

How can the principles of learning be used to select the best ICT tools for computer-based chemistry instruction in high school?

Pavlo P. Nechypurenko¹[0000–0001–5397–6523],
Serhiy O. Semerikov^{1,2,3}[0000–0003–0789–0272],
Tetyana V. Selivanova¹[0000–0003–2635–1055], and
Tetyana O. Shenayeva¹[0000–0002–2490–9513]

¹ Kryvyi Rih State Pedagogical University,
54 Gagarin Ave., Kryvyi Rih, 50086, Ukraine
{acinonyxleo, semerikov, vitro090, shenta26}@gmail.com
<https://kdpu.edu.ua/personal/pnpavlo.html>
<https://kdpu.edu.ua/semerikov>
<https://kdpu.edu.ua/personal/vstania.html>
<https://kdpu.edu.ua/pers-arc/toshenaieva.html>

² Kryvyi Rih National University,

11 Vitalii Matusevych Str., Kryvyi Rih, 50027, Ukraine

³ Institute for Digitalisation of Education of the NAES of Ukraine,
9 M. Berlynskoho Str., Kyiv, 04060, Ukraine

Abstract. The role of information and communication technology as well as teaching aids in specialized chemistry instruction was examined in the article. One of the key outcomes of specialized instruction in chemistry is the development of research skills in high school students. To ensure conformity with the principles of specialized chemistry teaching, ICT tools have been analyzed and systematized. The decision to use ICT tools to implement specialized chemistry training and strengthen the research skills of high school students in specialized chemistry training had supported. The findings of a study to assess the feasibility of implementing certain ICT tools to strengthen the research skills of high school students in specialized chemistry training are provided.

Keywords: research skills · chemistry instruction · ICT · high school students · principles of chemistry instruction · electronic educational resources

1 Вступ

Основними завданнями Національної стратегії розвитку освіти в Україні на період до 2021 року у загальній середній освіті є оновлення змісту, форм і методів організації навчально-виховного процесу; створення умов для посилення професійної орієнтації, забезпечення профільного навчання, індивідуальної освітньої траєкторії розвитку учнів відповідно до їх особистісних потреб, інтересів і здібностей; підвищення ефективності навчально-виховного

процесу на основі впровадження досягнень психолого-педагогічної науки, педагогічних інновацій, інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) [75].

У “Концепції профільного навчання в старшій школі” наголошується на необхідності використання інноваційних технологій навчання, організації дослідницької, проектної діяльності, профільної навчальної практики учнів тощо [54, с. 6]. Поставлені завдання відображають сучасні тенденції розвитку середньої освіти, ІКТ та засобів навчання, зумовлюючи доцільність та необхідність модернізації природничо-математичної освіти.

До основних завдань профільного навчання відноситься сприяння у розвитку творчої самостійності, формуванні системи уявлень, ціннісних орієнтацій, дослідницьких умінь і навичок – складових дослідницьких компетентностей, які забезпечать випускнику школи можливість успішно самореалізуватися [54, с. 4].

Основною метою профільного навчання учнів хімії є розвиток у них компетентностей, необхідних для творчої реалізації особистості, та набуття навичок самостійної науково-практичної та дослідницько-пошукової діяльності. Серед них чільне місце займають дослідницькі компетентності – складне особистісне утворення, яке може бути схарактеризоване через знання та уміння, необхідні для виконання дослідницької діяльності, позитивне ставлення до неї та усвідомлення її значущості незалежно від того, виконується вона особисто або спільно [65]. Формування дослідницьких компетентностей відбувається та проявляється у оволодінні знаннями, уміннями і способами діяльності для ефективного здійснення навчально-дослідницької діяльності та здатності самостійно здобувати нові знання [53, с. 7], виступаючи у якості мети профільного навчання хімії.

На думку Л. П. Величко та С. С. Фіцайло [88], при організації профільного навчання хімії належну увагу слід приділяти підтримці й розвитку самостійності учнів у навчанні, їхній участі в таких видах діяльності, як проектна й дослідницька, які мають сприяти досягненню учнями профільних класів творчого рівня використання знань. Процес навчання у профільній школі орієнтується переважно на активне використання прийомів дослідження, що передбачає постановку проблеми, організацію дослідження, оформлення і захист результатів, самооцінювання. У профільному навчанні хімії неабиякого значення набуває саморозвиток і самоосвіта учнів. Цьому сприяє збільшення у навчанні частки самостійної роботи учнів, у тім числі з комп'ютером та іншими джерелами інформації

Реалізація мети і завдань профільного навчання хімії неможливе без урахування тенденцій інформатизації суспільства в цілому, та системи освіти зокрема. Створення умов для доступу до інформації, у тому числі навчальної, шляхом створення загальнодержавної мережі інформаційного забезпечення науки та освіти є однією із задач, що стоять перед інформатизацією суспільства в Україні [2]. Задоволення прав людини на рівний доступ до інформаційних послуг та її потреб в урахуванні індивідуальних особливостей, здібностей, нахилів у профільному навчанні може відбуватись шляхом дистанційного навчання, що відбувається в основному за опосередко-

ваної взаємодії віддалених один від одного учасників навчального процесу у спеціалізованому середовищі, яке функціонує на базі сучасних психолого-педагогічних та інформаційно-комунікаційних технологій [54, 55].

Таким чином, можна виділити протиріччя між необхідністю використання засобів ІКТ як одного із важливих засобів формування дослідницьких компетентностей учнів у профільному навчанні хімії, та недостатньою розробленістю методики використання засобів ІКТ саме для формування дослідницьких компетентностей учнів у профільному навчанні хімії.

Трактуванню поняття дослідницької компетентності присвячені роботи Л. В. Бурчак [17], Р. Гарай-Аргандони [33], С. Е. Генкал [34], М. В. Кривої [43], К. О. Міндєєвої [53], С. А. Ракова [76], Х. Салмента [80], О. В. Тумашевої [87]. Питання формування дослідницьких компетентностей учнів в умовах профільного навчання розглядали М. Алібекіан [8], В. В. Вербицький [89], Е. де Шрійвер [27].

Проблема використання ІКТ як засобу навчання хімії була останнім часом широко висвітлена у наукових та методичних працях. Зокрема, ІКТ як засіб навчання хімії в середній школі розглядали М. Аксела [7], Н. Вейт [91], Н. І. Гусарук [39], Т. М. Деркач [28], С. Льюїс [46], М. Дж. Сангер [81].

Недостатньо дослідженим залишається питання системного використання ІКТ як засобу формування дослідницьких компетентностей учнів у профільному навчанні хімії, що визначило *мету статті*: теоретичне обґрунтування вибору засобів ІКТ профільного навчання хімії, спрямованих на формування дослідницьких компетентностей учнів.

2 Теоретичні засади використання ІКТ у профільному навчанні хімії

“Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти” [24] визначає *компетентність* як набуту в процесі навчання інтегровану здатність учня, що складається із знань, умінь, досвіду, цінностей і ставлення, що можуть цілісно реалізовуватися на практиці.

Відповідно, *дослідницьку компетентність* можна визначити як складне особистісне утворення, яке може бути схарактеризоване через знання та уміння, необхідні для виконання дослідницької діяльності, позитивне ставлення до неї та усвідомлення її значущості незалежно від того, виконується вона особисто або спільно. Формування дослідницької компетентності нерозривно пов'язане із розвитком загальнонавчальних (академічних) компетентностей, може розглядатися як їх складова та є необхідною умовою для професійного розвитку й самовдосконалення особистості [60, 64, 65]. Найвищий рівень сформованості дослідницької компетентності досягається у процесі самостійної творчої дослідницької діяльності [60].

Найбільш придатним для формування дослідницьких компетентностей старшокласників є профільний рівень навчання хімії, що забезпечує реалізацію як зовнішньої форми диференціації навчання хімії (через створення

відповідних класів, груп тощо), так й частково внутрішньої (через створення груп динамічного складу для навчання курсів за вибором, у тому числі за дистанційними формами організації навчання).

Одними з найефективніших засобів індивідуалізації та диференціації навчання хімії, що сприяють забезпечують самостійну та творчу роботу учнів та сприяють формуванню у них дослідницьких компетентностей, є засоби ІКТ, використання яких тісно пов'язане із головним напрямом розвитку суспільства наприкінці ХХ – початку ХХІ століття – інформатизацією як сукупністю взаємопов'язаних організаційних, правових, політичних, соціально-економічних, науково-технічних, виробничих процесів, що спрямовані на створення умов для задоволення інформаційних потреб громадян та суспільства на основі створення, розвитку і використання інформаційних систем, мереж, ресурсів та інформаційних технологій, які побудовані на основі застосування сучасної обчислювальної та комунікаційної техніки [2].

Згідно Модельного закону про інформатизацію, це організаційний соціально-економічний і науково-технічний процес, в основу якого покладено масове застосування інформаційних систем і технологій з метою кардинального поліпшення умов праці і якості життя населення, значного підвищення ефективності усіх видів діяльності фізичних та юридичних осіб [3].

