

ІННОВАЦІЙНІ ФОРМИ І МЕТОДИ НАВЧАННЯ У СИСТЕМІ ОСВІТИ УКРАЇНИ

DOI: <https://doi.org/10.52256/2710-3986.1-96.2022.08>

УДК 378.147.88

Галина Окренка,
кандидат хімічних наук,
асистент кафедри медичної та фармацевтичної хімії,
Буковинський державний медичний університет,
Чернівці, Україна
ORCID ID 0000-0002-3165-8521

ВІРТУАЛЬНА ЛАБОРАТОРІЯ ChemCollective: ОСОБЛИВОСТІ, ПЕРЕВАГИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ НА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТТЯХ З ХІМІЇ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ

У статті досліджено застосування віртуальної лабораторії ChemCollective в освітньому процесі підготовки магістрів фармації, промислової фармації. Визначено, що віртуальна лабораторія ChemCollective – це онлайн-симуляція хімічної лабораторії, яка дозволяє студентам не лише виконувати експериментальні дослідження відповідно до інструкції, але й розробляти та проводити власні експерименти. Перевагами є необхідність проведення математичних розрахунків за результатами онлайн дослідження та автоматична перевірка їхньої правильності; великий вибір реагентів, посуду та обладнання; техніка виконання маніпуляцій із речовинами та процесів аналогічна до реальних.

Встановлено, що подібні віртуальні експериментальні роботи є цікавими та корисними для здобувачів вищої освіти. Показано, що застосування електронних інструкцій у застосунку Google Forms з функцією тест для виконання лабораторних робіт дозволяє налаштовувати оцінювання та часові межі, має можливість прикріплення фото, відео для ілюстрації процесів і закономірностей, а включення англійської лексики з українським перекладом сприяє уникненню мовного бар'єру при роботі із ChemCollective.

Встановлено, що ефективність процесу навчання зростає, оскільки віртуальна лабораторія є тренажером для відпрацювання навичок і самостійної підготовки до лабораторних дослідів. Показано, що тільки поєднанням віртуальних робіт з виконанням роботи у реальній лабораторії можна сформувати навички роботи із реальним обладнанням і сприймати інформацію через органи чуття, сприяти швидкому розвитку дослідницьких

компетентностей у здобувачів. Напрямом подальших досліджень є вивчення ресурсів наукового співтовариства Сполученого Королівства *Royal Society of Chemistry*, зокрема застосування багатоступового віртуального екранного експерименту на практичних заняттях з хімії для іноземних здобувачів вищої фармацевтичної освіти.

Ключові слова: віртуальна лабораторія, загальна хімія, *ChemCollective*, здобувачі вищої освіти, освітній процес, практичні заняття із загальної хімії.

Постановка проблеми. Виконання лабораторних робіт є важливою складовою вивчення хімії та представляє особливу проблему в контексті дистанційного навчання. Ефективність від виконання дослідів важко недооцінити, оскільки завдяки експериментальним роботам студенти набувають спеціальних компетентностей шляхом застосування знань у практичних ситуаціях, здатність аналізувати та узагальнювати інформацію і формулювати висновки із проведених експериментальних досліджень, набувають навичок роботи із устаткуванням та обладнанням хімічних лабораторій.

Існують різні способи забезпечення виконання практичних робіт з хімії, передбачених навчальною програмою ЗВО в умовах дистанційного навчання із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій: використання відео онлайн-демонстрацій [7], практичне моделювання на симуляторах [2], віртуальний екранний експеримент [4], віртуальна хімічна лабораторія [6].

В цьому контексті залишається актуальним питання використання віртуальних хімічних лабораторій в освітньому процесі підготовки майбутніх фармацевтів для забезпечення формування їх професійних і дослідницьких компетенцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Програмні комп'ютерні технології широко використовуються у нашому повсякденному житті. Так, зокрема, у [1, с. 238; 5, с. 127] зазначено, що «інформаційно-комунікаційні технології» (ІКТ) є першоосновою якісного освітнього процесу в умовах розвитку інформаційного суспільства.

Ключовим завданням сучасного творчого викладача є поєднання у своїй роботі традиційних методів навчання з інноваційними технологіями і новітніми розробками та швидка адаптація останніх до освітніх потреб здобувачів освіти.

