
МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ КАК ОБЪЕКТ МОДЕЛИРОВАНИЯ*

О.В. Игумнова, Е.А. Лукьянова,
В.Д. Проценко, Е.М. Шимкевич

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

Образовательный потенциал медико-биологических лабораторий российских медицинских вузов реализуется не 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. Данная статья посвящена разработке концептуальной модели виртуальной медико-биологической лаборатории.

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

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 требованиями к профессиональной подготовленности специалиста.

Оснащенность лаборатории и принятый набор проводимых экспериментов в каждом конкретном случае определяется методическими традициями, сложившимися на кафедре, и ее реальными возможностями, ограниченным числом учебных часов, состоянием лабораторного оснащения, подготовленностью педагогических кадров, финансовыми возможностями и рядом других факторов. В российских медицинских вузах разработан и применяется широкий спектр лабораторных экспериментов и практикумов, использование которых в учебном процессе возможно лишь в ограниченном количестве вузов, сходных по оснащенности лабораторий, методике подачи учебного материала и уровню подготовки преподавательского состава. Значительную часть ограничений на применение наиболее эффективных работ в образовании студентов медиков может снять реализация данных опытов в виде управляемых имитационных моделей реальных экспериментов на основе накопленных в ходе их проведения данных.

*Работа выполняется в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009—2013».

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—3]. 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 выполнен анализ лабораторных практикумов и методических указаний к проведению МБЭ, разработанных в разные годы на кафедрах медицинского факультета РУДН и других российских вузов. Проведенный анализ позволил выявить общие черты в организации МБЛ и предложить ряд требований к организации и проектированию ВМБЛ.

Концептуальная модель постановки МБЭ в учебной МБЛ. С точки зрения моделирования МБЛ 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.

В большинстве случаев медико-биологическая лабораторная работа подразумевает реализацию ряда этапов, последовательность и состав которых может изменяться в соответствии с частными требованиями к каждой конкретной работе. Следует выделить основные этапы МБЭ, требующие отражения в ВМБЛ.

Формулирование темы лабораторной работы. Как правило, темы лабораторных работ определены в учебном плане и полностью соответствуют темам остальных видов занятий. Очевидно, что в ВМБЛ, предназначенной для использования в обучении студентов медицинских специальностей, следует определять темы экспериментов по тому же принципу, что и для физической МБЛ

Постановка целей и задач работы. Основная цель МБЭ состоит в формировании у обучающихся клинического мышления, позволяющего врачу распознавать значимые признаки, симптомы, синдромы, оценивать течение нормальных и патологических процессов, воссоздавать причины развития и исходов нормальных и патологических состояний и процессов, т.е. в заложении навыков диагностики и прогнозирования развития наблюдаемых явлений. Это осуществляется за счет достижения ряда общих целей и задач лабораторных практикумов, заключающихся в получении студентами широкого спектра профессиональных навыков и умений:

- навыков разработки схем постановки и проведения эксперимента, обоснованного выбора методов, инструментов и материалов;
- навыков работы с современными инструментальными и лабораторными методиками;
- навыков работы с современной аппаратурой;
- базовых навыков выполнения манипуляций, проведения процедур;

— умения излагать и демонстрировать результаты проведенных исследований;

— навыков анализа полученных данных и формулировки выводов экспериментальных исследований;

— умения обосновать и защитить сформулированные выводы, диагноз, предложенный прогноз;

— навыков применения основных математических и статистических методов обработки результатов экспериментов;

— знания техники безопасности при работе с лабораторной посудой и инструментарием, исследуемыми объектами и др.

Частные цели и задачи лабораторных экспериментов тесно связаны с предметом исследования, что позволило нам выделить на этой основе три класса МБЭ.

1. Статический МБЭ, предметом изучения которого является структура исследуемого объекта. 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.

2. Динамический МБЭ, предметом изучения в котором 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 патогенными факторами.

3. Смешанный (комбинированный) МБЭ, направленный на изучение взаимного влияния особенностей морфологического строения исследуемого объекта и характера его функционирования (микробиология, паразитология и др.).

Данный этап реализуется в виде блока постановки задач эксперимента, в котором излагаются цель, условия (исходное состояние объекта и ограничения) и предполагаемая методика проведения работы.

Повторение теоретического материала и/или оценка уровня подготовленности к занятию. Реализация данного этапа в ВМБЛ осуществляется за счет представления теоретического материала по теме работы для ознакомления до начала опыта, а также при необходимости в ходе выполнения эксперимента. Это предполагает наличие в ВМБЛ интерактивного справочника по рассматриваемой теме.

Оценка уровня подготовленности к работе осуществляется в виде входного тестирования, соответствующего получению допуска к лабораторной работе в физической МБЛ.