Інформатизація сприяє формуванню та розвитку інформаційного суспільства, що складається з множини різноманітних аспектів політичної, соціальної, економічної та гуманітарної природи, якому властива висока динаміка розвитку, і у якому першочергового значення набувають інформація, знання та інтелектуальний потенціал людини. До основних характерних особливостей інформаційного суспільства слід віднести [78]:

- збільшення ролі інформації і знань в усіх сферах життя суспільства;
- зростання обсягу інформаційно-комунікаційних продуктів і послуг у валовому внутрішньому продукті;
- створення глобального інформаційного простору для забезпечення ефективною інформаційною взаємодією людей, їх доступу до світових інформаційних ресурсів та задоволення їх потреб у інформаційних продуктах та послугах.

Метою інформаційного суспільства В. Д. Руденко визначає комплексний та органічний розвиток людини, створення умов для її духовного і розумового збагачення, нарощування національного людського капіталу, як основи розвитку політичної, соціальної, економічної, гуманітарної, культурної та інших сфер суспільного життя, насамперед, в інтересах підвищення добробуту громадян, ефективності економіки та зміцнення державності [78].

З 1998 року в Україні діє Національна програма інформатизації, головною метою якої є “створення необхідних умов для забезпечення громадян та суспільства своєчасною, достовірною та повною інформацією шляхом широкого використання інформаційних технологій, забезпечення інформаційної безпеки держави”, а серед її основних завдань слід виділити створення загальнодержавної мережі інформаційного забезпечення науки та освіти, фор-

мування та підтримку ринку інформаційних продуктів і послуг, інтеграцію України до світового інформаційного простору [2].

З усіх галузей хімічної науки однією з найбільш технологічних, пов'язаних з використанням численних електронних приладів, є аналітична хімія. При створенні приладів для хімічного аналізу часто проходили апробацію велика кількість відкриттів у сфері не лише хімії, а й фізики, техніки. Не стало виключенням і поява та розробка засобів інформатизації хімії.

Тенденції в удосконаленні будови та функціональності приладів, в першу чергу для хімічного аналізу, були пов'язані з їх автоматизацією, гібридизацією і мініатюризацією, що безпосередньо обумовлювалось використанням комп'ютерів при їх розробці і виготовленні. Перші цифрові ЕОМ, які використовувались для хімічного аналізу, з'явилися наприкінці 1950-х рр. У 1970-х роках, з появою персональних комп'ютерів, більшість аналітичних приладів для фізичних та фізико-хімічних методів кількісного хімічного аналізу уже були обладнані мікропроцесорами. Крім того, ЕОМ використовувались для виконання складних математичних розрахунків і опрацювання великих масивів числових даних. Саме у той час з'явилися перші версії програмного забезпечення для цього – таких програм, як *Mathcad*, *Maple*, *MATLAB*. У 1980-х рр. були створені програми для квантово-хімічних розрахунків, такі як *HyperChem*, *МОРАС*, *Gaussian*, *GAMESS*, etc. Але розрахунки подібного рівня складності не зустрічаються у шкільній практиці, а тому особливої потреби у використанні подібних програмних продуктів не виникає.

Наприкінці ХХ століття звичайним прийомом стало під'єднання приладу до персонального комп'ютера як для фіксування, опрацювання та візуалізації одержаних експериментальних даних, так і для керування приладом, програмування його роботи. Розпочалося створення лабораторних комплексів для шкіл, що складаються із спеціальних комп'ютерних вимірювальних блоків та датчиків. Прикладом подібного застосування комп'ютерних технологій у навчанні хімії є комплект хімічного обладнання компанії L-misco, що включає датчики для вимірювання рН, оптичної густини, температури, електропровідності, тиску тощо. Датчики з'єднуються з персональним комп'ютером за допомогою спеціального комп'ютерного вимірювального блоку. Подібне обладнання дозволяє проводити велику кількість лабораторних робіт, в тому числі з кількісного хімічного аналізу, проводячи запис результатів в режимі online.

Вивчення основ аналітичної хімії в школі нерозривно пов'язане з розвитком аналітичної хімії як науки. Комп'ютерні технології можна розглядати і як засіб наукового пізнання в межах аналітичної хімії як галузі науки, і як засіб навчання в межах вивчення основ аналітичної хімії в профільних класах школи. У 1980-1990-х роках у Європі навіть з'являється термін “аналітична хімія, що базується на комп'ютерах” (Computer Based Analytical Chemistry – COBAC). Цим підкреслювалась поява методів, прийомів, окремих напрямків аналітичної хімії, що не могли виникнути без комп'ютерів [69]. Прикладами можуть служити комп'ютерне моделювання

хіміко-аналітичних процесів і методик аналізу, розробка експертних систем, призначених, зокрема, для розшифровки структури органічних сполук, поява систем розпізнавання образів, в тому числі мультисенсорних систем [94, с. 227–235].

Освіта також зазнає суттєвих перетворень внаслідок інформатизації, як і будь-які інші сфери людської діяльності у сучасному суспільстві. Як зазначає П. І. Підкасистий [74, с. 187], інформатизація освіти – це комплекс заходів щодо перебудови педагогічних процесів на основі впровадження у навчання і виховання інформаційної продукції, засобів, технологій. В. Ю. Биков [19] дане поняття трактує як упорядковану сукупність взаємопов'язаних організаційно-правових, соціально-економічних, навчально-методичних, науково-технічних, виробничих і управлінських процесів, спрямованих на задоволення інформаційних, обчислювальних і телекомунікаційних потреб, що пов'язані з можливостями методів і засобів інформаційних та комунікаційних технологій учасників навчально-виховного процесу, а також тих, хто цим процесом управляє та його забезпечує.

Інформатизація освіти, виступаючи у якості визначального інформаційного і комунікаційного базису розвитку освіти, гармонійного розвитку особистості і соціально-економічних систем суспільства, є невід'ємною складовою інформатизації суспільства, яка забезпечує, зокрема, формування когнітивного, кадрового та науково-технічного фундаменту самої інформатизації як процесу і соціально-економічного явища. Інформатизація освіти суттєво впливає на зміст, організаційні форми і методи навчання, оскільки пов'язана із впровадженням у систему освіти методів і засобів ІКТ, створенням на їх основі комп'ютерно-орієнтованого інформаційно-комунікаційного середовища, що надає можливість суб'єктам освітнього процесу використовувати засоби і сервіси цього середовища, здійснювати доступ до його ресурсів при вирішенні різних завдань [19].

На думку В. Ю. Бикова [19, с. 144], головною метою інформатизації освіти на сучасному етапі розвитку суспільства і освіти є підготовка тих, хто навчається, до активної і плідної життєдіяльності в інформаційному суспільстві, підвищення якості, доступності та ефективності освіти, створення для широких верств населення освітніх умов для здійснення ними навчання протягом усього життя на основі широкого впровадження у практику методів і засобів ІКТ та комп'ютерно орієнтованих технологій підтримки діяльності людей.

Сучасний етап інформатизації системи освіти України передбачає реалізацію принципів відкритої освіти, підпорядкований сучасним освітнім парадигмам людиноцентризму і рівного доступу до якісної освіти, що призводить до суттєвих змін у реалізації навчально-виховного процесу, зокрема, до удосконалення цілей освіти, способів організації освітнього процесу, змісту навчання і педагогічних технологій, складу і структури комп'ютерно орієнтованого навчального середовища. Усі ці зміни формують зміст ІКТ-орієнтованої освіти, яка передбачає широке, комплексне та ефективне засто-

сування ІКТ для реалізації функцій системи освіти, що відображає світові тенденції розвитку освітніх систем [22].

До ознак інформатизації освіти відноситься, зокрема, поява та розвиток складових технологій навчання [90, с. 13]:

- нових форм подання відомостей (наприклад, мультимедійної, що включає текст, графічні зображення, анімацію, звук і відео);
- доступу до електронних освітніх ресурсів за допомогою глобальної мережі Internet;
- нових форм організації навчання (вебінари, відеолекції, віртуальні лабораторії) тощо

Технологією навчання називається інтегративна модель навчально-виховного процесу з чітко визначеними цілями, діагностикою поточних і кінцевих результатів, розподілом навчально-виховного процесу на окремі компоненти, яка передбачає чітке та неухильне виконання певних навчальних дій в умовах оперативного зворотного зв'язку. Оскільки головна мета будь-якого технологічного процесу – отримання продукту заданого зразка, розробка технології навчання вимагає визначення мети навчання, проєктованого результату та шляху від мети до нього – організованої у певний спосіб взаємодії вчителя й учнів [15].

