

УДК 54.07

## ВИРТУАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРИИ КАК СРЕДСТВО ОБУЧЕНИЯ БИМЕДИЦИНСКИМ ТЕХНОЛОГИЯМ

В.Д. Абрамов<sup>1</sup>, В.В. Кугуракова<sup>2</sup>, А.А. Ризванов<sup>3</sup>, М.М. Абрамский<sup>4</sup>,  
Н.Р. Манахов<sup>5</sup>, М.Е. Евстафьев<sup>6</sup>

*Казанский (Приволжский) федеральный университет*

<sup>1</sup>ivitazour@gmail.com; <sup>2</sup>vlada.kugurakova@gmail.com; <sup>3</sup>rizvanov@gmail.com;

<sup>4</sup>ma@it.kfu.ru; <sup>5</sup>nadirmanakhov@gmail.com; <sup>6</sup>mixaill3d@gmail.com

### **Аннотация**

Проведен анализ актуальных решений в области биотехнологических симуляций в виртуальной среде, на основании которого сформулирован ряд требований к механике, окружению, визуальной и технической частям реализации таких виртуальных лабораторий. Представлена конкретная реализация виртуальных лабораторий, которую можно применять студентам при изучении биомедицинских технологий. Предложенная методика разработки биотехнологических симуляций в виртуальной среде может быть успешно применена для разработки виртуальных лабораторий по всему спектру изучаемого материала.

**Ключевые слова:** виртуальные лаборатории, обучение медицинских специалистов, виртуальные симуляции, медицина, биотехнологические симуляции, биомедицинские технологии

### **ВВЕДЕНИЕ**

Принято считать, что первые симуляции появились в 1928 году, когда Эдвин Линк создал первый в мире тренажер для полетов [1]. Этот симулятор помогал подготовке военных пилотов до и в течение Второй мировой войны. Сегодня виртуальные симуляторы, тренажеры и лаборатории используются во многих сферах, среди которых авиация, химия, топливная промышленность, ядерные исследования, биология, инженерия и многие другие. В данной работе мы будем считать симулятор и тренажер синонимами, поскольку в контексте тематики статьи они различаются незначительно.

Виртуальную лабораторию (virtual laboratory, V-lab, virtual reality laboratory)

можно определить как искусственное окружение – программу на персональном компьютере, портативном вычислительном устройстве или приложение на базе веб-технологий, где могут быть воспроизведены опыты, возможные только в лабораторных условиях, что позволяет обучаемым совершать их удаленно и в любое время. Кроме того, данное программное обеспечение позволяет сократить расходы на реальные ресурсы лаборатории, а также уменьшить риск негативных последствий в результате неудачного проведения эксперимента или неправильного использования оборудования, реактивов, материалов в процессе обучения.

Технологии виртуальных лабораторий применимы ко многим сторонам жизни, в особенности это касается подготовки и обучения специалистов [3].

Наиболее результативным подходом в образовательном процессе обучения лабораторному практикуму мы считаем комбинирование занятий или самостоятельных работ, чередующее применение виртуальных технологий и последующее закрепление полученных умений и навыков в реальных лабораториях. Такой комбинированный подход позволяет обучаемым заранее ознакомиться с теоретическим материалом и порядком действий/спецификой выполнения экспериментов, значит, как следствие, более качественно выполнить эксперимент в реальных условиях.

Проблемы поддержания материально-технической базы и осуществления экспериментов, нехватки оборудования, опасности экспериментов – все эти сложности можно обойти при активном внедрении в образовательный процесс виртуальных технологий. Студенты и преподаватели находят виртуальные симуляции привлекательными в силу их портативности, удобства в использовании и высокой эффективности. Тем не менее, пользователи отмечают и недостатки таких решений, заключающиеся в ограничении свободы действий, в плохом «мануальном» ответе, в отсутствии возможности практики на реальном оборудовании в процессе работы.

Современная виртуальная лаборатория должна отвечать следующим требованиям [5]: транслировать студентам «долабораторный опыт», который научит их базовым методам использования инструментов и технологий, с которыми они будут работать в реальных промышленных и исследовательских лабораториях; собирать статистику пользователей, что поможет сравнивать результативность

студентов, оценивать их, а также проводить оценку эффективности работы симуляции, снижать риски и издержки, давать доступ к оборудованию, которое учебное заведение не может приобрести, и, по возможности, включать игровой аспект в обучение как способ поддержания внимания и сделать процесс освоения материала не только познавательным, но и увлекательным.

Симуляции могут представлять как решение для персонального компьютера, так и решение для веб-сервера – в десктопных приложениях может быть размещено больше контента, реализована улучшенная реалистичность и использованы все новейшие технологии. Однако стоит отметить, что виртуальные лаборатории, расположенные в Сети, несмотря на менее реалистичную визуальную составляющую в силу технологических особенностей, обладают преимуществом постоянных обновлений и дополнений, легкостью в установке, кроссплатформенностью, а также возможностью получить доступ откуда угодно и когда угодно [4].

По мнению ряда специалистов [2], виртуальные симуляторы позволяют добиться увеличения вовлеченности обучения и подготовленности специалистов, улучшения визуального восприятия технического процесса, сокращения расходов организации; масштабируемости процесса обучения, беспристрастной оценки деятельности, обеспечения коллективной учебно-методической работы [12]. Таким образом, компьютерные симуляторы – серьезное подспорье в обучении и при этом, в отличие от реальных учебных лабораторий, решение, не требующее затрат, более гибкое и способное повторить сложные лабораторные условия.

