

ВИРТУАЛЬНАЯ И ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ПРЕПОДАВАНИИ ХИМИИ

Шертаева Найля Турдыгалиевна¹⁰, Амирбекова Эльмира Мамыровна²,
Битурсын Сауле Сериковна³

¹кандидат химических наук, ассоциированный профессор, ²Докторант 2 курса, ³PhD доктор, старший преподаватель.

Южно-Казахстанский педагогический университет имени Ө.Жәнібеков,
кафедра химии, Шымкент/Казахстан

¹ORCID: 0000-0001-6446-4953, e-mail: nailaximik@mail.ru

²ORCID: 0000-0003-3842-4418, e-mail: amirbekova.elmira84@mail.ru

³ORCID: 0000-0002-0270-0858, e-mail: sbitursyn@mail.ru

Аннотация

Метавселенная рассматривается как перспективная среда обучения, привлекательная для всех участников образовательного процесса. Цель исследования – изучение эффективности применения виртуальной и дополненной реальности в контексте Метавселенной для визуализации в обучении химии. Методология исследования основана на концепции Метавселенной как иммерсивной среды, объединяющей реальный и виртуальный миры при помощи технологий AR/VR, создающих инновационную образовательную среду. В исследовании были использованы аналитический, экспериментальный, психодиагностический, статистический методы исследования. В нём приняли участие 40 студентов первого курса бакалавриата, изучающие химию на факультете естествознания. Были использованы следующие методики: Мотивация учебной деятельности: уровни и типы (методика И. С. Домбровской), Диагностика самоактуализации личности (методика А. В. Лазукина в адаптации Н. Ф. Калина), Тест-опросник самоорганизации деятельности, а также тестовый контроль знаний химии. Показано, что проблема Метавселенной и возможности её использования в образовании при обучении химии представляют значительный интерес для исследователей, однако эмпирические исследования этого направления представлены в научной литературе недостаточно. На данном этапе для обучения химии используются иммерсивные VR/AR технологии, которые можно рассматривать в контексте Метавселенной лишь как начальный этап её формирования, что не умаляет значения этих технологий для совершенствования преподавания и обучения. Подтверждено преимущество технологий VR/AR в отношении мотивационной составляющей образовательного процесса, формирования коммуникативных и профессиональных компетенций студентов по сравнению с традиционным обучением химии. Дальнейшие исследования планируется направить на изучение влияния технологий VR/AR на уровень тревожности студентов, а также на разработку прогностической модели успешности достижений студентов при обучении химии с использованием технологий VR/AR в контексте Метавселенной.

Ключевые слова: изучение химии, виртуальное 3D пространство, AR/VR-технологии, онлайн-игры, 3D-реконструкция, искусственный интеллект (AI).

Received 26 June 2023. Accepted 19 February 2024.

For citation: Шертаева Н.Т., Амирбекова Э.М., Битурсын С.С. (2024). Виртуальная и дополненная реальность для визуализации в преподавании химии. *Ilim*, 40(2). 40-55.

Введение

Кибер-симулированная среда позволяет одновременно взаимодействовать, учиться и работать многим пользователям, находящимся в удалённых друг от друга физических местах (Allcoat D., & von Mühlénen A. (2018). Соответственно, Метавселенная, её технологии и область применения представляет интерес для исследователей во многих направлениях науки и практики (Bicen H., & Adedoyin O. B. (2022). Применение AR в образовании является привлекательным и для студентов, и для педагогов (Chien S.-Y., Hwang G.-J. & Siu-Yung Jong M. (2019). Иммерсивные технологии (виртуальная, дополненная, смешанная и расширенная реальность) становятся всё более популярными в образовательной сфере, расширяя возможности онлайн-обучения посредством создания иммерсивных сценариев и образовательных сред (Edwards B.I., Bielawski K.S., Prada R. et al. (2019).

Для обработки наборов больших данных в AR/VR применяются различные методы визуализации, при этом реализация методов моделирования и статистического анализа происходит в реальном времени (Iyamuremye A., Mukiza J., Nsengimana T., et al. (2022).

Иммерсивные технологии AR/VR характеризуют эпоху четвёртой промышленной революции и ориентированы на развитие взаимодействия человека и машины (Janan Saba, Hagit Hel-Or & Sharona T. Levy (2021). Технологии расширенной реальности (AR/VR) и искусственного интеллекта обладают значительным перспективным потенциалом во многих отраслях экономики и в образовательных средах (Kamisah Osman & Ah Nam Lay (2022).

Технология иммерсивной VR способствует накоплению знаний, обеспечивая тем самым альтернативный процесс обучения, что имеет большое значение для преподавания химии как дисциплины, требующей высокого уровня визуализации и физического взаимодействия с виртуальными средами (Korkut E.H., Surer E. (2023), что обуславливает актуальность исследования возможностей виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности в контексте Метавселенной для обучения химии в высших учебных заведениях.

Научная новизна настоящего исследования состоит в теоретическом обосновании возможностей и выявлении перспективных направлений применения AR/VR в образовательном процессе обучения химии.

Практическое значение результатов исследования состоит в возможности их применения для усовершенствования преподавания и обучения химии в высших учебных заведениях посредством перехода на новый уровень цифровизации, повышения технологизации образовательного процесса на основе взаимодействия виртуального и реального образовательного пространства.

