

Научная статья

УДК 372.854

DOI: 10.57769/2227-8591.14.2.02

О. А. Фарус

ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ХИМИИ В ПЕДАГОГИЧЕСКОМ ВУЗЕ



ФАРУС Оксана Анатольевна – кандидат химических наук, доцент; Оренбургский государственный педагогический университет; Советская ул., 19, Оренбург, 460014, Россия. SPIN-код РИНЦ: 8311-3108; ORCID: 0000-0002-1426-6534. farusok@yandex.ru
FARUS Oksana A. – Orenburg State Pedagogical University; 19, Sovetskaya, Orenburg, 460014, Russia. ORCID: 0000-0002-1426-6534. farusok@yandex.ru

Аннотация. В статье описан опыт применения компьютерного моделирования при изучении химии студентами педагогических вузов. Компьютерное моделирование один из способов повышения информатизации образования, в том числе и химического. Информатизация образования является социальным заказом к подготовке грамотных и высококвалифицированных специалистов в различных отраслях, а в некоторых случаях и вовсе созданию многофункциональных кадров, которые могут легко ориентироваться в различных сферах. Описана методологическая основа внедрения основ компьютерного моделирования в образовательный процесс. Важно отметить, что разработанные интерактивные задания могут быть использованы при изучении любой химической дисциплины. По мнению автора статьи, использование учебных компьютерных программ способствует повышению эффективности усвоения абстрактных понятий. Результаты проведенного педагогического эксперимента показывают повышение значения коэффициента полноты усвоения химических понятий в экспериментальной группе студентов, по сравнению с контрольной группой.

Ключевые слова: КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ, ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ОБУЧЕНИЯ, УЧЕБНЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ПРОГРАММЫ, КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛНОТЫ УСВОЕНИЯ ПОНЯТИЙ

Для цитирования: Фарус О.А. Практика применения компьютерного моделирования при изучении химии в педагогическом вузе // Вопросы методики преподавания в вузе. 2025. Т. 14. № 2. С. 26–37. DOI: 10.57769/2227-8591.14.2.02

Статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).
© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2025.

Research article

DOI: 10.57769/2227-8591.14.2.02

PRACTICE OF APPLYING COMPUTER MODELING IN CHEMISTRY STUDIES AT PEDAGOGICAL UNIVERSITY

Abstract. The article describes the experience of using computer modeling in the study of chemistry by students of pedagogical universities. Computer modeling is one of the ways to increase the informatization of education, including chemical education. Informatization of education is a social order for the training of competent and highly qualified specialists in various industries, and in some cases, the creation of multifunctional personnel who can easily navigate in various fields. The methodological basis of the computer modeling basics introduction in the educational process is described. It is important to note that the developed interactive tasks can be used in the study of any chemical discipline. According to the author of the article, the use of educational computer programs helps to increase the efficiency of mastering abstract concepts. The results of the conducted pedagogical experiment show an increase in the coefficient of chemical concept assimilation completeness in the experimental group of students, compared with the control group.

Keywords: COMPUTER MODELING, 3D MODELING, INFORMATIZATION OF EDUCATION, EDUCATIONAL COMPUTER PROGRAMS, COEFFICIENT OF CONCEPT ASSIMILATION COMPLETENESS

For citation: Farus O.A. Practice of applying computer modeling in chemistry studies at pedagogical university. *Teaching Methodology in Higher Education*. 2025. Vol. 14. No 2. P. 26–37. DOI: 10.57769/2227-8591.14.2.02

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

© Published by Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 2025.

Введение. Изучение химии сложный последовательный процесс, требующий активизации мыслительной деятельности, постоянного самоконтроля действий со стороны всех участников образовательного процесса. Специфика предмета «Химия» заключается в том, что он наполнен большим объемом теоретического материала в виде абстрактных понятий, научных теорий и положений, расчетных операций, методик проведения практических действий и многое другое [1; 2]. Справится с таким потоком информации порой очень сложно. Поэтому довольно часто преподаватели прибегают к использованию различных методик, направленных не только на повышение качества усвоения материала, но улучшение способности обучающихся визуализировать представленную информацию [3; 4]. Одним из принципов успешного освоения учебной программы, лежащим в основе многих педагогических методик, является принцип наглядности информации [5; 6]. Наглядность – принцип обучения, основанный на демонстрации представленной информации в визуальном формате посредством представления различных объектов, явлений или процессов. Наглядность основывается на чувственном восприятии познавательной действительности. Компьютерные технологии моделирования позволяют упростить процесс

обучения, так как являются универсальным средством обеспечения наглядности на уроке. В настоящее время существует большое разнообразие учебных компьютерных программ и приложений для мобильных устройств и планшетов, позволяющих дополнить образовательный процесс не только новой технологией, но и эффективным средством получения нового знания или его закрепления [7].

