DOI: 10.55090/19964552_2025_4_102_119

ЗАНЯТИЯ ПО ФАРМАКОГНОЗИИ В ГОЛОГРАФИЧЕСКОМ КЛАССЕ: ВЫЗОВЫ СОВРЕМЕННОСТИ И НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Пустовит Светлана Олеговна,

кандидат педагогических наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского» (г. Калуга), доцент кафедры химии

sveta_pus@mail.ru

Ларионова Валентина Михайловна

кандидат химических наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского» (г. Калуга), доцент кафедры химии, заведующий кафедрой химии

lealvmleel@mail.ru

Земляной Руслан Александрович,

кандидат биологических наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского» (г. Калуга), доцент кафедры химии

ruslan47zemljanoi@gmail.com

АННОТАЦИЯ

Одним из современных направлений развития отечественной науки и практики является 3D-моделирование, которое активно проникает в различные сферы жизни человека, в том числе, и в образование. Однако включение данного процесса в познавательную деятельность студентов требует уточнения их дидактических возможностей и соответствующих методических приёмов при изучении профильных дисциплин. Поэтому в данной статье представлены результаты осуществления поискового этапа педагогического эксперимента по применению 3D-моделирования как одного из методов обучения студентов направления подготовки 04.03.01 Химия по дисциплине «Фармакогнозия».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *лекарственное растительное сырьё, 3D-моделирование, фармакогнозия, голографический класс, химическое оборудование и посуда, экстракция.*

PHARMACOGNOSY CLASSES IN A HOLOGRAPHIC CLASSROOM: MODERN CHALLENGES AND NEW OPPORTUNITIES

Pustovit S. O.,
Candidate of pedagogical sciences, associate Professor of the Chair of Chemistry
Federal state budgetary educational institution of higher education "Kaluga state University after named K. E. Tsiolkovsky"

Larionova V. M.,
Candidate of chemical Sciences, associate Professor of the Chair of Chemistry
Federal state budgetary educational institution of higher education "Kaluga state University after named K. E. Tsiolkovsky", head of chemistry Department, associate Professor of the Chair of Chemistry

Zemlyanoi R. A.,
Candidate of Biological Sciences
Federal state budgetary educational institution of higher education "Kaluga state University after named K. E. Tsiolkovsky"

ABSTRACT
One of the modern directions of development of Russian science and practice is 3D modeling, which actively penetrates into various spheres of human life, including education. However, the inclusion of this process in the cognitive activity of students requires clarification of their didactic capabilities and appropriate methodological techniques in the study of specialized disciplines. Therefore, this article presents the results of the search stage of the pedagogical experiment on the use of 3D modeling as one of the methods of teaching students of the 04.03.01 Chemistry course in the discipline "Pharmacognosy".

KEYWORDS: *medicinal plant raw materials, 3D modeling, pharmacognosy, holographic classroom, chemical equipment and tableware, extraction.*

Постановка проблемы

3D-моделирование всё шире применяется в образовательном процессе. Оно незаметно выходит за пределы предмета изучения информатики и находит своё место при освоении учебных дисциплин профильной направленности. По сравнению с двумерными изображениями 3D-модели являются более информативными, что позволяет «оживлять» абстрактные объекты изуче-

ния и создавать компьютерные модели приборов, установок, а также симуляций и анимаций на их основе [1-2; 3-4].

В обучении химическим дисциплинам процесс 3D-моделирования, в первую очередь, ассоциируется с трёхмерными моделями молекул веществ. Однако грамотный подход к организации познавательного процесса позволяет расширить границы применения компьютерных технологий в отношении решения образовательных задач различного содержания. Поэтому целью исследования является поиск возможностей актуализации методов и средств при обучении студентов-химиков профильным дисциплинам на основе достижений современных технологий.

Обозначим в данной статье некоторые аспекты организации познавательной деятельности студентов, обучающихся по направлению подготовки 04.03.01 Химия (профиль: фармацевтическая химия и химическая экспертиза), интегрирующей содержание учебной дисциплины с современными технологиями и позволяющими визуализировать трёхмерные объекты. В качестве примера реализации такой деятельности на поисковом этапе педагогического эксперимента рассмотрим некоторые особенности включения 3D-моделирования в процесс освоения одного из важнейших вопросов фармакогнозии — выделение биологически активных веществ из лекарственного растительного сырья (ЛРС).