Дослідниками сформульовано визначення віртуальної лабораторії з хімії як програмного середовища [8, с. 32], що дозволяє з комп'ютерними моделями або безконтактно (дистанційно) з реальним обладнанням і реактивами формувати практичні уміння та навички шляхом проведення лабораторних дослідів, імітуючи послідовність дій дослідника в реальній лабораторії (або керуючи хімічними установками роботизованими засобами).

Саніна Н. і Харченко Ю. зазначають, що кожний програмний продукт має свої переваги та недоліки [3, с. 131]. До переваг відносять можливість моделювання процесів, які неможливо реалізувати в умовах реальної лабораторії (дослідження будови атома та ін.), безпечно працювати із небезпечними речовинами і приладами, забезпечують можливість самостійного планування і виконання віртуальних досліджень здобувачами вищої освіти, дозволяють зекономити час і матеріальні ресурси лабораторій, підвищити інтерактивність навчальних матеріалів. Недоліками віртуальної лабораторії є неможливість сприйняття інформації через органи чуття.

Отже, аналіз наукової літератури показує, що застосування ІКТ підвищує мотивацію до навчання, сприяє формуванню професійних компетенцій у здобувачів освіти, проте проблема використання віртуальних хімічних лабораторій на практичних заняттях з хімії в освітньому процесі підготовки майбутніх фармацевтів у закладах вищої освіти ще недостатньо висвітлена.

Мета статті. Метою дослідження є вивчення особливостей, переваг та перспектив застосування експериментальних досліджень у віртуальній лабораторії ChemCollective на практичних заняттях із загальної хімії в

освітньому процесі підготовки майбутніх фармацевтів у закладах вищої освіти в умовах очного і дистанційного навчання.

Матеріали та методи досліджень. У роботі проведено дослідження ресурсів віртуальної лабораторії ChemCollective. Опитування думки здобувачів вищої освіти проводили за допомогою Google Forms – програмного забезпечення для адміністрування опитування, що входить до складу безкоштовного веб-пакету Google Docs Editors, пропонованого Google. Ефективність застосування віртуальної лабораторії ChemCollective на практичних заняттях з хімії досліджували шляхом порівняння результатів виконання експерименту здобувачами у реальній та віртуальній лабораторії.

Виклад основного матеріалу дослідження. Віртуальна лабораторія ChemCollective – це набір віртуальних лабораторій, сценаріїв навчальних екранних експериментів, навчальних посібників та тестів, який створений групою викладачів і співробітників приватного університету Карнегі-Меллон (англ. Carnegie Mellon University, CMU) для цікавої і захопливої онлайн роботи на заняттях з хімії.

Дослідження із використання віртуальної хімічної лабораторії ChemCollective на практичних заняттях із загальної хімії проводилося на фармацевтичному факультеті Буковинського державного медичного університету. У дослідженні взяли участь студенти 1 курсу спеціальності 226 «Фармація, промислова фармація» 2020/2021 н.р.

Ресурси ChemCollective абсолютно безплатні, наявна офлайн версія з перекладом на українську мову, проте із значно меншою кількістю можливих досліджень у віртуальній лабораторії. Тому нами було прийнято рішення про дослідження оригінальної віртуальної лабораторії ChemCollective. Оскільки, атестація здобувачів ступеня вищої освіти магістр за спеціальністю 226 «Фармація, промислова фармація» галузі знань «22 Охорона здоров'я» здійснюється у формі єдиного державного кваліфікаційного іспиту, який для визначення рівня компетентності з іноземної мови професійного спрямування

включає тест із відповідних завдань англійською мовою [10, 11], то використання засобів інформаційно-комунікаційних технологій із англійським інтерфейсом є виправданим, через те, що дозволяє студентам вивчати і практикувати основну англійську хімічну термінологію: назви речовин, обладнання та процесів.

