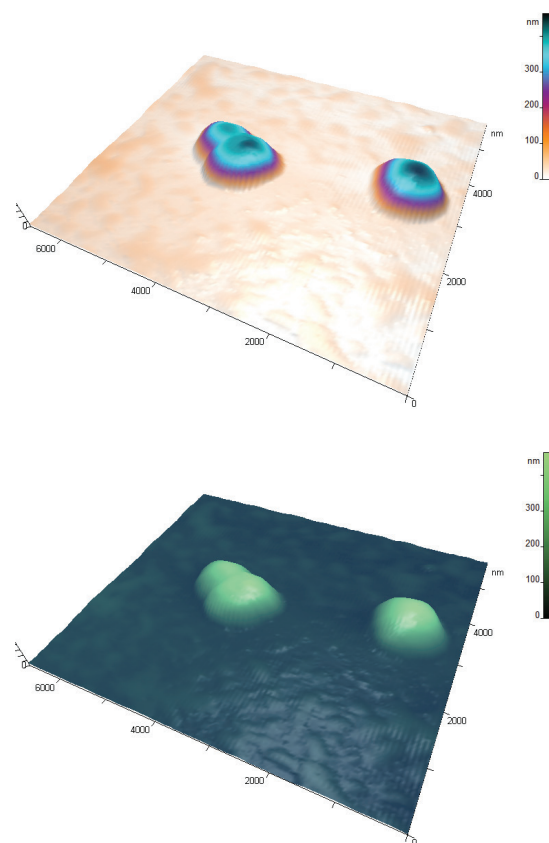
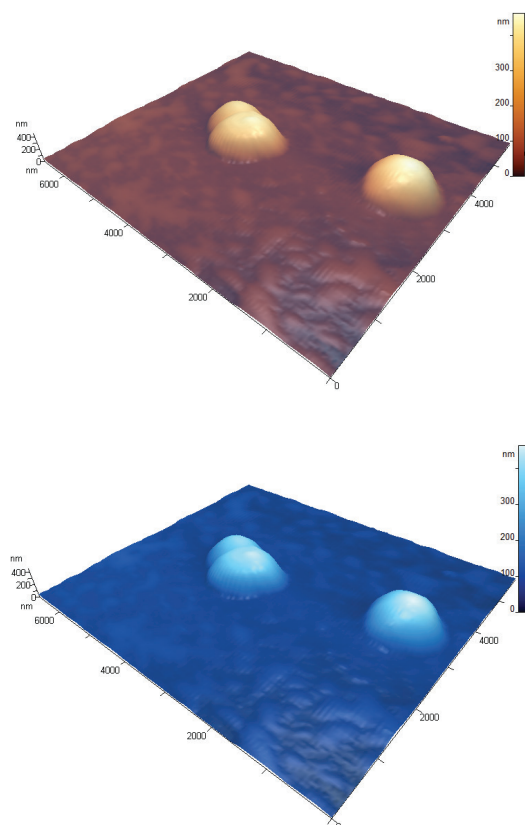


Рис.1. Сравнение цветовых палитр в ФемтоСкан Онлайн.
Изображение бактерии *Neisseria flavescens*

Особое внимание надо уделять цветовому представлению изображений в журналах, на презентациях, на сайтах в интернете, брошюрах и рекламе. Возможности программного обеспечения ФемтоСкан здесь ограничены только фантазией, креативностью и умением пользователя.

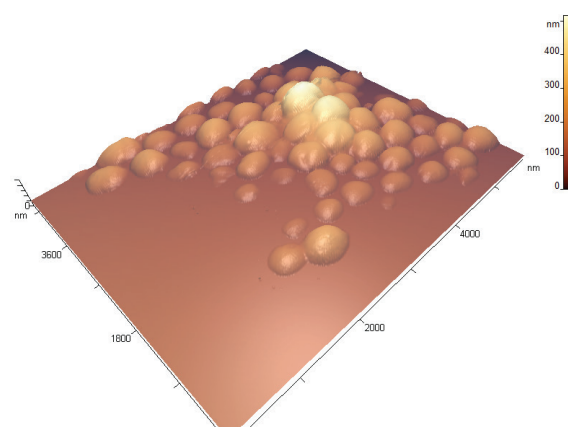


Рис.2. Изображение бактерии *Staphylococcus aureus* R 116-14

В программном обеспечении ФемтоСкан Онлайн есть уникальные решения, которые отсутствуют в других пакетах. Например, при наблюдении роста кристаллов, в том числе биологических, необходимо следить за движением ступеней. Для этих целей имеется функция поиска и выделения ступеней с их последующим анализом.