Упровадження комп'ютерів в практику навчання дозволило по-іншому тлумачити поняття технології навчання. Так, Комісія Карнегі з вищої освіти в 1972 році визначила технологію навчання у такий спосіб: “збагачені та покращені умови, в яких цілі навчання та викладання досягаються людиною через творчу та систематичну організацію ресурсів, фізичних пристроїв, середовищ та методик” [1, с. 89]. У доповіді Комісії Карнегі “Четверта революція: технологія навчання у вищій освіті” вказується, що робота викладачів та методистів з розробки навчальних матеріалів, які використовують нові інформаційні технології, викликала новий інтерес до теорії навчання та її застосування до планування курсів, розробки навчальних планів та оснащення навчальних закладів: “нові інформаційні засоби – комп'ютери, телебачення – стали у один ряд з діапроектором, підручником і вчителем у якості корисних учасників [навчального процесу]. ... Таку інтеграцію нових та традиційних технологій, планування навчального простору, теорії навчання, а також викладача у спільні зусилля називають “системним підходом до навчання” або “підходом навчального середовища” [1, с. 10]. При цьому “засоби навчання повинні зберігатись, підтримуватись і, зрештою, бути замінені через спрацьовування або застарілість” [1, с. 13].

Фактично будь-яка технологія навчання являє собою інформаційну технологію, оскільки основу технологічного процесу навчання становлять відомості (що відображаються у свідомості людини як інформація) та їх перетворення. Тоді під інформаційно-комунікаційними технологіями в освіті можна розуміти услід за М. І. Жалдаком [92, с. 8] різноманітні засоби інформатизації освіти – сукупність методів, засобів і прийомів, використовуваних для збирання, систематизації, зберігання, опрацювання, передавання та подання різноманітних повідомлень і даних навчального призначення .

ІКТ навчання забезпечують практично необмежені можливості для індивідуалізації та диференціації навчального процесу, побудову власної освітньої траєкторії. Використання ІКТ у навчальному процесі може бути представлено трьохрівневою структурою. На першому рівні ІКТ навчання застосовуються у якості доповнення до традиційних засобів навчання для розв'язування вузькопредметних завдань процесу навчання, виконуючи освітню, контрольну, тренувальну і, рідше, ігрову функції. На другому рівні ІКТ навчання застосовуються для розв'язування як вузькопредметних, так і міжпредметних завдань процесу навчання у системі традиційних його засобів, забезпечуючи виконання ігрової, моделювальної, дослідницької функцій, конструкторської та проектної діяльності. На третьому рівні ІКТ навчання використовують для вирішення дидактичних завдань у інтегрованому навчальному процесі для розвитку системного мислення учнів. На цьому рівні ІКТ застосовуються у якості основного компоненту системи засобів навчання [38].

Як зазначає В. Ю. Биков [19, с. 149], ефективність процесу інформатизації освіти значною мірою залежить від діяльності національної індустрії комп'ютерно орієнтованих засобів навчання (ІКТ орієнтованих засобів навчання), зокрема програмних засобів навчального призначення. Ця індустрія має забезпечити підвищення ефективності навчання і виховання, поширити доступ громадян до ІКТ, Інтернет та інформаційних ресурсів з метою освіти, організувати взаємодію з державними і місцевими органами управління освітою і наукою, сприяти демократизації освіти та інтеграції освіти України у світовий освітній простір.

Засоби навчання Ю. О. Жук [93] визначає як будь-які засоби, прилади, обладнання та устаткування, що використовуються для передачі інформації в процесі навчання. Оскільки засоби навчання є невід'ємною складовою навчального середовища і складовою множини засобів навчальної діяльності, у науковій літературі часто вживаються синоніми терміну “засоби навчання”, серед яких слід відмітити “дидактичні засоби”, “наочний матеріал”, “навчальне обладнання”, “матеріали для навчання”, “матеріали для викладання”, “засоби викладання”, “аудіо-відео засоби” та “навчальна техніка”. З одного боку, засоби навчання, здійснюючи вплив на суб'єктів навчання та організацію навчального процесу, створюють умови для забезпечення можливості досягнення конкретних, заздалегідь сформульованих цілей навчання, а з іншого – їм завжди притаманна різноманітність форм реалізації та методик їх використання, що впливає з тієї парадигми освіти, що склалася у суспільстві.

Таким чином, під засобами навчання можна розуміти природні та/або штучні об'єкти, які формують навчальне середовище та беруть участь у навчальній діяльності, виконуючи при цьому навчальну, виховну і розвивальну функції [93].

Між засобами навчання і компонентами навчального процесу можна виділити наступні взаємозв'язки:

- для учителя засоби навчання – це інструмент оптимізації процесу навчання та управління навчальною діяльністю;
- для учнів засоби навчання – це засоби пізнання та засоби збагачення навчального середовища;
- по відношенню до змісту освіти засоби навчання – це способи подання змісту навчання та засоби контролю навчальних досягнень;
- по відношенню до методів навчально-виховного процесу і форм організації навчання засоби навчання – це засоби підтримки навчальної комунікації.

У процесі учіння будь-який засіб навчання виконує одну або декілька функцій, серед яких можна виділити, зокрема, наступні:

- *гносеологічна* (як джерело відомостей про об'єкти або процеси, що досліджуються);
- *праксеологічна* (як інструмент практичної діяльності учнів);
- *аксіологічна* (для підвищення інтересу учнів до предмету і стимулювання їх самостійної навчально-пізнавальної діяльності);
- *комунікаційна* (як інструмент навчальної комунікації).

З боку вчителя засоби навчання також можуть виконувати функції *моніторингу, контролю та управління навчальною діяльністю учнів*.

Розглянемо, у який спосіб у процесі застосування засобів навчання реалізуються загальнодидактичні та частково-методичні принципи навчання хімії.

3 Інформаційно-комунікаційні технології реалізації принципів профільного навчання хімії

3.1 Принцип єдності освітньої, розвивальної та виховної функцій навчання

Загальнодидактичний *принцип єдності освітньої, розвивальної та виховної функцій навчання* у профільному навчанні хімії реалізується насамперед у процесі формування дослідницьких компетентностей учнів як основи вибору майбутньої професії, становлення ціннісних орієнтирів, розвитку екологічних складових світогляду, спрямування на сталий розвиток науки, техніки та виробництва, пізнавальних інтересів тощо. Для реалізації цього принципу використовуються усі засоби навчання.

3.2 Принцип науковості змісту і методів навчання

Принцип науковості змісту і методів навчання у профільному навчанні хімії реалізується у трьох провідних групах засобів навчання:

- 1) засоби, у яких забезпечено науковість змісту – це насамперед підручники, наукові та науково-популярні видання з хімії у традиційній та електронній формах;

- 2) засоби, які сприяють забезпеченню науковості методів навчання – це підручники з теорії та методики навчання хімії, методичні посібники для вчителя, методичні вказівки з проведення занять у традиційній та електронній формах;
- 3) засоби комп'ютерного моделювання хімічних процесів, розроблені на основі відповідної наукової теорії.

Реалізація принципу науковості у профільному навчанні хімії передбачає застосування насамперед дослідницьких методів та методів проблемного навчання, виступаючи необхідною основою для формування дослідницьких компетентностей учнів. У зв'язку з цим до засобів реалізації принципу науковості можуть бути віднесені всі засоби підтримки навчально-дослідницької діяльності учнів.

Важлива роль у забезпеченні науковості змісту і методів профільного навчання хімії належить *науковим ресурсам Інтернет*. Учитель хімії повинен бути обізнаним із сучасним станом хімічної науки, останніми науковими відкриттями і подіями в цій галузі науки, і застосовувати одержані відомості за відповідної методичної адаптації у навчальному процесі. Ефективність використання наукових ресурсів Інтернет підвищується за рахунок використання пошукових систем (загального призначення та спеціалізованих – ChemSpider, PubChem, Chemical Structure Lookup Service). Хімічні інформаційні ресурси представлені у мережі Інтернет досить широко, а тому результативність пошуку з використання пошукових систем загального призначення залежить тільки від кваліфікації користувача у побудові запитів [79].

Використання *комп'ютерних моделей* дозволяє розкрити істотні зв'язки об'єкту, що вивчається, глибше виявити його закономірності, що, в результаті, призводить до кращого засвоєння матеріалу. Учень може досліджувати явище, змінюючи параметри, порівнювати отримані результати, аналізувати їх, робити висновки. Наприклад, у лабораторній роботі "Гравіметричне визначення хлорид-йонів" ("Gravimetric Analysis of Chloride") у віртуальній лабораторії ChemLab учень може замість запропонованих в інструкції 5 г речовини, що містить хлорид-йони, взяти 3, чи 6, чи 10 г її. Але в кожному випадку він отримає і відповідну масу осаду аргентум хлориду, за якою, при виконанні обчислень, прийде до одних і тих самих результатів і висновків, а значить краще усвідомить і закріпить у пам'яті відповідну закономірність [61].

3.3 Принцип систематичності та послідовності

Реалізація *принципу систематичності та послідовності* в профільному навчанні хімії можлива у тих засобах навчання, що передбачають покрокове подання навчального матеріалу, насамперед – мультимедійних засобів (електронні підручники, презентації та ін.).

При проектуванні уроку з використанням мультимедіа необхідно чітко спланувати послідовність дій як за участю засобів ІКТ, так і без них, передбачити різні способи комунікації з учнями, організувати постійний зворотній

зв'язок з ними. Н. І. Гусарук [39] вказує, що правильне застосування мультимедійних засобів на уроці хімії надає можливість зекономити близько 30 % навчального часу у порівнянні з роботою на звичайній шкільній дошці.