Актуальность данного вопроса и его недостаточная изученность, связанная с новизной, обусловили мотивацию выполнения настоящего исследования, цель которого - изучение эффективности применения виртуальной и дополненной реальности для визуализации в обучении химии. В задачи исследования входило нахождение ответов на следующие исследовательские вопросы:

1. Насколько проблема использования технологий VR/AR в контексте Метавселенной при обучении химии представлена в научной литературе?

2. Можно ли говорить о технологиях визуализации в обучении химии в контексте Метавселенной на данном этапе их применения, или же это вопрос перспективных исследований?

3. Обладают ли технологии VR/AR реальными преимуществами в отношении мотивационной составляющей образовательного процесса, формирования коммуникативных и профессиональных компетенций студентов по сравнению с традиционным обучением химии?

Методы и материалы

В исследовании были использованы аналитический, экспериментальный, психодиагностический, статистический методы исследования.

Методология исследования основана на концепции Метавселенной как иммерсивной среды, объединяющей реальный и виртуальный миры при помощи технологий VR/AR, создающих инновационную образовательную среду (Kurt Winkelmann, Wendy Keeney-Kennicutt, Debra Fowler, et al.(2020).

Исследование проводилось в течение месяца на базе факультета естественных наук Южно-Казахстанского педагогического университета имени Ө.Жәнібеков. В нём приняли участие 40 студентов первого курса бакалавриата. В результате процедуры простой рандомизации 20 студента составили экспериментальную группу, в которой изучение химии проводилось с использованием иммерсивных VR/AR технологий, и 20 студентов вошли в контрольную группу, где обучение проводилось традиционными методами в реальной лаборатории без использования иммерсивных обучающих сред. Экспериментальная и контрольная группы были сопоставимы по базовому уровню знания химии, а также возрастному, гендерному и этническому составу.

В начале и в конце исследования проводилось тестирование уровня знаний студентов экспериментальной и контрольной групп, а также психодиагностическое исследование уровня их мотивации к учёбе, коммуникативных навыков и творческих способностей, для чего были использованы следующие методики:

- Мотивация учебной деятельности: уровни и типы (методика И. С. Домбровской), позволяющая определить направленность учебной деятельности студентов и глубину их интереса к знаниям, а также уровни развития познавательных и социальных мотивов учебной деятельности. Методика состоит из 30 утверждений, ответы на которые оцениваются по шкале Лайкерта (0 -

никогда, 1 - очень редко, 2 - иногда, 3 - почти всегда, 4 - всегда; менее 2 баллов - низкий, 2-3 балла - средний, больше 3 баллов - высокий уровень).

- Диагностика самоактуализации личности (методика А. В. Лазукина в адаптации Н. Ф. Калина), направленная на выявление потребности в самоактуализации, стремления респондентов к раскрытию личностного потенциала и реализации смысложизненных ориентаций, при помощи следующих шкал: Ориентация во времени; ценности; взгляд на природу человека; потребность в познании; креативность (стремление к творческой деятельности); автономность; спонтанность; самопонимание; аутосимпатия; контактность; гибкость в общении (15 баллов составляют максимум по каждой шкале, или 100%).

- Тест-опросник самоорганизации деятельности, предназначенный для диагностики степени сформированности навыков самоменеджмента, самоорганизации и управления временем, стратегического целеполагания и тактического планирования деятельности.

Статистическая обработка результатов исследования проводилась в программе Microsoft Excel, при помощи которой осуществлялось накопление информации, её сортировка и визуализация результатов исследования. Для сравнения показателей, определения статистической значимости и достоверности полученных результатов применялся Student's t-test. Оценка степени взаимосвязи между шкалами методик осуществлялась посредством вычисления коэффициента корреляции Пирсона r_{xy} и его оценки в соответствии с таблицами Чеддока. Подсчёты проводились в онлайн-калькуляторе Social Science Statistics.

Литературный обзор

Метавселенная понимается как переход Интернета на новый технологический уровень (Nsabayezu E., Iyamuremye A., Urengejeho V., et al.(2022)), создание взаимосвязанной сети социальных иммерсивных сред, мультисенсорное взаимодействие реального и виртуального мира, людей и цифровых объектов, VR и AR (Papanastasiou G., Drigas, A., Skianis C., et al.(2019)).

Одним из аспектов проектирования Метавселенной является её использование для развития мягких навыков и коммуникативной компетентности (Qi-Fan Yang, Han Lin, Gwo-Jen Hwang, et al. (2022)), что способствует расширению возможностей и поля деятельности человека, но в то же время создаёт ряд социальных проблем и рисков (Rüdiger Tiemann & Amany Annaggar (2020)).

Обеспечение согласованного взаимодействия виртуальной и физической сред в смешанной реальности (MR) Метавселенной является сложной задачей (Guan, J., 2022), что обуславливает необходимость чётких критериев её определения (Sahin D. & Yilmaz R.M. (2019)). Однако, хотя разработка Метавселенной, сочетающей реальный и виртуальный миры, находится всё ещё на начальной стадии, она представляется перспективной для пользователей во

многих направлениях, среди которых одним из приоритетных является образование (Shen C., Ho J., Ly P. T. M., & Kuo T. (2018).