При этом в современной педагогической практике недостаточно разработок с конкретными примерами применения компьютерного моделирования в вузовском курсе химии. В связи с этим в рамках исследования были выделены противоречия между: потребностью современного общества в значимости компьютерного моделирования и недостаточностью применения при изучении химии в педагогическом вузе; возможностями предмета химия при применении компьютерных моделей и недостаточностью их теоретической обоснованности; потребностью практики высшего образования в использовании компьютерного моделирования и недостаточной их разработанностью в педагогической науке.

Для устранения выявленных противоречий была сформулирована цель статьи: описание возможностей и результатов применения компьютерного моделирования в преподавании химии в педагогическом вузе на современном этапе с учетом продолжающейся трансформации образовательной системы. Также автор предлагает свои интерактивные задания, применяемые в реальной педагогической практике при изучении химии координационных соединений.

Методы исследования. Методологическую основу исследования составил такой метод обучения как моделирование. До недавнего времени в обучении использовали лишь предметные и символные модели, способные объединять в себе лишь пару основных признаков моделируемого объекта или явления. Однако с момента появления ЭВМ в середине прошлого столетия появилась возможность существенного расширения числа применяемых моделей [8; 9]. Наука химия стала одна из первых применять технологии компьютерного моделирования для изучения различных систем. За последние пятьдесят лет методология компьютерного моделирования усовершенствовалась настолько, что перестала использоваться только в науке и технике и перешла в систему образования, создав так называемые учебные компьютерные модели, основная цель которых визуализировать изучаемый процесс, упрощать восприятие, улучшать запоминание сложных абстрактных вещей [10].

Ключевым понятием исследования выступает понятие «компьютерное моделирование». На основании контент-анализа более 20 различных источников (толковых и профессиональных словарей, научных вырезок, учебных изданий) было сформулировано понятие компьютерное

моделирование, под которым понимается процесс построения модели реального объекта, процесса или явления в области химии, физики, биологии, общественной системы, экономики и других интересующих систем, посредством использования новейших информационно-коммуникативных технологий, в частности компьютера или любого другого вида ЭВМ и специально разработанных компьютерных моделирующих программ, с целью воспроизведения и изучения объекта или явления в рамках проводимого исследования.

Следовательно, под компьютерной моделью подразумевается воссоздание объекта или явления, реально существующего или гипотетического, с помощью специализированных компьютерных программ с целью их дальнейшего изучения. Тогда как учебная компьютерная модель создается в рамках обучающего процесса с целью познания реального мира субъектом образования. Таким образом, учебная компьютерная модель – программная учебная среда, представляющая собой средство наглядного отображения информации в виде смоделированного объекта или явления, позволяющая задавать характеристики модели, изучать её параметры и поведение (если это явление), прогнозировать её свойства, то есть управлять моделью.

Учебные компьютерные модели позволяют воспроизвести детали, незаметные при реальном исследовании, изменить масштаб системы, ускорить или замедлить наблюдаемую систему, перемещаться в широких диапазонах заданных параметров модели, создавать невозможные в реальных условиях явления и объекты [11]. Некоторые модели способны не только предоставлять визуальную картинку исследования, но и тут же приводить обработанные данные, теоретические подсчеты, преобразовывать алгоритмы в уравнения и графики, что упрощает процесс познания [12; 13].

