

Научная статья
УДК 37.07: 614
DOI: 10.20323/1813-145X_2023_3_132_55
EDN: OIQIOE

Методический потенциал виртуальной симуляции правил техники безопасности в химической лаборатории высшей школы

Никита Олегович Рачеев

Аспирант кафедры педагогики и психологии профессионального образования, Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А. Тимирязева. 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49
agropolis@vgatu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5975-6214>

Аннотация. Статья посвящена проблеме повышения эффективности инструктирования обучающихся вузов по технике безопасности в учебных химических лабораториях. Поскольку текущие методы ознакомления обучающихся с инструктажами по технике безопасности в химической лаборатории зачастую носят формальный характер, а также не обеспечены наглядностью или интерактивностью взаимодействия студента с образовательным контентом, предлагается использовать образовательные технологии различной степени иммерсивности, в том числе VR-технологии. В рамках исследования проведен сравнительный анализ методических приемов и техник инструктирования студентов в рамках организационной части вводного занятия по дисциплинам «Неорганическая химия», «Аналитическая химия», «Общая химия» на примере деятельности аграрного вуза. Педагогический эксперимент заключался в подборе техник и методических приемов инструктирования, разработке и апробации тестовых заданий и соотнесении результатов тестирования по итогам прохождения инструктажа в разрезе 5 испытуемых групп, для которых был организован инструктаж в виде зачитывания текста инструкции по технике безопасности (I группа, 15 чел.); зачитывания текста инструкции, сопровождаемого иллюстративным материалом в формате презентации (II группа, 15 чел.); интерактивной беседы с элементами мысленного моделирования ситуаций и педагогическим рисунком (III группа, 15 чел.); интерактивной беседы с использованием реальных наглядных пособий (IV группа, 15 чел.); виртуальной компьютерной симуляции 360° в веб-среде «Labster» за ПК (V группа, 16 чел.). По итогам анализа результатов настоящей работы для достижения наиболее высоких показателей комплексной безопасности в ходе освоения дисциплины химического цикла преподавателям химических дисциплин на вводных занятиях рекомендуется использование виртуальной компьютерной симуляции, например, «Labster». В случае невозможности обеспечить соответствующие образовательные условия целесообразно проведение интерактивных бесед с применением мысленных экспериментов, техник педагогического рисунка или реальных наглядных пособий.

Ключевые слова: виртуальная симуляция; техника безопасности; информационно-коммуникационные технологии; средство обучения; инструктаж по технике безопасности; химическая лаборатория вуза; методический потенциал

Для цитирования: Рачеев Н. О. Методический потенциал виртуальной симуляции правил техники безопасности в химической лаборатории высшей школы // Ярославский педагогический вестник. 2023. № 3 (132). С. 55-62. http://dx.doi.org/10.20323/1813-145X_2023_3_132_55. <https://elibrary.ru/OIQIOE>

Original article

Methodological potential of virtual simulation of safety regulations in the university chemical laboratory

Nikita O. Racheev

Post-graduate student of the department of pedagogy and psychology of vocational education, Russian state agrarian university — Timiryazev Moscow agricultural academy. 127434, Moscow, Timiryazevskaya st., 49
agropolis@vgatu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5975-6214>

Abstract. The article is devoted to the problem of increasing the effectiveness of instructing university students on safety in educational chemical laboratories. Since the current methods of familiarizing students with safety instructions

in a chemical laboratory are often formal in nature, and also are not provided with the visibility or interactivity of the student's interaction with educational content, it is proposed to use educational technologies of varying degrees of immersiveness, including VR technologies. As part of the study, a comparative analysis of methodological techniques and techniques for instructing students within the organizational part of the introductory lesson in the disciplines of «Inorganic Chemistry», «Analytical Chemistry», «General Chemistry» was carried out on the example of the activities of the agricultural university. The pedagogical experiment consisted in the selection of techniques and methodological methods of instruction, the development and testing of test tasks and the correlation of test results based on the results of the instruction in the context of 5 test groups, for which instruction was organized in the form of reading the text of the safety instructions (group I, 15 people), reading the text of the instructions, accompanied by illustrative material in the format presentations (group II, 15 people), interactive conversation with elements of mental modeling of situations and pedagogical drawing (group III, 15 people), interactive conversation using real visual aids (group IV, 15 people), 360° virtual computer simulation in the Labster web environment at a PC (group V, 16 people). Based on the results of the analysis of the results and discussions of the results of this work, in order to achieve the highest indicators of integrated safety during the development of the discipline of the chemical cycle, teachers of chemical disciplines in introductory classes are recommended to use a virtual computer simulation, for example, «Labster». If it is impossible to provide these educational conditions, the use of interactive conversations with the use of thought experiments, pedagogical drawing techniques or real visual aids is appropriate.

