УДК 378.091.32:542.06:37.091.31

ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ХІМІЧНИХ ДИСЦИПЛІН У ЗМІШАНОМУ ФОРМАТІ НАВЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Тетяна Четвертак

Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького

Анотація:
Підготовка студентів у закладах вищої освіти України в період дії воєнного стану характеризується дотриманням заходів безпечного освітнього середовища для здобувачів освіти. Провідною формою навчання, як показує позитивний вітчизняний досвід, отриманий за пандемічних часів, залишається змішана форма освіти. В рамках якої актуальним питанням постає реалізація набуття практичних умінь здобувачів освіти, зокрема, якісне виконання лабораторних робіт з хімічних дисциплін в повному обсязі. Моделювання реальних умов хімічної лабораторії, зокрема, врахування необхідного устаткування та реактивів, дає змогу ґрунтовно та всебічно реалізувати синхронне дистанційне навчання студентів, охопити повною мірою теоретичний матеріал, відпрацювати під керівництвом викладача методики проведення лабораторних робіт з хімічних дисциплін в цікавій, доступній та наочній формі. У статті проаналізовано шляхи реалізації програмного забезпечення та представлено огляд найбільш вживаних інструментів для успішного проведення лабораторних робіт з хімічних дисциплін з урахуванням експертної оцінки учасників педагогічного експерименту. Узагальнюючи результати дослідження, встановлено, що серед респондентів найбільш вживаними та доступними для розуміння стали безкоштовні додатки на мобільні телефони з інтуїтивно-зрозумілим інтерфейсом, зокрема: віртуальні хімічні лабораторії, редактори хімічних малюнків, набори флеш-карток хімічного змісту. Реалістичне візуальне зображення, відкритий постійний доступ матеріалів, швидкість обчислення вхідних даних та отримання результатів визначено суттєвими перевагами представлених інструментів навчання. У статті проаналізовано стан використання хмарних сервісів під час проведення лабораторних робіт з хімічних дисциплін в режимі змішаної форми навчання. Педагогічним експериментом доведено ефективність використання сучасних інструментів та засобів навчання, застосування віртуальних хімічних лабораторій, мобільних додатків для моделювання хімічних процесів та хмарних сервісів візуалізації хімічних дисциплін в освітньому процесі.

Ключові слова:
віртуальні хімічні лабораторії; хімія; хімічна освіта; інтерактивні засоби навчання.

Resume:
Chetvertak Tetiana. Features of conducting laboratory work on chemical disciplines in a blended educational format using cloud services in institutions of higher education.
The training of students in higher education institutions of Ukraine during the period of martial law is characterized by compliance with the measures of a safe educational environment for those seeking education. The leading form of education, as shown by the positive domestic experience gained during the pandemic, remains the mixed form of education. In the framework of which, the implementation of the acquisition of practical skills of the students, in particular, the high-quality performance of laboratory work in chemical disciplines in full, appears as an urgent issue. Modeling the real conditions of a chemical laboratory, including taking into account the necessary equipment and reagents, makes it possible to thoroughly and comprehensively implement synchronous distance learning of students, to fully cover the theoretical material, to practice under the guidance of a teacher, the methods of conducting laboratory work in chemical disciplines in an interesting, accessible and visual form. The article analyzes the ways of software implementation and presents an overview of the most used tools for successful laboratory work in chemical disciplines, taking into account the expert assessment of the participants of the pedagogical experiment. Summarizing the results of the study, it was found that among the respondents, free applications for mobile phones with an intuitive and understandable interface became the most used and accessible for understanding, in particular: virtual chemical laboratories, editors of chemical drawings, sets of flash cards of chemical content. Realistic visual image, open constant access of materials, speed of calculation of input data and obtaining results are defined as significant advantages of the presented training tools. The article analyzes the state of use of cloud services during laboratory work in chemical disciplines in the mode of mixed form of education. The pedagogical experiment proved the effectiveness of using modern tools and teaching aids, the use of virtual chemical laboratories, mobile applications for modeling chemical processes, and cloud services for visualization of chemical disciplines in the educational process.

Key words:
virtual chemical laboratories; chemistry; chemical education; interactive learning tools.

Постановка проблеми. Вміння переносити систему отриманих хімічних знань у процесі навчання в закладі вищої освіти у площину навчального предмета хімії та оволодіння різними методами розв'язування експериментальних задач з хімічних дисциплін дає можливість майбутнім фахівцям реалізуватись у професійній сфері в повному обсязі. Адже основний фокус освітньої програми за спеціальністю 014 «Середня освіта (за предметними спеціальностями)» 014.06 Хімія направлено на методики навчання хімії у закладах загальної середньої освіти з акцентом на інноваційні підходи у професійній діяльності майбутнього вчителя хімії. Формування особистості фахівця вказаної сфери полягає у гармонійному поєднанні опанування важливих соціальних якостей наставника та оволодінням системними знаннями з профільних хімічних дисциплін. Такий підхід в подальшому дасть змогу розвивати мовно-комунікативні вміння та навички здобувачів загальної середньої освіти засобами навчального предмета хімії.