Учебные компьютерные модели как средство получения нового знания базируется на принципах наглядности, доступности, связи теории с практикой, целостности, деятельности, целостного представления о мире [14; 15]. С учетом действия данных принципов учебные компьютерные модели отвечают требованиям современной образовательной системе, что дает несомненное преимущество перед традиционными средствами, некоторые из которых уже не отвечают требованиям современного общества [16; 17]. В исследовании использовались учебные компьютерные программы (УКП) нескольких типов: УКП, моделирующие химический эксперимент (Unreal Chemist, Virtual Lab); конструкторы молекул (MolView, Avogadro, ArgusLab, KingDraw); конструкторы структурных формул (Acetil.ru); онлайн-симуляторы химических и физико-химических процессов (BilimLand); приложения-справочники (Таблица Менделеева, Virtual Orbitals). Каждая программа уникальна по-своему и может быть использована педагогом на любом этапе

учебной деятельности. В рамках проводимого исследования были выделены следующие этапы формулирования интерактивного задания при изучении химии с использованием технологии компьютерного моделирования.

1 Этап. Теоретический обзор. Важно учесть, что прежде, чем приступить к выполнению данного задания, студенту необходимо хорошо изучить теоретический материал.

2 Этап. Определение уровня сложности построения. Как и в большинстве учебных задач, выполнение задания характеризуется различным уровнем сложности. Здесь важно на начальном этапе провести ознакомительный вид работы с компьютерной программой, суть которой заключается в выполнении задания по заранее подготовленному преподавателем алгоритму. И уже после сформирования базового представления работы с моделирующей программой предложить обучающемуся различные уровни сложности выполнения задания.

3 Этап. Выполнение задания. В зависимости от уровня сложности обучающийся выполняет предложенное преподавателем задание в соответствии с ранее усвоенным алгоритмом или инструкцией. На этом этапе важно дать обучающемуся самостоятельно выполнить задание, координируя и направляя действия в случае затруднения или неудачи. Здесь возможно применение различных способов активации мыслительной деятельности студента, начиная с подсказки преподавателя, заканчивая технической помощью.

4 Этап. Оценка результата работы. Здесь результат будет целиком и полностью зависеть от вида работы с интерактивной моделью.

К каждой из используемых УКП была разработана инструкция по работе и комплект интерактивных заданий. Рассмотрим пример использования одной из таких программ. Рассмотрим пример инструкции и интерактивных заданий, используемых в педагогической деятельности автора при преподавании химии координационных соединений.

Инструкция к УКП для мобильных устройств и планшетов King Draw. Приложение для мобильных устройств и планшетов King Draw представляет собой графический редактор по конструированию простейших молекул неорганического и органического происхождения. Приложение позволяет строить структурные формулы веществ и перевод их в 3D-форму (рис. 1). Интерфейс редактора похож на интерфейс компьютерных редакторов: имеются 4 панели быстрого доступа, группированные по различным признакам, специальные функции, главная из которых перевод структурной формулы в формат 3D-модели. На левой панели инструментов вы можете выбрать один из нескольких элементов, вы также можете выбрать элемент из открывающейся периодической таблицы, используя последнюю кнопку с тремя точками. Вы можете

использовать элемент для создания новых атомов или изменения существующих атомов.

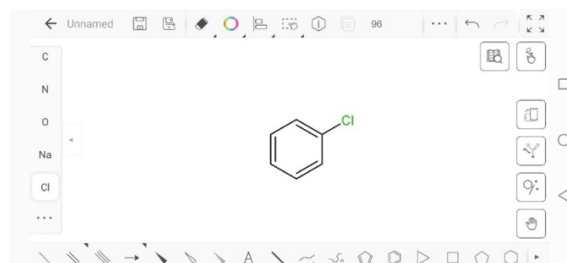


Рис. 1. Рабочий интерфейс программы King Draw

Fig. 1. The working interface of the King Draw program

Нижняя панель инструментов содержит инструменты (рис. 2): тип связи: выберите один из типов связи (одинарная, двойная, тройная, направленная вверх, вниз) и добавьте или измените типы связи; цепочка: создайте цепочку из атомов углерода; вставить текст: вы можете вставить текст-описание для любой из частей молекулы; фрагменты: выберите один из фрагментов органических или циклических соединений (бензол, циклопропан и т.д.) и добавьте фрагменты.



Рис. 2. Нижняя панель инструментов

Fig. 2. Lower toolbar

Правая панель инструментов содержит инструменты (рис. 3): поворот экрана: вы можете конструировать объекты в вертикальном и горизонтальном расположении экрана гаджета; быстрый доступ функциональной группы: представляет широкий спектр уже готовых функциональных групп; стабилизация структурной формулы молекулы; перемещение молекулы.