Мультимедійна презентація надає можливість подати навчальний матеріал як систему опорних сигналів, наповнених структурованими відомостями в алгоритмічному порядку [86]. До основних переваг презентаційного подання матеріалу, зокрема, відносять:

- інформаційну ємність – можливість розмістити великий обсяг графічних, текстових, аудіо даних;
- мобільність – доступність і простота необхідного технічного оснащення дозволяє застосовувати презентації у різних умовах;
- інтерактивність – можливість безпосередньо впливати на хід презентації [86].

До головних переваг застосування методично правильно створених мультимедійних презентацій у навчальному процесі можна віднести [16, с. 4]:

- збільшення виразності, наочності та видовищності матеріалу;
- чітке структурування матеріалу у відповідності до мети уроку;
- стисле і концентроване подання дібраного та підготовленого матеріалу;
- створення оптимальних умов для сприйняття матеріалу, зокрема через дизайн окремих слайдів і презентації у цілому.

Мультимедійні презентації можуть виконувати різні ролі у процесі навчання, серед яких можна виділити такі [16, с. 13–14]:

- організаційна – створює умови для активної роботи аудиторії через створення проблемних ситуацій, необхідності порівняння, співставлення, організації самоперевірки та самоконтролю;
- ілюстративна – забезпечує наочність тих даних, які складно або неможливо сприймати на слух або відтворити безпосередньо в аудиторії;
- довідкова – використовується для надання даних, що додатково розкривають зміст окремих елементів теми, деталізують її;
- структурувальна – забезпечує чіткість сприйняття матеріалу, його логічну послідовність і акцентування уваги на основних положеннях, висновках тощо

Як правило, для людини більш зручним є сприйняття відомостей, що подаються невеликими, завершеними за змістом фрагментами. Саме такий спосіб подання відомостей є характерним для мультимедійних презентацій і забезпечується, з одного боку, невеликим обсягом слайду, що вимагає формулювати дані лаконічно, тезисно, у вигляді маркованого тексту, а з іншого боку – анімацією, що дозволяє виводити дані поетапно, невеликим фрагментами [16, с. 32].

Як зазначає Л. М. Бобровська [13], використання мультимедійної презентації у інтерактивному режимі надає можливість здійснювати управління навчанням при застосуванні різних методів навчання (проблемного, евристичного, дослідницького). Можливості мультимедійних презентацій як засобу навчання відображаються у принципах їх побудови:

- лаконічності – розміщення у стислому вигляді тільки суттєвих інформаційних об'єктів із збереженням максимальної інформативності;
- структурності – оформлення структури інформаційного об'єкту у чіткій формі, що відображає його характер і легко запам'ятовується;
- автономності – на окремих слайдах розміщуються відносно окремі за змістом інформаційні об'єкти;
- узагальнення – графічні інформаційні об'єкти не повинні містити елементи, що позначають несуттєві деталі;
- уніфікації – оформлення усіх інформаційних об'єктів у єдиному стилі.

Н. М. Островерхова [68] виокремлює такі способи реалізації принципу систематичності та послідовності навчання:

- логічна послідовність у формуванні знань, умінь і навичок учнів (кожен елемент навчального матеріалу логічно пов'язується з іншими, наступне спирається на попереднє, є базою для засвоєння нового, забезпечує послідовність розвитку мислення, пізнавальних сил і потенційних можливостей учнів);
- дотримання логічних зв'язків між формами та методами навчання, контролю навчально-пізнавальної діяльності учнів та її результативності;
- вироблення навичок раціонального планування навчальної діяльності (побудова логічно струнких планів відповідей, виконання лабораторних робіт);
- систематизація й узагальнення способів діяльності;
- координування діяльності учнів відповідно до вимог і дій учителів різних навчальних предметів;
- виявлення та реалізація міжпредметних і внутрішньопредметних зв'язків у процесі навчання;
- реалізація вимог до засвоєння системних знань учнів про об'єкт навчання;
- здійснення систематичного й послідовного контролю навчальних досягнень учнів.

Таким чином, реалізація принципу систематичності та послідовності навчання вимагає використання засобів планування навчальної діяльності та засобів систематичного і послідовного контролю навчальних досягнень учнів.

Контроль за рівнем навчальних досягнень учнів – одержання і опрацювання даних про успішність навчання та засвоєння навчального матеріалу. Контроль навчальних досягнень учнів є невід'ємною складовою навчально-виховного процесу. Його мета полягає у виявленні повноти, глибини й якості оволодіння матеріалом окремої теми, розділу або навчального курсу. Детально проконтролювати засвоєння матеріалу кожним учнем класу є складним завданням, тому перевірка знань і умінь учнів повинна здійснюватися як за допомогою комп'ютерних, так і за допомогою традиційних форм контролю, оскільки кожні з них мають власні переваги і недоліки, які при сумісному використанні можна знівелювати.

Застосування комп'ютера в якості засобу контролю надає можливість організувати попередній, поточний або підсумковий контроль чітко, об'єктивно та якісно, а відповідні комп'ютерні програми – планувати індивідуальну роботу з ліквідації прогалів у знаннях, уміннях і навичках учнів [48], здійснювати контроль зі зворотним зв'язком, діагностувати помилки та оцінювати результати навчальної діяльності.

Проблемі стандартизованого тестового контролю знань і легітимності одержаних результатів присвячено багато наукових досліджень і розробок. Окремі аспекти даної проблеми були висвітлені у роботах В. С. Аванесова [9], А. Фарнхема [32]. Особливо актуальною дана проблема стала з уведенням в практику оцінювання знань випускників зовнішнього незалежного оцінювання, яке проводиться з використанням технологій педагогічного тестування або інших педагогічних технологій контролю за рівнем навчальних досягнень [11].

На даний момент розроблені технології та алгоритми складання тестів і тестових завдань різного типу [9]. При самостійній розробці завдань необхідно керуватися наступними вимогами дидактичної значущості (відповідність освітнім стандартам змісту хімії), валідності (контроль і оцінювання того, що вивчено учнями), достовірності (відтворення результатів при повторному тестуванні на даному етапі навчання), репрезентативності (повнота подання матеріалу з предмету), надійності (легкість і простота використання, наявність чіткої інструкції з проведення та оцінки результатів тестування), стандартизації форми (надання певної форми тестам і тестовим завданням) та фасетності (багатоваріантне подання відомостей у завданнях).

Тестові завдання, розроблені з дотриманням усіх вимог і правил, на думку М. С. Пак і М. К. Толетової [71, с. 47], мають низку переваг:

- а) об'єктивність даних про якість навчальних досягнень учнів, пов'язана з відсутністю суб'єктивного фактору при оцінюванні;
- б) діагностична цінність, пов'язана з можливістю статистичного опрацювання великого обсягу даних, виокремлення закономірностей;
- в) економія часу, що витрачається на створення завдань і перевірку великої кількості учнівських робіт;
- г) технологічність освітнього процесу, пов'язана з автоматизацією багатьох операцій підготовки і проведення контролю знань;
- д) семантична перевага, що полягає у стислості і точності формулювання завдань.

Комплексне використання засобів планування навчальної діяльності та засобів систематичного і послідовного контролю навчальних досягнень учнів можливе у *системах підтримки навчання* (Learning Management System – LMS), таких як Moodle. До характерних особливостей Moodle слід віднести можливості:

- подання навчальних курсів у вигляді окремих модулів, які пов'язані між собою не лише логічно, а й функціонально;

- тематичного та календарного планування навчального процесу;
- підтримки різних форм організації та методів навчання у відповідних засобах діяльності системи;
- моніторингу навчально-пізнавальної діяльності учнів та контролю її результативності;
- планування навчальної діяльності учнів, зокрема, у процесі виконання віртуальних лабораторних робіт;
- генералізації та узагальнення здобутих знань, умінь та навичок;
- координування діяльності учнів відповідно до вимог і дій учителів та між собою за допомогою внутрішньосистемних засобів навчальної комунікації;
- зберігання та подання зразків навчально-дослідницької діяльності.

3.4 Принцип міцності засвоєння знань

Реалізація *принципу міцності засвоєння знань* вимагає комплексного використання всіх засобів активізації навчально-дослідницької діяльності учнів, провідними з яких є засоби наочності, засоби відпрацювання умінь та навичок (тренажери), засоби контролю та самоконтролю навчальних досягнень та віртуальні лабораторії. Останні є засобом, в якому може бути реалізований найвищий рівень активності навчально-дослідницької діяльності – самостійна навчально-дослідницька діяльність, яка виконується в позаурочний час і розглядається в контексті самоосвіти, самовдосконалення, самоствердження [50].

Дж. Робінсон [77] класифікує *віртуальні лабораторії* за джерелом відомостей, які в них закладені. Лабораторії першого типу оперують лише обмеженим набором фактів, що вносяться програмістами під час розробки. В таких програмах змінити умови проведення експерименту і одержати результати, що будуть відрізнитись один від одного, неможливо. Хід віртуального експерименту і його результати подаються, як правило, засобами комп'ютерної анімації і користувач має дуже обмежений вплив на перебіг віртуального експерименту, який зводиться лише до виконання вказівок і підказок, що запрограмовані розробником, ручного керування темпом подачі навчальної інформації чи необхідності її повторення.