Виклики, зумовлені воєнним станом в країні, першочергове забезпечення заходів безпеки в освітньому середовищі, зумовили подальше широке застосування та оновлення дистанційних засобів навчання здобувачів закладів вищої освіти України. Специфіка вивчення профільних хімічних дисциплін полягає у необхідності ґрунтовного та всебічного пояснення будови, хімічних властивостей, класифікації речовин органічної і неорганічної природи, властивостей хімічних елементів та

їхніх сполук, типів хімічних реакцій, термодинамічних та кінетичних закономірностей тощо. Влучне оперування базовими категоріями і поняттями предметної спеціальності хімії полегшується в разі використання доступних і сучасних засобів навчання, зокрема інформаційних технологій та інструментів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проаналізувавши напрацювання вітчизняних та зарубіжних науковців щодо особливостей проведення лабораторних робіт з хімічних дисциплін у змішаному форматі навчання, виявлено зацікавленість вчених до проблематики доцільного використання сучасних інструментів та засобів навчання, переважно застосування віртуальних хімічних лабораторій, мобільних додатків для моделювання хімічних процесів та хмарних сервісів візуалізації природничих дисциплін.

Найбільша кількість наукових робіт із зазначеної проблематики присвячена використанню віртуальних хімічних лабораторій в освітньому процесі. Відтак, українські дослідниці В. Безпала, Д. Дацкова і Т. Грановська, дослідивши можливості віртуальної лабораторії Olabs, зазначають, що «ресурси доцільно застосовувати не лише під час лабораторних чи практичних робіт, а й для реалізації повноцінних дослідницьких проектів. Учні можуть більш широко ознайомитися з термінологією хімічного виробництва і взагалі розширити свій кругозір і переконатися, що хімія має велике значення для всіх сфер людської життєдіяльності від хімічного виробництва до побутового рівня» (Безпала, Дацкова, & Грановська, 2023).

Дослідники І. Войтович, О. Войтович і Г. Мартинюк погоджуються з необхідністю використання віртуальних лабораторій у процесі вивчення хімічних дисциплін, і наголошують на тому, що за рахунок хімічних лабораторій можна успішно «формувати практичні навички, імітуючи послідовність дій дослідника, виконувати всі досліди, передбачені навчальними програмами, змоделювати, візуально продемонструвати, безпечно працювати з небезпечними речовинами» (Войтович, Войтович, & Мартинюк, 2021).

Проте, вчений В. Сергієнко в своїй роботі в співавторстві з дослідником І. Войтович, робить акцент на тому, що «використання віртуальних лабораторій з хімії не може замінити традиційне виконання лабораторних робіт, а є лише доповненням, що дозволяє навчатися здобувачам вищої освіти, які не змогли бути присутніми на конкретних заняттях; забезпечує закріплення навиків виконання хімічних дослідів; дозволяє розширити межі виконання лабораторних дослідів поза навчальною програмою; створює можливості для виконання лабораторних» Войтович, Сергієнко, & Войтович, 2021).

Вказані переваги застосування віртуальних хімічних лабораторій в освітньому процесі, підтверджує дослідниця Н. Саніна, яка підкреслює «можливість моделювати процеси, що відбуваються в іншому масштабі часу – частки секунди або години і дні; відсутність ризику для здоров'я учнів у випадку застосування токсичних чи їдких речовин або небезпечних процесів (високий тиск, температура тощо); можливість використання для дистанційного навчання: віртуальна хімічна лабораторія залишається єдиним варіантом проведення лабораторних досліджень; комфортність сприйняття учнями – лабораторії відповідають загальному напрямку на геймифікацію навчального процесу, тобто внесення до процесу навчання ігрових елементів; учні отримують навички самостійного планування дослідження і опрацювання отриманих результатів; можливість повторного виконання невдалого експерименту зменшує психологічний тиск на учня і дозволяє йому спокійно аналізувати власні помилки» (Саніна, 2021).

Таку ж думку розділяють науковці В. Старченко, і С. Макєєв, які зазначають, що «загалом використання віртуальних хімічних лабораторій надає можливість: допомогти виконати досліди тим учням, які пропустили експеримент у класі; доповнити демонстраційний експеримент, проведений у класі; доповнити домашні завдання та поточні роботи вправами із розробки й проведення своїх власних експериментів; контролювати правильність виконання завдання учнями; провести віртуальні досліди без ризику для здоров'я; сформувати в учнів навички роботи у віртуальному середовищі» (Старченко, & Макєєв, 2024). Відтак, підтверджується ефективність застосування віртуальних хімічних лабораторій в освітньому середовищі при змішаному форматі навчання.

Друга половина досліджень зосереджена на застосуванні сучасних хмарних серверів візуалізації хімічних процесів. Ґрунтовні напрацювання вчених зосереджені на застосуванні цифрових інструментів під час вивчення профільних хімічних дисциплін. Вітчизняна вчена Ю. Сняла в своїх роботах, оприлюднює позитивний досвід застосування сучасних хмарних сервісів в освітньому процесі, які дозволили виокремити основні напрями їхнього використання при викладанні хімічних дисциплін: «для візуалізації при поясненні нового матеріалу, для моделювання хімічних об'єктів, для створення віртуальної та доповненої реальності, для проведення лабораторних робіт,

для створення дидактичних ігор, ментальних карт, для контролю знань» (Сняла, 2024).