Таблица 1

Сравнение программ для обработки данных микроскопии (СЗМ, ПЭМ, СЭМ, оптика)

Описание функции	FemtoScanOnline	SPIP	WSxM	Gwyddion	Mountains Map	TrueMap
Математические функции с изображениями	Линейный оператор, только два изображения	Любые действия с большим количеством изображений «Калькулятор»	Линейный оператор с тремя изображениями	Линейный оператор с 8 изображениями. Алгоритм и интерфейс использования сложные.	Линейный оператор, только два изображения	Линейный оператор, только два изображения
Работа с текстовым буфером обмена	Уникальная функция. Позволяет добавлять текстовые данные с картинки в буфер	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Выбор части изображения для дальнейшей работы	Реализовано как Stop	Реализовано через inspectionbox: чтобы выбрать участок, нужно сделать много последовательных действий	Реализовано как Zoom	Нужно вручную задавать координаты части изображения.	Реализовано как Zoom	Реализовано как Zoom
Автокорреляция, кросс-корреляция, склейка изображений, улучшение периодических структур	Есть все функции с корреляцией	Автокорреляция, кросс-корреляция, считает количество повторяющихся единиц.	Автокорреляция, кросс-корреляция	Автокорреляция, кросс-корреляция Склейка изображений работает через раз	Автокорреляция, кросс-корреляция, склейка изображений	Только автокорреляция
Сохранять метки, кри- вые на изображении в отдельный файл, с возможностью загрузки на любое изображение	Уникальная функция	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет

Продолжение таблицы 1

Описание функции	FemtoScanOnline	SPIP	WSxM	Gwyddion	Mountains Map	TrueMap
Выделение объектов	Выделение выпуклостей. Для работы с порами картинку нужно инвертировать (в один клик). Сильная функция с таблицей значений по каждому выделенному объекту, и с возможностью выбрать часть объектов с подходящими размерами	Выделение пор и частиц (ParticleandPore)	Есть, работа как с выпуклостями, так и с порами (галочка в диалоге). Интерфейс значительно уступает, нет доступа к таблице с данными по каждому из объектов, только к средним значениям и к гистограммам. Есть элементы фрактального анализа.	Реализовано как работа с маской. По порогу выделяются объекты и можно строить их распределения и получать средние значения по разным параметрам. Нет доступа к исходным данным.	Есть аналог функции пороговой фильтрации, можно одновременно выделять и поры, и частицы. Пороговая фильтрация будет в этом случае трехцветной: поры, частицы и промежуточная прослойка. Считает суммарный объем пор, суммарный объем частиц, среднюю толщину (высоту) частиц, среднюю толщину пор. По каждой поре-частице анализа нет, для этого есть анализ сегментов.	Есть функция ParticleCounting View - считает частицы после фильтрации пороговым фильтром
Вычитание кривизны сканера, общего наклона	Есть, вычитает параболу или плоскость из данных. Можно вычитать, исключив объекты с мощностью изолинии	Plane correction – Leveling, можно вычитать плоскость (global leveling), полиномило 9 порядка (Profile leveling)	Есть, совмещено с функцией «Убрать царапины»	Есть	Есть в инструменте Line correction. Можно вычитать плоскость, можно полином до 4 степени. Можно применить ко всей поверхности, по произвольному контуру или по порошке (похоже на функцию с отрезками в Gwyddion). Есть возможность исключить высокие объекты автоматически, аналогично изолинии в FemtoScan Онлайн.	Есть FormRemovalUtility. Можно вычесть плоскость по трем точкам, можно вычесть полином до 12 порядка, можно вычесть сферу