Стоит упомянуть, что в Письмах Министерства образования и науки Российской Федерации от 21 апреля 2015 г. № ВК-1013/06 в акте «О направлении методических рекомендаций по реализации дополнительных профессиональных программ» [13] отдельно подчёркнуто, что «в состав программно-аппаратных комплексов должно быть включено ... программное обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса», включая «интерактивные среды, виртуальные лаборатории ..., творческие виртуальные среды...».

### **ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ**

Рынок виртуальных лабораторий активно развивается, за последние 10 лет он вырос более чем в 6 раз. Согласно библиометрическому анализу [6], самое большое количество исследований связано с симуляцией инженерных опытов и

экспериментов. После изучения находящихся в свободном доступе решений, используемых мировыми образовательными учреждениями, можно сделать вывод, что рынок биотехнологических виртуальных лабораторий отстает в развитии от современных трендов виртуальных тренажеров. Практически нигде не используются новые мощные кроссплатформенные игровые движки<sup>1</sup>, которые позволили бы добиться реалистичности, а также точнее воспроизводить опыты. Более того, не предлагается использовать дополнительное оборудование (например, шлемы виртуальной реальности и устройства бесконтактной манипуляции), позволяющее получить более полный эффект погружения.

Рассмотрим некоторые решения в области виртуальных лабораторий, отметив отдельно технологии, с помощью которых они разработаны.

**Nhmi BioInteractive** [9] (язык JavaScript) – виртуальная лаборатория Howard Hughes Medical Institute (NHMI, Медицинский институт Говарда Хьюза), в которой студенты могут проводить эксперименты, записывать данные, а также отвечать на тестовые/проверочные вопросы. В продукте скомбинированы анимации, иллюстрации и видеоматериалы.

Лаборатории от NHMI обладают неплохой графикой, но вот игровой аспект в них скучен и однообразен. Каждая лаборатория сделана под конкретный эксперимент, отсутствует возможность перемещения по виртуальной лаборатории – в каждом конкретном экране находятся только те предметы, с которыми мы взаимодействуем, что некоторым образом ухудшает восприятие целостной картины функционирования всей лаборатории. В продукте присутствует возможность совершить неудачный опыт, но сделать это будет возможно только с помощью бессмысленного нажатия на точки взаимодействия. Из плюсов этой лаборатории можно назвать огромное количество методического материала – каждый опыт или действие описаны достаточно точно, присутствуют глоссарий и общее описание.

Из всех рассмотренных продуктов лаборатория от NHMI – одна из самых но-

---

<sup>1</sup> Игровой движок – центральный программный компонент компьютерных и видеоигр или других интерактивных приложений с графикой, обрабатываемой в реальном времени; он обеспечивает основные технологии, упрощает разработку и часто даёт игре возможность запускаться на нескольких платформах.

---

вых, она имеет обширную базу знаний и, хотя реализована в 3D, использует низкополигональную графику, что уже не воспринимается адекватно современным пользователем. Лучше всего эта лаборатория подойдет студентам, только начинающим изучение биомедицинских технологий.

**VIRTUAL LABS** [8] (технология Flash) – это проект Министерства человеческих ресурсов Индии, объединивший работу нескольких вузов по созданию виртуальных лабораторий. На данный момент уже готовы лаборатории по электронике, информатике, инженерии, физике и химии, представлено большое количество работ, связанных с биологией и смежными областями. В представленных симуляторах есть возможность индивидуализации обучения, но не всегда является понятным, что нужно делать в тот или иной момент. Отметим разброс в качестве лабораторных работ, представленных в системе. Во-первых, не все поддерживают работу с симуляторами, во-вторых, не для каждой лабораторной работы приведено достаточное описание действий, а тесты в некоторых работах слишком просты для рекомендации этого ресурса как базового.

Данный ресурс подойдет студентам, начавшим изучать материал, в каждой лаборатории есть ссылки на дополнительные материалы для самостоятельного освоения.

**Virtual Biology Lab** [7] (технологии – клиент под Windows) – это виртуальная лаборатория от Aten-студии, разрабатывающей, в основном, десктопные симуляторы. В этой лаборатории, выпущенной в 2009 году, пользователю предстоит найти лечение для лабораторных крыс с помощью визуального осмотра, отбора, различных тестов и процедур. Перемещения и взаимодействия в ней четко ограничены сценарием. Лаборатория сделана в 3D, однако животные выглядят неправдоподобно, это больше схематичные изображения. Выделяя достоинства, стоит отметить, что каждое взаимодействие тщательно записывается, студентам надо будет проанализировать эти данные, чтобы понять, какое лечение нужно этим животным.

**WOW Biolab** [10] (технология Flash) – виртуальные лаборатории от обучающей компании *Houghton Mifflin Harcourt*, разработаны с помощью векторной графики и представляют схематичное изображение приборов и инструментов. В этих симуляциях пользователю предстоит пройти квест, следуя четким указаниям и

нажимая на активные точки. К сожалению, описание того, что необходимо проделать, лаборатория не предоставляет, на начальном этапе имеется только общее описание предметов и последующих действий. Свобода действий (возможность отойти от сценария) отсутствует, как и возможность ошибиться и получить не тот результат. Из положительных качеств можно отметить, что на заключительном этапе лаборатории пользователь должен пройти тестирование. Эта симуляция подойдет только для студентов, начинающих обучение, – она дает достаточно слабое представление о предмете изучения из-за малого количества информации.