Keywords: virtual simulation; safety technology; information and communication technologies; teaching tool; safety instruction; chemical laboratory of the university; methodological potential

For citation: Racheev N. O. Methodological potential of virtual simulation of safety regulations in the university chemical laboratory. *Yaroslavl pedagogical bulletin*. 2023; (3): 55-62. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.20323/1813-145X_2023_3_132_55. <https://elibrary.ru/OIQIOE>

Введение

Цифровая трансформация архитектуры предприятий [Горнштейн, 2019; Schallmo, 2020], государственная и муниципальная политика цифровизации образования [Nesterchuk, 2020; AbdEl-Badea, 2021] вкупе с устойчивыми предпочтениями цифровых и смешанных форматов обучения поколения Z [Turner, 2015; Тазов, 2020] все больше влияют на классические инструменты педагогического дизайна в работе педагога высшей школы. Таким образом, в комплексе передовых педагогических технологий профессорско-педагогического состава, аналогично средней школе, в настоящее время одну из ведущих позиций занимают информационно-коммуникационные технологии [Щучка, 2020; Симбирских, 2021; Gulk, 2022], среди которых с различной частотой фигурируют электронное обучение, LMS (learning management systems), BYOD (by your own device), веб-квесты, виртуальная и дополненная реальность, компьютерные симуляции и др. [Зосим, 2016; Гольцова, 2021; Dashtestani, 2021; Silva, 2022; Yu, 2022].

Естественно-научные дисциплины в высшей школе направлены на формирование общих, общепрофессиональных и профессиональных компетенций огромного числа студентов, среди которых обучающиеся не только химического или смежного профилей [Двуличанская, 2015; Лум-

бунова, 2019]. А в связи с широким охватом обучающихся также важно постоянно совершенствовать подходы к организации образовательного процесса в специализированных лабораториях по химическим дисциплинам в соответствии с требованиями цифровой эпохи.

В вопросах виртуализации обучения по химическим дисциплинам важно исключительно обоснованно внедрять цифровые средства обучения для освоения отдельных лабораторных работ или их частей [Сушков, 2011; Хасанова, 2019; Вознесенская, 2021]. Так, логическими предпосылками эпизодической виртуализации образовательного процесса в химической лаборатории с использованием виртуальной реальности или компьютерной симуляции можно считать

– отсутствие необходимого для выполнения студентами работ дорогостоящего оборудования по химическому анализу (например, атомно-абсорбционный спектрометр, автоматизированная станция пробоподготовки, системы химической визуализации и пр.);

– неподходящее качество реагентов для выполнения студентами работ (например, в опыте с получением «грушевой эссенции» в результате выделения эфира может не появиться органолептически определяемый запах «дюшеса»); опыт с определением кислотности по соотношению цвета раствора с образцовой шкалой рН может пока-

зать ошибочные результаты в связи с выцветанием шкалы или истечением срока годности используемого индикатора);

- недостаточное количество реагентов для выполнения студентами работ (например, недостаточное количество ионообменной смолы может повлечь уменьшение числа пригодных к использованию бюреток в лабораторных работах по аналитической химии);

- необходимость развития умений по использованию потенциально опасных для жизни и здоровья соединений (например, концентрированных кислот);

- необходимость формирования навыков безопасного поведения в химической лаборатории в экстренных случаях (например, возгорание, задымление, попадание кислоты или щелочи на одежду или поверхность кожи и др.) [Domracheva, 2022].