Основные направления интеграции 3D-моделирования в познавательную деятельность студентов-химиков

Ряд исследований в области химии посвящён применению 3D-моделирования при решении фундаментальных и прикладных задач. С одной стороны, его использование позволяет прогнозировать и характеризовать особенности строения и свойств веществ — объектов микромира — средствами доступного программного обеспечения, например, «дополнения» «Rhorix» к программе «Blender» [5]. В данном случае 3D-моделирование может выступать визуальной основой при проектировании трёхмерных структур молекул белков, характеристике их физико-химических свойств [6] и физиологического действия на организм человека. В результате при выполнении исследований происходит сокращение сроков и стоимости процесса при разработке новых веществ и материалов [7]. С другой стороны, примером включения современных компьютерных технологий в решение профессиональных задач в области химической науки является изготовление материальной продукции на основе результатов 3D-моделирования. Например,

в работах отдельных исследователей раскрываются особенности 3D-печати продукции, которую можно применять на практике по назначению [8].

В образовательном процессе трёхмерные объекты применяют, главным образом, в трёх основных направлениях [3]. Во-первых, в научно-методической литературе описаны возможности применения цифровых образовательных ресурсов, способствующих формированию образов виртуальной реальности (VR). Создание 3D-моделей по химии требует наличия у специалиста одновременно основ профессиональной подготовки в предметной области и педагогике, а также навыков 3D-моделирования. Поэтому в настоящее время в химическом образовании наиболее востребованы «готовые» трёхмерные объекты.

В обучении исследователи чаще всего применяют 3D-модели, представленные в форме коллекций, виртуальных лабораторий, тренажёров и др. В состав компьютерной продукции авторы учебных пособий по химии чаще всего включают виртуальные экскурсии с целью ознакомления студентов с помещениями и приборами конкретной лаборатории [9] или анимации, разработанные на основе 3D-моделей молекул [10]. На этапах подготовки к выполнению реального химического эксперимента и при моделировании опытов, которые невозможно проводить в лаборатории, также используются их компьютерные симуляции [11].

Демонстрации готовых трёхмерных моделей способствует появление современных средств отображения объектов. Например, ресурсы бесплатного веб-сайта и приложения для смартфонов «Sketchfab» позволяют просматривать 3D-модели на смартфоне, а библиотеку 3D-моделей можно создавать средствами программы Blender [12]. При помощи программы «Jamberoo» стало возможным создавать документы в формате 3D-PDF. Дополнительное программное обеспечение для 3D-рендеринга не требуется. Информация может быть отображена на любом компьютере с установленной программой «Adobe Acrobat» [13]. В сети Интернет также можно подобрать ресурсы, которые предполагают работу с 3D-моделями онлайн [14].

В дидактико-методических исследованиях учёные приводят описание методических приёмов включения 3D-печати в учебную и внеучебную деятельность, например, рассматриваются этапы изготовления 3D-моделей обучающимися, а также способы устранения ошибок в работе 3D-принтера [15; 16]. Однако повсеместное внедрение 3D-моделей в процесс обучения химическим дисциплинам происходит медленно, поскольку большинство потребительских 3D-принтеров является монохроматичными. Поиски ре-

шений связаны с разработкой технологий создания многоцветных моделей, напечатанных в 3D-формате с использованием доступного программного обеспечения [17]. Одним из таких решений является 3D-моделирование с выборочным разделением молекул на фрагменты, которые могут быть напечатаны независимо друг от друга, что позволяет создавать сборные модели большого размера [18]. Кроме того, 3D-печать может применяться изготовления деталей научной аппаратуры [19].

Гораздо реже на учебных занятиях при освоении дисциплин естественнонаучного цикла преподаватели осуществляют 3D-моделирование. Поэтому в публикациях данное направление интеграции 3D-моделей в образовательный процесс представлено единичными работами. При этом большинство из них относится к организации занятий системы дополнительного образования школьников [20, 21]. В качестве такого примера можно привести реализацию подхода, в котором 3D-моделирование рассматривается как компьютерный инструмент геймификации образования [22]. Однако в целом при освоении химических дисциплин 3D-моделирование продолжает оставаться методом, требующим поиска эффективных приёмов его реализации в образовательном процессе.

Некоторые методические приёмы выполнения 3D-моделирования при освоении профильной дисциплины

На базе голографического класса нами проводились учебные занятия по фармакогнозии у студентов-химиков 4 курса. Среди них степень интеграции предметной области с современными технологиями наиболее полно была отражена при изучении темы «Выделение биологически активных веществ из лекарственного растительного сырья: горячая экстракция» [23]. В учебно-методической и научной литературе отсутствуют необходимые методические рекомендации и инструкции по созданию специализированных трёхмерных объектов макромира в области химической науки, совместимые с технологиями голографического класса. Поэтому в разработке содержания индивидуального задания, включая ориентировочный алгоритм 3D-моделирования, приняли участие авторы публикации.