Рассмотрев продукты на рынке биомедицинских симуляций, можно сделать вывод, что все эти системы были разработаны некоторое время назад и сегодня уже не отвечают современным стандартам. Тем не менее, в большинстве из них представлены хорошая материальная и техническая база, а также большое количество справочных материалов, учебных пособий, активных ссылок и иллюстраций, которые помогают студентам глубже погружаться в предмет изучения. Производством виртуальных симуляторов, виртуальных лабораторий, удалённых (remote) лабораторий и «песочниц» занимаются многие университеты мира, в таких виртуальных лабораториях можно добиться практически полной свободы действий в условиях заданного эксперимента. При этом студент не будет бояться совершить необратимую ошибку, а сможет попробовать разные способы решения проблемы, что является хорошим обучающим фактором.

### **ПРОЦЕСС РАЗРАБОТКИ ВИРТУАЛЬНОЙ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ**

Опишем теперь предлагаемую нами методику разработки виртуальной биотехнологической лаборатории, отвечающей всем современным требованиям.

Разработку виртуальной лаборатории необходимо начать с выбора игрового движка. Приведем ряд требований, которым он должен соответствовать: иметь возможность запускаться с любой операционной системы (Windows, Linux, MacOS); поддерживать высокое разрешение, систему затенения, сглаживание; иметь расширенный физический движок, поддерживать сложные взаимодействия (жидкостей, мягких тканей, твердых предметов); поддерживать модульность и иметь возможность улучшения первичного функционала; (опционально)

поддержка манипуляторов; (опционально) запускаться на базе веб-решений, чтобы быть доступным в интернете; (опционально) иметь возможность быть запущенным в средствах 3D визуализации, таких, как Oculus Rift.

Нами был сделан выбор в пользу игрового движка Unity, который позволяет добиться быстрого развития проекта и создания первого прототипа в кратчайшие сроки. С помощью этого движка можно создать удобную для визуального представления и использования биотехнологическую лабораторию, в которой пользователь будет участвовать в реалистичном эксперименте с большой степенью свободы действия. Для реализации была разработана система действий на языке C#. В неё входят следующие компоненты и классы (см. рис. 1):

- GlowEffectRaycaster – компонент для подсвечивания активных объектов;
- DescriptionsController – контроллер отображения описания опыта;
- DictionaryController – контроллер отображения словаря;
- AlgorithmController – контроллер отображения алгоритма действий и его текущее состояние;
- MessageShow – компонент отображения подсказки;
- InteractingController – компонент взаимодействия объектов;
- ScenarioController – контроллер сценария, содержит в себе экземпляр класса Scenario;
- Scenario – класс, хранящий текущее состояние сценария; хранит в себе массив частей сценария;
- ScenarioPartArray – класс-обёртка для массива частей сценария;
- ScenarioPart – класс, описывающий часть сценария; содержит в себе всю информацию, необходимую для продвижения по сценарию;
- DialogController – общий класс для всех диалогов, появляющихся в игре;
- CentrifugeDialogController – контроллер диалога управления центрифугой;
- DozatorDialogController – контроллер диалога управления дозатором;
- IncubatorDialogController – контроллер диалога управления инкубатором;
- ScenarioPartInspector – компонент редактирования сценария.

В качестве темы виртуальной симуляции был выбран иммуноферментный анализ крови (сокращенно ИФА) из трех образцов. Данный анализ необходим для

выявления красной волчанки, являющейся серьезным аутоиммунным заболеванием. Используя в игровом процессе [14] свободный способ перемещения по виртуальному пространству лаборатории, ограничим ожидаемые от пользователя действия только линейными: чтобы продолжить эксперимент, нужно четко следовать инструкции; активные места подсвечиваются желтым свечением.