Віртуальні лабораторії другого типу оперують фактами, що є результатом роботи математичної моделі певного процесу і засновані на теоретичних уявленнях про нього. Робота з такими програмами дозволяє розширити коло можливих дій користувача, включно з тими, що не були передбачені програмістами при створенні віртуальної лабораторії [77]. При багаторазовому повторенні експерименту у таких віртуальних лабораторіях можна одержати безліч різних результатів у залежності від змін в умовах проведення експерименту, але усі вони будуть пов'язані математичною закономірністю. Допускається також можливість неправильної послідовності виконання або неточності у здійсненні окремих дій користувачем у віртуальній лабораторії, але у такому випадку результати експерименту будуть невірними, що спостерігалось би і при проведенні натурального експерименту [61].

Суттєвою перевагою віртуальних лабораторій другого типу, таких як Model Science ChemLab [57], Crocodile Chemistry [6], Virtual Lab [25], є можливість активного втручання учня у хід роботи: при виконанні лабораторної роботи він може повторити її безліч разів, при цьому щоразу змінюючи один чи декілька параметрів на власний розсуд. У більшості випадків (якщо дії учня не суперечать логіці експерименту та можливі для виконання у реальній лабораторії) учень отримає правильні результати, що лише підкреслять ті закономірності, виявлення яких і було метою роботи [61].

У профільному навчанні хімії робота з віртуальними об'єктами повинна супроводжуватись роботою із відповідними реальними об'єктами або детальним коментарем як у самій комп'ютерній програмі, так і вчителем. Таким чином, при реалізації принципу міцності засвоєння знань віртуальні лабораторії доцільно застосовувати на етапі закріплення знань та під час підготовки до проведення реальної лабораторної роботи (в якості тренажера), а також як засіб забезпечення наочності [39].

3.5 Принцип доступності

Реалізація *принципу доступності* у профільному навчанні хімії полягає у врахуванні індивідуальних особливостей школярів, що вимагає розв'язання задачі адаптації – індивідуалізації навчання із збереженням показника якості процесу навчання у певній заданій області його значень. Таким показником якості, за О. М. Довгялло [29, с. 68–69], є певна функція від оцінки якості знань, що досягаються учнем у період між пре- і пост-тестом, і часу навчання.

Автоматичне пристосування системи навчання до зміни зовнішніх умов та збереження здатності до ефективного досягнення дидактичних цілей при змінні характеристик учня називається адаптивністю. Адаптивним системам властиві, зокрема, спрямованість програми на досягнення певної мети, одержання у процесі роботи інформації про зовнішні умови та застосування її для зміни власної поведінки [49].

Адаптивною навчальною програмою називається навчальна програма, в якій послідовність подання і характер викладення навчального матеріалу залежать від історії навчання (даних про час виконання завдань і допущені помилки) та індивідуальних особливостей учня, у тому числі психологічних. Реалізація адаптивної навчальної програми неможлива без розв'язання задачі діагностики (рівня знань, психологічних особливостей учня, тощо) та оптимізації (зокрема, вибору наступного навчального впливу) [44].

Задача адаптації навчального процесу розв'язується за допомогою адаптивних автоматизованих навчальних систем та експертних навчальних систем, що генерують такі регулятивні впливи (способи подання матеріалу, приклади, підказки), сприймання яких учнем приводить до стабілізації або підвищення поточних оцінок успішності засвоєння ним змісту навчального матеріалу. Використовуючи такі системи, учитель у процесі навчання здійснює накопичення і опрацювання даних, необхідних для визначення ефе-

ктивного регулятивного впливу, після чого подання навчального матеріалу адаптується до індивідуальних особливостей учня [29, с. 69].

Теоретичною основою побудови адаптивних автоматизованих навчальних систем є програмоване навчання, яке Г. О. Балл [12, с. 420] визначає як тип навчання, що здійснюється у відповідності до навчальної програми, яка контролює як обсяг знань, умінь і навичок, якими повинні оволодіти учні, так й спосіб організації їх навчальної діяльності. Це досягається шляхом поділу навчального матеріалу на окремі порції та інтенсивного обміну відомостями між учнем та навчальною програмою, що здійснюється переважно у формі “питання-відповідь”.

У програмованому навчанні використовуються лінійні навчальні програми з фіксованою послідовністю порцій навчального матеріалу та розгалужені навчальні програми, у яких послідовність порцій навчального матеріалу залежить від відповідей учня на завдання. Слід зазначити, що програмоване навчання може бути реалізованим не лише за допомогою програмних засобів, а й за допомогою програмованих посібників у традиційній формі – спеціально оформлених і складених книг [12]. Прикладами таких посібників є “Lehrprogramm Chemie” [67], “Basic Concepts in Organic Chemistry: A programmed learning approach” [84] та ін.

Г. О. Балл [12, с. 422–423] відмічає, що застосування програмованого навчання у багатьох випадках не виправдало сподівань на різке підвищення ефективності освіти, але застосування комп’ютерів для реалізації програмованого навчання дозволить уникнути багатьох притаманних йому обмежень та недоліків.

Експертні системи широко застосовуються у природничих науках та інженерії у якості інтелектуального еквіваленту відповідного фахівця для розв’язання задачі у випадках, коли людина-експерт є недоступною. Експертна система повинна містити базу знань – набір правил та відомостей з певної галузі знань, інтерпретатор даних – механізм для отримання необхідних відомостей із бази знань і формулювання логічного висновку, та інтерфейс – програмне забезпечення, необхідне для здійснення діалогу з користувачем [83].

Експертні системи входять до складу багатьох хімічних програмних засобів: наприклад, до складу **ChemBio3D Ultra** входить експертна система для прогнозування продуктів синтезу SAMEO (Computer Assisted Mechanistic Evaluation of Organic reactions) [72]. Властивості експертних систем притаманні деяким віртуальним лабораторіям та хімічним калькуляторам: так, віртуальна лабораторія може виступати в якості експертної системи, автоматично добираючи необхідні маси та об’єми реагентів при неповних заданих умовах перебігу реакції. Головною умовою реалізації принципу доступності за допомогою експертних систем є функція пояснення шляху, яким була отримана відповідь. Така функція може бути реалізована у експертних навчальних системах, що реалізують функції управління навчанням, діагностики помилок учня та розв’язування задач у певній предметній га-

лузі, ґрунтуючись на знаннях експертів і демонструючи результати на рівні експертних.

Експертна навчальна система є адаптивною автоматизованою навчальною системою, що застосовується для досягнення певної мети навчання, виражену через певна сукупність характеристик учня – його компетентність. На основі поточного стану сформованості компетентності учня та методики навчання генерується задача – певний набір відомостей, що потребує дій учня у відповідь. Відповідь учня порівнюється з еталонним розв'язанням і на основі порівняння коригуються характеристики моделі учня. На основі нових характеристик формулюється нова задача – така послідовність дій повторюється до досягнення мети навчання.

У структурі навчальних експертних систем чільне місце займають бази знань: навчальна база знань у певній предметній області, база знань про можливі помилки учня, база знань про процес навчання та модель учня, що формується за результатами первинного тестування учня і містить відомості про стан знань учня та процес засвоєння ним знань. Мета навчання знаходить вираження саме у термінах моделі учня. У зв'язку з цим навчальну експертну систему можна представити у вигляді трьох експертних систем, що взаємодіють між собою: система розв'язування задач, діагностування помилок учня і планування процесу управління навчанням [73].

Ігрові програми надають в розпорядження учня деяке комп'ютерно орієнтоване середовище, набір певних можливостей і засобів їх реалізації. Використання засобів, що надаються ігровими програмами, для реалізації можливостей, пов'язаних з вивченням світу гри і діяльністю в цьому світі, приводить до розвитку учня, формування у нього пізнавальних навичок, самостійного відкриття ним закономірностей, взаємозв'язків об'єктів дійсності, що мають загальне значення. Використання комп'ютера у якості засобу навчання дозволяє у процесі навчальної гри реалізувати індивідуалізацію навчання, сприяти втіленню дидактичного потенціалу, закладеного у процесі гри, організувати середовище для вільного пошуку розв'язань поставленої вчителем навчальної задачі [40, с. 553].

Навчальні ігри з хімії представлені як локальними, так і онлайн засобами, що призначені для використання на персональних комп'ютерах, мобільних пристроях тощо. Більшість таких засобів орієнтовані на актуалізацію, застосування та перевірку знань: квести, головоломки, шаради тощо. Але також зустрічаються ігри, у сценарії яких передбачена можливість набуття нових знань: у вигляді підказок, звертання до вбудованих довідників, енциклопедій тощо. Цільова аудиторія комп'ютерних навчальних ігор з хімії також різноманітна – існують відповідні програмні продукти, змістова частина яких орієнтована на дітей як молодшого шкільного віку, так і на студентів ЗВО.

3.6 Принцип свідомості й активності учнів

Реалізація *принципу свідомості й активності учнів* передбачає використання засобів, спрямованих на активізацію навчальної діяльності, її організа-

цію та планування, підвищення особистісної значущості результатів навчання.