Цифровизацию образовательного процесса сегодня связывают, прежде всего, с Metaverse, предлагающей создание смешанного виртуально-физического образовательного киберпространства на основе синхронизации в реальном времени аудиторий смешанной реальности и удалённых платформ VR (Tang Y.M., Au K.M., Lau H.C.W. et al. (2020). Смешанная реальность (MR) и геймификация образовательного процесса способствует максимальному погружению студентов в образовательную среду, обеспечению индивидуальной обратной связи, повышению мотивации и интереса студентов к обучению, развитию их способностей и компетенций XXI века.

Будущее образования связывают сегодня с развитием Метавселенной как инновационной социальной обучающей среды, ориентированной на технологии искусственного интеллекта, геймификации, взаимодействия, больших данных, Интернета вещей, блокчейна, создания личной среды обучения (Tlili A., Huang R., Shehata B., Liu D., Zhao J., Metwally A. H. S., & Burgos D. (2022).

Инновационные системы виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности успешно применяются в STEM-образовании и обеспечивает создание индивидуализированных учебных пространств, развитие коммуникативных навыков студентов и повышение их мотивации к учёбе. Преимуществом VR/AR является обеспечение создания трёхмерных пространственных впечатлений, способствующих формированию общих и профессиональных компетентностей студентов при одновременном снижении когнитивной нагрузки (Wang M., & Lv Z. (2022).

Технологии VR способствуют лучшему усвоению студентами абстрактных понятий и приобретению ими пространственных навыков при изучении химии. Так, VR Multisensory Classroom (VRMC) представляет собой виртуальную мультисенсорную классную комнату с тактильными эффектами для иммерсивного обучения молекулярно-органической химии и обеспечивает высокую мотивацию и вовлечённость студентов. Мультимодальная VR платформа VE VIREPSE позволяет моделировать и проводить химические эксперименты с обеспечением мультимодальной визуальной, тактильной, слуховой и обонятельной обратной связи.

Технологии VR на основе сферического видео (SVVR) способствуют усвоению студентами теоретического материала и приобретению компетентностей, необходимых для проведения химических опытов. Для построения вычислительных моделей химических систем различной степени сложности применяются платформы моделирования, ориентированные на выработку у студентов концептуального и системного понимания химии. Выполнение химических экспериментов в виртуальном мире Second Life (SL), по сравнению с работой в реальной лаборатории, позволяет снизить количество отвлекающих моментов и способствует лучшему усвоению учебного материала.

Веб-обучение (WBL) является эффективным для преподавания и изучения химии на основе компетентностного подхода. Для обучения химии используются квесты с AR, позволяющие проиллюстрировать открытый химический процесс. VR помогает также преподавать и изучать химию в инклюзивной образовательной среде.

Программное обеспечение VR/AR позволяет визуализировать трехмерные молекулы, а интерактивный контент веб-сайта *moleculARweb* (<https://moleculeweb.epfl.ch>) делает AR общедоступной для изучения химии при помощи разнообразных потребительских устройств, включая ноутбуки, планшеты и смартфоны. Специальные программы позволяют преподавателям и студентам создавать биологические макромолекулы и другие материалы и управлять этими моделями при помощи устройств и иммерсивных VR-гарнитур, совместимых с WebXR устройствами.

Интернет вещей, технологии искусственного интеллекта, VR/AR, киберфизическая система и другие передовые технологии характеризуют эпоху промышленной революции 4.0, всё больше проникая во все сферы человеческой деятельности, следствием чего является технологическое преобразование университетов в соответствии с потребностями современного рынка труда и возрастание роли обучения химии (Amirbekova E., Shertayeva N., and Mironova E. (2024).

Анализ результатов

По данным источников научной литературы, иммерсионные учебные среды в контексте Метавселенной способствуют улучшению академической успеваемости студентов, прежде всего, за счёт повышения вовлечённости, мотивационного фактора и коммуникативной компетентности. Для проверки истинности этого утверждения при изучении химии, было проведено соответствующее экспериментальное исследование. Результаты исследования динамики мотивации учебной деятельности студентов экспериментальной и контрольной групп представлены в таблице 1.

Из данной таблицы видно, что изначальный уровень познавательных и социальных мотивов в экспериментальной и контрольной группах был сопоставимым и находился в диапазоне средних значений. При повторном исследовании, у студентов экспериментальной группы, изучавших химию с применением иммерсивных VR/AR технологий в контексте метавселенной, была отмечена выраженная позитивная динамика мотивов, тогда как в контрольной группе изменения не были статистически значимыми. Статистически достоверное повышение уровня широких познавательных мотивов (с 2.3 ± 0.2 до 3.4 ± 0.1 баллов, $p < 0.05$) свидетельствует о росте интереса студентов экспериментальной группы к теоретическим принципам химии, свойствам химических элементов, желании приобрести новые знания.

Повышение уровня учебно-познавательных мотивов (с 2.2 ± 0.3 до 3.6 ± 0.2 баллов, $p < 0.05$) указывает на статистически достоверный рост интереса студентов

экспериментальной группы к методам научного познания и приобретение ими навыков самостоятельного обучения.