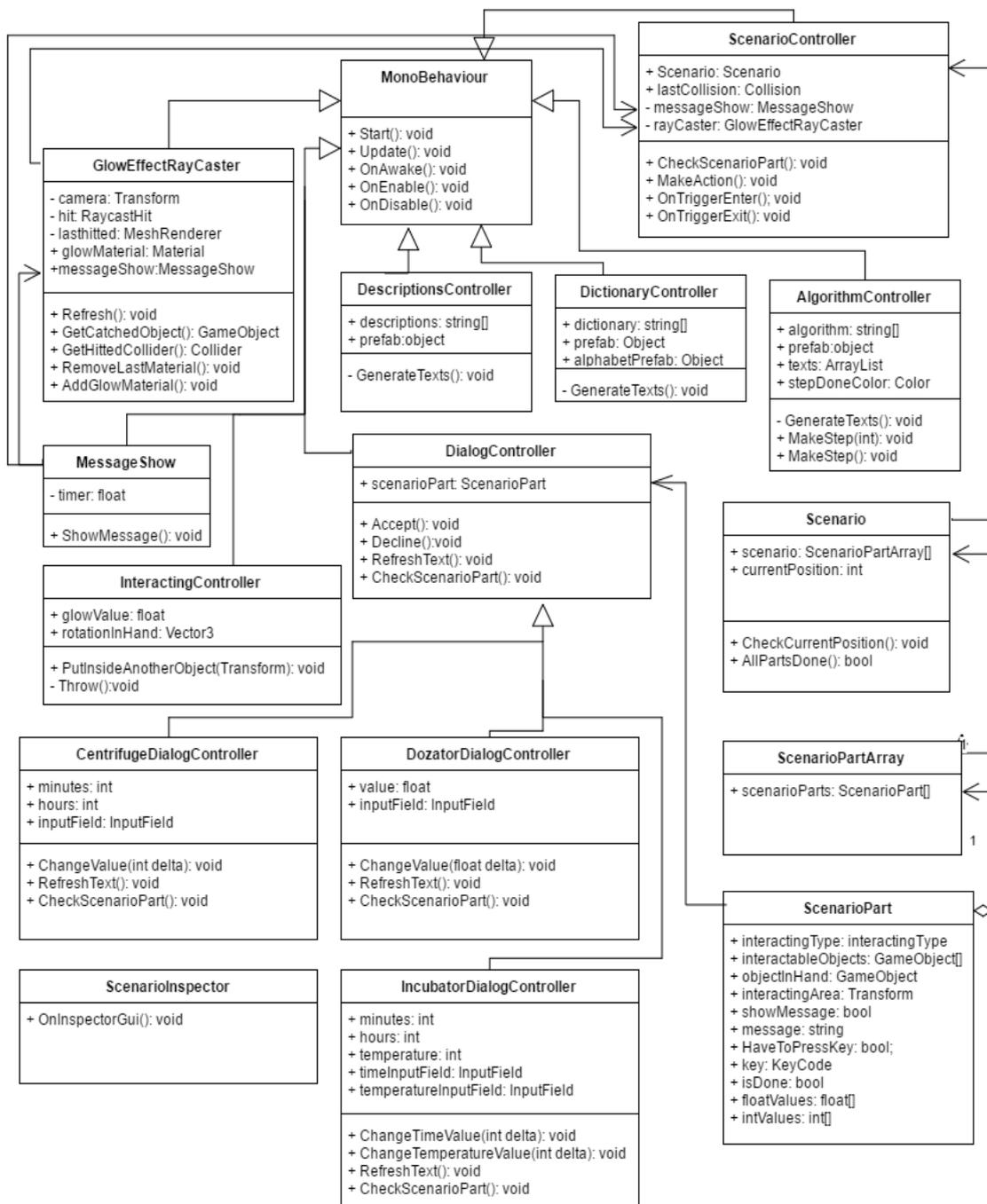


Рис. 1. Диаграмма классов разработанной системы

Студенты будут совершать действия строго по сценарию, они будут отображаться в дневнике исследования:

- необходимо 30 мл крови пациента;
  - далее необходимо выработать сыворотку крови, для этого образцы крови помещают в центрифугу на 15 минут;
  - после того как сыворотка выработана, необходимо разделить ее на три образца в следующих пропорциях 1:2, 1:10, 1:100;
  - с помощью дозатора берётся 1 мл сыворотки и выливается в 1 колбу;
  - подготовить микропланшет для иммуноферментного анализа;
  - промаркировать микропланшет по вертикали: пациенты, позитивная и негативная пробы; по горизонтали: концентрация раствора 1:2, 1:10, 1:100;
  - из каждой колбы с раствором сыворотки крови взять с жидкость помощью дозатора для малых порций 0.1 мл и влить её в колонки пациентов;
  - с помощью дозатора для малых порций необходимо взять 0.1 мл раствора антител «СКВ» и добавить в ячейки под колонкой «положительная проба»;
  - с помощью дозатора для малых порций необходимо взять 0.1 мл раствора ФСБ и влить его в каждую ячейку негативной пробы;
  - поставить микропланшет в инкубатор на 15 минут, при температуре 37 градусов;
  - по истечении времени достать из инкубатора микропланшет;
  - с помощью дозатора для малых порций убрать растворы из каждой ячейки по одному;
  - далее необходимо промыть каждую ячейку с помощью раствора ФСБ;
  - для этого с помощью дозатора для малых порций берется 0.1 мл ФСБ и заливается в каждую ячейку;
  - с помощью дозатора для малых порций убрать растворы из каждой ячейки по одному;
  - берётся раствор поликанальных кроличьих антител (ПКА);
  - с помощью дозатора для малых порций берется 0.1 мл ПКА и вливается в каждую ячейку планшета;
  - поставить микропланшет в инкубатор на 15 минут при температуре 37 градусов;
-

- по истечении времени достать из инкубатора микропланшет;
- с помощью дозатора для малых порций убрать растворы из каждой ячейки по одному;
- далее необходимо промыть каждую ячейку с помощью раствора ФСБ;
- для этого с помощью дозатора для малых порций берется 0.1 мл ФСБ и заливается в каждую ячейку;
- с помощью дозатора для малых порций убрать растворы из каждой ячейки по одному;
- берётся раствор пероксидазы хрена (horseradish peroxidase) и заливается в каждую активную ячейку микропланшета;
- устанавливается таймер на 15 минут.

