

УДК 543.456

Профессор Т.А. Кучменко

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра физической и аналитической химии.

тел. (473)255-07-62

E-mail: tak1907@mail.ru

студент А.С. Гриценко

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра биохимии и биотехнологии

студент П.И. Аристов

(Воронеж. гос. ун-т) кафедра информационных технологий управления

Professor T.A. Kuchmenko

(Voronezh state university of engineering technologies)

Department of physical and analytical chemistry.

phone (4732)255-07-62

E-mail: tak1907@mail.ru

student A.S. Gritsenko

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of biochemistry and biotechnology

student P.I. Aristov

(Voronezh state university) Department of information technology management

## **Разработка компьютерной лабораторной работы по атомно-силовой микроскопии биообъектов**

### **Development of a computer laboratory work on atomic force microscopy of bioobjects**

*Реферат.* Инновации в образовании основаны на применении новых эффективных образовательных и информационных технологий, внедрении прогрессивных форм организации образовательного процесса, активных методов обучения. Востребованным направлением в системе образования является разработка и внедрение виртуальных лабораторных работ. Для развития такого актуального раздела науки как биоинформатика, необходимо расширять возможности использования компьютеров для обработки информации, полученной с применением современных приборов. К таким методам исследования относится атомно-силовая микроскопия. Для студентов специальности 06.05.01 «Биоинженерия и биоинформатика» в рамках СД «Основы нанобиотехнологии» разработана виртуальная лабораторная работа по теме «Обработка наноструктурных изображений биомолекул». В основу разработки лабораторной работы легло создание доступного для выполнения руководства. Лабораторный практикум позволяет ознакомиться с теорией по атомно-силовой микроскопии, устройством и принципом работы прибора. Позволяет студентам быстро освоить работу с программой по обработке АСМ-изображений Nova 1.0.26.1443. В ходе лабораторной работы, для решения поставленных задач из каталога изображений выбираются биообъекты, а для их изучения и описания используется программное обеспечение. Студенты работают с изображениями биомолекул в программе: изменяют их (увеличивают, выделяют отдельные области, оценивают геометрические параметры, работают с 3D-изображением), выполняют описание и сравнивают. Результаты обобщаются в виде таблицы и вывода. Эффективность и актуальность созданной работы доказана при итоговой и промежуточной аттестации студентов, и результатами их анкетирования. Данный вид работы применим для дистанционного обучения, для обеспечения лабораторного практикума СД «Нанотехнология», «Современные методы анализа», для других специальностей и направлений подготовки в качестве учебно-методического материала.

*Summary.* Innovations in Education are based on the use of new effective educational and information technologies, introduction of progressive forms of organization of educational process, active learning methods. The significant role in the educational system is the development and implementation of virtual labs. For the development of the contemporary science section as bioinformatics, it is necessary to extend the possibility of using computers for processing the information received with the use of modern devices. These research methods include atomic force microscopy. For students of the specialty 06.05.01 "Bioengineering and Bioinformatics" in the SD "Basics of Nanobiotechnology" it has been developed a virtual laboratory work on "Processing of nanostructured images of biomolecules." The basis for the development of laboratory work was the handbook modified for affordable performance. Laboratory workshop allows you to briefly find out the theory of atomic force microscopy, the organization and the principle of operation of the device. It allows students to quickly learn the using the program at the AFM image processing - Nova 1.0.26.1443. In the laboratory work for the tasks solution the biological objects are selected from the images catalog, and to study and describe of these objects the software is used. Students work with images of biomolecules in the program: change them (increasing, selection of separate areas, evaluate the geometrical parameters, work with 3D-image), writing a description and compare objects with each other. The results are summarized in a table and conclusion. The effectiveness and usefulness of the created laboratory work are proved by the results of student's survey and tested in the final and interim certification. This kind of work is suitable for distance learning, to provide a laboratory practicum in SD "Nanotechnology", "Modern methods of analysis" for other specialties as an educational and methodological materials.

*Ключевые слова:* дистанционное образование, атомно-силовая микроскопия, виртуальная лабораторная работа, биоинформатика.

*Keywords:* distance education, atomic force microscopy, virtual laboratory work, bioinformatics.

В настоящее время многие учебные заведения применяют новые технологии обучения, включая широкое применение виртуальных лабораторных работ (виртулабов) [1].

В России набирает популярность и дистанционное образование, являющееся своеобразной модернизацией заочного. Такое обучение имеет более открытую форму, поскольку дает право получить образование категориям лиц, не имеющих возможности получить его традиционным способом. Дистанционное образование также характеризуется широкой доступностью к образовательным ресурсам. Однако, слабым местом такого образования, на наш взгляд, является отсутствие практических и лабораторных занятий, необходимых для закрепления и более качественного усвоения теоретических знаний [2].