Застосування ІКТ на етапі засвоєння учнями нових знань надає можливість задіяти додаткові стимули для фокусування уваги навіть під час фронтальної роботи з класом, зробити матеріал, який за традиційних форм навчання швидко втомлює учнів, емоційно насиченим і привабливим [48].

Для того, що засоби ІКТ стали засобами активізації навчальної діяльності, необхідно формувати в учнів стійку пізнавальну мотивацію до розв'язання навчально-дослідницьких завдань, зокрема, засобами комп'ютерного моделювання. Останні використовують як мультимедійні можливості комп'ютера, так й обчислювальні, що надає можливість спостерігати певний процес, впливаючи на його хід подачею команд з пристроїв уведення з метою зміни значень параметрів перебігу процесу.

Свідомість навчання в процесі самостійної навчально-дослідницької діяльності може бути підвищена за умови використання інтелектуального інтерфейсу – отримання різних довідок, роз'яснень, рекомендацій тощо [37] у процесі самостійного пошуку і опрацювання навчальних відомостей із використанням інтелектуальних пошукових систем. Подальше зростання рівня свідомості учнів у навчанні пов'язуємо із переходом до засобів ІКТ підтримки самостійної роботи.

Подібний підхід, коли учень може проявити власну ініціативу при виконанні роботи, позитивно відображається на навчальних досягненнях та на зацікавленості учнів. Але разом з ініціативою учні можуть також підключити й власну фантазію – спробувати виконати такі дії, які не були передбачені сценарієм проведення даної роботи (наприклад, нагріти розчин до кипіння, або навпаки охолодити його до температури замерзання) просто із цікавості: безпечно це можна робити у середовищі комп'ютерного моделювання – так, у віртуальній лабораторії ChemLab можна використовувати обладнання, застосування якого не передбачалось сценарієм виконання роботи. Результати таких незапланованих дій можуть переноситись учнями й на відповідні об'єкти та процеси реального світу, а тому до віртуальних лабораторій завжди висувалась жорстка вимога суворої відповідності віртуальних об'єктів та процесів реальним об'єктам і процесам. Віртуальні хімічні лабораторії доцільно використовувати у випадках неможливості проведення натурних хімічних експериментів через відсутність необхідних реактивів і обладнання, тривалість роботи, можливість виникнення небезпеки здоров'ю учнів при проведенні роботи тощо, або у тих випадках, коли робота з моделлю об'єкта чи явища дозволить більш якісно зрозуміти їх сутність і закономірності перебігу. Апробація використання віртуальних хімічних лабораторій у навчальному процесі показала зростання пізнавального інтересу школярів до реального експерименту, розвиток їх дослідницьких і експериментальних навичок, зокрема, умінь спостерігати, виділяти головне, акцентувати увагу на суттєвих змінах, обирати оптимальні алгоритми виконання експерименту, дотримуватись правил техніки безпеки [59].

Навчальні ігри з хімії також виступають засобом активізації навчальної діяльності учнів. Це досягається також й через підвищення інтересу до навчальної ігрової діяльності через уведення елементів змагання (з іншими учнями, з інтелектуальним програмним забезпеченням, із попереднім досягнутим рівнем). Особливої уваги заслуговують онлайнві навчальні ігри, що вимагають розподілу видів роботи між кількома учасниками для досягнення бажаного результату.

Прикладом *середовища, що надає можливість реалізації профільного навчання хімії* як у ігровій формі, так й традиційно, є *Open Wonderland* – віртуальне середовище, призначене для підтримки спільної ділової або навчальної діяльності користувачів, представлених аватарами, у режимі реального часу з віддаленим доступом. У середовищі *Open Wonderland* можна розмістити графічні та відеофайли, анімації, веб-браузери, засоби голосової телефонії, Java-аплети, різні типи документів та інших об'єктів, які користувач може активно застосовувати для взаємодії у віртуальному середовищі. Р. Дж. Ланкашір [45] вказує, що до цього продукту можна інтегрувати різноманітні програмні засоби з хімії: віртуальні лабораторії, засоби для моделювання, наприклад, *Jmol* та *JSpecView*.

Таке віртуальне середовище не тільки забезпечує можливість дистанційного навчання, але й організовує та активізує діяльність користувача за різними модальностями. Використання віртуальних навчальних середовищ надає можливість моделювання квазіпрофесійної діяльності як окремих учнів, так й учнівських груп, сприяючи усвідомленому вибору майбутньої професії. Ураховуючи думку С. Д. Максименка [51, с. 30] про те, що процес учіння у профільній школі має сприяти свідомому вибору життєвого шляху – основному психічному новоутворенню у юнацькому віці, а його цінність суб'єктивно оцінюється учнем лише в контексті планування власного майбутнього, відповідно успішність навчального завдання розцінюється старшокласниками, у першу чергу, як підтвердження ефективності власних дій, правильності індивідуально-специфічної навчальної стратегії, та діяльнісної стратегії взагалі. При цьому результати навчання розглядаються учнем крізь призму власного майбутнього, їх значущості для реалізації особистих нахилів, планів, амбіцій.

Для ефективного вибору майбутньої освітньої і професійної траєкторії учень має отримувати достатню кількість відомостей про можливі варіанти їх реалізації у доступній та емоційно привабливій формі. Найважливішими засобами одержання таких відомостей є засоби масової інформації, зокрема, науково-популярні та профорієнтаційні ресурси Інтернет. Особливо важливою є можливість використання цих засобів для популяризації певної галузі науки або сфери професійної діяльності для великої аудиторії. Реалізація інформаційної, освітньої та культурно-просвітницької функцій телебачення та мережі Інтернет дозволяють учневі не лише отримати відомості про майбутню сферу професійної діяльності, але й зробити її вибір усвідомленим, відповідним власним інтересам та нахилам, а також посилити особистісну мотивацію до навчання та досягнення його мети.

Прикладом різнопланового хімічного Інтернет-ресурсу є сайт науково-популярного журналу “Chemistry and Chemists” (<http://chemistry-chemists.com>). Сайт представляє собою сукупність кількох взаємопов’язаних, але відокремлених за змістом підрозділів:

- власне науково-популярний хімічний журнал, що існує тільки у електронному форматі та вільно поширюється;
- форум, на якому відбувається обмін досвідом, дискусії та обговорення різноманітних тем з хімії та інших природничих наук;
- архів фотоматеріалів з хімічних лабораторій, робочих місць хіміків, підприємств хімічної галузі тощо;
- відео-архів хімічних дослідів і власний канал на YouTube, що являють собою потужні засоби наочності навчання та популяризації експериментальної і дослідницької діяльності;
- бібліотеку книг з природничих наук у електронному форматі та добірку гіперпосилань на бібліотечні та хімічні ресурси;
- збірки наукового та хімічного фольклору: легенд, пісень, оповідань, анекдотів.

Навчальну функцію виконують власне журнал, форум та електронна бібліотека; функцію популяризації науки реалізують фактично усі розділи сайту; профорієнтаційну функцію, у першу чергу, виконують форум та добірка фотоматеріалів з хімічних лабораторій.

У програмі для профільного навчання хімії учнів закладів загальної середньої освіти [4] зазначається, що у профільному навчанні хімії неабиякого значення набувають самоосвіта і самовдосконалення учнів. Цьому повинно сприяти збільшення у навчанні частки самостійної роботи учнів, у тому числі з комп’ютером та іншими джерелами навчальних відомостей.

Ефективність самостійної роботи, як і будь-якої іншої діяльності, підвищується внаслідок ретельного її планування та чіткої організації. Сучасні засоби ІКТ надають можливості планування як власної діяльності, так і роботи у групах. До таких засобів відносяться у першу чергу засоби для планування часу (електронні календарі, органайзери, планувальники тощо), що підтримують функції створення записів про заплановані події та нагадування про них, і можуть використовуватись як персонально, так й у певній групі. До найбільш відомих подібних засобів відносяться Google Calendar та Microsoft Outlook Calendar.

Значна кількість засобів ІКТ навчання, наприклад Moodle, оснащена такими інструментами, як календар, вікно сповіщень про найближчі важливі події та ін. Офіційні сайти освітніх установ, персональні сайти вчителів та викладачів також зазвичай використовують ці інструменти.

3.7 Принцип наочності

Реалізація *принципу наочності* передбачає застосування у навчальному процесі різноманітних засобів наочності, обумовлене закономірностями фізіології вищої нервової діяльності та психологічними закономірностями процесів

перцепції та аперцепції. Класифікація засобів ІКТ забезпечення наочності за каналами передавання даних надає можливість поділити їх на візуальні (рухомі і нерухомі моделі, схеми, символи тощо), аудіальні (синтезований або відтворений звук) та аудіовізуальні (мультимедійні) [20, с. 397].

На думку Л. М. Фрідмана [31, с. 21–22], наочність не є властивістю або якістю реальних об'єктів або явищ, а є властивістю психічних образів цих об'єктів. Наочність є показником простоти і зрозумілості для людини психічного образу, який вона створює у результаті процесів сприйняття, мислення, пам'яті та уяви, що залежить від особливостей людини, її інтересів, схильностей, рівня розвитку пізнавальних здібностей та рівня мотивації. Формування наочного образу виникає тільки у результаті активної роботи, спрямованої на його створення. Важливу роль у такій роботі відіграє *моделювання*.