Таблица 1. Динамика мотивации учебной деятельности студентов экспериментальной группы, обучающихся химии с использованием AR/VR (А - первичное тестирование, А1 - повторное тестирование) и студентов контрольной группы (В - первичное тестирование, В1 - повторное тестирование)

Тип мотивации	Группа мотивов	GPA		Student's t-test	p	GPA		Student's t-test	p
		A	A1			B	B1		
Познавательная мотивация	Широкие познавательные мотивы	2.3±0.2	3.4±0.1	-8.52	<0.05	2.2±0.3	2.5±0.4	-1.04	>0.05
	Учебно-познавательные мотивы	2.2±0.3	3.6±0.2	-6.73	<0.05	2.4±0.1	2.6±0.2	-1.55	>0.05
	Мотивы самобразования	2.0±0.2	3.1±0.4	-4.26	<0.05	1.9±0.3	2.2±0.1	-1.64	>0.05
Социальная мотивация	Широкие социальные мотивы	2.2±0.1	2.8±0.2	-4.65	<0.05	2.1±0.2	2.2±0.3	-0.48	>0.05
	Узкие социальные мотивы	2.4±0.2	2.6±0.3	-0.96	>0.05	2.3±0.2	2.5±0.1	-1.55	>0.05
	Мотивы социального сотрудничества	2.0±0.4	3.2±0.3	-4.16	<0.05	2.1±0.3	2.4±0.1	-1.64	>0.05
гху		0.7364			<0.05	0.6294			<0.05

Формирование направленности студентов экспериментальной группы на самостоятельное приобретение знаний подтверждается также статистически достоверным и значимым увеличением уровня мотивов самобразования (с 2.0±0.2 до 3.1±0.4 баллов, $p < 0.05$). Кроме того, отмечено статистически значимое достоверное повышение уровня широких социальных мотивов (с 2.2±0.1 до 2.8±0.2 баллов, $p < 0.05$) и мотивов социального сотрудничества (с 2.0±0.4 до

3.2±0.3 баллов, $p < 0.05$), что указывает на формирование коммуникативной компетентности студентов в процессе изучения химии с использованием AR/VR. В то же время, узкие (позиционные) социальные мотивы изменились незначительно (с 2.4±0.2 до 2.6±0.3 баллов, $p > 0.05$).

Между познавательными и социальными мотивами имеется выраженная прямая корреляционная связь (коэффициент корреляции Пирсона $r_{xy} = 0.7364$ в экспериментальной и $r_{xy} = 0.6294$ в контрольной группе респондентов).

Сравнение влияния иммерсионного обучения химии в контексте Метавселенной с традиционным обучением в реальной лаборатории на стремление студентов к самоактуализации показано в Таб. 2.

Таблица 2. Результаты исследования в динамике самоактуализации студентов экспериментальной группы (A1 - первичное тестирование, A2 - повторное тестирование) и контрольной группы (B - первичное тестирование, B1 - повторное тестирование).

Шкала	GPA		Studen t's t- test	p	GPA		Studen t's t- test	p
	A	A1			B	B1		
Ориентация во времени	5.3±0.5	8.2±0.6	-6.43	<0.05	5.2±0.4	6.4±0.3	-4.16	<0.05
Ценности	6.1±0.2	8.4±0.3	-11.05	<0.05	6.3±0.2	7.0±0.5	-2.25	<0.05
Взгляд на природу человека	7.8±0.4	10.1±0.5	-6.22	<0.05	7.6±0.5	8.2±0.2	-1.93	>0.05
Потребность в познании	8.1±0.6	12.3±0.2	-11.50	<0.05	8.0±0.4	8.8±0.4	-2.95	<0.05
Креативность	5.6±0.2	10.4±0.6	-13.15	<0.05	5.5±0.1	7.0±0.5	-5.10	<0.05
Автономность	5.2±0.3	8.6±0.2	-16.33	<0.05	5.1±0.2	5.9±0.4	-3.10	<0.05
Спонтанность	5.0±0.2	9.3±0.2	-26.33	<0.05	5.2±0.1	6.3±0.5	-3.74	<0.05
Самопонимание	5.4±0.1	10.2±0.3	-26.29	<0.05	5.5±0.2	6.8±0.6	-3.56	<0.05
Аутосимпатия	8.5±0.2	10.4±0.1	-14.72	<0.05	8.6±0.4	9.2±0.3	-2.08	>0.05
Контактность	5.7±0.5	10.0±0.6	-9.54	<0.05	5.9±0.1	7.4±0.6	-4.27	<0.05
Гибкость в общении	5.3±0.2	9.8±0.4	17.43	<0.05	5.2±0.5	7.4±0.2	-7.08	<0.05

При первичном исследовании, показатели самоактуализации студентов экспериментальной и контрольной групп были сопоставимы и находились в пределах средних значений. При повторном исследовании в обеих группах

наблюдалось увеличение показателей самоактуализации, однако в экспериментальной группе оно было статистически более значимым.

Повышение показателя по шкале «Ориентация во времени» свидетельствовало о росте уверенности в себе, что было более выражено в экспериментальной группе (с 5.3 ± 0.5 до 8.2 ± 0.6 баллов, $p < 0.05$) по сравнению с контрольной (с 5.2 ± 0.4 до 6.4 ± 0.3 баллов, $p < 0.05$).

