

---

## НОВЫЕ МЕТОДЫ ВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА\*

О.В. Игумнова, Е.М. Шимкевич, Д.А. Ананьин,  
К.Б. Гордон, Е.А. Лукьянова,  
В.Д. Проценко

Кафедра медицинской информатики  
Медицинский факультет  
Российский университет дружбы народов  
*ул. Миклухо-Маклая, 8, Москва, Россия, 117198*

Образовательный потенциал медико-биологических лабораторий российских медицинских вузов не реализуется в полной мере. Актуальным вопросом медицинского образования является дополнение и замена проводимых лабораторных экспериментов виртуальными практикумами, для чего необходима разработка принципиальных подходов к моделированию виртуальной медико-биологической лаборатории.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, виртуальная медико-биологическая лаборатория, информационно-образовательная среда, медико-биологический эксперимент.

В общем виде медико-биологическая лаборатория (МБЛ) представляет собой часть учебно-материальной базы медицинского учебного заведения, связанную с другими ее составными частями (учебные аудитории, музей, учебные экспонаты, технические средства обучения) и органично дополняющую их в рамках информационно-образовательной среды (ИОС) в обеспечении достижения целей учебного процесса в соответствии с определенными государственными образовательными стандартами и требованиями к профессиональной подготовленности специалиста.

В медицинской литературе вопросам организации МБЛ и определению корректного научно-методического подхода к организации и разработке медико-биологических лабораторных практикумов и отдельных экспериментов не уделяется должного внимания. Более того, на настоящий момент не существует четких общепринятых требований к организации, оснащенности МБЛ и обязательному набору проводимых в ней экспериментов.

Обязательным требованием к организации МБЛ является соответствие правилам и нормам охраны труда, техники безопасности и противопожарной защиты. Оснащенность лаборатории и принятый набор проводимых экспериментов в каждом конкретном случае определяется методическими традициями, сложившимися на кафедре, и ее реальными возможностями, ограниченными числом учебных часов, состоянием лабораторного оснащения, подготовленностью педагогических кадров, финансовыми возможностями и рядом других факторов. Зна-

---

\* Данная работа выполняется в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009—2013 годы», мероприятие 1.2.2.

чительную часть ограничений на применение лабораторных работ в образовании студентов-медиков может снять их реализация в виде управляемых имитационных моделей экспериментов на основе реальных данных, накопленных ранее.

В связи с этим остро встает вопрос определения основных подходов и принципов разработки медико-биологического эксперимента (МБЭ) с целью его воспроизведения путем моделирования в виртуальной медико-биологической лаборатории (ВМБЛ) [1, 2]. Разработка принципиальных подходов позволит обоснованно определять выбор методов и «глубины» моделирования и визуализации МБЭ с точки зрения их соответствия целям и задачам лабораторной работы.

С этой целью нами были проанализированы лабораторные практикумы и методические указания к проведению МБЭ, разработанные в разные годы на кафедрах медицинского факультета РУДН и других российских вузов. Проведенный анализ позволил выявить общие черты в организации МБЛ и предложить ее принципиальную модель.

На наш взгляд, с точки зрения моделирования ВМБЛ можно представить как *среду виртуальной реальности*, в которой и с помощью элементов которой осуществляется *управление экспериментом над исследуемым объектом*. Среда виртуальной реальности соответствует рабочему месту экспериментатора (студента), оснащеному лабораторным оборудованием и расходными материалами, исследуемый объект — объекту исследования в реальной лаборатории, а управление экспериментом воссоздает ход реального опыта.

Рассматривая МБЛ с этой точки зрения, нами предлагается разработка учебной ВМБЛ не в виде готового практикума, состоящего из конечного набора моделей опытов, конкретных экспериментальных задач с алгоритмизированным и предопределенным путем их решения, а как *модель среды деятельности*, в которой возможно осуществление широкого спектра экспериментальных воздействий на *модели изучаемых объектов*.

С этих позиций ВМБЛ как программный продукт должна выполнять следующие основные функции [3]:

- моделирование поведения изучаемых объектов и среды эксперимента;
- визуализация изучаемых объектов и среды эксперимента, имитация воздействий на них со стороны экспериментатора;
- организация и управление лабораторной работой, экспериментом.