О. Я. Мороз [58] формулює таке визначення поняття “модель”: “предметна, знакова чи мислена (уявна) система, що відтворює, імітує або відображає якісь визначальні характеристики, тобто принципи внутрішньої організації або функціонування, певні властивості чи ознаки об'єкта пізнання (оригіналу), пряме, безпосереднє вивчення якого з якихось причин неможливе, неефективне або недоцільне, і може замінити цей об'єкт у процесі, що досліджується, з метою отримання знань про нього”. У моделях відтворюються лише окремі, найбільш суттєві ознаки явища або процесу, причому відтворення цих ознак має бути адекватним, тобто модель має бути ізоморфною до об'єкта, що вивчається.

Співвідношення між оригіналом та моделлю є не природним, а епістемологічним, зумовленим процесом пізнання, і встановлюється дослідником [58].

Створення, вибір та застосування моделей переслідує одну або декілька цілей [31, с. 25–26]:

- заміна моделлю об'єкта у реальному або уявному процесі, виходячи з міркувань зручності для здійснення діяльності у певних умовах (модель-замінник);
- створення уявлення про реальний або уявний об'єкт за допомогою моделі (модель-уявлення);
- модельне тлумачення об'єкту (модель-інтерпретація);
- дослідження або вивчення об'єкту шляхом вивчення моделі (дослідницька модель).

При вивченні хімічних понять макро- і мікросвіту, які неможливо спостерігати безпосередньо, особливого значення набуває використання моделей у якості засобів наочності, реалізація вищезазначених цілей створення і застосування моделей.

Моделювання статичних об'єктів – молекул, кристалічних ґраток, окремих апаратів або технологічних схем хімічного виробництва – використовується у практиці навчання хімії тривалий час і забезпечується переважно матеріальними або знаково-символьними моделями. Розвиток засобів ІКТ

створив умови для моделювання динамічних об'єктів – хімічних процесів і явищ – за рахунок їх візуалізації у реальному або модельному часі.

На думку В. Г. Болтянського та А. П. Савіна [14, с. 306–309], ізоморфізм і простота сприйняття є головними ознаками наочності. Для створення засобу наочності необхідно виокремити головні властивості явища, що вивчається (створити його модель), і адекватно відобразити ці властивості (зробити модель ізоморфною явищу). Стосовно процесу навчання Л. М. Фрідман [31, с. 76–77] вказує, що вимога ізоморфізму є “занадто сильною, у більшості випадків невиконуваною та непотрібною, тому що цілком достатньо наявності якої-небудь подібності або аналогії”.

На думку Л. М. Фрідмана [31, с. 77–78], до змісту навчання в школі має бути включеним оволодіння методом моделювання – одним із загальних і найважливіших методів наукового пізнання. Моделювання є важливим засобом навчання та дією, за допомогою якої можна досягати різноманітних навчальних цілей та завдань, що потребують матеріалізації абстрактних понять, виділення суттєвого та узагальнення навчального матеріалу, рефлексії власних навчальних дій, запам'ятовування структури та встановлення зв'язків і відношень навчального матеріалу. Також доцільним є ознайомлення учнів із модельним характером явищ і дій, які вони вивчають.

Для ілюстрації одного і того ж явища чи об'єкту можна створити безліч моделей, використовуючи різні підходи. Але жоден тип моделей не є повністю універсальним. Наприклад, для реалізації принципу наочності у навчанні хімії за останні півтора століття було створено велику кількість різновидів моделей молекул органічних речовин: кулестрижневі, моделі Дрейдінга, моделі Бартона, моделі Фізера, моделі Стюарта-Бріглеба тощо. Кожна з моделей відображала певні характерні риси об'єкту моделювання: якщо моделі Дрейдінга дозволяли вимірювати міжатомні відстані і розраховувати конформаційну енергію, то моделі Стюарта-Бріглеба надавали можливість візуально оцінити просторову напругу. Тому різні типи моделей можна розглядати як такі, що доповнюють один одного, а найбільш адекватні моделі обираються відповідно до змісту навчального завдання [26, с. 7–12].

Комп'ютерні моделі, створені засобами комп'ютерного моделювання, також не можуть вважатись універсальними, але відсутність обмежень, притаманних більшості матеріальних моделей (фіксовані форма та розмір, здатність до руйнування), роблять комп'ютерні моделі більш гнучким інструментом для реалізації принципу наочності. Наприклад, ряд спеціалізованих комп'ютерних програм, таких як ChemBio3D, ChemDraw, ChemSite, RasMol, BIOVIA Draw, Symyx Draw, JChemPaint, ChemSketch, MarvinSketch, ChemPaster тощо, надають можливість створювати, переглядати, зберігати та досліджувати дво- і тривимірні моделі молекул будь-якої складності у оптимальному кольоровому та геометричному відображенні, вести перегляд створених моделей із будь-якого ракурсу під будь-яким кутом. Створення моделей у таких програмних засобах надає можливість під час перегляду одержувати необхідну додаткову і довідкову інформацію про об'єкт або окремі його складові частини.

Подібні переваги мають також комп'ютерні моделі макрооб'єктів, таких як складні лабораторні установки, промислові агрегати тощо.

За способом візуалізації розрізняються віртуальні хімічні лабораторії, в яких використовується двовимірна, тривимірна графіка і анімація. За методом одержання відомостей учнем віртуальні хімічні лабораторії поділяються на такі, що розміщені на електронних носіях інформації, і такі, що розміщені на сайтах виробників або навчальних закладів у мережі Internet [59].

Л. М. Фрідман [31, с. 50] виділяє у якості навчального засобу два види моделювання навчального матеріалу для кращого його запам'ятовування учнями:

- логічне упорядкування навчального матеріалу та його подання у наочній формі;
- подання навчального матеріалу за допомогою мнемонічних засобів у розрахунку на виникнення образних асоціацій.

Обидва види моделювання реалізується за допомогою спеціалізованих засобів ІКТ для побудови діаграм, хімічних редакторів тощо або засобів ІКТ загального призначення (текстових та графічних редакторів).

Засоби наочності є важливою складовою системи засобів навчання – оснащення навчальних закладів, використання яких забезпечує безпосередній вплив на навчальну діяльність. На думку В. Ю. Бикова [20, с. 401], безпосередній вплив на навчальну діяльність здійснюють дидактичні об'єкти, що впливають на відповідні рецептори людини, а технічні засоби навчання забезпечують існування, зберігання, опрацювання, пересилання та можливість застосування у навчальному процесі відповідних дидактичних об'єктів.

Серед засобів наочності В. Ю. Биков [20, с. 403–414] виділяє такі засоби ІКТ за предметом дидактичного впливу, як предметно-образні (образні, знакові та образно-знакові дидактичні об'єкти, що реалізуються у аудіальній, візуальній та аудіовізуальній формі) та предметно-інформаційні ресурси (засоби навчання, що є спеціальним чином закодованою, структурованою та впорядкованою множиною інформаційних об'єктів, що описані мовою конкретної ЕОМ чи їх класу, і/або відповідає протоколу засобів і технологій комп'ютерних мереж). Разом вони відносяться до *електронних освітніх ресурсів (ЕОР) навчального призначення* – виду засобів навчання, які застосовуються для інформаційно-процесуального забезпечення виконання дидактичних завдань (або їх фрагментів), спрямовані на реалізацію навчальної функції системи освіти, існують в електронній формі, розміщуються і подаються в освітніх системах на запам'ятовуючих пристроях електронних даних, є сукупністю електронних інформаційних об'єктів (документів, документованих відомостей та інструкцій, інформаційних матеріалів, процесуальних моделей та ін.) [23, с. 2]. Їх використання надає можливість здійснити гнучке та адаптивне формування статичних та динамічних дидактичних об'єктів, інтерактивну взаємодію учасників навчального процесу, наочне подання інформаційних об'єктів (в аудіальній, візуальній та аудіовізуальній формах), управління зовнішніми типовими та спеціальними приладами, що входять до складу лабораторних комплектів та комплексів [20, с. 414–415].

Електронні дидактичні демонстраційні матеріали – електронні освітні ресурси навчального призначення, що використовуються для демонстрації (наочного подання, візуалізації, візуально-звукового подання) окремих явищ, об'єктів, процесів, що вивчаються, з метою поглиблення їх розуміння за рахунок надання можливості їх спостереження учневі [23, с. 4]. У профільному навчанні хімії прикладами таких матеріалів можуть бути моделі хімічного посуду та моделі приладів у складі віртуальних лабораторій або хімічних редакторів (*ChemSketch*), моделі діючих хімічних підприємств (бібліотеки електронних наочностей).

