



# ОБЪЕДИНЕННАЯ ГРУППА СКАНИРУЮЩЕЙ ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ

## UNITED SCANNING PROBE MICROSCOPY TEAM

А.И.Ахметова<sup>1,2,3</sup>, инженер НИИ ФХБ имени А.Н.Белозерского МГУ, ведущий специалист Центра перспективных технологий и Энергоэффективных технологий (ORCID: 0000-0001-6363-8202) / pr@atcindustry.ru  
A.I.Akmetova<sup>1,2,3</sup>, Engineer of A.N.Belozersky Institute of Physico-Chemical Biology, Leading Specialist of Advanced Technologies Center and of Energy Efficient Technologies

DOI: 10.22184/1993-8578.2019.12.5.304.310

Получено: 19.08.2019 г.

Основное направление объединенной научной группы сканирующей зондовой микроскопии связано с созданием методов и аппаратуры бионаноскопии, а также с развитием их биомедицинских приложений. Одной из первых работ биологической направленности в группе стало исследование различий в морфологии клеточной стенки исходной и генно-модифицированной бактерии [1].

United team of scientists is focused on developing of methods and equipment for bionanoscopia and medical applications based on use of the scanning probe microscopy. One of the first researches dealing with biology was an investigation of differences in cell wall morphology of the initial and genetically modified bacteria [1].

Сканирующий зондовый микроскоп становится практическим инструментом при развитии новых технологий, например, использования металлических наночастиц для материаловедения, биологии и медицины [2, 3, 4], нанесения полимерных пленок [5]. Существенных успехов удалось достичь в результате использования собственных уникальных разработок, среди которых программное обеспечение "ФемтоСкан Онлайн", различные модели сканирующих зондовых микроскопов и атомных весов [6, 7].

Сканирующий зондовый микроскоп играет ключевую роль не только в исследованиях вирусов [8, 9], но и в практической работе по раннему обнаружению вирусных частиц [10, 11] и бактериальных клеток [12, 13] в жидкостях и на воздухе.

Уникальная информация получается при исследовании биомакромолекул: ДНК [14, 15], РНК [16, 17], белков [18], а также бактерий [19], вирусов [20, 21] и их комплексов [22]. Особый интерес для современной медицины представляет изучение живых клеток методом СЗМ [23, 24, 25]. При наблюдении биомакромолекул и клеток критическими вопросами остаются не только методы нанесения

образцов, но также выбор и подготовка соответствующей оптимальной подложки для иммобилизации ДНК [26, 27, 28, 29, 30], белков [31, 32] и клеток. Особый интерес для конструирования биосенсоров могут представлять наноструктурированные поверхности [33, 34].

Основное преимущество сканирующей зондовой микроскопии – возможность наблюдения за процессами, проходящими в живой природе: рост белковых кристаллов [35, 36, 37, 38], агрегация [39] и сегментация белков [40], конформационные изменения ДНК [41, 42] и их комплексов [43].

Наличие у научной группы надежного индустриального партнера в лице инновационной компании "Центр перспективных технологий" [44, 45] позволило решить многие научные, технические и технологические вопросы самым быстрым образом. Прогресс группы во многом был обеспечен наличием оригинальных разработок в Центре перспективных технологий – различных моделей сканирующего зондового микроскопа: "Скан-7" и "Скан-8", "ФемтоСкан", "ФемтоСкан X" и "ФемтоСкан XI". "ФемтоСкан" стал первым в мире сканирующим зондовым микроскопом с полным

<sup>1</sup> МГУ имени М.В.Ломоносова / Lomonosov Moscow State University.

<sup>2</sup> ООО НПП "Центр перспективных технологий" / Advanced Technologies Center.

<sup>3</sup> ООО "Энергоэффективные технологии" / Energy Efficient Technologies.

управлением всеми режимами измерений через Интернет. В "ФемтоСкан X" реализованы сверхбыстрые режимы измерений на частоте в 1 МГц. В микроскоп "ФемтоСкан XI" интегрированы режимы сканирующей капиллярной микроскопии и молекулярного 3D-принтера.