Увеличение показателя по шкале ценностей отражало процесс личностной самоактуализации исследуемых студентов и гармонизации межличностных отношений, что опять-таки в большей мере наблюдалось в экспериментальной группе (с 6.1 ± 0.2 до 8.4 ± 0.3 баллов, $p < 0.05$) по сравнению с контрольной (6.3 ± 0.2 и 7.0 ± 0.5 баллов, $p < 0.05$). Шкала «Взгляд на природу человека» также характеризует межличностные отношения, и здесь повышение показателей в экспериментальной группе было статистически достоверным и значимым (с 7.8 ± 0.4 до 10.1 ± 0.5 баллов, $p < 0.05$), тогда как в контрольной группе существенных изменений не наблюдалось (7.6 ± 0.5 и 8.2 ± 0.2 баллов, $p > 0.05$).

Рост потребности в познании как характеристика процесса личностной самоактуализации студентов был также более выражен в экспериментальной группе (с 8.1 ± 0.6 до 12.3 ± 0.2 баллов, $p < 0.05$), чем в контрольной (с 8.0 ± 0.4 до 8.8 ± 0.4 баллов, $p < 0.05$). Аналогичная ситуация отмечалась и по остальным шкалам методики, - креативности, автономности и спонтанности как важных качеств личности, характеризующих процесс её самоактуализации, самопонимания, контактности и гибкости в общении, что отражает процесс личностного развития и формирования коммуникативной компетентности респондентов. В то же время, по шкале «Аутосимпатия» в контрольной группе изменения показателя были статистически не значимыми (с 8.6 ± 0.4 до 9.2 ± 0.3 баллов, $p > 0.05$), в отличие от экспериментальной группы (с 8.5 ± 0.2 до 10.4 ± 0.1 баллов, $p < 0.05$). Этот результат даёт основания предполагать, что иммерсивное AR/VR обучение химии в контексте Мета вселенной в большей мере способствует формированию позитивной Я-концепции личности, критичности и уверенности в себе, чем традиционное обучение без использования инновационных цифровых технологий.

Динамика показателей самоорганизации студентов экспериментальной группы представлена в Таб. 3.

Таблица 3. Результаты исследования динамики самоорганизации студентов экспериментальной группы, обучавшейся с использованием AR/VR (А - первичное тестирование, А1 - повторное тестирование), и контрольной группы (В - первичное тестирование, В1 - повторное тестирование)

Шкала	GPA		Student's t-test	p	GPA		Student's t-test	p
	A	A1			B	B1		
Планомерность	16.9 ± 0.6	18.2 ± 0.4	-3.12	<0.05	16.8 ± 0.4	17.0 ± 0.2	-0.77	>0.05
	6	4		5	4	2		

Целеустремлённость	30.2±0.3	32.6±0.2	-11.53	<0.05	30.8±0.5	31.3±0.1	-1.70	>0.05
Настойчивость	18.7±0.3	20.1±0.5	-4.16	<0.05	18.9±0.1	19.1±0.2	-1.55	>0.05
Фиксация	16.7±0.4	18.6±0.2	-7.36	<0.05	16.5±0.5	17.2±0.3	-2.10	>0.05
Самоорганизация	8.5±0.3	9.6±0.4	-3.81	<0.05	8.4±0.2	8.6±0.1	-1.55	>0.05
Ориентация на настоящее	7.4±0.2	8.4±0.2	-6.12	<0.05	7.5±0.3	8.0±0.2	-2.40	>0.05
Общий показатель	98.4±2.1	107.5±1.9	-5.57	<0.05	98.9±2.9	101.4±0.9	-1.55	>0.05

При первичном исследовании выявлено, что показатели самоорганизации студентов как экспериментальной, так и контрольной группы сопоставимы и находятся ниже среднего уровня. При повторном исследовании, отмечена выраженная позитивная динамика показателей самоорганизации студентов экспериментальной группы по всем шкалам методики до среднестатистической нормы (общий показатель увеличился с 98.4±2.1 до 107.5±1.9 баллов, $p<0.05$), что свидетельствует об увеличении вовлечённости студентов в образовательный процесс, упорядочении их познавательной активности, развитии навыков целеполагания и тактического планирования учебной деятельности. При этом, в контрольной группе существенных изменений показателей самоорганизации не произошло (общий показатель 98.9±2.9 и 101.4±0.9 баллов, $p>0.05$).

Первичный тестовый контроль позволил установить, что базовый уровень знания химии у студентов экспериментальной и контрольной групп сопоставим и равен 68.4±2.1 балла по 100-балльной оценочной системе. При повторном тестировании, средний балл студентов контрольной группы оказался равен 75.3±2.8 ($p<0.05$), тогда как в экспериментальной группе 86.1±4.0 баллов ($p<0.05$).

Таким образом, результаты проведённого исследования свидетельствуют о том, что иммерсивное обучение химии с использованием VR/AR технологий визуализации в контексте Метавселенной способствует росту учебной мотивации и вовлечённости студентов, повышению их самоактуализации, самоменеджмента и коммуникативности, что оказывает позитивное влияние на усвоение теоретических знаний и приобретение практических навыков, приводя к более выраженному улучшению академической успешности студентов по сравнению с традиционным обучением.