Формулирование рабочей гипотезы. На данном этапе экспериментатор определяет предположительный результат работы и определяет параметры и критерии

оценки состояния исследуемого объекта, показатели этого состояния, требующие протоколирования.

Выбор и описание метода, используемого инструментария, объекта исследования. В связи с отсутствием большинства технических, финансовых и временных ограничений, присущих физической лаборатории, а также в связи с безопасностью для экспериментатора проведение любых опытов в виртуальной реальности ВМБЛ предоставляет возможность широкого выбора используемых инструментов — от расходных материалов до высокотехнологичных современных приборов и доступных методов проведения исследования. Следует обеспечить возможность выбора на данном этапе любого имеющегося в разработанной для изучаемой темы ВМБЛ оснащения, а также возможность определения студентами параметров и свойств выбранных объектов. Это позволяет привлечь студентов к разработке схем и сценариев эксперимента, и тем самым поднять МБЭ на творческий научный уровень обучения.

Для обеспечения эффективной постановки опыта для студентов с начальным и средним уровнем подготовки необходимо предусмотреть возможность ограничения выбора оборудования и материалов, возможностей изменения их характеристик, таких как концентрация реактивов и т.п., что позволит реализовать принцип индивидуализации обучения. Наложение ограничений на свободу выбора средств и методов постановки опыта осуществляется преподавателем, автоматически назначается за счет определения уровня сложности работы по результатам входного тестирования или за счет выбора уровня сложности самими учащимися. Очевидно, что первые два метода следует применять при работе в классе, а третий — при самостоятельном изучении или повторении темы в ВМБЛ.

Разработка схемы и сценария проведения эксперимента. При выполнении реальных МБЭ студенты в большинстве случаев не участвуют в разработке схем и сценариев, эксперименты проводятся в соответствии со сценариями, изложенными в практикумах и методических указаниях.

В ВМБЛ используется компетентностный подход, ориентированный на конечный результат и стимулирующий активное участие студента в работе. Для этого предлагается не алгоритмизировать действия студентов, оставлять за ними свободу выбора способов воздействия на изучаемый объект и их последовательности, позволяя совершать ошибки, получать некачественные результаты, стимулируя творческий поиск, совершение собственных открытий в ходе занятия. При этом необходимо предусмотреть и предоставить возможность повтора проекта ВМБЛ во время занятий и самостоятельно с целью поиска, оптимизации, более убедительного доказательства (подтверждения гипотезы). Управление системным временем в ВМБЛ позволяет каждому студенту «перемещаться во времени» — не только принять участие в подготовке МБЭ, проведении самого опыта, но и заглянуть в прошлое, получить отдаленные в будущем результаты воздействия на изучаемый объект в пределах одного занятия.

Выполнение опыта / опытов. В связи с рядом технико-экономических ограничений, присущих подавляющему большинству медицинских факультетов и вузов страны, таких как недоступность живых организмов и расходных материалов,

отсутствие новых и износ старых приборов и инструментов, МБЭ во многих случаях носит объяснительно-иллюстративный характер. Опыт, как правило, проводится преподавателем, студенты осуществляют наблюдение, и лишь ограниченное количество обучающихся имеет возможность осуществлять манипуляции с исследуемым объектом. ВМБЛ обеспечит вовлеченность каждого студента в выполнение работы, позволит проводить все необходимые действия с выбранным объектом.

В ходе МБЭ исследователи, как правило, имеют возможность дополнительно воздействовать на объект (дополнительное окрашивание препарата, введение дополнительной дозы раздражителя и т.п.) или снимать замер, не предусмотренный первоначальным планом опыта. Желательно обеспечить возможность подобного воздействия на объект и в ходе виртуального опыта.

Проведение необходимых замеров, регистрация показателей и критериев состояния, фиксация данных. Как показал анализ лабораторных практикумов, способы регистрации данных в МБЭ во многом зависят от типа эксперимента в соответствии с предложенной нами классификацией.

В статическом МБЭ результаты исследования регистрируются однократно для каждого объекта в виде рисунка, снимка, описания исследуемого объекта, осуществляется сегментация объекта, подсчитывается число элементов, регистрируется их взаимное расположение. Измерениям подвергаются размеры объектов (линейные, площадь, объем) и их структурных составляющих, измеряется оптическая плотность препаратов, химический состав и т.д..

В динамическом МБЭ осуществляется регистрация величин критериев состояния изучаемого объекта или процесса как дискретно (до воздействия, в ходе и в конце эксперимента), так и в непрерывном режиме от начала до конца опыта.