Одной из ключевых задач фармакогнозии является получение биологически активных веществ (БАВ) природного происхождения, которые можно применять для изготовления фармацевтических препаратов и биологически активных добавок. Поэтому данное занятие было посвящено некоторым аспектам их выделения из ЛРС.

Структура индивидуального задания

Студентам-химикам на индивидуальном занятии было предложено решить несколько взаимосвязанных задач, касающихся отдельных аспектов обращения с конкретными лекарственными растениями. Каждое из растений, выбранное авторами исследования для формирования задания, отличалось повышенным количеством определенной группы БАВ. Поэтому, пользуясь ресурсами Интернета, студенты устанавливали особенности химического состава определенной части указанного ЛРС и выявляли физиологическое действие данного сырья на организм человека. В соответствии с химическими свойствами группы БАВ они подбирали условия, подходящие для их эффективной экстракции, а, именно, осуществляли выбор растворителя, температуры и времени проведения процесса, оценивали влияние ряда примесей на эффективность извлечения и сохранность выделяемых веществ (см. *рис. 1*).

В результате решения 1-ой задачи обучающиеся делали выводы о существенных требованиях к выполнению химического эксперимента по извлечению группы БАВ, о которой шла речь в задании. В продолжении работы студенты предлагали возможный вариант лабораторной установки для получения извлечений из ЛРС средствами реальной химической лабора-

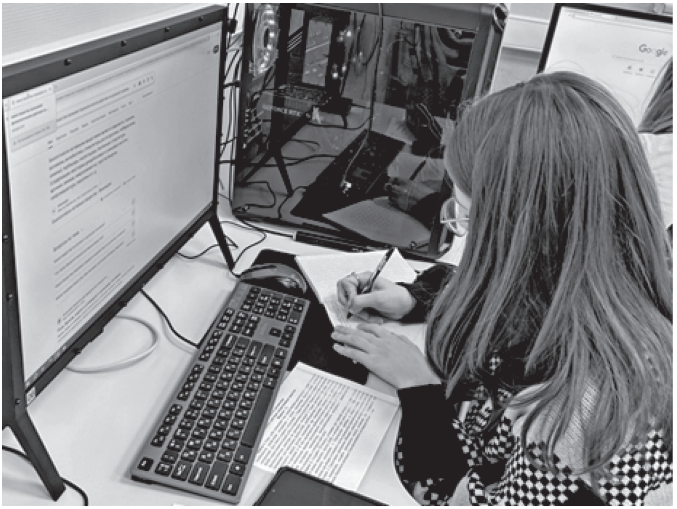

Рис. 1. *Выявление условий, влияющих на экстракцию БАВ*

Рис. 2. *Создание 3D-модели лабораторной установки*

тории. Затем они создавали трёхмерную модель лабораторной установки для извлечения БАВ, применяя функциональные возможности программы «Blender» (см. *рис. 2*).

В целом, планирование студентами пробоподготовки и химического эксперимента прикладной направленности предполагает предварительное уточнение химического состава объекта и особенностей химических свойств выделяемых веществ. Поэтому конструкция лабораторной установки для экстракции должна учитывать оба данных аспекта вопроса извлечения БАВ из конкретного вида ЛРС [23].

Пример содержания индивидуального задания

Как было отмечено выше, студентам было предложено решить две взаимосвязанные задачи прикладного характера, объединённые в единое задание по планированию эксперимента с целью дальнейшего выделения определённых групп БАВ из ЛРС в реальном эксперименте. В качестве объектов исследования было выбрано следующее сырьё: трава Донника жёлтого (Melilotus officinalis), кора Дуба черешчатого (Quercus robur), листья Мать-и-мачехи обыкновенной (Tussilago farfara), семена Конского каштана обык-

новенного (Aesculus hippocastanum). С учётом особенностей химического состава обозначенного ЛРС авторами публикации предложено следующее содержание заданий по теме «Выделение биологически активных веществ из лекарственного растительного сырья: горячая экстракция». Задача 1 сформулирована для различного лекарственного растительного сырья, а задача 2 у всех студентов — одинаковая.

Задача 1. Кратко охарактеризуйте следующее ЛРС по предложенным вариантам (примерный план характеристики ЛРС приводится ниже):

1. Трава Донника жёлтого (Melilotus officinalis) применяют как лекарственное растительное сырьё (ЛРС) для профилактики развития тромбозов.
2. Кора Дуба черешчатого (Quercus robur) применяют как лекарственное растительное сырьё при лечении воспалительных заболеваний слизистой оболочки полости рта (стоматит, фарингит и др.).
3. Листья Мать-и-мачехи обыкновенной (Tussilago farfara) применяют как лекарственное растительное сырьё, обладающее отхаркивающим эффектом.
4. Экстракты из семян Конского каштана обыкновенного (Aesculus hippocastanum) применяют как лекарственное растительное сырьё, предназначенное для уменьшения выраженности симптомов у людей с хроническими заболеваниями вен.