Для реалистичной реализации необходимо смоделировать научное оборудование, используя изображения реальных объектов. Кроме того, нужно создать для этих объектов анимации возможность взаимодействия как внутри, так и друг с другом. Приведем список интерактивных объектов с возможными действиями с ними, а также способы взаимодействия объектов:

- колба с образцом крови (40 мл крови в каждой); действие: открыть и закрыть крышку;
  - центрифуга (рис. 2), в которую помещаются образцы крови; у центрифуги должны быть непрозрачная крышка, а на передней панели – таймер и кнопки, с помощью которых ее можно настраивать, а также кнопка запуска центрифуги; необходимо сделать и другие неактивные кнопки, как на примере ниже; действия: закладывание (или изъятие колб) с кровью из центрифуги; открытие (или закрытие) крышки; добавление (или убавление) времени; запуск центрифуги;
  - противовес для центрифуги – точно такая же колба, как колба с образцом крови; закладывается в центрифугу при условии, что образцов крови нечетное количество;
  - колба с сывороткой крови (40 мл);
  - колба с образцами крови после центрифуги; четко видны состав крови и линия переходов; действия: открыть (или закрыть) крышку;
  - дозатор и дозатор для малых порций;
-

- необходимость взятия проб разных жидкостей; дозатор и дозатор для малых порций отличаются рабочей поверхностью, у последнего она меньше; дозировка настраивается с помощью клавиш «больше» и «меньше» на передней панели дозатора; дозировка показывается в небольшом окне между кнопок «больше» и «меньше»; действия: убавить (или прибавить) дозировку; взять жидкость (при этом рабочая поверхность дозатора окрашивается в цвет жидкости), вылить жидкость (рабочая поверхность вновь становится прозрачной, активируется нажатием клавиши мыши);



Рис. 2. Вид интерактивного предмета – центрифуги

- малая колба для растворов (для раствора 1:2), должна выглядеть как уменьшенная копия колбы для крови, в длину – на  $2/3$ , а в диаметре – на половину; действия: влить и вылить кровь, закрыть и открыть крышку; взболтать, при этом жидкости, которые были в ней, перемешаются;

- колба для растворов, должна быть меньше в диаметре в два раза, чем колба для крови; действия: влить и вылить кровь, закрыть и открыть крышку; взболтать, при этом жидкости, которые были в ней, перемешаются;

- слив для биологических жидкостей, большая банка со значком биологической угрозы; действие: закрыть и открыть крышку;

- банки с растворами, из них берутся растворы: фосфатно-солевой буферного (ФСБ), поликанальных кроличьих антител (ПКА), пероксидазы хрена, раствора антител СКВ – системная красная волчанка; этикетку сделать белой, а черными буквами – название раствора не ней; раствор ФСБ сделать больше других по размеру; действия: открыть и закрыть банку;



Рис. 3. Общий вид виртуальной биотехнологической лаборатории

- инкубатор – необходим для проведения тестирования, на нём должны быть небольшой дисплей размером для таймера (отсчёт в минутах), кнопки прибавления и убавления минут на таймере, небольшой дисплей размером для температуры (в градусах Цельсия), кнопка добавления температуры, кнопка убавления температуры, кнопка запуска; в инкубатор ставится микропланшет, окошко инкубатора должно быть прозрачным, чтобы видеть помещаемые в него предметы; при установке времени и температуры и после нажатия кнопки включения в инкубаторе должен загораться свет, а время должно вести обратный отсчет; действия: добавить (или убавить) время, добавить (или убавить) температуру, открыть (или закрыть) дверь, включить, свет внутри загорается при включении;

- микропланшет – необходим для проведения реакций с кровью, в лунки заливается жидкость из дозаторов; активные лунки (с которыми предстоит работать) подсвечиваются; также необходима возможность подписи столбцов и строчек, как на фотографии ниже; действие – влить или вылить жидкость с помощью дозатора;

- держатель для колб; действия: вставить (или убрать) колбу.

Игровой процесс требует использования в виртуальной лаборатории интерактивной карты исследования, своеобразного дневника с описанием используемых химикатов, реактивов, опытов, исследований, подсказок, которые будут изменяться в соответствии с фазой проведения опыта, а также общее описание самого исследования.

Общий вид разработанной виртуальной лаборатории приведен на рис. 3.

### **ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ**

Перспектива использования биотехнологических виртуальных лабораторий представляется нам очень широкой. Такие решения могут применяться в процессе обучения студентов по направлениям микробиология, медицина, биотехнологии, медицинская химия, фармацевтика; в процессе повышения квалификации уже работающих сотрудников; в процессе проверки полученных знаний и контроля их качества.

Отметим, что предложенное решение представляет собой линейный квест по выявлению аутоиммунных заболеваний. В дальнейших разработках представляется необходимым разнообразить пути решений, создавая как ошибочные, так и правильные результаты тестирований, которые зависят от действий пользователя.

Разработка виртуальной лаборатории по одному из процессов не решает проблемы обучения всему спектру компетенций, которыми необходимо овладеть студенту для получения статуса специалиста. Поэтому важным этапом во внедрении такого способа обучения становится задача создания конструктора виртуальных симуляций, в котором возможно простым языком или с использованием сценарного подхода описать различные виртуальные симуляции лабораторий биотехнологической направленности (рис. 4).