Переваги зазначених сучасних цифрових освітніх інструментів дослідниця вбачає у «інтенсифікації навчального процесу, а також здатності викладача продемонструвати теоретичний матеріал, що посилює мотивацію здобувачів освіти до вивчення хімії, дозволяє сформувати інформаційно-цифрову компетентність та підвищує ефективність навчального процесу. Додатки роблять заняття з хімії наочними, цікавими, інтерактивними, незабутніми, забезпечують між учасниками освітнього процесу постійний обмін інформацією, допомагають отримати об'єктивну картину рівня навчальних досягнень в цілому для всієї групи і для кожного здобувача освіти окремо, дозволяють викладачу побачити індивідуальний розвиток кожної дитини. Дидактичні дистанційні вправи з хімії сприяють не тільки якісному засвоєнню знань, умінь та навичок з предмету, а й самоосвіті і самовдосконаленню здобувача освіти, розвитку комунікативних та інформаційних навичок, підвищенню мотивації до навчання. Додатки для створення віртуальних лабораторних робіт дозволяють краще зрозуміти суть усіх процесів, встановити причинно-наслідкові зв'язки, побачити зв'язок хімії з життям, сформувати практичні навички виконання хімічного експерименту» (Сняла, 2024).

Подібну думку розділяють зарубіжні вчені, які суттєві переваги застосування хмарних додатків візуалізації хімічних процесів розглядають у тому, що «віртуальні хімічні лабораторії можуть забезпечити кращі результати щодо підсумків навчання в усіх сферах (тобто когнітивних, емоційних і навичок), ніж традиційні пасивні медіа, і вони вважаються такими ж ефективними, а іноді й кращими, ніж реальні практичні лабораторії. Більш ефективним використанням є поєднання віртуальних лабораторій із пасивними носіями чи практичними лабораторіями. Однак необхідно врахувати важливі міркування щодо вибору технології та дизайну навчання. Технології, які використовуються у віртуальних хімічних лабораторіях, варіюються від простої 2D-графіки до більш складних 3D-відображень реальної лабораторії. Незважаючи на те, що 3D Desktop використовується частіше, ніж 2D Desktop і VR, кожна з цих технологій має свої переваги та різні цілі. Можна вибрати недорогу, просту у реалізації двовимірну віртуальну лабораторію для навчання хімічним реакціям, або більш дорогу складну 3D-віртуальну лабораторію для повторення експериментів із простими взаємодіями. Якщо потрібна висока реалістичність, можна використовувати дорожчу технологію віртуальної реальності з ефектом занурення та пристрої введення NUI» (Chan, Van Gerven, Dubois, & Bernaerts, 2021).

З іншого боку, деякі дослідники визначають і недоліки застосування, відтак, «віртуальні хімічні лабораторії дають можливість додати до лабораторної роботи такі елементи, як контрольні запитання, які можуть стати провокаційними, викликати труднощі, в порівнянні з умовами реальної хімічної лабораторії: особливо з великою групою студентів викладач не завжди може оперативно відповісти на запитання саме тоді, коли студент завершив певне завдання або досяг певного – правильного чи неправильного – результату, але інтерактивне навчання зазвичай відбувається в темпі всього навчального сеансу. Цілком імовірно, що співвідношення між недоліками та перевагами віртуальних лабораторій можна буде ще більше покращити в майбутньому шляхом створення більш складних налаштувань» (Viitaharju, Nieminen, Linnera, Yliniemiand, & Karttunen, 2023).

Тобто бачимо невирішеність питання методологічного супроводу, ролі наставника-викладача під час лабораторного досліду з використанням хмарних технологій навчання та інструментів візуалізації хімічних процесів.

Формулювання цілей статті. Метою статті є аналіз широти використання та доцільності застосування цифрових інструментів, віртуальних хімічних лабораторій, мобільних додатків для моделювання хімічних процесів та хмарних сервісів візуалізації хімічних дисциплін при проведенні лабораторних робіт у змішаному форматі навчання здобувачів закладів вищої освіти.

Виклад основного матеріалу дослідження. Питанням проблематики рефлексії при використанні сучасних інструментів та засобів навчання, застосування віртуальних хімічних лабораторій, мобільних додатків для моделювання хімічних процесів та хмарних сервісів візуалізації природничих дисциплін у освітньому процесі приділено також багато уваги науковців. Зокрема, визначення та проведення оцінки потреби в обізнаності з інтерактивними засобами навчання при викладанні хімії; проєктування, вибір і організація відповідних апаратних і програмних засобів; архітектури віртуальної хімічної лабораторії; визначення належної взаємодії учнів зі змістом віртуальної хімічної лабораторії (як окремо віртуальної хімічної лабораторії веб-сайту, так і автономного додатку), розробка систем з використанням методів анімації та моделювання; оцінка досвіду і зручності застосування віртуальної хімічної лабораторії (Manyilizu, 2023).