Руководитель объединенной группы сканирующей зондовой микроскопии профессор Яминский Игорь Владимирович является автором и соавтором многих оригинальных публикаций в журнале "НАНОИНДУСТРИЯ". Он также является научным руководителем Центра молодежного творчества "Нанотехнологии", о работе которого журнал неоднократно давал информационные сообщения. В этом году ЦМИТ "Нанотехнологии" физического факультета и ЦКП "Бионаноскопия" химического факультета МГУ запустили программу поддержки исследований в следующих направлениях:

- Биомедицинская сканирующая зондовая микроскопия;
- Решения для создания элементов квантовых компьютеров;
- Молекулярная 3D-печать;
- Современное материаловедение;
- Приборы и материалы для экспериментальных нанотехнологий.

Научная и научно-организационная деятельность руководителя группы сканирующей зондовой микроскопии профессора Яминского И.В. в разное время была поддержана академиком РАН Бакевым Н.Ф., Егоровым А.М., Кабановым В.А., Кирпичниковым М.П., Луниным В.В., Мигулиным В.В., Хохловым А.Р.



Рис.1. Участники ЦМИТ "Нанотехнологии" Белов Ю.К. и Гончарова Т.С. рассказывают об особенностях работы станка с ЧПУ ATCNano

Fig.1. Participants of YICC "Nanotechnology" Belov Yu.K. and Goncharova T.S. tell about the features of the ATCNano CNC machine

Воспитанники и участники группы достигли высоких научных результатов, их деятельность была отмечена высокими наградами:

- Ахметова А.И., Мешков Г.Б., Синицына О.В. награждены золотыми медалями Международного биотехнологического форума "РосБиоТех" (2016, 2018);
- Киселева О.И. – стипендиат проекта Л'ОРЕАЛЬ-ЮНЕСКО "Для женщин в науке" (2007);

A scanning probe microscope becomes a practical tool for developing new technologies, for example, the use of metal nanoparticles in material science, biology and medicine [2, 3, 4] and application of polymer films [5]. Significant success was achieved as a result of using our unique developments. Among them there are FemtoScan Online software and various models of scanning probe microscopes and atomic balances [6, 7].

A scanning probe microscope plays the key role not only in

research of viruses [8, 9] but also in practical work on early detection of viral particles [10, 11] and bacterial cell [12, 13] in liquids and air. Unique information was obtained in the studies of biomacromolecules: DNA [14, 15], RNA [16, 17], proteins [18], bacteria [19], viruses [20, 21] and their complexes [22]. Research of vital cells by SPM method [23, 24, 25] is in focus of the modern medicine. While observing biomacromolecules and cells, it is critically important to have not just the sample application methods but also selection and preparation

of the appropriate optimal substrate for immobilizing DNA [26, 27, 28, 29, 30], proteins [31, 32] and cells. Nanostructured surfaces may present a special interest for designing biosensors [33, 34].

The main advantage of scanning probe microscopy is the ability to observe the processes in nature: growth of protein crystals [35, 36, 37, 38], aggregation [39] and protein segmentation [40], conformational changes in DNA [41, 42] and their complexes [43].

Advanced Technologies Center [44, 45] as a reliable industrial



Рис.2. Айвор Джайевер, лауреат Нобелевской премии по физике в 1973 году "за экспериментальные открытия туннельных явлений в полупроводниках и сверхпроводниках", среди гостей на конференции "Бионаноскопия"

Fig.2. Ivar Giaever, winner of the 1973 Nobel Prize in Physics "for the experimental discoveries of tunneling phenomena in semiconductors and superconductors" visiting Boianoscopy conference

- Образцова Е.А. – стипендиат проекта Л'ОРЕАЛЬ-ЮНЕСКО "Для женщин в науке" (2010);
- Дубровин Е.В. – лауреат конкурса "Грант Москвы – 2001" в области естественных наук (2001); лауреат конкурса "Грант Москвы – 2005" в области наук и технологий в сфере образования, соросовский студент (2001), награжден