Данные источников научной литературы свидетельствуют о том, что комплексное применение AR/VR в образовательных и учебных системах способствует повышению их эффективности (Shen, C., Ho, J., Ly, P. T. M., & Kuo, T., 2018; Park, M., Lee, S., Jeon, K. S., & Seol, H., 2019). Настоящее исследование подтверждает данный тезис, так как результаты тестового контроля показали

более значительное улучшение академической по химии студентов экспериментальной группы по сравнению с контрольной.

Исследователи утверждают, что образовательные технологии VR и AR способствуют поддержанию и развитию когнитивных процессов и коммуникативных компетентностей студентов (Horváth, I., 2021). Говоря о коммуникативных компетентностях, следует отметить выявленные в процессе исследования позитивные влияния использования иммерсивных VR/AR технологий на социальную мотивацию студентов, прежде всего в направлении социального сотрудничества как основы самовоспитания и самосовершенствования личности в процессе её профессионального становления. Кроме того, выявленное статистически достоверное и значимое повышение у студентов экспериментальной группы показателей по шкалам «Взгляд на природу человека», «Контактность» и «Гибкость в общении» доказывает позитивное влияние инновационного иммерсивного обучения на формирование умения построения доброжелательных и гармоничных взаимоотношений с окружающими, выработку навыков эффективного общения.

Существенным преимуществом VR/AR технологий обучения является их позитивное влияние на формирование адекватной самооценки и Я-концепции личности студентов, что доказывается статистически достоверным и значимым повышением показателей по шкале «Аутосимпатия» в экспериментальной группе. В контрольной группе не было выявлено существенных изменений показателя по данной шкале, что свидетельствует о возможной невротизации студентов, их недостаточной уверенности в себе, что корректируется при обучении с использованием VR/AR технологий в контексте Метавселенной. Для проверки данного утверждения, планируется провести дополнительное исследование динамики уровня тревожности студентов при помощи методики Спилбергер-Ханина.

Знание химии является одним из важных направлений образования в контексте научно-технических инноваций на мировом экономическом рынке (Kamisah Osman & Ah Nam Lay, 2022). Цифровизация и геймификация обучения химии при помощи модуля MyKimDG способствует лучшему пониманию теоретического материала и усвоению практических навыков (Kamisah Osman & Ah Nam Lay, 2022). Образовательные методы AR и VR, как утверждается в источниках научной литературы, обеспечивают широкое взаимодействие с трёхмерным цифровым контентом и позволяют управлять мобильными сценариями в виртуальном мире так же, как и в реальной физической среде, что способствует улучшению пространственного восприятия студентов (Zhang, L., He, W., Liu, Y., et al., 2021). Интернет вещей (IoT) играет ключевую роль в достижении целей устойчивого развития (Cadeado, A. N., Machado, C., Oliveira, G. C., et al., 2022). Возможность получения аналитических данных в режиме реального времени позволяет использовать технологии IoT для решения практических экологических и образовательных задач в области аналитической химии (Attwood, A. I., 2020; Cadeado, A. N., Machado, C., Oliveira, G. C., et al.,

2022). Проведённое исследование подтверждает преимущества образовательных VR/AR технологий для изучения химии в сравнении с традиционным обучением. Можно предположить, что развитие технологий Метавселенной приведёт к революционным преобразованиям образовательной системы. Однако на данном этапе можно говорить только о потенциальных возможностях Метавселенной, так как применяемые VR/AR образовательные технологии в контексте Метавселенной являются лишь начальным этапом грядущих преобразований. Тем не менее, полученные результаты убедительно свидетельствуют о перспективности технологической трансформации образовательной системы, что способствует повышению эффективности обучения и академической успеваемости студентов благодаря большей мотивированности и вовлечённости студентов, развитию их личностного потенциала.

Как показало проведённое исследование, образовательные AR/VR способствуют улучшению академической успеваемости студентов при изучении химии, прежде всего, за счёт улучшения их самоорганизации и самоактуализации, что планируется использовать в дальнейших исследованиях для построения прогностической модели индивидуальных достижений студентов.

Выводы

Показано, что проблема Метавселенной и возможности её использования в образовании при обучении химии представляют значительный интерес для исследователей, однако эмпирические исследования этого направления представлены в научной литературе недостаточно. На данном этапе для обучения химии используются иммерсивные VR/AR технологии, которые можно рассматривать лишь как начальный этап её формирования, что не умаляет значения этих технологий для совершенствования преподавания и обучения.

Выявлено статистически достоверное повышение уровня широких познавательных мотивов (с 2.3 ± 0.2 до 3.4 ± 0.1 баллов, $p < 0.05$) и уровня учебно-познавательных мотивов (с 2.2 ± 0.3 до 3.6 ± 0.2 баллов, $p < 0.05$), что свидетельствует о росте интереса студентов экспериментальной группы к методам научного познания, теоретическим принципам химии и свойствам химических элементов, желании приобретать новые знания, формировании направленности на самостоятельное приобретение знаний.

Повышение уровня широких социальных мотивов (с 2.2 ± 0.1 до 2.8 ± 0.2 баллов, $p < 0.05$) и мотивов социального сотрудничества (с 2.0 ± 0.4 до 3.2 ± 0.3 баллов, $p < 0.05$) указывает на позитивное влияние использования VR/AR технологий в процессе изучения химии на формирование коммуникативной компетентности студентов.