Особлива увага приділялась зворотному зв'язку зі здобувачами, як експертною групою.

Зокрема зарубіжні вчені проводили анкетування після впровадження застосування певних існуючих сучасних інструментів та засобів навчання, мобільних додатків для моделювання хімічних процесів та хмарних сервісів візуалізації природничих дисциплін.

На основі опитувальника (Díez-Pascual, & Jurado-Sánchez, 2022), зазначеного в працях зарубіжних вчених, складено анкету для педагогічного експерименту дослідження. А саме: «Вам подобаються лабораторні уроки хімії у дистанційній формі? Якщо так, то що Вам найбільше подобається? Що було найважчим під час дистанційних занять? Які функції віртуальних хімічних сервісів Ви б змінили, якби їх знову довелося проводити дистанційно? Які з використаних ресурсів/інструментів Ви вважаєте більш корисними? Як би Ви оцінили відео як навчальний ресурс? Який формат і довжина роблять їх ефективнішими? Як Ви вважаєте, дистанційні заняття складніші чи легші, ніж очні? Чи вважаєте Ви дистанційне навчання адекватною методологією для проведення лабораторних занять? Чи вважаєте Ви розроблену методику корисною для виховання інтересу та мотивації студентів? Оцініть свій загальний рівень задоволеності командною роботою та застосованою методологією від незадоволеного до дуже задоволеного. Як би Ви оцінили роботу своїх однолітків від 0 до 10?» (Díez-Pascual, & Jurado-Sánchez, 2022).

Розгляд проблематики використання сучасних інструментів та засобів навчання, застосування віртуальних хімічних лабораторій, мобільних додатків для моделювання хімічних процесів та хмарних сервісів візуалізації природничих дисциплін у освітньому процесі з позиції здобувачів освіти вважається найбільш доцільним з урахуванням особистісно-орієнтованого навчання.

Таку ж думку підтверджують зарубіжні вчені, які наголошують, що «студенти отримують глибше розуміння хімічних властивостей матеріалу та хімічних змін, що виникають в результаті різних явищ, мають змогу самостійно моделювати вплив відповідних параметрів і використовувати візуалізацію. Знайомляться із сучасними обчислювальними засобами для вирішення інженерних задач. Мають змогу порівняти результати моделювання з експериментальними даними та обговорити потенційні джерела варіацій. Удосконалюють критичні навички і здатність приймати рішення в задачах проектування» (Zhao, Chu, & Chen, 2021). Отже, рефлексія застосування сучасних інструментів та засобів навчання, віртуальних хімічних лабораторій, мобільних додатків для моделювання хімічних процесів та хмарних сервісів візуалізації природничих дисциплін у освітньому процесі демонструє позитивне ставлення здобувачів.

Зарубіжний досвід використання вказаних технологій навчання засвідчив, що «протягом навчального курсу здобувачі, які брали участь у дослідженні, проводили лабораторні експерименти як традиційно, так і віртуально, і проходили анкетування для оцінки задоволення та впливу обох підходів наприкінці курсу. Результати вказують на статистично значущі відмінності на користь традиційних лабораторій за всіма досліджуваними змінними. Загалом студенти продемонстрували більш позитивне ставлення до традиційних експериментів. Ці результати підкреслюють важливість проведення практичних експериментів для підвищення мотивації студентів і сприйняття результатів» (Serrano-Perez, González-García, Flacco, Taberner-Cortés, García-Arnandis, Pérez-López, & Romá-Mateo, 2023). Відтак, значна кількість теоретично зазначених переваг при використанні сучасних інструментів та засобів навчання, застосування віртуальних хімічних лабораторій, мобільних додатків для моделювання хімічних процесів та хмарних сервісів візуалізації природничих дисциплін у освітньому процесі може бути експериментально підтверджена та доведена або спростована шляхом практичного застосування в ході вітчизняного педагогічного експерименту.

Щодо методики проведення педагогічного експерименту, то базою дослідження визначено кафедру хімії та хімічної освіти Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького (Запоріжжя, Україна). Експериментальна група здобувачів вищої освіти хімічно-біологічного факультету складала 141 респондент, контрольна група 140 респондентів. Педагогічний експеримент полягав у впровадженні в експериментальній групі сучасних інструментів та засобів навчання, застосування віртуальних хімічних лабораторій, мобільних додатків для моделювання хімічних процесів та хмарних сервісів візуалізації хімічних процесів на практичних заняттях з профільних хімічних дисциплін, та традиційні засоби навчання у контрольній групі. Критеріями оцінки практичної роботи в обох групах визначено: правильність проведення хімічних спостережень, точність висновків, якісне зовнішнє оформлення та чіткість форми вираження думки.

Для технічного забезпечення лабораторної частини практичних занять використано хмарні додатки з безкоштовним доступом, а саме:

1. ReactionFlash(R), додаток де наведено хімічні реакції з механізмами їхнього перебігу та роз'ясненням щодо процесів, опубліковані в рецензованій літературі чи патентах. Програму

представлено як набір флеш-карток. Режим вікторини забезпечує перевірку отриманих знань.