Среди прочего одной из главных задач курса каждой химической дисциплины является формирование основ безопасной работы в химической лаборатории, в особенности в экстренных случаях. Инструменты виртуализации в данной ситуации обладают высоким методическим потенциалом для отработки умений в смоделированной виртуальной среде, эмулирующей возгорание, разлив реактивов и другие потенциально опасные ситуации без угрозы для жизни и здоровья обучающихся.

В целом же практическим вопросам техники безопасности в отечественных и зарубежных вузах уделяется немало внимания [Hill, 2016; Walters, 2017; Шарифуллина, 2021], однако текущие методы ознакомления обучающихся с инструктажами по технике безопасности в химической лаборатории зачастую носят формальный характер, не обеспечены наглядностью или интерактивностью взаимодействия студента с образовательным контентом.

В связи с этим была обозначена **цель исследования** — провести сравнительный анализ и определить эффективность виртуальной компьютерной симуляции правил техники безопасности в химической лаборатории в сравнении с традиционными способами проведения инструктажей в высшей школе.

Методология исследования

Для достижения цели исследования проводился педагогический эксперимент. Испытуемыми в составе 5 групп выступили 76 студентов 2

курса ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ биологического и агрономического факультетов очной формы обучения. Каждая из групп проходила инструктаж по технике безопасности в рамках дисциплин «Неорганическая химия», «Аналитическая химия», «Общая химия» в течение 20 минут, после чего без предварительной подготовки проходила процедуру промежуточного контроля в виде теста с закрытыми (альтернативными) и открытыми вариантами ответа.

Инструктаж по технике безопасности проводился одним и тем же преподавателем, с использованием различных средств и техник. Проведение инструктажа предполагало

- непосредственно зачитывание текста инструкции по технике безопасности (I группа, 15 чел.);

- зачитывание текста инструкции, сопровождаемое иллюстративным материалом в формате презентации (II группа, 15 чел.);

- интерактивную беседу со студентами с элементами мысленного моделирования ситуаций и педагогическим рисунком (III группа, 15 чел.);

- интерактивную беседу со студентами с использованием реальных наглядных пособий (IV группа, 15 чел.);

- виртуальную компьютерную симуляцию 360° в веб-среде «Labster» за ПК (V группа, 16 чел.).

Результаты итогового тестирования оценивались по 100-балльной шкале и сравнивались в разрезе испытуемых групп при НСР₀₅. Данные эксперимента обрабатывались при помощи статистических методов и математического моделирования с использованием программного обеспечения MS Office Excel 2019.

В соответствии с выдвигаемой автором **гипотезой** наибольшими показателями учебной результативности по итогам 20-минутного инструктажа по технике безопасности в химической лаборатории должна обладать V группа, что показывает высокий методический потенциал виртуальной компьютерной симуляции и объясняется интенсификацией интерактивности взаимодействия студента с учебным материалом в модели «студент-контент». В данном случае роль педагога высшей школы сменяет вектор с «транслятора знаний» в сторону модератора, организующего деятельность обучающихся по формированию компетенций, а обучающийся принимает позицию главного актора образовательного процесса.

Результаты и их обсуждение

Полученные результаты тестирования были проанализированы статистически для определе-

ния степени однородности и асимметрии в разрезе групп испытуемых (Таблица 1).

Таблица 1

Результаты тестирования по технике безопасности в химической лаборатории у различных групп испытуемых студентов в показателях центра распределения и вариации, [балл]

№ группы	Среднее арифметическое	Мода	Медиана	Среднее отклонение
I	30,63	34,38	31,25	4,92
II	39,17	37,50	37,50	4,08
III	64,17	59,38	62,50	6,78
IV	66,04	68,75	68,75	3,61
V	91,60	96,88	93,75	5,54