Примерный план характеристики ЛРС

Пользуясь ресурсами Интернета, опишите особенности проведения экстракции с целью извлечения биологически активных соединений (БАВ). В описании укажите следующее:

1. Какие БАВ накапливаются данным ЛРС в повышенном количестве?
2. Какие растворители чаще всего применяют для извлечения данной группы БАВ?
3. Отметьте стабильность данной группы БАВ при повышении температуры, времени извлечения, добавлении кислот и щелочей.
4. В чём заключается пробоподготовка ЛРС при исследовании сухого сырья и экстракта из него?
5. При каких условиях (экстрагент, температура, продолжительность экстракции) рекомендуется выделять указанную группу БАВ, согласно результатам исследований, представленных в научных публикациях?

Задача 2. Создайте 3D-модель установки для проведения горячей экстракции, при помощи которой в условиях химической лаборатории можно выделить группу БАВ в соответствии с задачей. При решении учтите сле-

дующее. **1.** Перечислите приборы и оборудование, которые необходимы для сборки установки в химической лаборатории. **2.** Средствами программы «Blender», используя инструкцию с сочетанием клавиш клавиатуры, создайте трёхмерную модель такой установки. **3.** «Раскрасьте» созданные объекты.

Технические особенности создания трёхмерной модели лабораторной установки

При выполнении второй задачи индивидуального задания студентам было предложено воспользоваться алгоритмом работы, составленным авторами публикации для компьютерной программы «Blender» [24, 25, 26]. Студенты, участвующие в поисковом этапе эксперимента, ранее работали на индивидуальных занятиях по фармакогнозии с компьютерными программами, установленными в голографическом классе. Поэтому они уже освоили минимальный набор необходимых инструментов 3D-моделирования и при выполнении индивидуального задания работали по алгоритму самостоятельно (см. *рис. 3*). Помощь, оказываемая отдельным студентам преподавателями, состояла, главным образом, в уточне-

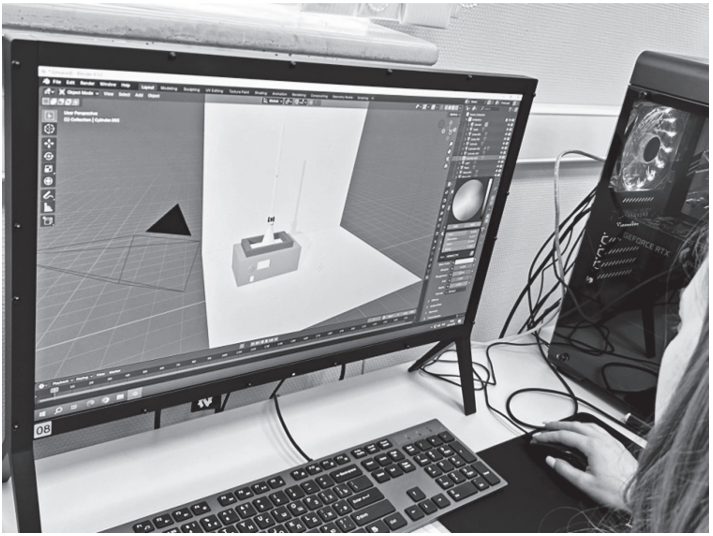

Рис. 3. *Создание 3D-модели установки для горячей экстракции*

нии настроек материалов, применяемых к поверхностям объектов, составляющих их лабораторную установку.

Ниже приведём пример содержания такого алгоритма по моделированию лабораторной установки для студентов-химиков при освоении особенностей выделения БАВ из ЛРС.

Водяная баня

Корпус автоматической водяной бани.