2. «Функціональні групи – хімія», де наведено добірку з вісімдесяти найважливіших функціональних груп з органічної та біологічної хімії. Зокрема, класи органічних сполук (альдегіди, карбонові кислоти, аміни, нуклеїнові кислоти, вуглеводи, ліпіди тощо). Режим гри дозволяє обрати тестування з варіантами відповідей та без них, питання з відкритою відповіддю, коригування часу виконання, використання флеш-карт і таблиць.

3. KingDraw App, редактор хімічних малюнків, який дозволяє малювати ескізи хімічних молекул і хімічних реакцій, а також об'єктів. Можливе прогнозування складеної властивості, конвертування хімічної структури з назви IUPAC, перегляд 3D-структури сполук.

4. Додаток PhET охоплює 150 інтерактивних моделювань для вивчення широкого кола хімічних запитань. Характеризується інтуїтивно-зрозумілим навчальним середовищем, використовує відкриті освітні ресурси (ліцензія Creative Commons Attribution – CC-BY), розробленим Проект PhET Interactive Simulations в Університеті Колорадо Боулдер.

5. Chemical detectives додаток для встановлення молекулярної структури органічних молекул, з використанням методів: мікроаналізу, мас-спектрометрії, інфрачервоної спектроскопії, ядерної магнітно-резонансної спектроскопії.

6. Хімічна лабораторія MEL дає змогу зазирнути у хімічну молекулу зсередини, прогнозувати аналітичний перебіг хімічних реакцій, продемонструвати структури молекул, включаючи сульфатну кислоту, лимонну кислоту, хлористоводневу кислоту, лактозу та хлорид олова.

7. Unreal Chemist цифровий шлюз у вивченні хімії. Занурює у візуально захоплюючий світ наукових експериментів, відтворених з точністю та увагою до деталей. Програма розроблена для точної імітації широкого спектру хімічних експериментів, використовує реалістичні візуальні ефекти та точні зображення хімічних речовин і хімічних реакцій.

8. Chemistry Lab додаток, який дозволяє перетворювати реальні органічні механізми хімії. Об'єднує більше тисячі флеш-карток із загальної хімії.

9. WebMO додаток дозволяє користувачам створювати і переглядати молекули в 3 - D, є можливість візуалізації елементів симетрії, узагальнювати хімічну інформацію і властивості із зовнішніх баз даних (з PubChem і ChemSpider, NIST, Sigma-Aldrich, ІК, УФ і видимій, ЯМР, мас-спектри і з зовнішніх баз даних (NIST, NMRShiftDB)).

10. Lab.Hacks додаток надає інструменти, калькулятори та бібліотеки для роботи в хімічній лабораторії. Зокрема, розрахувати та конвертувати розведення і розрідження за допомогою калькулятора, а також визначити необхідну вагу для конкретних концентрацій буфера та полярності.

11. Chemical substance має вигляд електронного інтерактивного посібника, який містить розділи: перший – сполуки металів і неметалів; неорганічні кислоти, солі, багатоатомні іони; другий – вуглеводні і карбонові кислоти; третій – комбінований, що містить всі хімічні елементи та періодичну таблицю; четвертий – загальний (систематичні та тривіальні назви; структури та формули; органічні, неорганічні та металоорганічні сполуки; від кислот і оксидів до вуглеводнів і спиртів; 100 легких і 100 складних сполук).

12. Chemistry by design являє собою інтерактивний віртуальний додаток-флеш, що дозволяє перевірити практичні навички з хімії. Візуалізація реагентів, вихідних матеріалів і продуктів для кожного етапу дослідження.

13. Molecular constructor програмне забезпечення у 3D моделюванні для побудови молекул, що дозволяє створити молекулу і оптимізувати її геометрію одночасно.

14. Quizlet додаток дає змогу створювати картки або використовувати вже створений матеріал хімічного змісту, а також розробляти модулі з картками, режим з повторенням для тренування пам'яті.

15. ChimicaMaster – Basic Chemistry додаток у вигляді інтерактивного посібника, що в ігровій формі зібрав матеріали хімічного змісту (будова атома, хімічні зв'язки, хімічні сполуки, хімічні реакції, стани матерії, хімічні закони тощо).

Визначені експериментом додатки обрано шляхом анкетування та перегляду пропозицій здобувачів освіти, враховуючи особистісно-орієнтований підхід, та застосовано на практичних заняттях з профільних хімічних дисциплін в експериментальній групі.

В результаті педагогічного експерименту встановлено, що завдяки застосуванню сучасних інструментів та віртуальних хімічних лабораторій, мобільних додатків для моделювання хімічних процесів та хмарних сервісів візуалізації проведення лабораторних робіт з хімічних дисциплін у змішаному форматі навчання, отримано позитивну динаміку при визначенні рівнів сформованості навчальних досягнень здобувачів на практичних заняттях. Таким чином, в результаті педагогічного експерименту відбулися кількісні зміни показників, які відобразили значущі якісні перетворення у набутих теоретичних хімічних

знаннях здобувачів освіти, що засвідчило суттєву позитивну динаміку готовності до ґрунтовного та всебічного пояснення будови, хімічних властивостей, класифікації речовин органічної та неорганічної природи, властивостей хімічних елементів та їх сполук, типів хімічних реакцій, термодинамічних та кінетичних закономірностей в подальшій професійній діяльності.