Показано, что обучение химии с использованием технологий VR/AR способствует личностной самоактуализации студентов и гармонизации их межличностных отношений, формированию позитивной Я-концепции личности, критичности и уверенности в себе, мотивации и вовлечённости студентов в образовательный процесс, упорядочения их познавательной активности, развитию

навыков целеполагания и тактического планирования учебной деятельности. Иммерсивное обучение химии с использованием VR/AR технологий визуализации в контексте Метавселенной оказывает позитивное влияние на усвоение теоретических знаний и приобретение практических навыков, приводя к более выраженному улучшению академической успешности студентов по сравнению с традиционным обучением.

Таким образом, подтверждено преимущество технологий VR/AR в отношении мотивационной составляющей образовательного процесса, формирования коммуникативных и профессиональных компетенций студентов по сравнению с традиционным обучением химии.

Дальнейшие исследования планируется направить на изучение влияния технологий VR/AR на уровень тревожности студентов, а также на разработку прогностической модели успешности достижений студентов при обучении химии с использованием технологий VR/AR.

References

Allcoat D., & von Mühlenthal A. (2018). Learning in virtual reality: Effects on performance, emotion and engagement. *Research in Learning Technology*, 26. <https://doi.org/10.25304/rlt.v26.2140>

Bicen, H., & Adedoyin, O. B. (2022). Bibliometric Analysis of Studies on Metaverse in Education. <https://doi.org/10.58503/icvl-v17y202215>

Chien S.-Y., Hwang G.-J. & Siu-Yung Jong M. (2019). Effects of peer assessment within the context of spherical video-based virtual reality on EFL students' English-Speaking performance and learning perceptions. *Computers & Education*, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103751>

Edwards, B.I., Bielawski, K.S., Prada, R. et al. (2019). Haptic virtual reality and immersive learning for enhanced organic chemistry instruction. *Virtual Reality*, Vol. 23, pp. 363-373, <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0345-4>

Iyamuremye, A., Mukiza, J., Nsengimana, T., et al. (2022). Knowledge construction in chemistry through web-based learning strategy: a synthesis of literature. *Educ Inf Technol*. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11369-x>

Janan Saba, Hagit Hel-Or & Sharona T. Levy (2021). Much.Matter.in.Motion: learning by modeling systems in chemistry and physics with a universal programming platform, *Interactive Learning Environments*, <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1919905>

Kamisah Osman & Ah Nam Lay (2022). MyKimDG module: an interactive platform towards development of twenty-first century skills and improvement of students' knowledge in chemistry, *Interactive Learning Environments*, 30:8, pp. 1461-1474. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1729208>

Korkut, E.H., Surer, E. (2023). Visualization in virtual reality: a systematic review. *Virtual Reality*. <https://doi.org/10.1007/s10055-023-00753-8>

Kurt Winkelmann, Wendy Keeney-Kennicutt, Debra Fowler, et al. (2020). Learning gains and attitudes of students performing chemistry experiments in an

immersive virtual world, *Interactive Learning Environments*, 28:5, pp. 620-634, <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1696844>

Nsabayezu, E., Iyamuremye, A., Urengejeho, V., et al. (2022). Computer-based learning to enhance chemistry instruction in the inclusive classroom: Teachers' and students' perceptions. *Educ Inf Technol.*, Vol. 27, pp. 11267-11284. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11082-9>

Papanastasiou, G., Drigas, A., Skianis, C., et al. (2019). Virtual and augmented reality effects on K-12, higher and tertiary education students' twenty-first century skills. *Virtual Reality*, Vol.23, pp. 425-436. <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0363-2>

Qi-Fan Yang, Han Lin, Gwo-Jen Hwang, et al. (2022). An exploration-based SVVR approach to promote students' chemistry learning effectiveness, *Interactive Learning Environments*, <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2135106>

Rüdiger Tiemann & Amany Annaggar. (2020). A framework for the theory-driven design of digital learning environments (FDDLEs) using the example of problem-solving in chemistry education, *Interactive Learning Environments*, <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1826981>

Sahin D. & Yilmaz R.M. (2019). The effect of Augmented Reality Technology on middle school students' achievements and attitudes towards science education. *Computers & Education*, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103710>

Shen, C., Ho, J., Ly, P. T. M., & Kuo, T. (2018). Behavioural intentions of using virtual reality in learning: perspectives of acceptance of information technology and learning style. *Virtual Reality*. <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0348-1>

Tang, Y.M., Au, K.M., Lau, H.C.W. et al. (2020). Evaluating the effectiveness of learning design with mixed reality (MR) in higher education. *Virtual Reality* 24, pp. 797-807. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00427-9>

Tlili, A., Huang, R., Shehata, B., Liu, D., Zhao, J., Metwally, A. H. S., & Burgos, D. (2022). Is Metaverse in education a blessing or a curse: a combined content and bibliometric analysis. *Smart Learning Environments*, 9(1), pp. 1-31.

Wang, M., & Lv, Z. (2022). Construction of personalized learning and knowledge system of chemistry specialty via the internet of things and clustering algorithm. *The Journal of Supercomputing*, 78(8), pp. 10997-11014.