1. Создаём куб (корпус бани): «Shift» и «A» → «Mesh» → «Cube».
2. Уменьшаем куб по высоте и сжимаем по оси Y: клавиши «S» и «Z»; перемещение левой клавишей мыши (не кликаем клавишей мыши!); затем клавиши «S» и «Y»; перемещение левой клавишей мыши.
3. Стандартизируем изменённые параметры объекта после масштабирования: сочетание клавиш «Ctrl» и «A» → «Scale».
4. Делаем копию объекта: Shift + D.
5. Увеличиваем все размеры куба, а затем уменьшаем его высоту: S → перемещение левой клавишей мыши (не кликаем клавишей мыши!).
6. Соединяем два выделенных объекта: Ctrl + J.
7. Переходим в режим редактирования «Edit Mode»: Tab.
8. На панели инструментов сверху выбираем значок редактирования плоскостей, выделяем верхнюю плоскость куба и удаляем её: Delete → Faces.
9. Переходим в объектный режим «Object Mode»: Tab.
10. Применяем модификатор «Modifiers» для придания толщины стенкам корпуса бани (значок на панели инструментов справа в окне — «Properties»): выделяем объект → +Add Modifiers → Generate → Solidify → увеличиваем значение «Thinkness».
11. Применяем модификатор: Apply (кликаем на галочке у модификатора).
12. **Стандартизируем** параметры объекта: Ctrl + A → Scale.

Электронное табло

1. Создаём куб (электронное табло): «Shift» и «A» → «Mesh» → «Cube».
2. Значительно уменьшаем куб по высоте и вытягиваем по оси Y: а) клавиши «S» и «Z»; перемещение левой клавишей мыши; б) клавиши «S» и «Y»; перемещение левой клавишей мыши.
3. Перемещаем электронное табло к корпусу бани.

Цилиндрический регулятор температуры

1. Вставляем цилиндр: «Shift» и «A» → «Mesh» → «Cylinder».
2. Уменьшаем цилиндр по всем размерам: клавиша «S». Уменьшаем цилиндр по высоте: «S» и «Z»; перемещение зажатой левой клавиши мыши.
3. Поворачиваем цилиндр нужной стороной к корпусу прибора: R.
4. Придаём цилиндру более округлую форму, применяя модификатор «Susdivision Surface»: (значок на панели инструментов справа в окне — «Properties»): выделяем один объект → +Add Modifiers → Generate → Susdivision Surface → Levels Viewport: 2-3.
5. Перемещаем цилиндрический регулятор к корпусу водяной бани.
6. Добавляет цилиндру петли жёсткости: выделяем цилиндр → Tab → Ctrl + R → кликаем левой клавишей мыши и тянем петлю рёбер вниз.

Кнопка включения бани

1. Копируем электронное табло: Shift + D.
2. Уменьшаем кнопку по всем размерам: S.
3. Поворачиваем кнопку: R + X + 90o.
4. Перемещаем кнопку к корпусу бани, немного погружая её в корпус водяной бани.
5. Поворачиваем кнопку: R + Y.

Коническая колба

1. В режиме «Object Mode» создаём цилиндр: Shift + A → Mesh → Cylinder.
2. Вытягиваем цилиндр по высоте: S + Z и тянем левой клавишей мыши.
3. Стандартизируем параметры объекта: Ctrl + A → Scale.
4. В режиме «Edit Mode» (переход между режимами — клавиша «Tab») добавляем поперечные петли (ряды) рёбер: сочетание клавиш «Ctrl» и «R», щелкаем один раз клавишей мыши на петле рёбер и перемешаем её вниз.
5. Создаём ещё одну петлю (ряд рёбер), перемещаем её вверх колбы.
6. Выделяем верхний ряд рёбер (граней) цилиндра, зажав клавишу «Alt» и кликая один раз на выбранной петле рёбер (граней) → Alt + S → тянем левой клавишей мыши, сужая верхнюю часть горлышка колбы. Аналогично сужаем нижнюю часть горлышка колбы.
7. Для закругления низа колбы добавляем фаску: выделяем нижнюю часть петель рёбер (граней) → Ctrl + B (для фаски по вершинам также заживаем «Shift»); указываем значение фаски: 2 или 3.

8. При необходимости выделяем верхний ряд петель горлышка и вытягиваем его еще вверх: G + Z → тянем петлю граней левой клавишей мыши.
9. В режиме «Object Mode» (переход между режимами — клавиша «Tab») выделяем колбу и сглаживаем её поверхность: кликаем на колбе правой клавишей мыши и выбираем «Shader Smooth» (эффект сглаживания).
10. В режиме «Edit Mode» (переход между режимами — «Tab») выделяем поверхность, закрывающую отверстие колбы, удаляем её: «Delete» → «Face».
11. Придаём толщину стенкам колбы, применяя модификатор: щёлкаем справа на значке в форме гаечного ключа: «Add Modifier» → «Generate» → «Solidify».
12. Указываем значение толщины стенок колбы.
13. Указываем значение толщины стенок колбы.
14. Делаем фаску: выделяем самую нижнюю петлю граней колбы, затем — «Ctrl» «B» → Bevel (разворачиваем внизу окна) → Segments: 2-3.