Статистичним підтвердженням визначеного дослідження (табл. 1, рис. 1) стали кількісні показники експериментальних груп: з 5,0% – до 19,1% зросла кількість здобувачів освіти з високим рівнем навчальних досягнень на практичних заняттях з хімії (динаміка склала 14,1%); на 31,9% (з 13,5% – до 45,4%) збільшився індекс достатнього рівня навчальних досягнень на практичних заняттях з хімії; на 29% (з 33,3% – до 4,3%) зменшилася кількість студентів з низьким рівнем.

Таблиця 1

Результати навчальних досягнень здобувачів з профільних хімічних дисциплін

Рівні	Етапи педагогічного експерименту			
	Констатувальний етап		Формувальний етап	
	ЕГ	КГ	ЕГ	КГ
Низький	47 ос. (33,3%)	46 ос. (32,9%)	6 ос. (4,3%)	15 ос. (10,7%)
Середній	68 ос. (48,2%)	65 ос. (46,4%)	44 ос. (32,1%)	69 ос. (49,3%)
Достатній	19 ос. (13,5%)	20 ос. (14,3%)	64 ос. (45,4%)	39 ос. (27,9%)
Високий	7 ос. (5,0%)	9 ос. (6,4%)	27 ос. (19,1%)	17 ос. (12,1%)
Всього	141 ос. (100,0%)	140 ос. (100,0%)	141 ос. (100,0%)	140 ос. (100,0%)

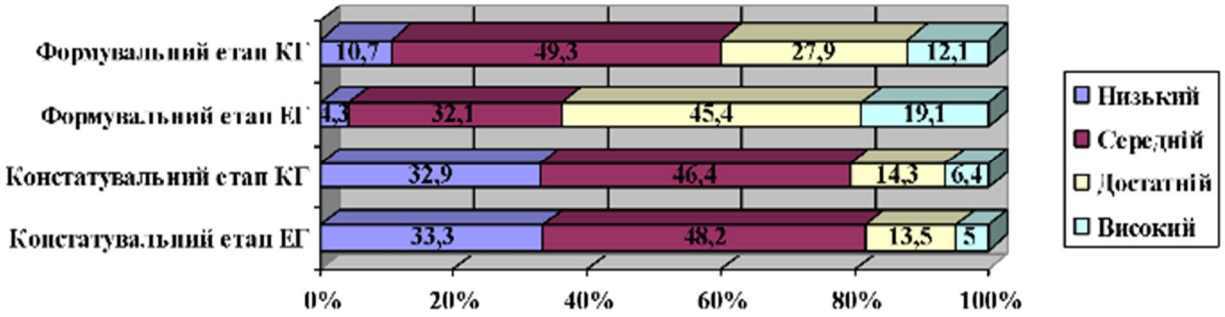

Рис. 1. Динаміка результатів навчальних досягнень здобувачів з профільних хімічних дисциплін

В той час, як динаміка змін відповідних показників у контрольних групах суттєво нижча, що свідчить про ефективність застосування сучасних інструментів та віртуальних хімічних лабораторій, мобільних додатків для моделювання хімічних процесів та хмарних сервісів візуалізації проведення лабораторних робіт з хімічних дисциплін у змішаному форматі навчання.

Висновки. Позитивні результати навчальних досягнень здобувачів вищої освіти при вивченні профільних хімічних дисциплін з використанням хмарних сервісів, застосуванням віртуальних хімічних лабораторій, мобільних додатків для моделювання хімічних процесів та хмарних сервісів візуалізації природничих дисциплін у освітньому процесі експериментально підтверджено. Проаналізовано шляхи реалізації програмного забезпечення та представлено огляд цифрових інструментів для успішного проведення лабораторних робіт з хімічних дисциплін з урахуванням експертної оцінки учасників педагогічного експерименту. Реалістичне візуальне зображення, відкритий постійний доступ матеріалів, швидкість обчислення вхідних даних та отримання результатів визначено суттєвими перевагами представлених інструментів навчання. Перспективи подальших досліджень вбачаємо у підготовці методичного забезпечення супроводу застосування сучасних інструментів та віртуальних хімічних лабораторій, мобільних додатків для моделювання хімічних процесів та хмарних сервісів візуалізації проведення лабораторних робіт з хімічних дисциплін у змішаному форматі навчання.