Исходя из представленных показателей центра распределения можно сделать вывод о значительном коэффициенте левосторонней асимметрии, который составляет $-0,785$, $-1,334$ и $-0,376$ для I, IV и V групп соответственно, а также правосторонней асимметрии — $0,658$ и $0,427$ для II и III групп испытуемых. Это может быть связано с различным уровнем познавательной активности обучающихся, текущей утомленностью или другими личностными особенностями, оказавшими влияние на результативность тестирования. В целом же выборку можно считать репрезентативной, демонстрируется нормальное распределение величин. Показатель отклонения варьируется в зависимости от группы испытуемых в пределах от 5 % в IV группе до 15 % в I группе, что также свидетельствует о релевантности полученных результатов. Значения размаха вариации и межквартильного размаха в среднем также составляют 8,28 балла, что показывает расстояние от центра распределения ориентировочно в 1 правильный ответ (3,125 балла), тем самым показывая однородность результатов проведенного педагогического эксперимента.

На основе данных о результативности I и II группы испытуемых можно сделать вывод об их некоторой их схожести, а также наличии результатов в диапазоне от 15,63 до 50,00 балла. В целом использование презентаций повысило усвояемость материала и, соответственно, определило интерес студентов к проводимому инструктажу, что незначительно отразилось на результатах тестирования. Тем не менее методический потенциал приемов, используемых в I и II группе испытуемых, остается относительно низким и наименее желательным в использовании педагогами высшей школы при проведении инструктажей по технике безопасности в химической ла-

боратории. Результаты тестирования III и IV группы также находятся в едином диапазоне от 53,25 до 71,28 балла. Примечательно, что границы этого диапазона диктуются баллами, выставленными испытуемым только из III группы, в то время как почти половина студентов IV группы получили равное количество баллов — 68,75, при отсутствии возможностей к списыванию и другим видам академического мошенничества. Такие различия между результатами тестирования испытуемых III и IV групп могут демонстрировать достаточно высокий методический потенциал педагогического рисунка, мысленного эксперимента и использования наглядных пособий в качестве конкретных методических приемов в ходе интерактивной беседы с обучающимися. Так, прием педагогического рисунка и мысленного эксперимента оказался более чем в 2 раза менее эффективен, по сравнению с демонстрацией наглядных пособий в изучении маркировок химических веществ. Однако использование приема мысленного эксперимента, в свою очередь, позволило некоторым испытуемым показать не только равные результаты с представителями IV группы, но и превзойти их в ряде случаев. Это может объясняться индивидуальными особенностями восприятия излагаемого материала, повышенной вовлеченностью правого полушария головного мозга в учебной деятельности.

Однозначно высокие результаты, по сравнению с другими группами, показывают испытуемые, осваивающие инструктаж по технике безопасности в виртуальной компьютерной веб-симуляции 360° современной химической лаборатории. Стоит отметить, что это единственная группа, в которой были получены два 100-балльных результата, а половина испытуемых перешагнули порог в 90 баллов. Неподдель-

ный интерес у большинства студентов вызвала необходимость работы с учебным материалом на иностранном языке, что позволило использовать изученную в рамках предварительно освоенной дисциплины «Иностранный язык (английский)» специальную лексику естественно-научного цикла, в том числе химических наук.

Достигнутый успех может объясняться тем, что студенты, привыкшие к техническим формальностям инструктажей по технике безопасности в 100 % случаев, предстают в качестве педагогического объекта, с которым все действия производятся в страдательном наклонении. Обеспеченный переход от пассивного объекта, на которого направлены все действия, в сторону субъекта и главного актора образовательного процесса, дополненного элементами виртуальной реальности и геймификации, эффективность которых в образовательном процессе подтверждалась не раз [Murillo-Zamorano, 2021; Гонцова, 2021], стал в данном случае драйвером индивидуальной познавательной активности.

По итогам рефлексии (обратной связи) обучающиеся V группы отзывались о веб-симуляции исключительно положительно, отмечая важность инструктажа для безопасной деятельности в химической лаборатории, а также осознанность выполняемых в действий, в числе которых были следующие:

- определиться с планом действий в результате разлива неизвестного вещества;
- обнаружить и зафиксировать нарушения техники безопасности в стенах лаборатории;
- дать оценку выполнения требований техники безопасности коллеги лаборанта;
- другое.