Виртуальный лабораторный практикум можно рассматривать как один из вариантов решения этой проблемы, и, несмотря на отсутствие реального физического эксперимента, в основе него все также лежат процессы получения и обработки экспериментальных данных.

Виртуализация ряда лабораторных и практических работ, связанных с применением инновационных и наукоемких методов, помогает формировать основные компетенции, знания, умения и навыки. Разработка таких работ применима для создания в дистанционном обучении образовательных программ, включающих практические и лабораторные работы со сложным оборудованием, это также актуально для различных спецкурсов, основанных на применении дорогостоящей аппаратуры, для подготовки к реальным лабораторным работам, для обработки данных сложного эксперимента и т.д. Особое значение такие работы имеют для студентов специалитета и магистратуры по ряду современных направлений подготовки.

Виртуальные лабораторные работы могут быть двухмерными и трехмерными, простейшими и сложными, практическими для учеников средней и старшей школы, студентов и преподавателей. Виртулабы разрабатываются для самых различных дисциплин [3].

С целью снижения зависимости и необходимости приобретения в каждый вуз дорогостоящей аппаратуры, сложных приборов, для дистанционного образования, а также для расширений направлений подготовки по приоритетным направлениям, разработка виртуального лабораторного практикума является актуальной и обоснованной.

В рамках специальности 06.05.01 «Биоинженерия и биоинформатика» по дисциплине «Основы нанобиотехнологии» (цикл СД), разработана виртуальная лабораторная работа для студентов 4 курса по теме «Обработка наноструктурных изображений биомолекул».

В пределах спецкурса рассматриваются основы, и формируются навыки исследования биологических объектов для обеспечения будущей профессиональной деятельности в соответствии с паспортом специальности 06.05.01.

Одним из современных информативных методов изучения биомолекул является атомно-силовая микроскопия. Но в отличие от химиков или физиков, для специалистов в области биоинформатики больший интерес представляет не обеспечение правильности получения изображения биообъекта, а максимальное извлечение информации из полученного изображения с помощью компьютерных программ. Поэтому главной задачей лабораторной работы явилось знакомство и приобретение навыков обработки изображений, полученных на атомно-силовом микроскопе.

Лабораторная работа основана на знакомстве с работой и получением АСМ-изображений с применением прибора Agilent Technologies 5500 AFM (производство ЗАО «НТ-МДТ», г. Зеленоград, Россия) и обработка изображений биомолекул из базы данных с применением мобильной, доступной для свободного скачивания, программы.

Алгоритм выполнения виртуальной лабораторной работы основан на нескольких этапах действий студентов:

1. Подготовка к выполнению лабораторной работы.

На этом этапе обсуждаются и рекомендуются необходимые для изучения студентами разделы теории метода атомно-силовой микроскопии и устройства работы прибора (рисунок 1).



Рисунок 1. Пример диалоговых окон лабораторной работы

Студентами самостоятельно осуществляется проработка лекций, описание теоретических и практических основ метода атомно-силовой микроскопии, схем приборов и принципов их функционирования. Просматривается фильм с демонстрацией микроструктурных изображений с разной кратностью увеличения этим прибором.

2. Знакомство с целью работы и выбор объектов исследования.

На этом этапе сформулирована следующая цель работы: ознакомление студентов с принципом действия атомно-силового микроскопа АСМ (Nova) и программой обработки изображений на примере различных биомолекул.

В качестве объектов исследования выбираются наноизображения биологических объектов, полученные в результате сканирования на атомно-силовом микроскопе и обработанные модулем Image Analysis, встроенным в программный пакет Nova (1.0.26.1443), размещенный в открытом доступе (официальный сайт [<http://www.ntmdt.ru>]).

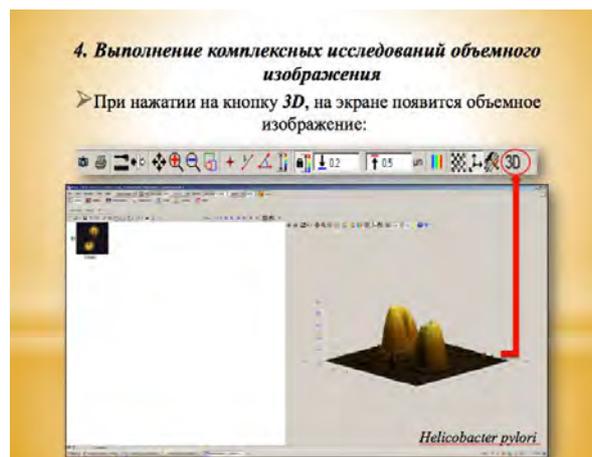
Осуществляемые при выполнении лабораторной работы преобразования не используют особенности физического процесса сканирования.