Резиновая пробка

1. В режиме «Object Mode» создаём цилиндр: «Shift» и «A» → «Mesh» → «Cylinder».
2. Уменьшаем размер цилиндра: S и сглаживаем его поверхность (Shader Smooth).
3. Стандартизируем параметры объекта: Ctrl + A → Scale.

Стеклянная трубка

1. В режиме «Object Mode» создаём цилиндр: Shift + A → Mesh → Cylinder.
2. В режиме «Edit Mode» выделяем и удаляем верхнюю и нижнюю плоскости цилиндра: Delete → Faces.
3. Стандартизируем параметры объекта: Ctrl + A → Scale.

Плоскости сцены и поверхности воды в водяной бане

1. Создаём плоскость стола, на котором стоит водяная баня: Shift + A → Mesh → Plane.
2. Увеличиваем размер плоскости: S и тянем её левой клавишей мыши.
3. Перемещаем плоскость стола под водяную баню: G.
4. Стандартизируем параметры объекта: Ctrl + A → Scale.

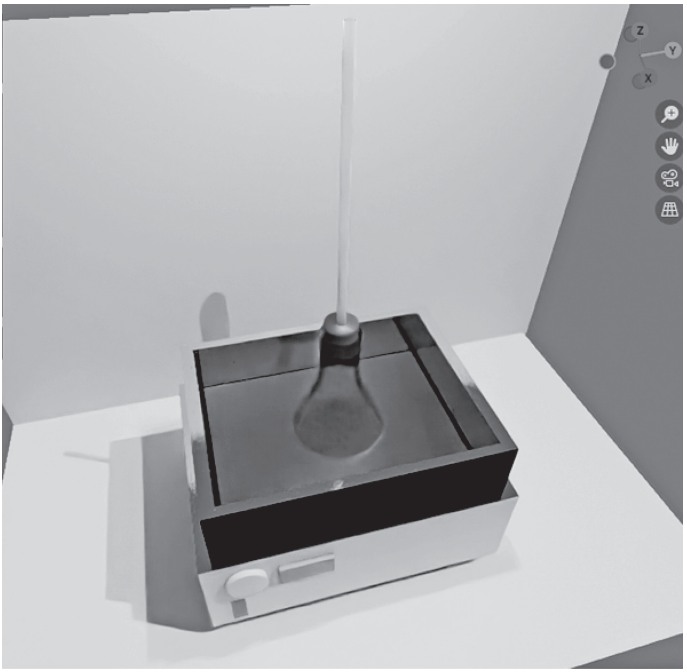

Рис. 4. *Трёхмерное изображение установки для экстракции БАВ из ЛРС*

5. Копируем плоскость стола, делая из неё стену: Shift + D.
6. Разворачиваем копию плоскости дважды: а) R + Y +90; б) R + Z +90.
7. Создаём копию плоскости (поверхность воды) в водяной бане: Shift + D.
8. Перемещаем плоскость воды внутрь водяной бани (G), уменьшаем её размеры (S).

«Раскрашивание» элементов сцены

1. Выделяем любой объект сцены.
2. Справа в панели инструментов в разделе «Properties» выбираем раздел «Material» (свойства объекта): + New → Base Color: выбираем цвет из гаммы.
3. Повторяем назначение материала другим объектам (см. *рис. 4*).
4. В свойствах каждого объекта настраиваем свойства материалов: шероховатость, металлический блеск и др. свойства поверхности.

Сохранение файла

File → Save as (или «Save», если сохраняете изменения в уже ранее сохранённом файле) → Название файла с окончанием «.blend» → Save as.

Экспорт файла для просмотра в голографической системе

File → Export → формат файла: «obj» или «glb» → Название → Save.

Полученные результаты и их интерпретация

При выполнении задания все студенты работали в индивидуальном темпе. Они успешно справились с решением обеих задач. Созданные 3D-объекты установки отличались внешним видом отдельных элементов. При этом они соответствовали условиям и требованиям задач, стоящих перед ними, как в отношении выбора условий экстракции, так и в отражении свойств материалов создаваемых ими трёхмерных моделей химической посуды и оборудования.

В целом, студенты работали самостоятельно. Преподаватели при выполнении задания оказывали небольшую консультационную помощь, в частности, при работе с компьютерной программой «Blender». В связи с необходимостью выбора свойств поверхностей небольшие трудности у обучающихся вызвала настройка характеристик материалов.

В результате проведённой работы авторами исследования были установлены некоторые особенности организации познавательной деятельности студентов при 3D-моделировании. Во-первых, при выполнении студентами поиска необходимой информации по содержанию конкретного задания требуется оптимизация их работы. Она может опираться на применение ресурсов искусственного интеллекта. Поскольку данная деятельность занимает значительную часть времени учебного занятия и обычно носит хаотический характер, следует обучать студентов грамотному составлению промпта (запроса).