Реализация данного этапа в имитационной модели опыта нами предлагается на основании следующих принципов:

— изображения объектов представляются в том виде, в котором отображается данный объект на момент измерения. Качество изображения объекта будет зависеть от предшествовавших манипуляций над ним, например, способа фиксации материала, условий окрашивания образца, гистохимических свойств выбранного красителя и т.д.;

— измерения осуществляются в соответствии со свойствами, заложенными в выбранные в качестве инструментов измерения приборы. Результаты представляются в виде таблиц и графиков.

Оформление отчета о лабораторной работе. В ходе МБЭ в физической МБЛ студенты ведут протокол исследования, делая необходимые записи в ходе эксперимента. Очевидно, что при проведении виртуального опыта студент должен иметь возможность вести записи в электронной рабочей тетради. Необходимо обеспечить возможность автоматической регистрации результатов эксперимента, возможности их обработки с помощью современных методов, отображения результатов в отчете в виде аналитических таблиц, графиков, изображений, что позволит высвободить время для аналитической работы, творческого поиска, формулировки и обоснования выводов по результатам исследования.

Обоснование и защита выводов по теме исследования, оценка уровня полученных знаний и понимания изученной темы. Результаты проведенной работы можно оценить с помощью финального теста, однако мы считаем, что такой способ оценки приобретенных знаний уместен лишь при самостоятельном проведении работы. Для аудиторной работы предлагается предоставить студенту возможность самому сформулировать и обосновать выводы с последующим обсуждением их с другими студентами и преподавателем, что позволит обеспечить преемственность преподавания дисциплины.

Заключение. Анализ лабораторных практикумов по проведению МБЭ, применяющихся в обучении студентов медицинских специальностей, позволил сформулировать ряд требований к ВМБЛ, предполагающих разработку следующих ее элементов:

— блок постановки задач эксперимента, предназначенный для изложения цели, условий, методики проведения эксперимента, построения рабочей гипотезы и определения критериев оценки состояния исследуемого объекта;

— интерактивный справочник, предоставляющий информацию по рассматриваемой теме, правилам работы с выбранным оборудованием и т.п. как перед экспериментом, так и в ходе его;

— имитационные модели исследуемых объектов и протекающих в них процессов, экспериментального оборудования, средства их реализации, визуализации и манипулирования;

— средства фиксации, обработки и представления результатов экспериментов, выполняющие функцию рабочей тетради и протокола опыта, на основе которых формируется отчет по лабораторной работе;

— средства контроля знаний экспериментатора, позволяющие на основе тестирования оценить входной уровень подготовки студента и правильность выводов по результатам эксперимента.

Разработка программной реализации ВМБЛ и проводимых в ней МБЭ должна основываться на анализе целей и задач, которые стоят перед лабораторией и экспериментом типа исследуемого объекта. ВМБЛ должна обеспечивать высокую вариативность условий, средств и методов проведения эксперимента, возможность выбора методики и инструментария проведения эксперимента в соответствии с поставленными целями, уровня алгоритмизации действий экспериментатора при проектировании, подготовке и проведении опыта в соответствии с его подготовленностью к проведению эксперимента.

При условии выполнения поставленных требований ВМБЛ обладает высоким образовательным потенциалом, заключающимся в уходе от традиционного объяснительно-иллюстративного подхода к творческому обучению, потенциальной возможности реализации принципов индивидуализации образования, принципов проблемного и контекстного обучения, возможности использования новейших научных подходов и методов исследований на самом современном оборудовании, возможности проводить сложнейшие и опаснейшие эксперименты без риска для здоровья экспериментатора и подопытных животных, высвобождении времени экспериментатора для творческой работы путем автоматизации регистрации и обработки полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Игумнова О.В., Лукьянова Е.А., Проценко В.Д.* Лаборатория имитационной медицины // *Здоровье и образование в XXI веке: Материалы VII Междунар. научно-практ. конф.* — М.: Изд-во РУДН, 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.* — Вып. 14. — М., 2007. — С. 155.
- [3] *Игумнова О.В., Шимкевич Е.М., Ананьин Д.А., и др.* Новые методы ведения лабораторного практикума // *Вестник РУДН. Серия «Медицина».* — 2010. — № 2 — С. 111—116.

MEDICO-BIOLOGICAL LABORATORY AS AN OBJECT OF MODELING

**O.V. Igumnova, E.A. Lukyanova,
V.D. Protsenko, E.M. Shimkevich**

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. Searching of universal criteria and requirements to modeling of a virtual medico-biological laboratory is actual for medical education. The purpose of the article is to develop a conceptual model of a medico-biological experiment and principal approaches to realization of the model in a virtual medico-biological laboratory.

Key words: imitating modeling, virtual reality, medico-biological experiment, virtual medico-biological laboratory, educational process, info-educational environment.