Amirbekova, E., Shertayeva, N., Mironova, E. (2024). Teaching chemistry in the metaverse: the effectiveness of using virtual and augmented reality for visualization. *Front. Educ.*, 8:1184768. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1184768>

**Шертаева Нәйлә Тұрдығалиевна¹, Әмірбекова Эльмира Мамыровна²,
Битұрсын Сәуле Серіковна³**

¹химия ғылымының кандидаты, ассоцир. профессор, ²2-курс докторант, ³PhD.

^{1,2,3} Өзбекәлі Жәнібеков атындағы Оңтүстік Қазақстан педагогикалық университеті,
химия кафедрасы, Шымкент/ Қазақстан

Химияны оқытуда визуализацияға арналған виртуалды және кеңейтілген шындық

Аңдатпа. Метағалам оқу процесінің барлық қатысушылары үшін тартымды перспективалық оқу ортасы ретінде қарастырылады. Зерттеудің мақсаты химияны оқытуда визуализация үшін Метағалам контекстінде виртуалды және толықтырылған шындықты қолданудың тиімділігін зерттеу. Зерттеу әдістемесі инновациялық білім беру ортасын құратын AR/VR технологиялары арқылы нақты және виртуалды әлемдерді біріктіретін иммерсивті орта ретінде Метағалам тұжырымдамасына негізделген. Зерттеу барысында аналитикалық, эксперименттік, психодиагностикалық, статистикалық зерттеу әдістері қолданылды. Оған жаратылыстану факультетінде химия мамандығында оқитын 40 бакалавриаттың бірінші курс студенттері қатысты. Келесі әдістер қолданылды: оқу іс-әрекетін ынталандыру: деңгейлері мен түрлері (И. С. Домбровская әдістемесі), тұлғаның өзін-өзі актуализациялау диагностикасы (Н. Ф. Калинин бейімдеудегі А. В. Лазукин әдістемесі), қызметті өзін-өзі ұйымдастырудың тест-сауалнамасы, сондай-ақ химия білімін тестілік бақылау. Метағалам мәселесі және оны химияны оқытуда білім беруде қолдану мүмкіндігі зерттеушілер үшін үлкен қызығушылық тудыратыны көрсетілген, бірақ бұл бағыттағы эмпирикалық зерттеулер ғылыми әдебиеттерде жеткіліксіз. Бұл кезеңде химияны оқыту үшін иммерсивті VR/AR технологиялары қолданылады, оларды Метағалам контекстінде оның қалыптасуының бастапқы кезеңі ретінде қарастыруға болады. Бұл, оқыту мен оқуды жетілдіру үшін осы технологиялардың маңыздылығын төмендетпейді. VR/AR технологияларының білім беру процесінің мотивациялық компонентіне, студенттердің коммуникативті және кәсіби құзыреттіліктерін қалыптастыруға және химияны дәстүрлі оқытуға қатысты артықшылығы расталды. Әрі қарайғы зерттеулер VR/AR технологияларының студенттердің мазасыздық деңгейіне әсерін зерттеуге, сондай-ақ Метағалам контекстінде VR/AR технологияларын қолдана отырып, химияны оқытуда студенттердің жетістіктерінің болжамды моделін жасауға бағытталады.

Кілт сөздер: химияны үйрену, виртуалды 3D кеңістігі, AR / VR технологиясы, онлайн ойындар, 3D қайта құру, жасанды интеллект (AI).

Shertaeva Nailya Turdygalievna¹, Amirbekova Elmira Mamyrovna², Bitursyn Saule Serikovna³

¹Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, ²2nd year doctoral student, ³PhD.

^{1,2,3} South Kazakhstan Pedagogical University named after O. Zhanibekov Department of chemistry, Shymkent / Kazakhstan

Virtual and augmented reality for visualization in chemistry teaching

Abstract. The metaverse is considered as a promising learning environment that is attractive to all participants in the educational process. The purpose of the study is to study the effectiveness of the use of virtual and augmented reality in the context of the Metaverse for

visualization in chemistry teaching. The research methodology is based on the concept of the Metaverse as an immersive environment that combines the real and virtual worlds using AR/VR technologies, creating an innovative educational environment. Analytical, experimental, psychodiagnostic, and statistical research methods were used in the study. It was attended by 40 first-year undergraduate students studying chemistry at the Faculty of Natural Sciences. The following methods were used: Motivation of educational activity: levels and types (methodology of I. S. Dombrovskaya), Diagnostics of self-actualization of personality (methodology of A. V. Lazukina in adaptation by N. F. Kalina), A test questionnaire for self-organization of activities, as well as a test control of knowledge of chemistry. It is shown that the problem of the Metaverse and the possibility of its use in education in teaching chemistry are of considerable interest to researchers, but empirical research in this area is not sufficiently presented in the scientific literature. At this stage, immersive VR/AR technologies are used for teaching chemistry, which can be considered in the context of the Metaverse only as the initial stage of its formation, which does not detract from the importance of these technologies for improving teaching and learning. The advantage of VR/AR technologies in relation to the motivational component of the educational process, the formation of students' communicative and professional competencies in comparison with traditional chemistry training has been confirmed. Further research is planned to focus on the impact of VR/AR technologies on students' anxiety levels, as well as on the development of a predictive model of the success of students' achievements in teaching chemistry using VR/AR technologies in the context of the Metaverse.

Keywords: chemistry study, virtual 3D space, AR/VR technologies, online games, 3D reconstruction, artificial intelligence (AI).