Для дослідження було обрано більш цікаві і інтерактивні ресурси ChemCollective: віртуальна лабораторія virtual labs і лабораторія з автоматичним оцінюванням autograded labs. ChemCollective virtual labs – це онлайн-симуляція хімічної лабораторії, яка дозволяє студентам не лише виконувати експериментальні дослідження відповідно до протоколу, але також розробляти та проводити власні експерименти. Перевагою організації занять із залученням віртуальної лабораторії є необхідність проведення математичних розрахунків за результатами онлайн дослідження та автоматична перевірка їхньої правильності; великий вибір реагентів, посуду та обладнання; техніка виконання маніпуляцій із речовинами і процесів аналогічна до реальної лабораторії; зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс (рис. 1). Досвід показує, що віртуальна лабораторія з автоматичним оцінювання (autograded labs) дозволяє генерувати випадкові експериментальні задачі і отримувати зворотний зв'язок, а вебформи автоматично оцінюють відповіді студентів на запитання та надають пояснення щодо поширених помилок.

You are here: [Home](#) > [Stoichiometry / Virtual Labs](#) > [Making Stock Solutions from Solids](#)

VIRTUAL LAB: Making Stock Solutions from Solids

We are pleased to announce a new HTML5 based version of the virtual lab. Please use FireFox or Chrome web browser to access this page, errors have been reported when using Internet Explorer.

[Introductory Video and Support Information](#)

If you are having trouble, please try the [Java Version](#) of this Virtual Lab activity. [Download the JAVA Virtual Lab for offline use.](#)

Рис. 1. Віртуальний лабораторний стіл ChemCollective для приготування розчинів із твердої розчиненої речовини і розчинника

Для роботи у ChemCollective достатньо, маючи доступ до мережі Інтернет, перейти за посиланням <http://chemcollective.org/vlabs>, використовуючи будь-який наявний у студента гаджет: смартфон, ноутбук, планшет.

Загальна кількість запропонованих віртуальних досліджень у virtual labs та autograded labs 40 і 30, відповідно. Всі лабораторні дослідження класифіковано на теми: стехіометрія, термохімія, рівновага, кислотно-основна хімія, розчинність, ОВР і електрохімія, аналітична хімія.

Проаналізовано програму підготовки студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти галузі знань 22 «Охорона здоров'я» закладів вищої освіти МОЗ України за спеціальністю 226 «Фармація, промислова фармація» з «Загальної та неорганічної хімії» та перелік наявних віртуальних досліджень у virtual labs та autograded labs. Встановлено, що для 7 тем практичних занять

модуля 1 «Загальна хімія» можна впровадити виконання віртуальних досліджень у лабораторії ChemCollective (табл. 1).

Таблиця 1.

Теми практичних занять із загальної хімії і запропоновані лабораторні дослідження у віртуальній хімічній лабораторії ChemCollective

№ п/п	Тема практичного заняття із загальної хімії	Віртуальне дослідження
1	Атомно-молекулярне вчення. Основні поняття хімії. Основні закони хімії. Поняття еквівалента речовин.	1. Ідентифікація невідомого металу та рідини за густиною http://chemcollective.org/activities/vlab/68 http://chemcollective.org/activities/vlab/69
2	Будова атома. Періодичний закон Д.І. Менделєєва. Природа хімічного зв'язку і будова хімічних сполук.	
3	Основні поняття хімічної термодинаміки. Термохімія. Напряменість хімічних процесів. Швидкість та механізми хімічних реакцій. Хімічна рівновага.	1. Тепловий ефект реакції – закон Гесса http://chemcollective.org/vlab/138 2. Кобальт хлорид та принцип Ле-Шательє http://chemcollective.org/vlab/85
4	Вчення про розчини. Способи вираження складу розчинів. Колігативні властивості розчинів.	1. Приготування розчину із розчиненої речовини і розчинника http://chemcollective.org/activities/vlab/67 2. Приготування розчину шляхом розведення http://chemcollective.org/activities/vlab/2
5	Теорія сильних і слабких електролітів. Дисоціація води. рН.	1. Приготування розчинів сильних кислот і основ із заданим значенням рН http://chemcollective.org/vlab/98 2. Приготування розчинів слабких кислот і основ із заданим значенням рН

		http://chemcollective.org/vlab/99
6	Протолітичні процеси. Буферні розчини.	1. Приготування буферного розчину http://chemcollective.org/vlab/104
7	Рівновага в розчинах малорозчинних електролітів.	1. Визначення добутку розчинності http://chemcollective.org/vlab/88 2. Дослідження температурної залежності розчинності солей http://chemcollective.org/vlab/87
8	Реакції з перенесенням електронів. Експериментальне вивчення окисно-відновних реакцій.	1. Дослідження окисно-відновних реакцій http://chemcollective.org/vlab/106
9	Координаційні сполуки. Реакції комплексоутворення. Експериментальне вивчення комплексних сполук.	