Представим минимальные требования к аппаратному обеспечению для работы с виртуальной симуляцией [Labster official site, 2022]:

- двухядерный процессор с частотой 2Гц и более;
- объем оперативной памяти 4 Гб и более;
- операционная система Windows или Mac OS;
- видеокарта Intel HD 3000/GeForce 6800 GT/Radeon X700 или выше;
- браузеры — Chrome Firefox последних версий.

Перечень предлагаемых лабораторных работ в Labster не ограничивается лабораторной работой «Lab Safety» и содержит свыше 200 наименований [Labster official site, 2022], однако методиче-

ский потенциал реальных лабораторных работ, как правило, выше, поскольку может передавать физические свойства объектов, их температуру, запахи и формировать специфические двигательные действия без цифровых погрешностей [Вознесенская, 2021]. Тем не менее методический потенциал виртуальной симуляции правил техники безопасности в химической лаборатории высшей школы на примере «Labster» можно считать высоким, в сравнении с традиционными способами проведения инструктажей, что позволяет рекомендовать данный цифровой инструмент преподавателям химических дисциплин на вводных занятиях. Кроме того, дополнительный вес данное методическое решение принимает ввиду неблагоприятной эпидемиологической обстановки, связанной с распространением COVID-19 [Teräs, 2020], что позволило бы при интеграции с LMS (например, Moodle) приобретать необходимые знания и умения в области безопасной работы в химической лаборатории даже у обучающихся заочно, временно обучающихся с применением ДОТ.

Заключение

Сравнительный анализ эффективности применения виртуальной компьютерной симуляции правил техники безопасности в химической лаборатории, в сравнении с традиционными способами проведения инструктажей в высшей школе, позволил выявить высокий методический потенциал данного цифрового приема в усвоении обучающимися знаний и умений в области безопасной работы в химической лаборатории. Это позволяет рекомендовать использовать виртуальную симуляцию использованию преподавателям химических дисциплин на вводных занятиях для достижения наиболее высоких показателей комплексной безопасности в ходе освоения дисциплины. Результаты исследований по применению виртуальной компьютерной симуляции в структурировании по технике безопасности обучающихся заочной формы в дистанционном формате могут быть схожи, но для это необходимы дополнительные изыскания.

Библиографический список

1. Вознесенская Н. В. Применение виртуальных лабораторий в системе общего образования / Н. В. Вознесенская, А. В. Гриншкун // Вестник МГПУ. Серия: Информатика и информатизация образования. 2021. № 3 (57). С. 40-45.