золотой медалью на конкурсе молодых ученых московской международной конференции "Биотехнология и медицина" (2006), лауреат премии Европейской академии (2009), стипендиат Президента РФ (2004, 2005), обладатель Гранта Президента РФ для молодых ученых – кандидатов наук (2010, 2011);

partner of the scientific team has helped to solve many scientific, technical and technological problems for scientists as soon as it was possible. The progress of the team was largely ensured by availability of original developments at the Advanced Technologies Center such as various models of the scanning probe microscopes: Scan-7 and Scan-8, FemtoScan, FemtoScan X and FemtoScan XI. FemtoScan became the world's first scanning probe microscopes with full control of all measurement modes via the Internet.

FemtoScan X implements ultrafast measurement modes at 1 MHz frequency. The FemtoScan XI microscope integrates scanning capillary microscopy and molecular 3D printer modes.

The head of the united team focused on scanning probe microscopy, Professor Igor Yaminsky, is the author and co-author of many original publications in NANOINDUSTRY journal. He is also the scientific guide of the Nanotechnology Youth Creativity Centre, whose work was repeatedly reflected in the publications. This year, the Centre for Nanotechnology

of Physical Department and the Bionanoscopia Centre of Chemical Department of Moscow State University launched a research support program in the following areas:

- Scanning probe microscopy for biomedicine;
- Development of quantum computers elements;
- Molecular 3D printing;
- Modern material science;
- Tools and materials for experimental nanotechnologies.

Scientific and organizational activities of Professor I. Yaminsky, head of the scanning probe microscopy

- Галлямов М.О. – стипендиат фонда Гумбольдта (2003, 2004), лауреат премии имени И.И.Шувалова (2011);
- Меньшиков Е.А. – лауреат первой премии РОСНАНО за лучшую работу в области нанотехнологий (2008), призер компании Токуо Воеки (2009);
- Багров Д.В. – главный призер компании Dow Chemical (2007) за лучшую студенческую работу;
- Большакова А.В., Мешков Г.Б., Синицына О.В. – лауреаты премии фонда Дерипаски за описания работ лабораторного практикума;
- Добринин А.А., Шрамко Е.С. – серебряные медалисты ВВЦ за лучшую разработку, участники выставки "Современная образовательная среда" (2004).

За последние 10 лет объединенной группой сканирующей зондовой микроскопии был выполнен ряд крупных проектов. Среди них проект, поддержанный АО "РОСНАНО" по расширению производства аналитических приборов для исследований в материаловедении, биологии и медицине. Все работы с общим бюджетом в 390 млн руб. были завершены досрочно [46]. По заказу LG Electronics в 2012–2015 годах были выполнены исследования по разработке высокочувствительных кантилеверных биосенсоров. В 2018–2019 годах 17 многофункциональных сканирующих зондовых микроскопов было поставлено в ведущие научные и образовательные центры, в том числе 14 из них – в Кванториумы Инновационного центра



Рис.3. Мешков Г.Б. на Фестивале науки в МГУ демонстрирует работу сканирующего зондового микроскопа  
Fig.3. Meshkov G.B. at the Festival of Science at Moscow State University demonstrates the operation of a scanning probe microscope

"Сколково" и г. Королева [47]. В прошедшем году сканирующий зондовый микроскоп "ФемтоСкан" получил Гран-при и золотую медаль международного форума-выставки "РосБиоТех-2018". В настоящее время работа объединенной группы сканирующей зондовой микроскопии поддерживается РФФИ (проекты № 17-52-560001, № 16-29-06290), Фондом содействия инноваций, Департаментом инноваций и предпринимательства г. Москвы.

team, was supported in different time by academicians of the Russian Academy of Sciences – Bakeev N.F., Egorov A.M., Kabanov V.A., Kirpichnikov M.P., Lunin V.V., Migulin V.V., Khokhlov A.R.