В основу дослідження лягли віртуальні лабораторні роботи ChemCollective на тему «Вчення про розчини. Способи вираження складу розчинів. Колігативні властивості розчинів».

Особливу увагу було приділено створенню методичних вказівок для підготовки до лабораторної роботи. Для дослідження розроблено протоколи з методичними вказівками і інструкціями до виконання лабораторних експериментів на паперовому носії та електронному. Для створення електронної інструкції обрано застосунок Google Forms з функцією тест (рис. 2).


Запитання Відповіді **29** Налаштування Усього балів: 7

ChemCollective “Приготування розчинів - Making Stock Solutions from Solids”

Мета: навчитися готувати розчини заданої масової та молярної концентрацій із розчиненої речовини і розчинника. Навчитися готувати розчини із кристалогідрату та розчинника.

За допомогою цієї форми автоматично збираються електронні адреси користувачів домену Буковинський державний медичний університет [Змінити налаштування](#)

Відкрийте віртуальну лабораторію ChemCollective “Приготування розчинів - Making Stock Solutions from Solids”. Перейдіть за посиланням: <http://chemcollective.org/activities/vlab/67>



The screenshot shows the ChemCollective website interface. At the top, there is a navigation bar with the ChemCollective logo, the text 'Online Resources for Teaching and Learning Chemistry', and logos for Cambridge University and NBDL. Below the navigation bar are links for Home, About, Teachers, Help, and Feedback, along with a search box. A message below the navigation bar says 'See home page (click here) for information on coronavirus (Covid-19)'. Below this is a breadcrumb trail: 'you are here: Home > Stoichiometry / Virtual Labs > Making Stock Solutions from Solids'. The main heading is 'VIRTUAL LAB: Making Stock Solutions from Solids'. Below the heading, there is a message: 'We are pleased to announce a new HTML5 based version of the virtual lab. Please use FireFox or Chrome web browser to access this page, errors have been reported when using Internet Explorer.' There is also a link for 'Introductory Video and Support Information'. At the bottom, there is a 'Virtual Lab' menu with options: File - Edit - View - Help - and a language selector set to 'EN' and 'Solution Concentrations'.

Рис. 2. Скриншот електронного протоколу інструкції у застосунку Google Forms з функцією тест для виконання досліджень у віртуальній лабораторії ChemCollective

Для викладача такий засіб надає додаткові переваги: налаштування оцінювання та чітких часових рамок для виконання роботи, що особливо актуально при дистанційній формі навчання. Окрім того, в електронному протоколі у викладача є можливість прикріплення фото, відео для ілюстрації процесів і закономірностей, а для студента – фотозвіту про виконання. Для уникнення мовного бар'єру при роботі із ChemCollective додатково у протоколах наведено не лише методику виконання віртуальних експериментальних досліджень, але і всю англійську лексику (назви речовин, обладнання та процесів) із українським перекладом.

Результати опитування свідчать, що для 100% респондентів такий електронний формат протоколу є зрозумілим і 93% опитаних здобувачів вищої освіти стверджують, що роботи у віртуальній хімічній лабораторії ChemCollective є цікавими і корисними (рис. 3).