2. Гольцова Т. А. Использование средств геймификации в процессе обучения иностранным языкам / Т. А. Гольцова, Е. А. Проценко // Ярославский педагогический вестник. 2021. № 1 (118). С. 81-89.
3. Горнштейн М. Ю. Трансформация бизнес-моделей в условиях цифровой экономики // Информационные и телекоммуникационные технологии. 2019. № 44. С. 12-24.
4. Двумичанская Н. Н. Практико-ориентированное естественно-научное образование как основа подготовки компетентных специалистов / Н. Н. Двумичанская, С. Л. Березина // Инновации в образовании. 2015. № 8. С. 12-19.
5. Зосим Е. В. Электронное обучение (e-learning) или технология смешанного обучения (blended learning) в научно-образовательном процессе // Адаптация учащихся всех ступеней образования в условиях современного образовательного процесса: материалы XII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Арзамас: ГОРОД, 2016. С. 93-99.
6. Лумбунова М. Б. Формирование общих компетенций в процессе обучения математическим и естественно-научным дисциплинам // Ученые записки Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 14. № 5. С. 62-68.
7. Симбирских Е. С. Дидактический потенциал робототехнических VR-конструкторов в программах подготовки агроинженеров для отечественного АПК / Е. С. Симбирских, Н. О. Рачев // Агроинженерия. 2021. № 2 (102). С. 75-79.
8. Сушков С. А. Проблемы внедрения технологий виртуализации в образовательный процесс государственного вуза // Гаудеамус. 2011. Т. 2, № 18. С. 79-81.
9. Тазов П. Ю. Вопросы цифрового обучения и методы повышения эффективности обучения цифрового поколения в условиях цифровой среды // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 6-2. С. 385-391.
10. Хасанова Г. Ф. Виртуальная реальность в инженерном образовании химического профиля // Казанский педагогический журнал. 2019. № 1 (132). С. 43-49.
11. Шарифуллина Л. Р. Освоение базовых понятий химической безопасности в дистанционном формате обучения / Л. Р. Шарифуллина, А. Р. Манаева // Технологическое образование: достижения, инновации, перспективы: материалы XIX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Тула: ТГУ, 2021. С. 345-347.
12. Щучка Т. А. Применение дополнительного дистанционного обучения в подготовке магистрантов педагогики к научно-исследовательской деятельности с использованием ИКТ // Балтийский гуманитарный журнал. 2020. Т. 9. № 3 (32). С. 217-220.
13. Abdel-Badea D., Abdel-Badea T. S. Indispensable Successful Implementation Features for E-Learning in the Egyptian Higher Education // *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. 2021. vol. 3, Issue 3, pp. 481-519.
14. Dashtestani R., Hojatpanah S. Mobile-Assisted Language Learning in a Secondary School in Iran: Discrepancy Between the Stakeholders' Needs and the Status Quo. In: Marcus-Quinn A., Hourigan T. (eds) *Handbook for Online Learning Contexts: Digital, Mobile and Open*, 2021. pp. 157-174.
15. Domracheva A. F., Khasanova G. F., Galikhanov M. Use of VR in Engineers Certification at Hazardous Production Facilities in Petrochemical Industry. In: Auer M. E., Hortsch H., Michler O., Köhler T. (eds) *Mobility for Smart Cities and Regional Development — Challenges for Higher Education*. ICL 2021. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2022. Vol. 390. pp. 1012-1018.
16. Gulk E. B., Kruglirov V. N., Zakharov K. P., Kunina O. O. Transformation of the Role of University Teacher in the Digital Age. In: Auer M. E., Hortsch H., Michler O., Köhler T. (eds) *Mobility for Smart Cities and Regional Development — Challenges for Higher Education*. ICL 2021. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2022. Vol. 390. pp. 624-631.
17. Hill Jr R. H., Finster D. C. Laboratory safety for chemistry students. 2016. P. 556.
18. Labster official site. URL: <https://labster.com/> (date of request: 12.02.2022).
19. Murillo-Zamorano L. R., López Sánchez J. Á., Godoy-Caballero A. L., Muñoz C. B. Gamification and active learning in higher education: is it possible to match digital society, academia and students' interests? // *International Journal of Educational Technology in Higher Education* № 18:15. 2021. URL: <https://link.springer.com/article/10.1186/s41239-021-00249-y> (date of request: 13.02.2022).
20. Nesterchuk O. A., Grishin O. E., Chepurnaya A. M. Digitalization as the “new normal” of higher education / // *Journal of Physics: Conference Series*. 1691, 012068 (2020).
21. Schallmo D., Williams C. A., Boardman L. Digital transformation of business models — best practice, enablers, and roadmap // *Digital Disruptive Innovation*. 2020. pp. 119-138.
22. Silva O., Sousa Á., Nunes J. Technology's Impacts in the Students of Higher Education in the Covid-19 Pandemic Period. In: Mesquita A., Abreu A., Carvalho J. V. (eds) *Perspectives and Trends in Education and Technology*. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 2022. Vol. 256. pp. 183-194.
23. Teräs M., Suoranta J., Teräs H., Curcher M. Post-Covid-19 Education and Education Technology ‘Solutionism’: a Seller’s Market. *Postdigital Science and Education* № 2, 2020. pp. 863-878.
24. Turner A. Generation Z: Technology and social interest // *The journal of individual Psychology*. 2015. vol. 71. № 2. pp. 103-113.
25. Walters A. U. C., Lawrence W., Jalsa N. K. Chemical laboratory safety awareness, attitudes and

practices of tertiary students // Safety science. 2017. Vol. 96. pp. 161-171.