Окончание таблицы 1

Описание функции	FemtoScanOnline	SPIP	WSxM	Gwyddion	Mountains Map	TrueMap
Найти ступеньки на растущем кристалле	На кристалле со ступеньками позволяет описывать рост ступенек во времени. Работает по картинке с отключенной вертикальной разверткой. Уникальная функция для кристаллографов	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Расчет персистентной длины	Позволяет рассчитывать несколькими математическими моделями персистентную длину для серии макромолекул.	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Автоматическое выделение кривых	Уникальная функция. Для выделения почек макромолекул достаточно указать начало и конец, автоматический расчет длины	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Сайт	http://www.femtoscanonline.com	http://www.imagemet.com/	http://nanotec.es	http://gwyddion.net	http://www.digitalsurf.fr/en/index.html	http://www.truegag.com
Цена	39 000 руб. (1299\$ или 999 Евро)	От 4665.6\$ до 7776\$	Бесплатно для обработки данных	бесплатно	С нужным набором функций для СЗМ – от 7440 Евро до 11190 Евро	цена 3495\$ за две программы, TrueSurf - 995\$, TrueMap одна не продается

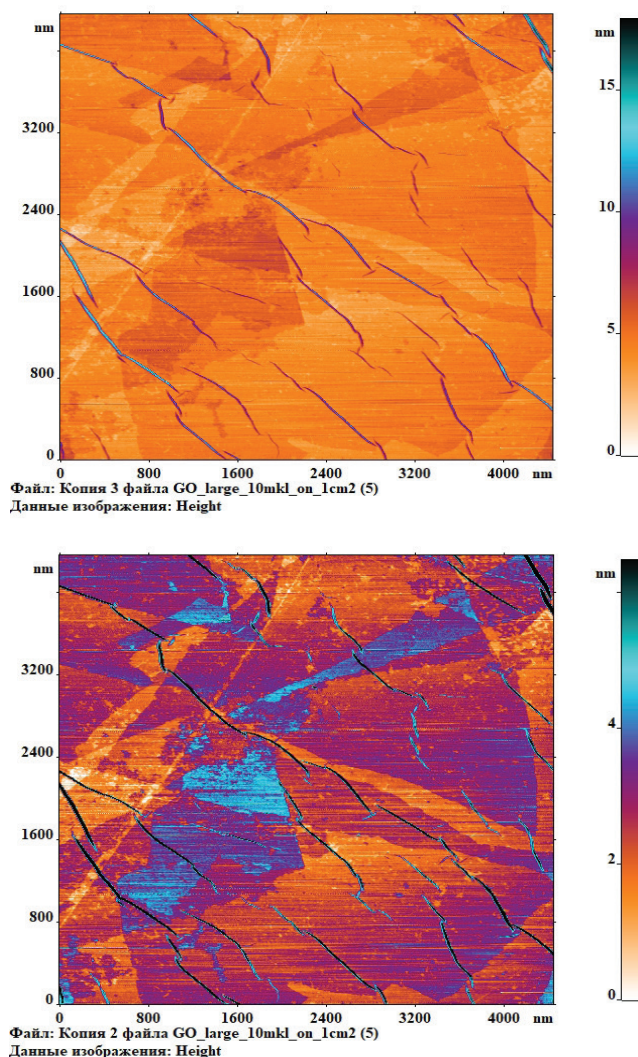


Рис.3. Изображение чешуек оксида графена на поверхности слюды. Сравнение двух цветовых палитр.

Графен является перспективным материалом в области биомедицины в качестве нового компонента для биосенсоров, тканевой инженерии и средства доставки лекарств. Оксиды графита и графена считаются перспективными материалами для использования в устройствах хранения энергии, катализаторах, сенсорах, а также системах очистки воды [5, 6, 7].

Программное обеспечение ФемтоСкан Онлайн работает на операционных системах Windows XP, Vista, Windows 7, Windows 10, а также их серверных аналогах – Windows Server 2003, 2003 R2, 2008, 2008 R2, 2012, 2016 и 2019.

Подробная информация о ПО ФемтоСкан Онлайн представлена на сайтах www.nanoscopy.ru и www.nanoscopy.net.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 16-29-06290). Авторы благодарят за помощь в работе к.ф.-м.-н., ст.науч.сотр. физического факультета МГУ Мешкова Г.Б.