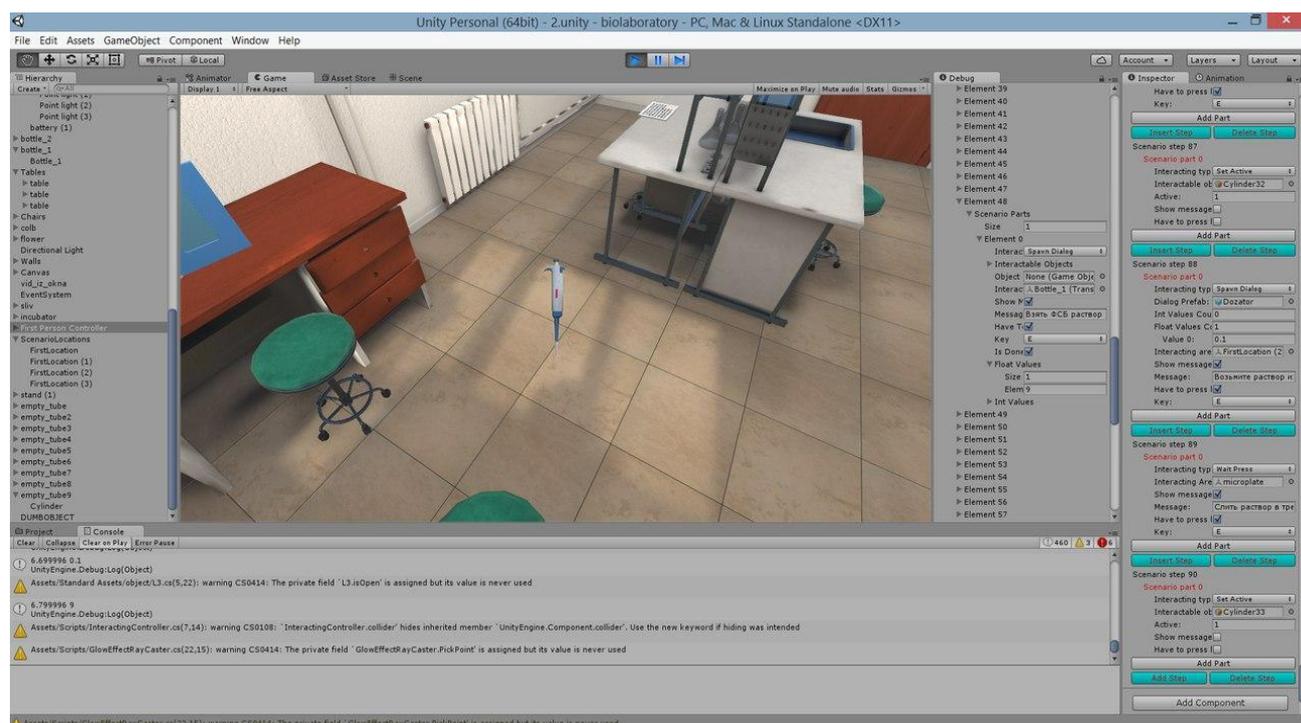


Рис. 4. Справа – интерфейс сценарной системы

Для решения проблемы быстрого создания любых виртуальных экспериментов логично перейти от сценарной системы на так называемую «нодовую» (node-base graph editor), что позволит визуальнo программировать реакцию аппаратуры и реагентов в ответ на действия пользователя, вне зависимости от того, реализуется ли линейный сценарий или действия пользователя не ограничены рамками последовательного выбора конкретных возможностей. Достоинства такого подхода очевидны: быстрая масштабируемость, создание уникального продукта за короткий срок, легкая модифицируемость.

Взяв за основу предложенную методику разработки, можно создать следующие группы виртуальных лабораторий: в сфере биотехнологий – исследования, затрагивающие как макро-, так и микромир; в сфере биологии – исследовательские проекты как в «поле», так и в лаборатории; в сфере медицины – исследования человеческого организма и его свойств.

Отметим, что кроме десктопного варианта виртуальных лабораторий представляется необходимой реализация доступа к ним через интернет, чтобы у студентов был круглосуточный доступ онлайн.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Виртуальные симуляции лабораторий позволяют удаленно запустить лабораторию на персональном компьютере из любой точки мира. Их характеризуют уменьшение эксплуатационной и закупочной стоимости; быстрая масштабируемость и возможность изменения; подача материалов в интерактивной или игровой формах.

Разработанная симуляция предложенного эксперимента в виртуальной лаборатории будет апробироваться на опытной группе студентов, дав разработке необходимую обратную связь. Определив процент усваиваемого материала, можно получить метрики для оценки аналогичных реализаций в других областях применения виртуальных симуляций.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Balamuralithara B., Woods P.C.* Virtual laboratories in engineering education: the Simulation Lab and Remote Lab // *Computer Applications in Engineering Education*, March 2009. V. 17, Issue 1. P. 108–118.
2. *Zoric Nedic, Jan Machotka, Andrew Nafalski.* Remote laboratories versus virtual and real laboratories // *Frontiers in Education*. 2003. FIE 2003 33<sup>rd</sup> Annual, T3E-1-T3E-6. V. 1.
3. *Veljko Potkonjak, Michael Gardner, Victor Callaghan, Pasi Mattila, Christian Guetl, Vladimir M. Petrovic, Kosta Jovanovich.* Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: a review // *Computers & Education*. April 2016. V. 95. P. 309–327.
4. *Deanna Raineri.* Virtual laboratories enhance traditional undergraduate biology laboratories // *Biochemistry and Molecular Biology Education*. 2001. V. 29, Issue 4. P. 160–162.
5. *Daniel Fernández-Avilés, Diego Dotor, Daniel Contreras, Jose Carlos Salazar.* Virtual labs: a new tool in the education: experience of Technical University of Madrid // *2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*, 24–26 Feb. 2016. P. 271–272.
6. *Ruben Heradio, Luis de la Torre, Daniel Galan, Francisco Javier Cabrerizo, Enrique Herrera-Veidma, Sebastian Dormido.* Virtual and remote labs in education: a bibliometric analysis // *Computers & Education*. July 2016. V. 98. P. 14–38.