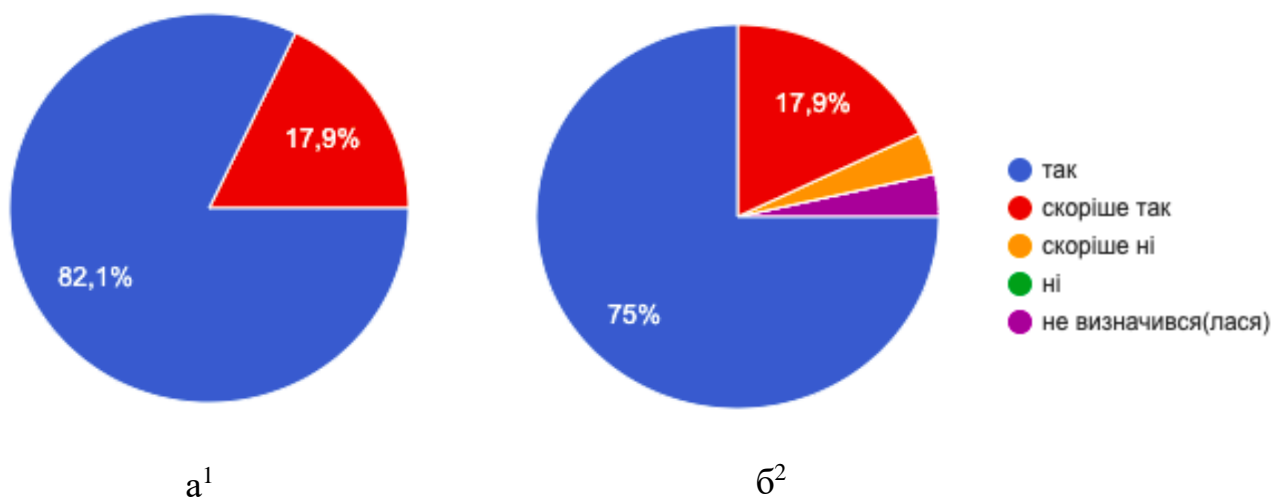


Рис. 3. Діаграми результатів опитування здобувачів вищої освіти

Для визначення ефективності застосування віртуальних експериментів проведено дослідження у двох групах студентів в умовах змішаного навчання: експериментальна група для підготовки до реальної лабораторної роботи повинна була виконати, відповідно до протоколу, віртуальну лабораторну роботу у ChemCollective, а контрольна група – традиційна теоретична підготовка, шляхом опрацювання протоколу (проведення розрахунків, написання рівнянь реакцій тощо). Так, зокрема, у темі «Вчення про розчини. Способи вираження складу розчинів» навчальною програмою передбачено виконання лабораторної роботи. Одним із завдань є приготування розчину з розчинника і розчиненої речовини та шляхом розведення. Студенти експериментальної групи для підготовки до заняття виконали лабораторну

¹Чи зрозумілими для Вас є протоколи інструкцій у Google Forms?

²Чи були цікавими і корисними лабораторні роботи у віртуальній лабораторії ChemCollective?

роботу у віртуальній лабораторії, а контрольної групи – лише опрацювали протокол. Опісля обидві групи проводили досліди у реальній лабораторії.

Шляхом порівняння знань, вмінь і навичок студентів двох груп встановлено, що студенти експериментальної групи володіють кращими навичками обладнати робоче місце необхідними реактивами, посудом і обладнанням, більш досвідченні у проведенні маніпуляцій, зокрема, зважування твердих речовин із застосуванням функції тарування, вимірювання об'єму, визначення ціни поділки. Фактично, студентам довелося лише повторити ті самі дії та процеси, які вони виконували у віртуальній лабораторії.

Студенти контрольної групи продемонстрували навички математичних розрахунків маси розчиненої речовини і розчинника для приготування розчину, проте, вони не були обізнані із методикою виконання маніпуляцій, які потрібно виконати в лабораторній роботі. Тому для студентів контрольної групи викладачеві довелося роз'яснювати і демонструвати методику зважування, вимірювання об'єму, густини, і т.д.

Висновки з дослідження і перспективи подальших розвідок. Результати дослідження свідчать, що для значної частини здобувачів вищої освіти експериментальні роботи у віртуальній лабораторії ChemCollective є цікавими та корисними. Електронні протоколи інструкцій у застосунку Google Forms з функцією тест мають переваги над паперовими аналогами, оскільки дозволяють налаштовувати оцінювання та часові межі, що особливо важливо в умовах дистанційного навчання, а також є можливість прикріплення фото, відео для ілюстрації процесів і закономірностей, а включення англійської лексики з українським перекладом сприяє уникненню мовного бар'єру при роботі із ChemCollective.