Конфликт интересов отсутствует.

There is no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яминский И., Филонов А., Синицына О., Мешков Г. // Программное обеспечение «ФемтоСкан Онлайн» // Наноиндустрия. – 2016. – № 2(64), – С. 42-46.
2. Яминский И. В., Ахметова А. И., Мешков Г. Б. Программное обеспечение ФемтоСкан Онлайн и визуализация нанообъектов в микроскопии высокого разрешения // Наноиндустрия. – 2018. – Т. 11, № 6 (85). – С. 414-416
3. А. С. Филонов, И. В. Яминский, А. И. Ахметова, Г. Б. Мешков // ФемтоСкан Онлайн! Почему он? // Наноиндустрия. – 2018. – Т. 11, № 5(84). – С. 339-342.
4. Ахметова А. И., Яминский И. В. 20 лет, как «ФемтоСкан» показывает атомы // Наноиндустрия. – 2017. – №2 (72). – С. 88-89.
5. Srivastava, S. K.; Pionteck, J. J. *Nanosci. Nanotechnol.* 2015, 15, 1984-2000.
6. Toda, K.; Furue, R.; Hayami, S. *Anal. Chim. Acta* 2015, 878, 43-53.
7. О. Синицына, А. Ахметова, Г. Мешков, Т. Гончарова, И. Пылев, М. Смирнова, Ю. Белов, И. Яминский. Влияние микроструктуры графита-прекурсора на процесс образования оксида графита. *Наноиндустрия*, 2(81):170-172, 2018.

Поступила 26.04.2019

УДК 004.418

REFERENCES

1. Yaminsky Y., Filonov A., Sinitsyna O., Meshkov G. // FemtoScanOnline software // Nanoindustry, N 2(64), p. 42-46 (2016).
2. Yaminsky I. V., Akhmetova A. I., Meshkov G. B. // FemtoScan Online Software and Visualization of Nano-Objects in High-Resolution Microscopy // Nanoindustry. - 2018. - Vol. 11, No. 6 (85). - p. 414-416.
3. Filonov A., Yaminsky I., Akhmetova A., Meshkov G. // FemtoScan Online. Why? // Nanoindustry, Vol.11, N 5(84), p. 336-342 (2018).
4. Akhmetova A., Yaminsky I. // 20 years since FemtoScan shows atoms // Nanoindustry, N 2(72), p. 88-89 (2017).
5. Srivastava, S. K.; Pionteck, J. J. *Nanosci. Nanotechnol.* 2015, 15, 1984-2000.
6. Toda, K.; Furue, R.; Hayami, S. *Anal. Chim. Acta* 2015, 878, 43-53.
7. O. Sinitsyna, A. Akhmetova, G. Meshkov, T. Goncharova, I. Pylev, M. Smirnova, Y. Belov, and I. Yaminsky. The effect of the graphite precursor microstructure on the formation of graphite oxide. *Nanoindustry*, 2 (81): 170-172, 2018.

Received 26.04.2019

UDC 004.418

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Яминский Игорь Владимирович – профессор, д.ф.-м.н., кафедра физики полимеров и кристаллов, Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова. Физический факультет, генеральный директор ООО НПП «Центр перспективных техноло-

гий», директор ООО «Энергоэффективные технологии». e-mail: yaminsky@nanoscopy.net

2. **Ахметова Ассель Иосифовна** – инженер Научно-исследовательского института физико-химической биологии имени А.Н.Белозерского Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, ведущий специалист ООО НПП «Центр перспективных технологий»

AUTHORS' INFORMATION

1. **Yaminsky Igor Vladimirovich** – Professor, Doctor of Sci-

ences in Physics and Mathematics, Chair of Polymer and Crystal Physics, Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University, CEO of Advanced Technologies Center, Director of Energy Efficient Technologies.

e-mail: yaminsky@nanoscopy.net

2. **Akhmetova Assel Iosifovna** – engineer of the A.N. Belozersky Institute of Physico-Chemical Biology of the Lomonosov Moscow State University, leading specialist of Advanced Technologies Center.

e-mail: pr@atcindustry.ru