Модель среды проведения эксперимента в ВМБЛ должна отражать рабочее место экспериментатора, оснащенное в соответствии с целями и задачами лабораторной работы. В общем случае МБЛ оснащена лабораторной мебелью, лабораторным оборудованием, мелким инвентарем и расходными материалами. Виртуальная лаборатория позволяет использовать модели самых современных образцов, позволяющих реализовывать новейшие научные методы проведения исследований. Оснащение и оборудование ВМБЛ включает в себя:

*Лабораторную мебель*, соответствующую современным требованиям безопасности и эргономичности. В зависимости от задачи эксперимента визуализация лабораторных столов, шкафов, стоек и пр. осуществляется в трехмерной или

двумерной проекции. Модель элементов лабораторной мебели должна предусматривать возможность свободного размещения на ее поверхностях лабораторных материалов, оборудования, исследуемых объектов.

*Мелкий инвентарь лаборатории, представленный:*

— лабораторной посудой, модель которой характеризуется максимальной вместимостью (объемом);

— инструментами, выполняющими функции манипуляторов, дозаторов и/или измельчителей (пинцеты, скальпели, шпатели, шприцы, дозаторы, пипетки, предметные стекла, газоотводные трубки и пр.). Модели таких объектов характеризуются классами возможных действий над расходными материалами или исследуемыми объектами в зависимости от их природы.

*Расходные материалы, представленные:*

— перевязочными материалами;

— химическими веществами (реактивами, медицинскими препаратами, растворителями и т.п.), характеризующимися различными классами взаимодействия друг с другом и с исследуемыми объектами. В случае принципиальной зависимости исхода эксперимента от результата воздействия объекта данного класса на исследуемый объект следует описывать возможные взаимодействия математической моделью с учетом кинетики и стехиометрии протекающей химической реакции. В остальных случаях достаточно использовать базы данных результатов такого взаимодействия;

— питательными средами, характеризующимися возможными взаимодействиями с исследуемыми объектами в различных условиях культивирования.

*Лабораторное оборудование, которое может включать:*

— термическое оборудование (сушильные шкафы, электропечи, термостаты, стерилизаторы, спиртовки), манипулирование которым позволяет задать значение температуры как внешнего параметра моделируемой системы;

— весовую технику, отображающую массу взвешиваемых объектов;

— микроскопы, позволяющие изменять масштаб изображений исследуемых объектов, передвигать изображения в поле зрения, осуществлять расчеты и измерения, обеспечиваемые современной микроскопической техникой;

— спектрометрическое оборудование (спектрометры, флуориметры, фотометры, фотоколориметры), предоставляющее спектрографические данные для исследуемых образцов;

— хроматографическое оборудование, позволяющее определять качественный состав проб;

— электрохимическое и измерительное оборудование (вольтамперические анализаторы, рН-метры, ионометры, кондуктометры, рефрактометры, сахариметры, поляриметры, термометры и пр.), отображающее количественные параметры исследуемого объекта.

*Защитные средства и специальное оборудование, наличие которого в лаборатории необходимо при проведении опасных опытов, подразумевает: защитные костюмы, очки, перчатки, респираторы, вытяжные шкафы и пр. Включение таких*

объектов в ВМБЛ обосновано, если в цели и задачи работы входит отработка или закрепление правил безопасности при проведении определенного класса опытов. Выполнение поставленных задач с помощью таких объектов возможно либо в виде осуществления допуска к проведению опыта в лаборатории только после осуществления с ними необходимых действий (выработка навыков), либо в виде прекращения работы экспериментатора в лаборатории через определенное время с начала эксперимента вследствие «нанесения вреда здоровью» экспериментатора (закрепление навыков).

МБЛ охватывает широкий спектр исследуемых объектов. В зависимости от цели МБЭ объекты исследования предлагается разделить на объекты статического и динамического моделирования.

*Объектами статического моделирования* являются неживые объекты, представленные гистологическими, костными и влажными анатомическими препаратами, культурами тканей, клеток, микроорганизмов и пр. Такие объекты исследуются в ходе *статического МБЭ*, предметом изучения которого является структура объекта, методы подготовки биологического материала для получения препаратов. Такие эксперименты характерны для морфологических дисциплин (нормальная и патологическая анатомия, гистология, цитология и др.). *Цели и задачи* эксперимента заключаются в научении уверенно *распознавать изучаемый объект* в его основной форме и в возможных вариациях, *овладении медицинской терминологией*, связанной с обозначением изучаемого объекта и его структурных элементов, осознании *влияния структуры объекта на выполняемую им функцию*.