26. Yu Z., Lo CH., Niu M. Developing a Virtual Reality-Aided Learning Space for Secondary Education: The Service Design Approach. In: Arai K. (eds) Proceedings of the Future Technologies Conference (FTC) 2021, Vol. 3. FTC 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, 2022. Vol. 360. pp. 416-431.

Reference list

1. Voznesenskaja N. V. Primenenie virtual'nyh laboratorij v sisteme obshhego obrazovaniya = Application of virtual laboratories in the general education system / N. V. Voznesenskaja, A. V. Grinshkun // Vestnik MGPU. Serija: Informatika i informatizacija obrazovaniya. 2021. № 3 (57). S. 40-45.

2. Gol'cova T. A. Ispol'zovanie sredstv gejmfikacii v processe obuchenija inostrannym jazykam = Use of gamification tools in the process of learning foreign languages / T. A. Gol'cova, E. A. Procenko // Jaroslavskij pedagogicheskij vestnik. 2021. № 1 (118). S. 81-89.

3. Gornshtejn M. Ju. Transformacija biznes-modelej v uslovijah cifrovoj jekonomiki = Transforming business models in digital economy // Informacionnye i telekommunikacionnye tehnologii. 2019. № 44. S. 12-24.

4. Dvulichanskaja N. N. Praktiko-orientirovannoe estestvenno-nauchnoe obrazovanie kak osnova podgotovki kompetentnyh specialistov = Practical-oriented natural science education as the basis for the training of competent specialists / N. N. Dvulichanskaja, S. L. Berezina // Innovacii v obrazovanii. 2015. № 8. S. 12-19.

5. Zosim E. V. Jelektronnoe obuchenie (e-learning) ili tehnologija smeshannogo obuchenija (blended learning) v nauchno-obrazovatel'nom processe = E-learning or blended learning in the scientific and educational process // Adaptacija uchashhihsja vseh stupenej obrazovaniya v uslovijah sovremennoogo obrazovatel'nogo processa : materialy XII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoi konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Arzamas : GOROD, 2016. S. 93-99.

6. Lumbunova M. B. Formirovanie obshhih kompetencij v processe obuchenija matematicheskim i estestvenno-nauchnym disciplinam = Formation of general competencies in the process of training in mathematical and natural science disciplines // Uchenye zapiski Zabajkalskogo gosudarstvennogo universiteta. 2019. T. 14. № 5. S. 62-68.

7. Simbirskih E. S. Didakticheskij potencial robototekhnicheskikh VR-konstruktorov v programmah podgotovki agroinzhenerov dlja otechestvennogo APK = Didactic potential of robotic VR designers in agroengineering training programs for domestic agro-industrial complex / E. S. Simbirskih, N. O. Racheev // Agroinzhenerija. 2021. № 2 (102). S. 75-79.

8. Sushkov S. A. Problemy vnedrenija tehnologij virtualizacii v obrazovatel'nyj process gosudarstvennogo vuza = Challenges of introducing virtualization technolo-

gies into the educational process of state university // Gaudeamus. 2011. T. 2, № 18. S. 79-81.

9. Tazov P. Ju. Voprosy cifrovogo obuchenija i metody povyshenija jeffektivnosti obuchenija cifrovogo pokolenija v uslovijah cifrovoj sredy = Digital learning issues and whay should be done to improve digital generation learning in a Digital Environment // Sovremennye naukoemkie tehnologii. 2020. № 6-2. S. 385-391.

10. Hasanova G. F. Virtual'naja real'nost' v inzhernom obrazovanii himicheskogo profilja = Virtual reality in chemical engineering education // Kazanskij pedagogicheskij zhurnal. 2019. № 1 (132). S. 43-49.

11. Sharifullina L. R. Osvoenie bazovyh ponjatij himicheskoi bezopasnosti v distancionnom formate obuchenija = Mastering basic concepts of chemical safety in distance learning format / L. R. Sharifullina, A. R. Manaeva // Tehnologo-jekonomicheskoe obrazovanie: dostizhenija, innovacii, perspektivy : materialy XIX Vserossijskoj nauchno-prakticheskoi konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Tula : TGU, 2021. S. 345-347.