Виконання завдань у віртуальній лабораторії підвищує ефективність процесу навчання і є тренажером для відпрацювання навичок і самостійної підготовки до лабораторних дослідів. Проте, тільки поєднання віртуальних

робіт з виконанням роботи у реальній лабораторії дозволяє сформувати навички роботи із реальним обладнанням і сприймати інформацію через органи чуття, що сприяє швидкому формуванню дослідницьких компетенцій у здобувачів.

З огляду на отримані позитивні результати проведеного дослідження планується створення електронних протоколів інструкцій для проведення віртуальних досліджень у ChemCollective для інших тем, передбачених навчальною програмою із «Загальної та неорганічної хімії». Крім того, вважаємо перспективним для дослідження і впровадження у навчальний процес ресурсів Royal Society of Chemistry, зокрема застосування багатоетапного віртуального екранного експерименту на практичних заняттях з хімії для здобувачів-іноземців вищої освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Козир М. (2020). Розвиток мотивації школярів до навчання засобами ІКТ *Освітологічний дискурс*. 2020. № 4. С. 231–246. URL: <https://doi.org/10.28925/2312-5829.2020.4.15>
2. Окрепка Г. Використання віртуальних тренажерів phet–interactive simulation при викладанні загальної хімії фармацевтам у закладах вищої освіти. *Освітологічний дискурс*. 2020. № 3. С. 192–205. URL: <https://doi.org/10.28925/2312-5829.2020.3.12>
3. Саніна Н., Харченко Ю. Використання віртуальних хімічних лабораторій при дистанційному навчанні. *Природничі науки*. 2021. № 18. С. 130–134. URL: <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.5735629>
4. Screen experiments. (n.d.). Retrieved January 25, 2022. URL: <https://virtual.edu.rsc.org/>
5. Удалова О., Буянова Г. Особливості застосування інноваційних освітніх технологій у закладах вищої освіти України. *Проблеми освіти*. 2021. № 2(95). С. 127–142. URL: <https://doi.org/10.52256/2710-3986.2-95.2021.09>
6. *Virtual labs*. ChemCollective. (n.d.). Retrieved January 25, 2022. URL: <http://chemcollective.org/vlabs>
7. Visualizing the chemical world. VisChem. (n.d.). Retrieved January 25, 2022. URL: <http://www.vischem.com.au/>
8. Войтович І., Войтович О., Мартинюк Г. Використання віртуальних лабораторій в процесі вивчення хімічних дисциплін. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка*. Серія: Педагогіка. № 1(1), 2021. С. 32–41. URL: <https://doi.org/10.25128/2415-3605.21.1.4>

9. Про визначення рівня компетентності з іноземної мови професійного спрямування у студентів, громадян України, які навчаються за спеціальностями «медичина», «стоматологія», «фармація» галузі знань 22 «охорона здоров'я». ДО «Центр тестування». URL: <https://www.testcentr.org.ua/uk/novosty/pro-viznachennya-rivnya-kompetentnosti-z-inozemnoji-movi-profesijnogo-spryamuvannya-u-studentiv-gromadyan-ukrajini-yaki-navchayutsya-za-spetsialnostyami-meditsina-stomatologiya-farmatsiya-galuzi-znan-22-okhorona-zdorov-ya>

10. Про затвердження порядку здійснення єдиного державного кваліфікаційного іспиту для здобувачів ступеня вищої освіти магістр за спеціальностями галузі знань «22 Охорона здоров'я». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/334-2018-%D0%BF#Text>

Стаття надійшла до редакції 26.01.2022

Halyna Okrepka. Virtual Laboratory ChemCollective: Features, Benefits and Prospects of Using in Chemistry Practical Classes in Higher Education Establishments.

The article examines the application of the virtual laboratory ChemCollective in the educational process of pharmacy student studying. The ChemCollective Virtual Lab is an online chemistry lab simulation that allows students to conduct experimental research according instruction and procedures, but also to design, invent and carry out their own home experiments. The Virtual Lab helps students to link chemical computations with authentic laboratory chemistry. The autograded labs create unknowns and provide feedback on students answers. The lab allows students to select from hundreds of standard reagents (aqueous) and manipulate them in a manner resembling a real lab.