7. Aten Virtual Biology Lab. URL: <http://ateninc.com/homepage/virtual-lab.html>.
  8. Initiative of Ministry of Human Resource Development (MHRD). URL: <http://vlab.co.in>.
  9. Under the National Mission on Education through ICT VIRTUAL LABS. URL: [http://vlab.co.in/ba\\_labs\\_all.php?id=6](http://vlab.co.in/ba_labs_all.php?id=6).
  10. Hhmi biointeractive. URL: <http://www.hhmi.org/biointeractive/explore-virtual-labs>.
  11. Houghton Mifflin Harcourt WOW biolab. URL: [https://www.classzone.com/books/hs/ca/sc/bio\\_07/virtual\\_labs/virtualLabs.html](https://www.classzone.com/books/hs/ca/sc/bio_07/virtual_labs/virtualLabs.html).
  12. Михайлов В.Ю., Гостев В.М., Кугуракова В.В., Чугунов В.А. Виртуальная лаборатория как средство обеспечения коллективной научно-методической работы // Сб. трудов XII международной конференции «ИТО-2002». Часть IV (Москва, 4–8 ноября 2002 г.). М.: МИФИ, 2002. С. 31–34.
  13. Письма Министерства образования и науки Российской Федерации от 21 апреля 2015 г. № ВК-1013/06 в акте «О направлении методических рекомендаций по реализации дополнительных профессиональных программ». URL: <http://минобрнауки.рф/документы/6250>.
  14. Геймплей. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Геймплей>.
- 

## **VIRTUAL LABORATORIES FOR BIOMEDICAL PROFESSIONAL EDUCATION**

**V. Abramov<sup>1</sup>, V. Kugurakova<sup>2</sup>, A. Rizvanov<sup>3</sup>, M. Abramskiy<sup>4</sup>,  
N. Manahov<sup>5</sup>, M. Evstafiev<sup>6</sup>**

*Kazan (Volga Region) Federal University*

<sup>1</sup>ivitazour@gmail.com; <sup>2</sup>vlada.kugurakova@gmail.com; <sup>3</sup>rizvanov@gmail.com;

<sup>4</sup>ma@it.kfu.ru; <sup>5</sup>nadirmanakhov@gmail.com; <sup>6</sup>mixaill3d@gmail.com

### **Abstract**

In this paper, we describe the analysis we had conducted on the matter of usage of biotechnological simulations in virtual space. We used the results to design the set

of requirements for mechanics, environment, visual and technological aspects of virtual labs. We also showcase our simulation of the biomedical virtual lab as an example of how methodologies we described could be implemented.

**Keywords:** *virtual labs, education of medical workers, virtual simulation, medicine*

## REFERENCES

1. *Balamuralithara B., Woods P.C.* Virtual laboratories in engineering education: the Simulation Lab and Remote Lab // *Computer Applications in Engineering Education*, March 2009. V. 17, Issue 1. P. 108–118.
2. *Zoric Nedic, Jan Machotka, Andrew Nafalski.* Remote laboratories versus virtual and real laboratories // *Frontiers in Education*, 2003. FIE 2003 33<sup>rd</sup> Annual, T3E-1-T3E-6. V. 1.
3. *Veljko Potkonjak, Michael Gardner, Victor Callaghan, Pasi Mattila, Christian Guetl, Vladimir M. Petrovic, Kosta Jovanovich.* Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: a review // *Computers & Education*. April 2016. V. 95. P. 309–327.
4. *Deanna Raineri.* Virtual laboratories enhance traditional undergraduate biology laboratories // *Biochemistry and Molecular Biology Education*. 2001. V. 29, Issue 4. P. 160–162.
5. *Daniel Fernández-Avilés, Diego Dotor, Daniel Contreras, Jose Carlos Salazar.* Virtual labs: a new tool in the education: experience of Technical University of Madrid // 2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), 24–26 Feb. 2016. P. 271–272.
6. *Ruben Heradio, Luis de la Torre, Daniel Galan, Francisco Javier Cabrerizo, Enrique Herrera-Veidma, Sebastian Dormido.* *Virtual and remote labs in education: a bibliometric analysis* // *Computers & Education*. July 2016. V. 98. P. 14–38.
7. *Aten Virtual Biology Lab.* URL: <http://ateninc.com/homepage/virtual-lab.html>.
8. *Initiative of Ministry of Human Resource Development (MHRD).* URL: <http://vlab.co.in>.
9. *Under the National Mission on Education through ICT VIRTUAL LABS.* URL: [http://vlab.co.in/ba\\_labs\\_all.php?id=6](http://vlab.co.in/ba_labs_all.php?id=6).