В процессе выполнения 3D-моделирования следует предлагать студентам в большей мере опираться на функционал компьютерной программы («горячие клавиши»), чем пользоваться «готовым» алгоритмом работы. При этом у студентов происходит формирование приёмов самостоятельной работы и в большей мере реализуется творческий подход при решении прикладной задачи.

Важно осуществлять связь процесса компьютерного моделирования с последующим реальным выполнением данного эксперимента. Это по-

зволит демонстрировать личностную значимость данного вида познавательной деятельности при освоении химической дисциплины.

Необходимо помнить: при формулировании индивидуального задания следует учитывать, что 3D-моделирование представляет собой только один из методов его выполнения.

Выводы

1. Современные компьютерные технологии, активно проникающие в образовательный процесс, позволяют изменять подходы к организации познавательной деятельности студентов при обучении химическим дисциплинам, обеспечивая новый уровень реализации принципа наглядности.

2. 3D-моделирование представляет собой один из методов обучения, основанных на использовании современных компьютерных технологий. Однако эффективность его применения при освоении студентами химических дисциплин зависит от грамотной реализации методических приёмов работы при организации познавательной деятельности обучающихся. Манипуляции с трёхмерными компьютерными моделями лабораторных установок на этапе планирования химического эксперимента, в свою очередь, требуют от исследователей данной проблемы дальнейшего уточнения дидактических возможностей соответствующих средств обучения, обеспечивающих организационно-техническую поддержку процесса решения студентами конкретных задач профессиональной деятельности. ■

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Апольских Е. И.* 3D-моделирование в образовании / Е. И. Апольских, Е. В. Лобанцова // Педагогическое образование на Алтае. 2014. № 1. С. 117-119. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=21446943 (дата обращения: 12.04.2025).
2. *Баданов, А. Г.* 3D-технологии в образовании / А. Г. Баданов // Вестник Марийского государственного университета. — 2012. — № 9. — С. 107-108.
3. *Колесников, И. С.* 3D-технологии в образовании: время готовить учителей будущего / И. С. Колесников // Информационные технологии в образовании. — 2022. — № 5. — С. 140-143. — URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=50094951 (дата обращения: 12.04.2025).

4. *Кувшинов, С. В.* 3D в образовании: восторженные ожидания и реальные тревоги / С. В. Кувшинов // Мир техники кино. — 2012. — Т. 6. № 2 (24). — С. 7–10.
5. Rhorix: An interface between quantum chemical topology and the 3D graphics program blender / M. J. Mills, K. L. Sale, B. A. Simmons, L. A. Popelier // Journal of Computational Chemistry. –2017. Vol. 38. — №. 29. — Pp. 2538–2552. — URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32117650 (дата обращения: 12.04.2025).
6. Pocket Crafter: a 3D generative modeling based workflow for the rapid generation of hit molecules in drug discovery / L. Shen, J. Fang, L. Liu [et al.] // Journal of Cheminformatics. — 2024. — Vol. 16. №. 1. — Pp. 33. — URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=66605953 (дата обращения: 12.04.2025).
7. *Rocha N. V*. From Origin to Current Methods: An Overview of Molecular Modeling Applied to Medicinal Chemistry in the Last 30 Years / N. V. Rocha, M. R. Sant'anna // Journal of the Brazilian Chemical Society. — 2024. — №. 35 (10). — URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=68178214 (дата обращения: 12.04.2025).
8. *Egorov V.* 3D Printed Rechargeable Aqueous and Non-Aqueous Lithium-Ion Batteries: Evolution of Design and Performance / V. Egorov, U. Gulzar, C. O'dwyer // ECS Advances. — 2023. — Vol. 2, №. 4. — Pp. 040508. — URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=64730559 (дата обращения: 12.04.2025).
9. Development and evaluation of 3D virtual tours as a cognitive basis of Chemistry laboratories at UTSV / E. Gómez-Manuel G. H. Roehrig, J. L. Schneider [et al.] // Journal of Computational Systems and ICTs. — 2021. — Pp. 5-9. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=69282348 (дата обращения: 12.04.2025).
10. Collaborative discourse and the modeling of solution chemistry with magnetic 3D physical models — impact and characterization [Электронный ресурс] / Abdi-Rizak M. Warfa [et al.] // Chem. Educ. Res. Pract. — 2014, № 15. — Pp. 835–848. — URL: https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2014/rp/c4rp00119b (дата обращения: 12.04.2025).
11. *Саидахметова Н. Ю.* Использование анимации и моделирования в обучении химии / Н. Ю. Саидахметова // Актуальные научные исследования в современном мире. — 2019. — № 2–5 (46). — С. 31–33. — URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37073721 (дата обращения: 12.04.2025).
12. *Aristov M. M., Moore J. W., Berry J. F.* Library of 3D Visual Teaching Tools for the Chemistry Classroom Accessible via Sketchfab and Viewable in Augmented Reality // Journal of Chemical Education. — 2021. — Vol. 98. № 9. — Pp. 3032–3037. — URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=71892490 (дата обращения: 12.04.2025).