It is established that such virtual experimental works are interesting and useful for students. It is shown that the use of electronic instructions and procedures in Google Form for virtual laboratory work allows to get grades automatically, to set the time. These are too important during online studying. In addition, instructions in Google Form have the ability to attach photos, videos for illustration of processes, as well as providing of English vocabulary with Ukrainian translation to avoid language barrier. It is established that the effectiveness of the learning process increases because virtual laboratory is a simulator for skills training and independent preparation for laboratory research. It is shown that only a combination of virtual work with investigations in a real laboratory can develop skills for work with real equipments and cause rapid development of research competencies. The direction of further research is to study the resources of Royal Society of Chemistry, in particular the application of a multi-stage virtual screen experiment in chemistry practical classes for foreign students of higher education establishments.

Key words: *virtual laboratory, general chemistry, ChemCollective, applicants for higher education, educational process, practical classes in general chemistry.*

REFERENCES

1. Kozyr M. (2020). Rozvytok motyvatsiyi shkolyariv do navchannya zasobamy IKT Osvitologichnyj dykurs. 2020. # 4. S. 231–246. URL: <https://doi.org/10.28925/2312-5829.2020.4.15> [in Ukrainian].
2. Okrepka G. Vykorystannya virtualnyx trenazheriv phet–interactive simulation pry vykladanni zagalnoyi ximiyi farmacevtam u zakladaх vyshhoi osvity. Osvitologichnyj dykurs. 2020. # 3. S. 192–205. URL: <https://doi.org/10.28925/2312-5829.2020.3.12> [in Ukrainian].
3. Sanina N., Xarchenko Yu. Vykorystannya virtualnyx ximichnyx laboratorij pry dystancijnomu navchanni. Pryrodnychi nauky. 2021. # 18. S. 130–134. URL: <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.5735629> [in Ukrainian].
4. Screen experiments. (n.d.). Retrieved January 25, 2022. URL: <https://virtual.edu.rsc.org/> [in English].
5. Udalova O., Buyanova G. Osoblyvosti zastosuvannya innovatsiyx osvitnix texnologij u zakladaх vyshhoi osvity Ukrayiny. Problemy osvity. 2021. # 2(95). S. 127–142. URL: <https://doi.org/10.52256/2710-3986.2-95.2021.09> [in Ukrainian].
6. Virtual labs. ChemCollective. (n.d.). Retrieved January 25, 2022. URL: <http://chemcollective.org/vlabs> [in English].
7. Visualising the chemical world. VisChem. (n.d.). Retrieved January 25, 2022. URL: <http://www.vischem.com.au/> [in English].
8. Vojtovych, I., Vojtovych, O., Martynyuk, G. (2021). Vykorystannya virtualnyx laboratorij v procesi vyvchennya ximichnyx dyscyplin. Naukovi zapyshky Ternopil'skogo nacionalnogo pedagogichnogo universytetu im. V. Gnatyuka. Seriya: Pedagogika. # 1(1), 2021. C. 32–41. URL: <https://doi.org/10.25128/2415-3605.21.1.4> [in Ukrainian].
9. Pro vyznachennya rivnya kompetentnosti z inozemnoyi movy profesijnogo spryamuvannya u studentiv, gromadyan Ukrayiny, yaki navchayutsya za specialnostyamy «medytsyna», «stomatologiya», «farmaciya» galuzi znan' 22 «oxorona zdorov'ya». DO «Centr testuvannya». URL: <https://www.testcentr.org.ua/uk/novosty/pro-viznachennya-rivnya-kompetentnosti-z-inozemnoji-movi-profesijnogo-spryamuvannya-u-studentiv-gromadyan-ukrajini-yaki-navchayutsya-za-spetsialnostyami-meditsina-stomatologiya-farmatsiya-galuzi-znan-22-okhorona-zdorov-ya> [in Ukrainian].
10. Pro zatverdzhennya poryadku zdijsnennya yedynogo derzhavnogo kvalifikatsijnogo ispytu dlya zdobuvachiv stupenya vyshhoi osvity magistr za specialnostyamy galuzi znan' «22 Oxorona zdorov'ya». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/334-2018-%D0%BF#Text> [in Ukrainian].