Обучение реализуется с помощью каталога биообъектов и доступного для скачивания и установки программного пакета Image Analysis Nova 1.0.26.1443, предназначенного для работы со сканирующей зондовой микроскопией. Это является спецификой такого вида работы, поскольку не требуется дополнительного оборудования, и изучение становится более доступным. А использование интерактивных текстов в виртуальной лабораторной работе способствует повышению качества образования и снижению финансовых расходов на освоение материала.

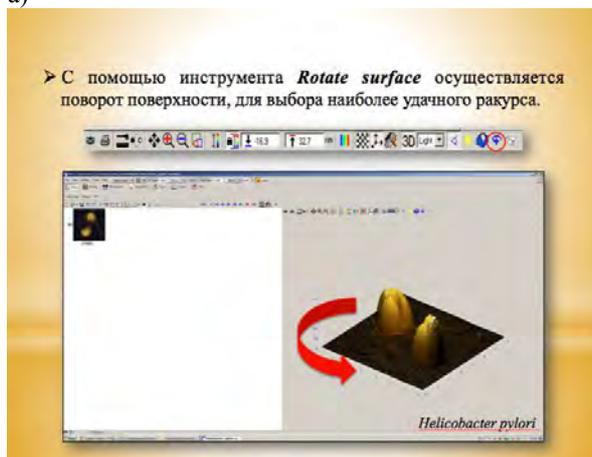
Каждый студент должен выбрать и обработать не менее 8 изображений (например, *Helicobacter Pylori*, молекулы ДНК, хромосомы, эритроцитов, наноприборов и т.д.).

3. Выполнение студентами поставленных задач.

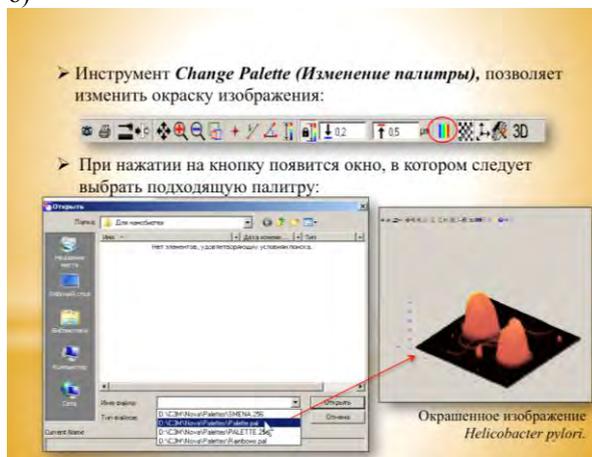
В лабораторной работе имеется инструкция для более доступного освоения методики работы, где на примере одной биологической наноструктуры наглядно и подробно описывается последовательность действий, которая будет понятна даже самому неопытному пользователю (рисунок 2).



а)



б)



в)

Рисунок 2. Диалоговые окна с представлением инструкций по обработке изображений (а, б, в)

В процессе выполнения работы учащийся должен выполнить анализ основных объектов изображения, рассчитать основные геометрические параметры, выполнить комплексные исследования объектов, представить измеренные и расчетные данные в виде таблицы, пример которой также проиллюстрирован в лабораторной работе (таблица 1).

Основные параметры и характеристики биообъектов

№	Наименование объекта	Основные параметры							Др. параметры
		2D изображение				3D изображение			
		Длина, нм	Ширина, нм	Расстояние между основными частями, нм	Параметры отдельных частей, нм	Шероховатость, нм	Минимальная высота, нм	Максимальная высота, нм	

По окончании работы с обобщением и сравнением данных по нескольким биообъектам формулируется вывод.

По окончанию работы от студентов требуется умение описывать и объяснять принцип работы прибора, методику проведения эксперимента. На уровне "владеть" – требуется владеть практическими умениями решать задачи в изученной области [4]. Открывается возможность научиться самостоятельно делать выводы из полученных данных, благодаря чему теоретический материал усваивается более глубоко.

Трудоемкость работы – 4 часа.

Апробация разработанной виртуальной лабораторной работы проведена в группе ПБ-112 (16 человек). Эффективность освоения материала проверена преподавателем на двух уровнях: 1) при защите лабораторных работ; 2) при итоговом тестировании.