Список використаних джерел

Безпала, В. А., Дацкова, Д. М., & Грановська, Т. Я. (2023). Використання онлайн лабораторії «Olabs» для організації проектної діяльності, *VI Міжнар. конф. молодих учених*, Харків. нац. пед. ун-т ім. Г. С. Сковороди. С. 414–416. URL: https://dspace.hnpu.edu.ua/ items/ 75c89a67-6e22-41d6-824e-0a02.14e6b312

Войтович, І., Войтович, О., & Мартинюк, Г. (2021). Використання віртуальних лабораторій в процесі вивчення хімічних дисциплін». *НЗ ТНПУ*, 1 (1), С. 32–41, URL: https://doi.org/10.25128/2415-3605.21.1.4.

Войтович, О. П., Сергієнко, В. П., & Войтович, І. С. (2021). Віртуальні хімічні лабораторії в освітньому процесі, *Програмний комітет*. С. 93.

Саніна, Н. В. (2024). Віртуальні хімічні лабораторії: переваги та недоліки, використання. С. 195. URL: https://repository.sspu.edu.ua/handle/123456789/ 11848.

Старченко, В. С., & Макєєв, С. Ю. (2024). Віртуальні хімічні лабораторії як засіб формування інформаційно-комунікаційної компетентності учнів». *До 220-ої річниці з дня заснування університету*. С. 67.

Сняла, Ю. (2024). Застосування цифрових інструментів у навчанні хімії», *Osvìta, ìnnovatika, praktika*, 11 (4), С. 55–64. URL: https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol11i4-008.

Chan P., Van Gerven T., Dubois J. L., & Bernaerts K. «Virtual chemical laboratories: A systematic literature review of research, technologies and instructional design». *Computers and Education Open, 2*, 100053, 2021. https://doi.org/10.1016/j.caeo.2021.100053

Viitaharju P., Nieminen M., Linnera J., Yliniemiand K., Karttunen A. J. «Student experiences from virtual reality-based chemistry laboratory exercises». *Education for Chemical Engineers, 44*, 191-199, 2023. http://dx.doi.org/10.1016/j.ece.2023.06.004.

Nechypurenko P. P., Semerikov S. O., Pokhliestova O. Y. «An augmented reality-based virtual chemistry laboratory to support educational and research activities of 11th grade students», 2023. http://dx.doi.org/10.31812/educdim.4446

Manyilizu M. C. «Effectiveness of virtual laboratory vs. paper-based experiences to the hands-on chemistry practical in Tanzanian secondary schools». *Education and Information Technologies*, *28*(5), 4831-4848, 2023. http://dx.doi.org/10.1007/s10639-022-11327-7.

Díez-Pascua M., Jurado-Sánchez B. «Remote teaching of chemistry laboratory courses during COVID-19». *Journal of chemical education, 99* (5), 1913-1922, 2022. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00022.

Zhao R., Chu Q., Chen D. «Exploring chemical reactions in virtual reality». *Journal of Chemical Education*, *99* (4), 1635-1641, 2022. http://dx.doi.org/10.1021 /acs.jchemed.1c01040.

Mashami R. A., Ahmadi, Kurniasih Y., Khery Y. «Use of PhET Simulations as A Virtual Laboratory to Improve Students' Problem Solving Skills», *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, vol. 9, no. 12, pp. 11455–11465, Dec. 2023. https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i12.6549.

Nazar M., Nurmalahayati N., Rusman R., Puspita K., Haris A. «Introducing Chemical Instruments through Quick Response Code (QR-Code) Based Website», *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, vol. 8, no. 3, pp. 1083–1088, Jul. 2022. https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i3.1361.

Mellyzar M., Fatwa I., Lukman I. R., Dewi U. M., Pasaribu A. I. «VR Based Media for Three-Dimensional (3D) Visualization in Chemical Laboratory», *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, vol. 10, no. 3, pp. 1356–1361, Mar. 2024. https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i3.6180.

Rahmi C., Zakiyah H., Dewi D. K., Jayanti E. «Development of Reaction Rate Lab Virtual Media in Basic Chemistry

References

Bezpala V.A., Datskova D.M., Granovska T. Y. (2023). «Using the online laboratory «Olabs» for the organization of project activities», VI International. conf. of young scientists, *H.S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University*. P. 414–416. [Electronic resource]. Available: https://dspace.hnpu.edu.ua/items/ 75c89a67-6e22-41d6-824e-0a0214e6b312 Application date: April 15, 2024. [in Ukrainian]

Voytovych I., Voytovych O., Martynyuk G. (2021). «Using virtual laboratories in the process of studying chemical disciplines», *Scientific Research TNPU*, vol. 1, issue 1, p. 32–41. DOI: https://doi.org/10.25128/2415-3605.21.1.4 [in Ukrainian]

Voytovych O.P., Sergienko V.P., Voytovych I.S. (2021). «Virtual chemical laboratories in the educational process», *Program Committee*, p. 93. [in Ukrainian]

Sanina N.V. (2021). «Virtual chemical laboratories: advantages and disadvantages, use», p. 195. [Electronic resource]. Available: https://repository.sspu.edu.ua/handle/ 123456789/11848 Application date: April 30, 2024. [in Ukrainian]

Starchenko V.S., Makeev S.Y. (2024). «Virtual chemical laboratories as a means of forming the information and communication competence of students». To the 220th anniversary of the founding of the university, p. 67. [in Ukrainian]