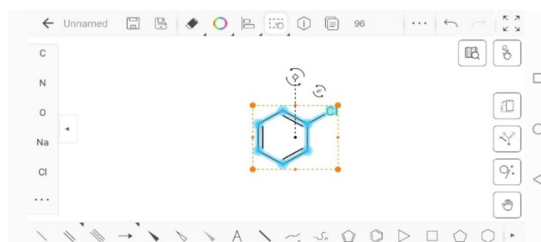


Рис. 3. Правая панель инструментов

Fig. 3. The right toolbar

Верхняя панель инструментов содержит инструменты (рис. 4): сохранение молекулы; ластик: позволяет стирать ненужные элементы или молекулу целиком; изменение цвета; обведение области молекулы: прямоугольная и произвольная; информация о построенной молекуле; раскрывающаяся панель (три точки): содержит название молекулы, 3D-моделирование, установка сетки, функция отправить, настройки; стрелки возврата последнего действия.

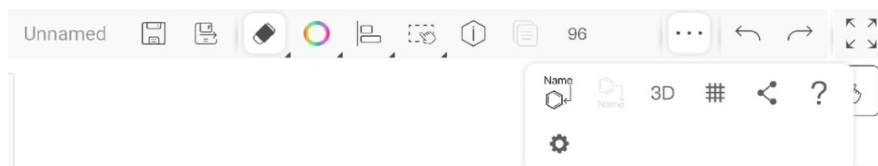


Рис. 4. Верхняя панель инструментов

Fig. 4. The upper toolbar

Рассмотрим пример интерактивного задания по построению интерактивной модели молекулы координационного соединения с помощью УКП King Draw: «Здравствуй, исследователь! Для успешного решения задания данной программы ознакомься с методикой работы. Прежде чем выбрать сложность задания предлагаю ознакомиться с базовым алгоритмом работы в приложении King Draw и построить молекулу комплексного соединения $[Pd(en)_2]Cl_2$. Будь внимателен! Не переживай, если не получится с первого раза или возникнут трудности. Пробуй еще, спросить совета одноклассника или преподавателя и у тебя обязательно получится! Приступим!

1) Открой приложение King Draw и нажми на новое окно.

2) На левой боковой панели быстрого доступа найди углерод и последовательно соедини в молекулу этилендиамина, используя соответственно одинарные и двойные связи (атомы водорода присоединяются автоматически согласно валентности используемого атома химического элемента).

3) Используя кнопку копирования, скопируйте получившуюся молекулу.

4) Используя одинарную связь присоедини атом палладия к двум атомам азота одной молекулы этилендиамина и к двум атомам азота второй молекулы лиганда.

5) Используя инструмент «Стабилизация», оптимизируй структурную формулу молекулы.

6) Получившуюся формулу переведи в 3D-модель. Можешь использовать различные виды моделей: стержневая, шаростержневая, или модель, отражающая силы Ван-дер-Ваальса.

7) Можешь прокрутить молекулу в различных направлениях благодаря инструменту вращения на верхней панели инструментов.

Сохрани молекулу либо в выбранном формате, либо попросту сделав скрин экрана. Укажи тип химической связи, количество связей, длину химической связи, по какому механизму она образована. Поздравляю! Ты построил объемную модель молекулы вещества $[Pd(en)_2]Cl_2$. Теперь, ознакомившись с алгоритмом работы, можешь приступить к построению более сложных молекул».

Важно отметить, что при составлении заданий в приведенном задании молекулы могут быть заменены на любые и поэтому приведенные инструкция и задания являются универсальными и могут быть использованы при изучении любой области химии.

Результаты исследования. Работа с моделирующими программами проходила в течение 2023-2024 учебного года. Интерактивное задание предлагалось обучающимся в среднем один раз в полторы – две недели в зависимости от прохождения учебной темы по плану рабочей программы. Выполнение задания осуществлялось на этапе закрепления усвоенного материала. Для оценки эффективности применения У КП при изучении химии использовался коэффициент полноты усвоения понятий курса координационной химии [18; 19; 20]. Коэффициент полноты усвоения студентами содержания понятия (K) вычисляется по формуле [21]:

$$K = \frac{1}{nN} \sum_{i=1}^N n_i$$

где n – общее количество признаков понятия, которые должны быть усвоены студентами на данный момент обучения; n_i – количество признаков понятия, усвоенных i-тым студентом; N – число студентов, выполнявших задание. Максимальное значение K равно 1.