Эффективность освоения знаний по этой теме достигает в группе 80 %, что на 20-30 % выше других работ, осваиваемых в традиционном режиме.

Обратная связь по оценке актуальности, эффективности и дружелюбности разработанной методической работы получена путем анкетирования студентов по окончании курса:

а. Полезна ли эта работа?

Да – 81%

Нет – 19%

б. Получили ли студенты новые знания?

Да – 56%

Нет – 25%

Затрудняюсь ответить – 19%

с. Интересно ли было использовать виртуальные фото и обрабатывать их (без получения снимка)?

Да – 100%

Нет – 0%.

Результаты опроса показали, что 80 % студентов считают виртуальную работу по обработке АСМ-изображений биомолекул полезной, интересной, формирующей новые навыки и знания; четверть - затруднилась ответить на вопрос о полученных знаниях, комментируя это тем, что в рамках одного занятия было недостаточно времени для более глубокого изучения программы.

Таким образом, двусторонняя оценка работы (преподаватель - студент) показала ее эффективность.

Наглядные компьютерные лабораторные работы предоставят преподавателям возможность поиска наиболее эффективных методов в обучении, что сделает занятия интересными и более насыщенными. Виртуальный комплекс составлен таким образом, что данную работу студенты могут выполнять и самостоятельно. Необходимым средством для самообучения является лишь умение пользоваться компьютером, и умение работать в сети интернет [5].

Несомненными достоинствами виртуальной лабораторной работы являются - возможность многократного просматривания студентами микроструктурных изображений биомолекул, работа с ними, оценка их свойств и геометрических параметров. Все это в итоге позволяет более эффективно формировать общекультурные и профессиональные компетенции в ходе обучения, более глубоко осваивать и получать новые знания и навыки [1].

Безусловно, виртуальные лабораторные работы не смогут полностью заменить реальные. Но при выполнении таких работ также формируются знания и представления, как о проведении эксперимента, так и о работе с оборудованием, которое необходимо для решения реальных задач. Вопрос в том, насколько ответственно к работе подходят учащиеся, насколько они готовы в результате учебы делать самостоятельные выводы [4].

Инженерное образование в большой степени направлено на получение практических знаний, но в вузах такие виртуальные лабораторные пока используют редко, поскольку малоразвит сам рынок цифрового обучения в инженерной сфере. Необходима популяриза-

ция использования таких работ, так как создание новых методик и технологий приводит к открытию новых возможностей образования, и подготовке квалифицированных специалистов в этих областях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Виртуальная образовательная лаборатория [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.virtulab.net/> (10 марта 2015 г.)

2 Пугачев А. С. Дистанционное обучение – способ получения образования // Молодой ученый. 2012. №8. С. 367-369.

3 Подберезкина А. Образовательный ресурс. 2013 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://zillion.net/ru/blog/247/virtual-nyie-laboratorii-dlia-dstantsionnogho-obucheniia-vuzov-i-shkol> (13 марта 2015 г.)

4 Полат Е.С., Бухаркина М.Ю. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2009. 272 с.

5 Профессиональная группа [Электронный ресурс] Тюмень, 2012. Режим доступа: <http://www.professionalgroup.ru/produkcziya/virtualnyie-laboratornyie-raboty.html> (15 мая 2015 г.)

#### REFERENCES

1 Virtual'naya obrazovatel'naya laboratoriya [Virtual teaching laboratory]. Available at: <http://www.virtulab.net/> (Accessed 10 March 2015). (In Russ.).

2 Pugachev A. S. Distance learning is a way of education. *Molodoy ucheniy*. [Young scientist], 2012, no.8. pp. 367-369. (In Russ.).

3 Podbereskina A. Obrazovatel'nyi resurs. 2013 [Educational resource]. Available at: <http://zillion.net/ru/blog/247/virtual-nyie-laboratorii-dlia-dstantsionnogho-obucheniia-vuzov-i-shkol> (Accessed 13 March 2015). (In Russ.).

4 Polat E. S., Bukharkina M. Yu. Novye pedagogicheskie i informatsionnye tekhnologii v sisteme obrazovaniya [New pedagogical and information technologies in the education system] Moscow, Izdatel'skii centr «Akademiya», 2009. 272 p. (In Russ.)

5 Professional'naya gruppa [Professional group]. Tyumen', 2012. Available at: <http://www.professionalgroup.ru/produkcziya/virtualnyie-laboratornyie-raboty.html> (Accessed 15 may 2015).