Sniala Y. (2023). «Application of digital tools in teaching chemistry», *Osvìta, ìnnovatika, praktika*, vol. 11, issue 4, p. 55–64. [Electronic resource]. Available: https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol11i4-008 Application date: April 30, 2024 [in Ukrainian]

Chan P., Van Gerven T., Dubois J. L., and Bernaerts K. (2021). «Virtual chemical laboratories: A systematic literature review of research, technologies and instructional design». *Computers and Education Open, 2*, 100. https://doi.org/10.1016/j.caeo.2021.100053 [in English]

Viitaharju P., Nieminen M., Linnera J., Yliniemiand K., Karttunen A. J. (2023). «Student experiences from virtual reality-based chemistry laboratory exercises». *Education for Chemical Engineers, 44*, 191-199. http://dx.doi.org/10.1016/j.ece.2023.06.004 [in English]

Nechypurenko P. P., Semerikov S. O., Pokhliestova O. Y. (2023). «An augmented reality-based virtual chemistry laboratory to support educational and research activities of 11th grade students». http://dx.doi.org/10.31812/educdim.4446 [in English]

Manyilizu M. C. (2023). «Effectiveness of virtual laboratory vs. paper-based experiences to the hands-on chemistry practical in Tanzanian secondary schools». *Education and Information Technologies*, *28* (5), 4831-4848. http://dx.doi.org/10.1007/s10639-022-11327-7 [in English]

Díez-Pascual M., Jurado-Sánchez B. (2022). «Remote teaching of chemistry laboratory courses during COVID-19». *Journal of chemical education, 99* (5), 1913-1922. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00022 [in English]

Zhao R., Chu Q., Chen D. (2022). «Exploring chemical reactions in virtual reality». *Journal of Chemical Education, 99* (4), 1635-164. http://dx.doi.org/10.1021/ acs.jchemed.1c01040 [in English]

Mashami R. A., Ahmadi, Kurniasih Y., Khery Y. (2023). «Use of PhET Simulations as A Virtual Laboratory to Improve Students' Problem Solving Skills», *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, vol. 9, no. 12, pp. 11455–11465. https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i12.6549 [in English]

Nazar M., Nurmalahayati N., Rusman R., Puspita K., Haris A. (2022). «Introducing Chemical Instruments through Quick Response Code (QR-Code) Based Website», *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, vol. 8, no. 3, pp. 1083–1088. https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i3.1361 [in English]

Practicum», *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, vol. 9, no. 4, pp. 2125–2134, Apr. 2023. https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i4.2126.

Serrano-Perez J. J., González-García L., Flacco N., Taberner-Cortés A., García-Arnandis I., Pérez-López G., Romá-Mateo C. «Traditional vs. virtual laboratories in health sciences education». *Journal of Biological Education*, *57* (1), 36-50, 2023. https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1877776.

Angreani, Saefudin S. , Solihat R. «Virtual laboratory based online learning: Improving environmental literacy in high school students». *JPBI (Journal of Education Biology Indonesia)*, *8* (1), 10-21. 2022. https://doi.org/10.22219/jpbi.v8i1.18120.

Mellyzar M., Fatwa I., Lukman I. R., Dewi U. M., Pasaribu A. I. (2024). «VR Based Media for Three-Dimensional (3D) Visualization in Chemical Laboratory», *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, vol. 10, no. 3, pp. 1356–1361. https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i3.6180 [in English]

Rahmi C., Zakiyah H., Dewi D. K., Jayanti E. (2023). «Development of Reaction Rate Lab Virtual Media in Basic Chemistry Practicum», *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, vol. 9, no. 4, pp. 2125–2134. https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i4.2126 [in English]

Serrano-Perez J. J., González-García L., Flacco N., Taberner-Cortés A., García-Arnandis I., Pérez-López G., Romá-Mateo C. (2023). «Traditional vs. virtual laboratories in health sciences education». *Journal of Biological Education*, *57* (1), 36-50. https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1877776 [in English]

Angreani, Saefudin S., Solihat R. (2022). «Virtual laboratory based online learning: Improving environmental literacy in high school students». *JPBI (Journal of Education Biology Indonesia)*, *8* (1), 10-21. https://doi.org/10.22219/jpbi.v8i1.18120 [in English]

Відомості про автора:
Четвертак Тетяна Юріївна
shafranskaja@ukr.net
Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького
Наукове містечко, вулиця 59, Запоріжжя, Запорізька обл. 69000, Україна

doi: 10.33842/22195203-2024-2-33-226-233

Матеріал надійшов до редакції 23. 09. 2024 р.
Прийнято до друку 15. 10. 2024 р.

Information about the author:
Chetvertak Tetiana Yuriivna
shafranskaja@ukr.net
Bogdan Khmelnitsky Melitopol State Pedagogical University
Scientific Town, Street 59, Zaporizhzhia, Zaporizhzhia region, 69000, Ukraine

doi: 10.33842/22195203-2024-2-33-226-233

Received at the editorial office 23. 09. 2024.
Accepted for publishing 15. 10. 2024.