В качестве ключевых понятий были выбраны: «хелатные комплексы», «изомерия», «лиганды», «внутренняя сфера», «центральный атом», «химическое строение».

Анализ данных проводился отдельно в экспериментальной и контрольной группах для того, чтобы проследить внутригрупповую динамику, а также в сравнении между группами по каждому из понятий. Согласно анализу в экспериментальной группе: наилучшим образом сформированы и усвоены понятия – центральный атом (0,87 – превышает исходный коэффициент на 0,57 пунктов), лиганды (0,74 – превышает исходный коэффициент на 0,54 пунктов), изомерия (0,65 – превышает исходный коэффициент на 0,45 пунктов) и внутренняя сфера (0,65 – превышает исходный коэффициент на 0,51 пунктов). Понятие «хелатные комплексы» усвоено на среднем диапазоне и составляет 0,54, что на 0,34

превышает коэффициент на начало эксперимента. Худшим образом было усвоено понятие «химическое строение» (коэффициент 0,36, что на 0,23 пункта выше исходных данных).

Несмотря на отсутствие в контрольном классе специальных условий в нем также наблюдается положительная динамика. Наилучшим образом сформировались понятия «центральный атом» (коэффициент 0,55 – превышает исходный на 0,30 пунктов), «лиганды» (коэффициент 0,58 – превышает исходный на 0,41 пунктов). На среднем уровне усвоены понятия «внутренняя сфера» (коэффициент 0,45 – превышает исходный на 0,24 пунктов), «химическое строение» (коэффициент 0,45 – превышает исходный на 0,21 пунктов), «внутренняя сфера» (коэффициент 0,36 – превышает исходный на 0,16 пунктов). Худшим образом усвоено понятие «химическое строение» (коэффициент 0,23 – превышает исходный на 0,07 пунктов).

Динамику повышения коэффициента можно объяснить не только применением методики, но и накоплением фактического знания в ходе изучения химии координационных соединений, как это, например, наблюдается в контрольной группе. Однако при сравнении итоговых результатов по коэффициенту полноты усвоения в экспериментальном и контрольном классе мы наблюдаем значительное превышение данных по ключевым понятиям, что вполне вероятно свидетельствует об эффективности разработанной и внедренной методики.

Выводы. Результаты исследования говорят о том, что включение элементов компьютерного моделирования в курс химии способно развить абстрактное мышление при изучении сложных теоретических понятий, трудных для восприятия. Задания с элементами компьютерного моделирования позволяют обобщать, структурировать изученный материал и переносить его в практическое действие – построение моделей реально существующих молекул органических и неорганических веществ, что, несомненно, повышает качество усвоенного знания. Практическая значимость результатов исследования состоит в разработке автором инструкций и интерактивных заданий по применению учебных компьютерных программ при изучении химии в педагогическом вузе.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алешин А.А., Рыбакова А.О. Особенности обучения и внедрения технологий информационного моделирования в высшем образовании // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры : сб.ст. V Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 20–22 апр. 2022 г. / под общ. ред. А.А. Семенова. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2022. – С. 205-210. – ISBN: 978-5-9227-1227-9 – DOI: 10.23968/BIMAC.2022.025. – EDN HXBAZR.

2. Катунина Е.Е., Глубокова М.Н. Трансформация методики преподавания химии в цифровой среде высшего профессионального образования // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Гуманитарные науки. 2024. № 10-3. С. 69-74. – DOI: 10.37882/2223-2982.2024.10-3.14. – EDN KVAPPa.