13. *Vasilyev V.* Towards interactive 3D graphics in chemistry publications / V. Vasilyev // Theor. Chem. Acc. — 2010. — № 125 (3) — Pp. 173-176. — URL: file:///C:/Users/Пользователь/Downloads/2010-125-173-TheorChemAcc.pdf (дата обращения: 12.04.2025).
14. Online 3D Viewer. — URL: https://3dviewer.net/ (дата обращения: 12.04.2025).
15. *Pernaa J.* A systematic review of 3D printing in chemistry education — analysis of earlier research and educational use through technological pedagogical content knowledge framework / J. Pernaa, S. Wiedmer // Chemistry Teacher International. — 2019. — Pp. 1-16. https://doi.org/10.1515/CTI-2019-0005 — URL: https://www.academia.edu/48486232/A_systematic_review_of_3D_printing_in_chemistry_education_analysis_of_earlier_research_and_educational_use_through_technological_pedagogical_content_knowledge_framework (дата обращения: 12.04.2025).
16. *Soloviova O.* 3D printing technology / O. Soloviova // Прикладная геометрия и инженерная графика. — 2020. — Vol. 0. № 97. — Pp. 136-148. — URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=77496027 (дата обращения: 12.04.2025).
17. *Martin H.* Accessible 3D Printing: Multicolor Molecular Models from Consumer-Grade, Single Filament 3D Printers / H. Martin, E. Eisner, J. K. Klosterman // Journal of Chemical Education. — 2023. — Vol. 100, № 12. — Pp. 4860-4865.
18. *Paukstelis P.* MolPrint3D: Enhanced 3D Printing of Ball-and-Stick Molecular Models / P. Paukstelis // Journal of Chemical Education. — 2018. — № 95 (1). — Pp. 169-172.
19. 3D-нанотехнологии в центре молодежного инновационного творчества химического факультета МГУ / А. Ахметова, В. Штепа, Д. Яминский, И. Яминский // Наноиндустрия. — 2016. — № 2(64). — С. 92-96.
20. *Матвеев В. В.* Возможности 3D-моделирования для развития исследовательских умений школьников в условиях дополнительного образования / В. В. Матвеев, Д. Н. Грибков // Научно-методический электронный журнал «Концепт». — 2024. — № 1. — С. 56–77. — URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=59993353 (дата обращения: 12.04.2025).
21. *Чернышева Е. И.* 3D-моделирование как средство развития творческих способностей обучающихся в учреждении дополнительного образования / Е. И. Чернышева, Т. С. Рогова, А. С. Куликова // Современное технологическое образование: Сборник статей, докладов и материалов XXIX Международной научно-практической конференции, Москва, 20–22 ноября 2023 года. Москва: Ассоциация технических университетов, 2023. — С. 177–180. — URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=62406931 (дата обращения: 12.04.2025).

22. 3D-моделирование как инструмент геймификации процесса изучения дисциплин естественнонаучного цикла / И. С. Колчин, А. С. Мирошниченко, О. Е. Кадеева, В. Н. Сырицына // Современные проблемы науки и образования. — 2022. — № 6–1. — С. 45. — URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50160839 DOI: 10.17513/spno.32256 (дата обращения: 12.04.2025).
23. Занятие по фармакогнозии в голографическом классе. — URL: https://vk.com/wall-204797162_1281 (дата обращения: 12.04.2025).
24. Руководство пользователя Blender 3.3. — URL: https://vk.com/doc722026854_648458924?hash=PFweoKtkhDvpjOZ2FJx1yzh9aPfxzjRTkAzH4vSUOxg&dl=uZq9j5Gy7cmqXBQBnzl6essEaZTGHVc9Yj5Jcti97Xc (дата обращения: 12.04.2025).
25. *Шапошникова С.* Введение в Blender-курс. 2024. 100 с. [Учебное пособие]. URL: https://younglinux.info/blender/course (дата обращения: 12.04.2025).
26. Blender 4.2 Reference Manual. — URL: https://docs.blender.org/manual/en/latest/index.html (дата обращения: 12.04.2025).