10. Hhmi biointeractive. URL: <http://www.hhmi.org/biointeractive/explore-virtual-labs>.
11. Houghton Mifflin Harcourt WOW biolab. URL: [https://www.classzone.com/books/hs/ca/sc/bio\\_07/virtual\\_labs/virtualLabs.html](https://www.classzone.com/books/hs/ca/sc/bio_07/virtual_labs/virtualLabs.html).
12. *Mihailov V., Gostev V., Kugurakova V., Chugunov V.* Virtual labs in the process of collaborative research work // XII International conference «ITO-2002». Part IV (Moscow, 4–8 November 2002). Moscow: MIFI, 2002. P. 31–34.
13. Letters from Russian ministry of science and education from April 21 2015 № ВК-1013. URL: <http://минобрнауки.рф/документы/6250>.
14. Gameplay. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Gameplay>.

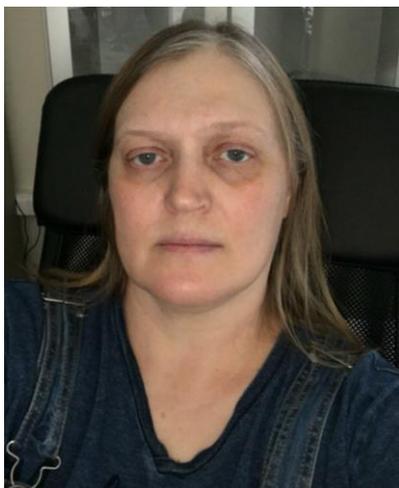
## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



**АБРАМОВ Виталий Денисович** – лаборант-исследователь Научно-исследовательской лаборатории «Виртуальные и симуляционные технологии в биомедицине» Высшей школы информационных технологий и информационных систем Казанского (Приволжского) федерального университета.

**Vitalii Denisovich Abramov**, junior research scientist of Kazan Federal University. Current scientific interests: virtual laboratories.

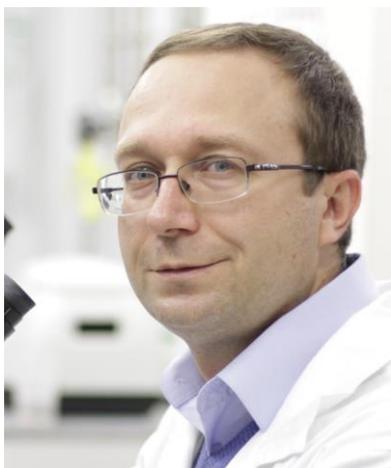
email: ivitazour@gmail.com



**КУГУРАКОВА Влада Владимировна** – старший преподаватель Высшей школы информационных технологий и информационных систем Казанского (Приволжского) федерального университета, руководитель Научно-исследовательской лаборатории «Виртуальные и симуляционные технологии в биомедицине».

**Vlada Vladimirovna KUGURAKOVA**, senior Lecturer of Higher School of Information Technology and Information Systems, Head of Laboratory "Virtual and simulational technologies in biomedicine".

email: vlada.kugurakova@gmail.com



**РИЗВАНОВ Альберт Анатольевич** – доктор биологических наук, заведующий отделом поисковых исследований, главный научный сотрудник НИЛ клеточных и генных технологий Казанского (Приволжского) федерального университета.

**Albert Anatolievich RIZVANOV**, chief researcher, Doctor of Science, associate professor of Institute of Fundamental Medicine and Biology of Kazan Federal University.

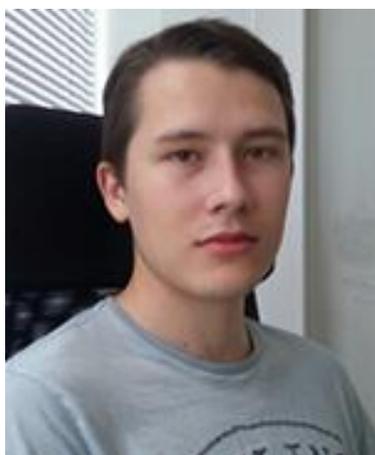
email: rizvanov@gmail.com



**АБРАМСКИЙ Михаил Михайлович** – старший преподаватель кафедры инжиниринга программного обеспечения Высшей школы информационных технологий и информационных систем Казанского (Приволжского) федерального университета.

**Mikhail Mikhailovich ABRAMSKIY**, Senior Lecturer of Higher School of Information Technology and Information Systems of Kazan Federal University.

email: ma@it.kfu.ru



**МАНАХОВ Надир Ринатович** – младший научный сотрудник Научно-исследовательской лаборатории «Виртуальные и симуляционные технологии в биомедицине» Высшей школы информационных технологий и информационных систем Казанского (Приволжского) федерального университета.

**Nadir Rinatovich MANAKHOV**, junior research scientist of Kazan Federal University. Current scientific interests: virtual laboratories.

email: nadirmanakhov@gmail.com



**ЕВСТАФЬЕВ Михаил Евгеньевич** – лаборант-исследователь Научно-исследовательской лаборатории «Виртуальные и симуляционные технологии в биомедицине» Высшей школы информационных технологий и информационных систем Казанского (Приволжского) федерального университета.

**Mikhail Evgenyevich EVSTAFYEV**, junior research scientist of Kazan Federal University. Current scientific interests: virtual laboratories.

email: mixaill3d@gmail.com

*Материал поступил в редакцию 15 мая 2016 года*