Pupils and members of the team achieved great scientific results and their activities were recognized with high awards:

- Akhmetova A.I., Meshkov G.B., Sinitsyna O.V. – were awarded with gold medals of the International Biotechnology Forum "RosBioTech" (2016, 2018);
- Kiseleva O.I. – was granted Fellowship of UNESCO's

L'OREAL-UNESCO project "For Women in Science" (2007);

- Obraztsova E.A. – was granted Fellowship of UNESCO's L'OREAL-UNESCO project "For Women in Science" (2010);
- Dubrovin E.V. – Laureate of the competition "Grant of Moscow – 2001" in the field of natural sciences (2001); winner of the "Grant – Moscow-2005" competition in the field of science and technology in the field of education, Soros student (2001), awarded the Gold Medal at the competition of young scientists of the Moscow international conference

"Biotechnology and Medicine" (2006), winner of the European Academy Award (2009), scholarship of the President of the Russian Federation (2004, 2005), Grant of the President of the Russian Federation for young scientists – candidates of sciences (2010, 2011);

- Gallyamov M.O. – Fellow of the Humboldt Foundation (2003, 2004), Laureate of the Prize in the name of I.I.Shuvalov (2011);
- Menshikov E.A. – The first RUSNANO award for the best work in the field of nanotechnology (2008), the prize of Tokyo Boeki (2009);



Рис.4. Белов Ю. и Поляков С.Г., генеральный директор Фонда содействия инновациям, на Московском международном салоне образования

Fig.4. Belov Yu. and Polyakov S., General Director of the Innovation Promotion Fund, at the Moscow International Education Fair

#### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCE

1. **Yaminsky I.V., Demin V.V., Bondarenko V.M.** Differences in the cell surface of Escherichia coli K12 hybrid bacteria inheriting the rfb-a3,4 Shigella flexneri gene detected by atomic force microscopy // Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology. 1997. No. 6. P. 15–18.
2. **Rudoy V.M., Dement'eva O.V., Yaminskii I.V., Sukhov V.M., Kartseva M.E., and Ogarov V.A.** Metal nanoparticles on polymer surfaces: 1. a new method of determining glass transition temperature of the surface layer. Colloid Journal, 64(6):746–754, 2002. Rudoy, V.M., Dement'eva O.V., Yaminskii I.V. et al. // Colloid Journal, 64: 746, 2002.
3. **Makarov V.V., Makarova S.S., Love A.J., Sinitsyna O.V., Dudnik A.O., Yaminsky I.V., Talian-sky M.E., and Kalinina N.O.** Biosynthesis of stable iron oxide nanoparticles in aqueous extracts of hordeum vulgare and rumex acetosa plants. Langmuir : the ACS journal of surfaces and colloids, 30(20):5982–5988, 2014.
4. **Makarov V.V., Love A.J., Sinitsyna O.V., Makarova S.S., Yaminsky I.V., Talian-sky M.E., and Kalinina N.O.** "Green" nanotechnologies: synthesis of metal nanoparticles using plants. Acta Naturae, 6(1): 35–44, 2014.
5. **Gallyamov M.O., Vinokur R.A., Nikitin L.N., Said-Galiyev E.E., Khokhlov A.R., Yaminsky I.V., and Schaumburg K.** High-quality ultrathin polymer films obtained by deposition from supercritical carbon dioxide as imaged by atomic force micros-

- Bagrov D.V. – The main prize of Dow Chemical (2007) for the best student work;
- Bolshakova A.V., Meshkov G.B., Sinitsyna O.V. – Deripaska Foundation Award for describing the work of a laboratory workshop;
- Dobrinin A.A., Shramko E.S. – Silver medal of the All-Russian Exhibition Center for the best development, "Modern Educational Environment" Exhibition (2004).