3. **Пашков М.В., Пашкова В.М.** Проблемы и риски цифровизации высшего образования // Высшее образование в России. 2022. Т. 31. № 3. С. 40-57. – DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-22-3-40-57. – EDN RUBCXA.
4. **Бурганова И.Н., Фарус О.А.** Проблемы цифровизации высшего образования в России // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. № 7(133). – DOI: 10.23670/IRJ.2023.133.83. – EDN ULHZBT.
5. **Джаджа В.П.** Мультимедийная модель и интерактивная доска в обучении математике в школе // Вестник МГПИУ. Серия: Информатика и информатизация образования. 2007. № 8. С. 36-39. –ISSN: 2072-9014eISSN: 2072-9030– EDN LDMGOD.
6. **Маркузина Н.Н.** Применение современных информационных компьютерных технологий в системе химического образования для повышения эффективности учебного процесса // Специальная техника и технологии транспорта. 2023. № 18. С. 344-349. –ISSN: 2712-9624– EDN QHXJXW.
7. **Лейман О.Н., Касаткина И.Г.** Использование цифровой лаборатории для повышения компетенций учащихся по химии // Глобальный научный потенциал. 2022. № 12(141). С. 125-128. –ISSN: 1997-9355– EDN TRWMFN.
8. **Бархатова Д.А., Марьясова А.Н., Пак Н.И., Фаут Ю.В.** Технология создания инновационного учебника для системы педагогического образования // Информатика и образование. 2024. Т. 39. № 4. С. 51-61. – DOI: 10.32517/0234-0453-2024-39-4-51-61. – EDN AARASD.
9. **Borodkin L.I.** Computer Simulation of Historical Processes and Phenomena: the Russian Experience. *Journal of Siberian Federal University. Humanities and Social Sciences*. 2016. Vol. 9. No 7. Pp. 1562-1571. – DOI: 10.17516/1997-1370-2016-9-7-1562-1571. – EDN WFFODZ.
10. **Сарычева А.В.** Новые информационные технологии в исследовательской деятельности учащихся по химии // Современная школа России. Вопросы модернизации. 2019. № 1(27). С. 228-232. –ISSN: 2306-8906– EDN LETTOO.
11. **Krasteva I.K., Glushkova T.A., Stoyanov S.N.** Modeling and development of a multi-agent space for the secondary school. *Informatika i obrazovanie – Informatics and Education*. 2020. No 4(313). Pp. 53-62. – DOI 10.32517/0234-0453-2020-35-4-53-62. – EDN LCXHPL.
12. **Бирих Р.В.** Учебный модуль "Компьютерное моделирование физических процессов" (для учебного курса дс.06 "Компьютерное моделирование") // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании. 2007. № 3. С. 80-84. – EDN SGLWIT.
13. **Васильченко Ю.М.** Молекулярное моделирование в образовании инженера-химика // Цифровизация инженерного образования : Сб. ст. III Всеросс. онлайн-конф., Ижевск, 24–26 апр. 2024 г. – Ижевск: Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова, 2024. – С. 81-83. –ISBN: 978-5-7526-1036-3– EDN CODPLQ.
14. **Гачаев А.М., Элипханов А.В.И., Хакимова М.Р.** Анализ внедрения идей математического моделирования в высшее профессиональное образование // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. 2023. № 2. С. 31-36. – DOI: 10.47576/2949-1894_2023_2_31. – EDN ZELEKA.
15. **Машарова Т.В., Бушмелева Н.А., Перевозчикова М.С., Хлобыстова И.Ю.** Использование 3D-технологий для развития инновационного мышления // Перспективы науки и образования. 2020. № 3(45). С. 426-440. – DOI: 10.32744/pse.2020.3.31. – EDN VQLLPX.
16. **Польгун Е.В.** 3D моделирование в образовании // Обществознание и социальная психология. 2022. № 5(35). С. 2-3. –eISSN: 2949-2637– EDN AAKYRY.
17. **Рахимов А.А.** Компьютерное и математическое моделирование как метод научного познания явлений, процессов, систем различной природы и образования // Вестник

Шадринского государственного педагогического университета. 2024. № 3(63). С. 163-169. – DOI: 10.52772/25420291_2024_3_163. – EDN TMBGLA.

18. **Романова С.Д.** Учебное моделирование как универсальная технология начального общего образования // Вопросы педагогики. 2023. № 1-2. С. 96-102. –ISSN: 2518-1793– EDN ASAGRC.

19. **Тютяев А.В., Мустаев Р.М.** Возможности компьютерного моделирования процессов образования АСПО // Нефть. Газ. Новации. 2022. № 6(259). С. 74-76. –ISSN: 2077-5423– EDN RYJJMM.