12. Shhuchka T. A. Primenenie dopolnitel'nogo distancionnogo obuchenija v podgotovke magistrantov pedagogiki k nauchno-issledovatel'skoj dejatel'nosti s ispol'zovaniem IKT = Use of additional distance learning in training of master's students in pedagogy for research activities with ICT // Baltijskij gumanitarnyj zhurnal. 2020. T. 9. № 3 (32). S. 217-220.

13. AbdEl-Badea D., AbdEl-Badea T. S. Indispensable Successful Implementation Features for E-Learning in the Egyptian Higher Education // المجلة الدولية لتعليم الدول. 2021. vol. 3, Issue 3, pp. 481-519.

14. Dashtestani R., Hojatpanah S. Mobile-Assisted Language Learning in a Secondary School in Iran: Discrepancy Between the Stakeholders' Needs and the Status Quo. In: Marcus-Quinn A., Hourigan T. (eds) Handbook for Online Learning Contexts: Digital, Mobile and Open, 2021. pp. 157-174.

15. Domracheva A. F., Khasanova G. F., Galikhanov M. Use of VR in Engineers Certification at Hazardous Production Facilities in Petrochemical Industry. In: Auer M. E., Hortsch H., Michler O., Köhler T. (eds) Mobility for Smart Cities and Regional Development — Challenges for Higher Education. ICL 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, 2022. Vol. 390. pp. 1012-1018.

16. Gulk E. B., Kruglirov V. N., Zakharov K. P., Kunina O. O. Transformation of the Role of University Teacher in the Digital Age. In: Auer M. E., Hortsch H., Michler O., Köhler T. (eds) Mobility for Smart Cities and Regional Development — Challenges for Higher Education. ICL 2021. Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. Vol. 390. pp. 624-631.

17. Hill Jr R. H., Finster D. C. Laboratory safety for chemistry students. 2016. P. 556.

18. Labster official site. URL: <https://labster.com/> (date of request: 12.02.2022).

19. Murillo-Zamorano L. R., López Sánchez J. Á.,

Godoy-Caballero A. L., Muñoz C. B. Gamification and active learning in higher education: is it possible to match digital society, academia and students' interests? // International Journal of Educational Technology in Higher Education № 18:15. 2021. URL: <https://link.springer.com/article/10.1186/s41239-021-00249-y> (date of request: 13.02.2022).

20. Nesterchuk O. A., Grishin O. E., Chepurnaya A. M. Digitalization as the “new normal” of higher education // Journal of Physics: Conference Series. 1691, 012068 (2020).

21. Schallmo D., Williams C. A., Boardman L. Digital transformation of business models — best practice, enablers, and roadmap // Digital Disruptive Innovation. 2020. pp. 119-138.

22. Silva O., Sousa Á., Nunes J. Technology's Impacts in the Students of Higher Education in the Covid-19 Pandemic Period. In: Mesquita A., Abreu A., Carvalho J. V. (eds) Perspectives and Trends in Education and

Technology. Smart Innovation, Systems and Technologies, 2022. Vol. 256. pp. 183-194.

23. Teräs M., Suoranta J., Teräs H., Curcher M. Post-Covid-19 Education and Education Technology ‘Solutionism’: a Seller’s Market. Postdigital Science and Education № 2, 2020. pp. 863-878.

24. Turner A. Generation Z: Technology and social interest // The journal of individual Psychology. 2015. vol. 71. № 2. pp. 103-113.

25. Walters A. U. C., Lawrence W., Jalsa N. K. Chemical laboratory safety awareness, attitudes and practices of tertiary students // Safety science. 2017. Vol. 96. pp. 161-171.

26. Yu Z., Lo CH., Niu M. Developing a Virtual Reality-Aided Learning Space for Secondary Education: The Service Design Approach. In: Arai K. (eds) Proceedings of the Future Technologies Conference (FTC) 2021, Vol. 3. FTC 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, 2022. Vol. 360. pp. 416-431.

Статья поступила в редакцию 12.03.2023; одобрена после рецензирования 28.04.2023; принята к публикации 19.05.2023.

The article was submitted 12.03.2023; approved after reviewing 28.04.2023; accepted for publication 19.05.2023.