Over the past 10 years, a united team of scanning probe microscopy has carried out

a number of major projects. Among them is a project supported by RUSNANO JSC to expand production of analytical instruments for research in materials science, biology and medicine. All work of a total budget of RUB 390 million was completed ahead of schedule [46]. At the request of LG Electronics in 2012–2015, studies were carried out to develop highly sensitive cantilever biosensors. In 2018 and 2019 seventeen multifunctional scanning probe microscopes were delivered to leading scientific and educational centers, including

14 of them to the Quantorium of the Skolkovo Innovation Centre and Korolev [47]. Last year the FemtoScan scanning probe microscope received a Grand Prix and a gold medal at the RosBioTech-2018 international forum and exhibition. Currently, the work of the combined scanning probe microscopy team is supported by the Russian Federal Property Fund (projects No. 17-52-560001, No. 16-29-06290), the Fund for the Promotion of Innovations and the Department of Innovation and Entrepreneurship of the City of Moscow. ■



- copy. *Langmuir : the ACS journal of surfaces and colloids*, 18(18): 6928–6934, 2002.
6. Akhmetova A.I., Yaminsky I. V. 20. years as FemtoScan shows atoms. *Nanoindustry*, 2 (72): 88–89, 2017.
  7. Gorelkin V., Kiselev G.A., Mukhin D.S., Kim T.S., Kim S.K., Lee S.M., and Yaminskii I.V. Use of Bio-specific Reactions for the Design of High-Sensitivity Biosensors Based on Nanomechanical Cantilever Systems. *Polymer Science, Ser. A*, 2010, Vol. 52, No. 10, pp. 1023–1033.
  8. Arkhipenko M.V., Petrova E.K., Nikitin N.A., Protopopova A.D., Dubrovin E.V., Yaminskii I.V., Rodionova N.P., Karpova O.V., Atabekov J.G. Characteristics of Artificial Virus-like Particles Assembled in vitro from Potato Virus X Coat Protein and Foreign Viral RNAs. *ACTA NATURAE*, 3, 40–46, 2011.
  9. Kiselyova O.I., Nasikan N.S., Yaminsky I.V., Novikov V.K. AFM imaging of PVX particles and PVX RNA. *Physics of Low-Dimensional Structures (PLDS)* 3–4, 167–174, 2001.
  10. Dubrovin E.V., Drygin Y.F., Novikov V.K., Yaminsky I.V. Atomic force microscopy as a tool of inspection of viral infection. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine* 3 (2), 128–131, 2007.
  11. Gorelkin P.V., Erofeev A.S., Kiselev G.A., Kolesov D.V., Dubrovin E.V., Yaminsky I.V. Synthetic sialylglycopolymer receptor for virus detection using cantilever-based sensors. *Analyst* 140 (17), 6131–6137, 2015.
  12. Dubrovin E.V., Fedyukina G.N., Kraevsky S.V., Ignatyuk T.E., Yaminsky I.V., etc. AFM Specific Identification of Bacterial Cell Fragments on Bio-functional Surfaces. *The open microbiology journal* 6, 22, 2012.
  13. Bolshakova A.V., Kiselyova O.I., Filonov A.S., Frolova O.Yu., Lyubchenko Yu.L. and Yaminsky I.V. Comparative studies of bacteria with atomic force microscopy operating in different modes. *Ultramicroscopy*, 86(1–2):121–128, 2001.