20. **Изосимов Д.В.** Разработка средств диагностики поэтапного формирования профессиональных умений у курсантов военного вуза // Военный научно-практический вестник. 2019. № 1(10). С. 28-31. – EDN MCVRAB.

21. **Улякина Н.А.** Методические основы оценки сформированности компонентов учебно-познавательной деятельности студентов вуза с учетом преемственности // Современная высшая школа: инновационный аспект. 2015. № 3. С. 80-89. –DOI: 10.7442/2071-9620-2015-3-80-89. – EDN VBPJKN.

REFERENCES

1. **Aleshin A.A., Rybakova A.O.** Osobennosti obucheniya i vnedreniya tekhnologiy informatsionnogo modelirovaniya v vysshem obrazovanii // BIM-modelirovaniye v zadachakh stroitelstva i arkhitektury : sb.st. V Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Sankt-Peterburg, 20–22 apr. 2022 g. / pod obshch. red. A.A. Semenova. – SPb.: Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitelnyy universitet, 2022. – S. 205-210. –ISBN: 978-5-9227-1227-9– DOI: 10.23968/BIMAC.2022.025. – EDN HXBAZR.

2. **Katunina Ye.Ye., Glubokova M.N.** Transformatsiya metodiki prepodavaniya khimii v tsifrovoy srede vysshego professionalnogo obrazovaniya // Sovremennaya nauka: aktualnyye problemy teorii i praktiki. Seriya: Gumanitarnyye nauki. 2024. № 10-3. S. 69-74. – DOI: 10.37882/2223-2982.2024.10-3.14. – EDN KVAPHF.

3. **Pashkov M.V., Pashkova V.M.** Problemy i riski tsifrovizatsii vysshego obrazovaniya // Vyssheye obrazovaniye v Rossii. 2022. T. 31. № 3. S. 40-57. – DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-22-3-40-57. – EDN RUBCXA.

4. **Burganova I.N., Farus O.A.** Problemy tsifrovizatsii vysshego obrazovaniya v Rossii // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. 2023. № 7(133). – DOI: 10.23670/IRJ.2023.133.83. – EDN ULHZBT.

5. **Dzhadzha V.P.** Multimediy'naya model i interaktivnaya doska v obuchenii matematike v shkole // Vestnik MGPU. Seriya: Informatika i informatizatsiya obrazovaniya. 2007. № 8. S. 36-39. –ISSN: 2072-9014eISSN: 2072-9030– EDN LDMGOD.

6. **Markuzina N.N.** Primeneniye sovremennnykh informatsionnykh kompyuternykh tekhnologiy v sisteme khimicheskogo obrazovaniya dlya povysheniya effektivnosti uchebnogo protsessa // Spetsial'naya tekhnika i tekhnologii transporta. 2023. № 18. S. 344-349. –ISSN: 2712-9624– EDN QHXJXW.

7. **Leyman O.N., Kasatkina I.G.** Ispolzovaniye tsifrovoy laboratorii dlya povysheniya kompetentsiy uchashchikhsya po khimii // Globalnyy nauchnyy potentsial. 2022. № 12(141). S. 125-128. –ISSN: 1997-9355– EDN TRWMFN.

8. **Barkhatova D.A., Maryasova A.N., Pak N.I., Faut Yu.V.** Tekhnologiya sozdaniya innovatsionnogo uchebnika dlya sistemy pedagogicheskogo obrazovaniya // Informatika i obrazovaniye. 2024. T. 39. № 4. S. 51-61. – DOI: 10.32517/0234-0453-2024-39-4-51-61. – EDN AARASD.

9. **Borodkin L.I.** Computer Simulation of Historical Processes and Phenomena: the Russian Experience. Journal of Siberian Federal University. Humanities and Social Sciences. 2016. Vol. 9. No 7. Pp. 1562-1571. – DOI: 10.17516/1997-1370-2016-9-7-1562-1571. – EDN WFFODZ.

10. **Sarycheva A.V.** Novyye informatsionnyye tekhnologii v issledovatel'skoy deyatelnosti uchashchikhsya po khimii // *Sovremennaya shkola Rossii. Voprosy modernizatsii*. 2019. № 1(27). S. 228-232. –ISSN: 2306-8906– EDN LETTOO.