Если учесть, что данные объекты статичны и их состояние мало меняется во времени, то их имитационное моделирование не предполагается возможным. В связи с этим предлагается в ВМБЛ использовать базы изображений соответствующих препаратов с неизменной структурой каждого отдельного образца, но с возможностью изменения качества его отображения (плотность, насыщенность, характер окраски, контрастность изображения) в зависимости от осуществленных экспериментатором над препаратом операций, например, способа фиксации материала, условий окрашивания образца, гистохимических свойств выбранного красителя и т.д..

*Объекты динамического моделирования* представлены живыми объектами и системами от клеточного до популяционного уровня. Такие объекты исследуются в ходе *динамического МБЭ*, предметом изучения которого является определенная функция исследуемого объекта, закономерности его поведения, течения изучаемых процессов. Динамические опыты проводят в лабораториях нормальной и патологической физиологии, биохимии, иммунологии, аллергологии и др. *Цели и задачи* эксперимента заключаются в *изучении закономерностей процессов*, протекающих в исследуемом объекте на *физиологическом уровне и при воздействии патогенных факторов*.

В ходе эксперимента исследуется поведение системы или объекта, процесс, зависящий от множества параметров, что подразумевает необходимость разра-

ботки моделей протекания изучаемых процессов, а также мощных средств визуализации наблюдаемых изменений в ходе и результате эксперимента.

Очевидно, что для большого количества лабораторных экспериментов необходимо предусмотреть возможность предоставления как динамической, так и статической модели объекта исследования на разных стадиях эксперимента. Такое сочетание двух подходов к моделированию необходимо для постановки смешанного (комбинированного) МБЭ, направленного на изучение взаимного влияния особенностей морфологического строения исследуемого объекта и характера его функционирования (микробиология, паразитология и др.).

Таким образом, ВМБЛ, программно реализованная в виде среды виртуальной реальности, предоставляющей возможность постановки статических, динамических и комбинированных МБЭ методами имитационного моделирования, адекватно отражает и дополняет реальную МБЛ.

Предложенная структура ВМБЛ обеспечивает высокую вариативность условий, средств и методов проведения эксперимента, возможность выбора методики и инструментария проведения МБЭ в соответствии с поставленными целями. В такой лаборатории возможно проведение уже разработанных и апробированных экспериментов, разработка новых работ и практикумов в соответствии с требованиями новых учебных планов, а также проведение научных экспериментов, в том числе тех, которые невозможно поставить в натурной лаборатории, например для работы с особо опасными материалами (токсины, радионуклиды и др.). Накопление данных, необходимых для проведения лабораторных работ, в БД позволяет уточнять модели объектов исследования и среды деятельности, составлять неограниченное количество опытов за счет комбинаций исходного материала и выбора методов и оборудования. Кроме того, ВМБЛ существенно снижает затраты на приобретение дорогостоящего оборудования, расходные материалы, закупку и содержание животных.

Все это свидетельствует о том, что ВМБЛ является эффективным инструментом обучения не только с точки зрения передачи знаний и навыков из имитационной виртуальной среды в физическую, но и с позиций стимулирования творческой, исследовательской активности учащихся за счет реализации возможности широкого выбора.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Игумнова О.В., Лукьянова Е.А., Проценко В.Д.* Лаборатория имитационной медицины // Здоровье и образование в XXI веке: Материалы VII Международной научно-практической конференции. — 2006. — С. 206—207.
- [2] *Игумнова О.В., Лукьянова Е.А., Проценко В.Д.* Методы и средства разработки биологической имитационной лаборатории // XIII Международная конференция «Математика, компьютер, образование»: Тезисы докладов. — 2007. — Вып. 14. — С. 155.
- [3] *Башмаков А.И., Башмаков И.А.* Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. — М.: Филинь, 2003. — 616 с.

## **NEW METHODS OF LABORATORY TRAINING PERFORMANCE**

**O.V. Igumnova, E.M. Shimkevich, D.A. Ananuin,  
C.B. Gordon, E.A. Lukyanova,  
V.D. Protsenko**

Department of Medical Informatics  
Medical faculty  
Peoples' Friendship University of Russia  
*Miklukho-Maklaya str., 8, Moscow, Russia, 117198*

Medico-biological laboratories in Russian institutes of higher medical education do not support effectively the educational process. Development of universal criteria and requirements to modeling of a virtual medico-biological laboratory is significant for medical education. The purpose of the article is to develop principal approaches to realization of the model in a virtual medico-biological laboratory.

**Key words:** imitational, virtual medico-biological laboratory, educational information environment, medico-biological experiment.