  14. Mikhailenko S.V., Sergeev V.G., Zinchenko A.A., Gallyamov M.O., Yaminsky I.V. etc. Interplay between folding/unfolding and helix/coil transitions in giant DNA. *Biomacromolecules* 1 (4), 597–603, 2000.
  15. Dubrovin E.V., Gerritsen J.W., Zivkovic J., Yaminsky I.V., Speller S. The effect of underlying octadecylamine monolayer on the DNA conformation on the graphite surface. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 76 (1), 63–69, 2010.
  16. Makarov V., Rakitina D., Protopopova A., Yaminsky I., Arutiunian A., Love A.J. etc. Plant Coilin: Structural Characteristics and RNA-Binding Properties. *PLoS One* 8 (1), e53571.
  17. Skabkin M.A., Kiselyova O.I., Chernov K.G., Sorokin A.V., Dubrovin E.V., Yaminsky I.V., Vasiliev V.D., and Ovchinnikov L.P. Structural organization of mRNA complexes with major core mRNP protein YB-1. *Nucleic Acids Research*, 32(18):5621–5635, 2004.
  18. Kiselyova O.I., Yaminsky I.V., Ivanov Yu.D., Kanaeva I.P., Kuznetsov V.Yu., and Archaikov A.I. Afm study of membrane proteins, cytochrome p 450 2b4, and nadph-cytochrome p 450 reductase and their complex formation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 371(1):1–7, 1999.
  19. Bolshakova A.V., Kiselyova O.I., Yaminsky I.V. Microbial surfaces investigated using atomic force microscopy // *Biotechnology Progress*. 2004. Vol. 20. No. 6. P. 1615–1622.
  20. Dubrovin E.V., Kirikova M.N., Novikov V.K., Drygin Y.F., Yaminsky I.V. Study of the peculiarities of adhesion of tobacco mosaic virus by atomic force microscopy. *Colloid Journal* 66 (6), 673–678, 2004.
  21. Karpova O.V., Zayakina O.V., Arkhipenko M.V., Sheval E.V., Kiselyova O.I., Poljakov V.Yu., Yaminsky I.V., Rodionova N.P., and Atabekov J.G. Potato virus x rna-mediated assembly of single-tailed ternary ‘coat protein-rna-movement protein’ complexes. *Journal of General Virology*, 87:2731–2740, 2006.
  22. Drygin Y.F., Bordunova O.A., Gallyamov M.O., and Yaminsky I.V. Atomic force microscopy examination of tobacco mosaic virus and virion rna. *FEBS Letters*, 425(2):217–221, 1998.
  23. Efremov Iu.M., Bagrov D.V., Dubrovin E.V., Bagrov D.V., Dubrovin E.V., Shaitan K.V., Yaminskii I.V. Atomic Force Microscopy of Living Cells: Advances and Future Outlooks. *Biofizika*, 56, 2, 288–303, 2011.
  24. Gallyamov M.O., Yaminsky I.V., Egorov S.N., Lomonosov A.M. AFM of bacterial cells subjected to different factors. *Physics of Low-Dimensional Structures (PLDS)* 3, 125–130, 2003.
  25. Actis P., Tokar S., Clausmeyer J., Babakinejad B., Mikhaleva S., Cornut R., Takahashi Y., Ainara L., Novak P., Shevchuck A., Dougan J., Kazarian S., Gorelkin P., Erofeev A., Yaminsky I., Unwin P., Wolfgang S., Klenerman D., Rusakov D., Sviderskaya T. and Korchev Yu. Electrochemical nanoprobe for single-cell analysis. *ACS Nano*, 8(1):875–884, 2014.
  26. Dubrovin E.V., Staritsyn S., Yakovenko S. and Yaminsky I. Self-assembly effect during the adsorption of polynucleotides on stearic acid Lang-