11. **Krasteva I.K., Glushkova T.A., Stoyanov S.N.** Modeling and development of a multi-agent space for the secondary school. Informatika i obrazovanie — Informatics and Education. 2020. No 4(313). Pp. 53-62. – DOI 10.32517/0234-0453-2020-35-4-53-62. – EDN LCXHPL.

12. **Birikh R.V.** Uchebnyy modul "Kompyuternoye modelirovaniye fizicheskikh protsessov" (dlya uchebnogo kursa ds.06 "Kompyuternoye modelirovaniye") // *Vestnik Permskogo gosudarstvennogo gumanitarno-pedagogicheskogo universiteta. Seriya: Informatsionnyye kompyuternyye tekhnologii v obrazovanii*. 2007. № 3. S. 80-84. – EDN SGLWIT.

13. **Vasilchenko Yu.M.** Molekulyarnoye modelirovaniye v obrazovanii inzhenera-khimiya // *Tsifrovizatsiya inzhenernogo obrazovaniya : Sb. st. III Vseross. onlayn-konf., Izhevsk, 24–26 apr. 2024 g.* – Izhevsk: Izhevskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet im. M.T. Kalashnikova, 2024. – S. 81-83. –ISBN: 978-5-7526-1036-3– EDN CODPLQ.

14. **Gachayev A.M., Elipkhanov A.V.I., Khakimova M.R.** Analiz vnedreniya idey matematicheskogo modelirovaniya v vyssheye professionalnoye obrazovaniye // *Innovatsionnaya ekonomika: informatsiya, analitika, prognozy*. 2023. № 2. S. 31-36. – DOI: 10.47576/2949-1894_2023_2_31. – EDN ZELEKA.

15. **Masharova T.V., Bushmeleva N.A., Perevozchikova M.S., Khlobystova I.Yu. (2020).** Using 3D technologies to developing innovative thinking. *Perspektivy nauki i obrazovaniya – Perspectives of Science and Education*. No 45 (3). Pp.426-440. – DOI: 10.32744/pse.2020.3.31– EDN VQLLPX.

16. **Polgun Ye.V.** 3D modelirovaniye v obrazovanii // *Obshchestvoznaniye i sotsialnaya psikhologiya*. 2022. № 5(35). S. 2-3. –eISSN: 2949-2637– EDN AAKYRY.

17. **Rakhimov A.A.** Kompyuternoye i matematicheskoye modelirovaniye kak metod nauchnogo poznaniya yavleniy, protsessov, sistem razlichnoy prirody i obrazovaniya // *Vestnik Shadrinskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*. 2024. № 3(63). S. 163-169. – DOI: 10.52772/25420291_2024_3_163. – EDN TMBGLA.

18. **Romanova S.D.** Uchebnoye modelirovaniye kak universalnaya tekhnologiya nachalnogo obshchego obrazovaniya // *Voprosy pedagogiki*. 2023. № 1-2. S. 96-102. –ISSN: 2518-1793– EDN ASAGRC.

19. **Tyutyayev A.V., Mustayev R.M.** Vozmozhnosti kompyuternogo modelirovaniya protsessov obrazovaniya ASPO // *Neft. Gaz. Novatsii*. 2022. № 6(259). S. 74-76. – ISSN: 2077-5423– EDN RYJJMM.

20. **Izosimov D.V.** Razrabotka sredstv diagnostiki poetapnogo formirovaniya professionalnykh umeniy u kursantov voyennogo vuza // *Voyennyy nauchno-prakticheskii vestnik*. 2019. № 1(10). S. 28-31. – EDN MCVRAB.

21. **Ulyakina N.A.** Metodicheskiye osnovy otsenki sformirovannosti komponentov uchebno-poznavatel'noy deyatelnosti studentov vuza s uchetom preymstvennosti // *Sovremennaya vysshaya shkola: innovatsionnyy aspekt*. 2015. № 3. S. 80-89. – DOI: 10.7442/2071-9620-2015-3-80-89. – EDN VBPJKN.

Статья поступила в редакцию 13.03.2025. Одобрена 13.04.2025. Принята 26.06.2025.

Received 13.03.2025. Approved 13.04.2025. Accepted 26.06.2025.