- muir-Blodgett monolayer. *Biomacromolecules*, 8(7): 2258-2261, 2007.
27. **Gallyamov M.O., Vinokur R.A., Nikitin L.N., Said-Galiyev E.E., Khokhlov A.R., Yaminsky I.V. and Schaumburg K.** Scanning probe microscopy study of polymer molecules and thin films deposited from supercritical carbon dioxide. *PHYSICS OF LOW-DIMENSIONAL STRUCTURES*, (5-6):153-162, 2002.
  28. **Volynskii A.L., Bazhenov S.L., Lebedeva O.V., Yaminskii I.V., Ozerin A.N., Bakeev N.F.** The phenomenon of the stability loss of rigid coating during tensile drawing of polymer support. *VYSOKOMOLEKULYARNYE SOEDINENIYA SERIYA A & SERIYA B*, 39, 11, 1805-1811, 1997.
  29. **Dubrovin E.V., Gerritsen J.W., Zivkovic J., Yaminsky I.V., Speller S.** The effect of underlying octadecylamine monolayer on the DNA conformation on the graphite surface. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 76 (1), 63-69, 2010.
  30. **Samoilova N.A., Krayukhina M.A., Novikova S.P., Babushkina T.A., Volkov I.O., Komarova L.I., Moukhametova L.I., Aisina R.B., Obraztsova E.A., Yaminsky I.V. and Yamskov I.A.** Polyelectrolyte thromboresistant affinity coatings for modification of devices contacting blood. *Journal of Biomedical Materials Research - Part A*, 82(3), 589-598, 2007.
  31. **Kiselyova O.I., Guryev O.L., Krivosheev A.V., Usanov S.A., and Yaminsky I.V.** Atomic force microscopy studies of Langmuir-Blodgett films of cytochrome P 450sc: Hemeprotein aggregation states and interaction with lipids. *Langmuir: the ACS journal of surfaces and colloids*, 15(4):1353-1359, 1999.
  32. **Ageev E.P., Vikhoreva G.A., Gal'braikh L.S., Matushkina N.N., Chaika E.M., Jaminsky I.V.** Preparation and properties of films based on chitosan and polyelectrolyte complexes of chitosan with carboxymethylchitin. *VYSOKOMOLEKULYARNYE SOEDINENIYA SERIYA A & SERIYA B*, 40 (7), 1198-1204, 1998.
  33. **Dudnik A.O., Trofimchuk E.S., Efimov A.V., Nikonorova N.I., Rukhlya E.G., Yaminsky I.V.** Evolution of the Nanoporous Structure of High-Density Polyethylene during Drawing in Supercritical Carbon Dioxide. *Macromolecules* 51 (3), 1129-1140, 2018.
  34. **Gorelkin P.V., Majouga A.G., Romashkina R.B., Beloglazkina E.K., Yaminsky I.V., etc.** New self-assembled monolayer coated cantilever for histidine-tag protein immobilization. *Mendeleev Communications* 20 (6), 329-331, 2010.
  35. **Rashkovich L.N., Chernevich T.G., Gvozdev N.V., Shustin O.A., Yaminsky I.V.** Steps wandering on the lysozyme and KDP crystals during growth in solution. *Surface science* 492 (1-2), L717-L72, 2001.
  36. **Rashkovich L.N., Gvozdev N.V., Sil'nikova M.I., Yaminskii I.V. and Chernov A.A.** Dependence of the step velocity on its length on the (010) face of the orthorhombic lysozyme crystal. *Crystallography Reports*, 46(5):860-863, 2001.
  37. **Rashkovich L.N., Gvozdev N.V., and Yaminsky I.V.** The mechanism of step motion in growth of lysozyme crystals. *Crystallography Reports*, 43(4):696-700, 1998.
  38. **Chernov A.A., Rashkovich L.N., Yaminski I.V. and Gvozdev N.V.** Kink kinetics, exchange fluxes, 1d 'nucleation' and adsorption on the (010) face of orthorhombic lysozyme crystals. *Journal of Physics Condensed Matter*, 11(49):9969-9984, 1999.
  39. **Dubrovin E.V., Koroleva O.N., Khodak Y.A., Kuzmina N.V., Yaminsky I.V., etc.** AFM study of Escherichia coli RNA polymerase sigma(70) subunit aggregation. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine* 8 (1), 54-62, 2012.
  40. **Kiselyova O.I., Yaminsky I.V., Karpova O.V., Rodionova N.P., Kozlovsky S.V., Arkhipenko M.V. and Atabekov J.G.** Afm study of potato virus x disassembly induced by movement protein. *Journal of Molecular Biology*, 332(2):321-323, 2003.
  41. **Yaminsky I., Gorelkin P., Kiselev G.** Concurrence of intermolecular forces in monolayers. *Japanese journal of applied physics* 45 (3S), 2316, 2006.
  42. **Sergeyev V.G., Mikhailenko S.V., Pyshkina O.A., Yaminsky I.V. and Yoshikawa K.** How does alcohol dissolve the complex of DNA with a cationic surfactant? *Journal of the American Chemical Society*, 121(9):1780-1785, 1999.
  43. **Koroleva O.N., Dubrovin E.V., Yaminsky I.V., Drutsa V.L.** Effect of DNA bending on transcriptional interference in the systems of closely spaced convergent promoters. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects* 1860 (10), 2086-2096, 2016.
  44. **Moiseev Y.N., Panov V.I., Savinov S.V., Vasil'ev S.I., Yaminsky I.V.** AFM and STM activities at advanced technologies center. *Ultramicroscopy* 42, 1596-1601, 1992.
  45. **Moiseev Y.N., Panov V.I., Savinov S.V., Yaminsky I.V.** Local probing instrumentation at Advanced Technologies Center: Surface and force devices with tunneling sensor. *Journal of Vacuum Science & Technology B: Microelectronics and Nanometer Structures Processing, Measurement, and Phenomena*, 12 (3), 1690-1693, 1994.
  46. <http://www.rusnano.com/about/press-centre/news/75792>.
  47. **Akhmetova A.I., Yaminsky I.V.** The school needs FemtoScan. *Nanoindustry*, 12 (1): 64-66, 2019.

ГЛАВНОЕ СОБЫТИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ ИНДУСТРИИ

# LAB XII МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА Complex LABComplex

АНАЛИТИКА ЛАБОРАТОРИЯ БИОТЕХНОЛОГИИ HI-TECH

При поддержке:



Комитетов Верховной Рады Украины  
Министерств и ведомств  
Профильных ассоциаций и объединений

Организаторы:



**ВНИМАНИЕ! НОВОЕ МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ**



Выставочный центр ACCO International  
Украина, г. Киев, пр-т Победы, 40-Б, ст. метро «Шулявская»

## МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА КОМПЛЕКСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЛАБОРАТОРИЙ

АНАЛИТИЧЕСКОЕ, ЛАБОРАТОРНОЕ, ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ И УСЛУГИ ДЛЯ ЛАБОРАТОРИЙ

ТОРГОВЫХ МАРОК,  
МИРОВЫХ БРЕНДОВ

270

25-27  
СЕНТЯБРЯ  
2019

25

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИХ  
МЕРОПРИЯТИЙ

ПОСЕТИТЕЛЕЙ

5000

250

ДОКЛАДЧИКОВ

МЕЖДУНАРОДНОЕ УЧАСТИЕ И ПОСЕЩЕНИЕ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ И БИЗНЕС ПРОГРАММЫ,  
МАСТЕР-КЛАССЫ НА ДЕЙСТВУЮЩЕМ ОБОРУДОВАНИИ

По вопросам участия в выставке:

+380 (44) 206-10-16

@lab@lmt.kiev.ua

lab\_2@lmt.kiev.ua



По вопросам участия в научно-практической программе:

+380 (44) 206-10-99

@info@labcomplex.com

[www.labcomplex.com](http://www.labcomplex.com)





**ТЕХНОСФЕРА**  
РЕКЛАМНО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР

**100% ГАРАНТИЯ**  
ПОЛУЧЕНИЯ ВСЕХ НОМЕРОВ



Стоимость 2200 р. за номер  
Периодичность: 10 номеров в год  
[www.electronics.ru](http://www.electronics.ru)



Стоимость 1430 р. за номер  
Периодичность: 8 номеров в год  
[www.photonics.ru](http://www.photonics.ru)



Стоимость 1430 р. за номер  
Периодичность: 6 номеров в год  
[www.j-analytics.ru](http://www.j-analytics.ru)

# ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛЫ

[www.technosphere.ru](http://www.technosphere.ru)



Стоимость 1056 р. за номер  
Периодичность: 8 номеров в год  
[www.lastmile.ru](http://www.lastmile.ru)



Стоимость 1287 р. за номер  
Периодичность: 8 номеров в год  
[www.nanoindustry.ru](http://www.nanoindustry.ru)



Стоимость 1716 р. за номер  
Периодичность: 4 номера в год  
[www.stankoinstrument.ru](http://www.stankoinstrument.ru)