Для створення, зберігання, редагування та відтворення дидактичних об'єктів візуальних ЕОР, таких як портрети вчених-хіміків, зображення хімічного обладнання та перебігу процесів, фотозображення, схеми, анімації, графіки, креслення, текст, формули тощо, застосовуються програми офісних пакетів, бібліотеки електронних наочностей з хімії, програми опрацювання зображень та фотографій, редактори хімічних формул (*ChemSketch*, *ChemDraw*, *Marvin Beans*, *BIOVIA Draw*), програмно-методичні комплекси навчального призначення з хімії (“Хімія, 9 клас”, “Органічна хімія, 10-11 клас”), електронні періодичні системи (PL Table, “Periodic Table 2022: Chemistry”) тощо.

Для створення, зберігання, редагування та відтворення дидактичних об'єктів аудіовізуальних ЕОР, таких як анімації, відеозаписи, кінофільми, застосовуються програми для опрацювання та відтворення аудіо та відео, засоби створення мультимедійних презентацій, бібліотеки електронних наочностей та програмно-методичні комплекси навчального призначення з хімії та інші.

У табл. 1 наведено основні типи ЕОР, що використовуються для реалізації принципу наочності у профільному навчанні хімії. Додатковими типами ЕОР забезпечення наочності є електронні дані навчального призначення, електронні навчально-методичні матеріали, електронні програмно-методичні матеріали, електронні додаткові науково-навчальні матеріали [23, с. 8–9].

Табл. 1. ЕОР реалізації принципу наочності у профільному навчанні хімії.

Тип ЕОР	Реалізація принципу наочності
навчальні електронні видання	візуальні та аудіовізуальні
довідкові електронні видання	електронні дидактичні
демонстраційні електронні видання	демонстраційні матеріали,
електронні навчально-методичні комплекси	імітаційні наочні моделі
комп'ютерно орієнтовані навчальні лабораторії	дистанційно керовані фізичні об'єкти, імітаційні наочні моделі
модельовуючі електронні видання	імітаційні наочні моделі

На сучасному етапі розвитку ІКТ провідними є *мережні ЕОР навчального призначення* – заданий мовою засобів і технологій комп'ютерних мереж

закодований опис упорядкованої множини електронних об'єктів, що існують і зберігаються у комп'ютерних мережах, а також електронна адреса, за якою здійснюється доступ до цієї множини за допомогою комп'ютера, що використовуються разом з комп'ютером для розв'язування певного дидактичного завдання або його фрагменту [20, с. 415].

Прикладами мережних ЕОР профільного навчання хімії є окремі віртуальні лабораторії ([ChemCollective Virtual Labs](#), [LiveChem](#), електронне видання "Хімія. 8-11 клас. Віртуальна лабораторія"), електронні підручники та довідники, хімічні сайти та ін.

Для застосування ЕОР навчального призначення у профільному навчанні хімії застосовують такі технічні засоби наочності: комп'ютери, проектори, мультимедійні дошки, камери (фото-, відео-, веб-, документ- та ін.) та ін.

3.8 Принцип зв'язку навчання з практикою

Реалізація *принципу зв'язку навчання з практикою* у профільному навчанні хімії передбачає застосування методів хімії для розв'язання задач з практичним та виробничим змістом, виконання лабораторних робіт та інших навчальних досліджень.

Застосування засобів ІКТ розширює можливості для практичної діяльності учнів на уроці та у позаурочний час, надаючи учням можливість на практиці використати засвоєні теоретичні знання навіть у тих випадках, коли явище чи процес, що вивчаються, безпосередньо недоступні.

Для підтримки практичної діяльності учнів у профільному навчанні хімії використовуються численні типи ЕОР навчального призначення, найбільш важливі з яких наведено у таблиці 2.

До демонстраційних електронних видань відносяться матеріали електронних журналів відповідного тематичного спрямування, науково-популярні інформаційні джерела в електронному вигляді, навчальні та науково-популярні фільми виробничого змісту та відповідні презентаційні матеріали.

Функції електронних практикумів та програм-тренажерів виконують такі електронні видання: "Хімія. 8-11 клас. Віртуальна лабораторія", "Віртуальна хімічна лабораторія. 11 клас", "Хімія. Тренажери. Віртуальна лабораторія", програмно-методичний комплекс "Интерактивные творческие задания. Химия. 8–9 класс", віртуальне середовище [Open Wonderland](#), [IR Tutor](#), деякі ігрові та тестові програми тощо.

Функції комп'ютерно-орієнтованих навчальних лабораторій та імітаційно моделюючих програм виконують такі програмні продукти: [ChemLab](#) [57], [Crocodile Chemistry](#) [6], [Virtual Lab](#) [25], [chemical section of PhET Interactive Simulations](#), [VirtuLab](#) та [Wolfram Demonstrations Project](#).

Функції моделюючих програм виконують такі програмні ресурси: [Cortona3D](#) та [LabVIEW](#), пакет програм [HyperChem](#) тощо.

У якості програм, необхідних для розв'язування задач певного класу, автоматизації розрахунків, опрацювання результатів експерименту тощо, тобто предметного пакету прикладних програм, можна розглядати: хімічні калькулятори ([CHEMIX School](#), [ChemMaths](#) та онлайн-калькулятор з

Табл. 2. ЕОР реалізації принципу зв'язку навчання з практикою у профільному навчанні хімії.

Тип ЕОР	Реалізація принципу зв'язку навчання з практикою
електронний практикум програми-тренажери	практичні завдання і вправи для закріплення умінь, практичних навичок та застосування теоретичних знань, здійснення самопідготовки
комп'ютерно-орієнтована навчальна лабораторія	здійснення досліджень з дистанційно керованими об'єктами, математичними, інформаційними та імітаційними наочними моделями
імітаційні моделюючі видання	засоби комп'ютерного моделювання для зміни (керування) окремими структурними і функціональними характеристиками моделі
моделюючі видання	засоби для побудови та дослідження моделей
предметні пакети прикладних програм	програми для розв'язування задач певного класу, автоматизації розрахунків та інших подібних операцій
демонстраційні електронні видання	наочне відображення способів застосування методів та засобів хімії для задоволення потреб людства

хімії (<https://allcalc.ru/taxonomy/term/1>), електронні лабораторні журнали (<https://www.dotmatics.com/products/studies-notebook/>) та спеціалізовані засоби комп'ютерного моделювання.

Найбільш повно функції усіх типів ЕОР реалізації принципу зв'язку навчання з практикою у профільному навчанні хімії реалізують віртуальні хімічні лабораторії, що надають можливості:

- виконання безпечних досліджень;
- багаторазового виконання дослідів, виконання яких в реальній лабораторії є трудомістким або тривалим у часі;
- ознайомлення учнів з технікою виконання експериментів, хімічним посудом і устаткуванням.

І. О. Теплицьким [82, 85] показано, що ефективним засобом розвитку творчих здібностей учнів є комп'ютерне моделювання у середовищі електронних таблиць, які надають можливість проводити велику кількість різноманітних обчислень з використанням потужного набору убудованих функцій і створених користувачем формул, отримувати вибірки даних, що задовольняють певним критеріям, наочно подавати результати обчислень за допомогою графіків і діаграм, виконувати статистичний аналіз даних і досліджувати вплив на них різних чинників. Головна перевага електронних таблиць над спеціалізованими засобами моделювання полягає в простоті використання засобів опрацювання даних та покроковому (у рядках та комірках таблиці) поданню кожного етапу їх опрацювання. Крім того, використання електронних таблиць зазвичай не вимагає від користувача спеціальної підготовки з програмування.

3.9 Принцип індивідуалізації

Принцип індивідуалізації виступає і як загальнодидактичний, і як принцип профільного навчання та передбачає спрямування на урахування індивідуальних особливостей й створення умов для розвитку кожного учня, що слугує основою для здійснення особистісно орієнтованого навчання у профільній школі.

Одним із недоліків використання комп'ютера в процесі навчання, як вважають деякі дослідники, є порушення безпосереднього спілкування учнів з учителем. Але найчастіше продуктивне спілкування вчителя на уроці відбувається лише з окремими учнями, в той час як інші можуть відволікатися на інші види діяльності. Використання комп'ютера дозволяє вчителю перекласти на нього деякі навчальні функції, що вивільняє вчителя від деяких репродуктивних форм організації навчання і надає можливість більше уваги приділити індивідуальному підходу до кожного учня [10, с. 16].

Фахівці лабораторії нових інформаційних технологій навчання Інституту психології імені Г. С. Костюка НАПН України [42] визначають індивідуалізацію навчання як таку організацію навчального процесу, за якої методи, способи, прийоми, темп навчання обираються на підставі урахування рівня розвитку здібностей до учіння, підготовленості та інших індивідуальних відмінностей учнів.

Індивідуалізоване навчання ґрунтується на моделі учня і надає навчальні впливи з урахуванням цієї моделі. Індивідуалізоване навчання надає можливість найбільш ефективно організувати процес навчання за рахунок оптимального розподілу навчального часу, організації навчального матеріалу у відповідності до особливостей учня та вибору адекватного методу навчання і особливостей управління навчальною діяльністю учня [42].

Доступність сучасних персональних комп'ютерів дозволяє працювати з ними кожному учневі індивідуально або в невеликих групах у зручному темпі та з можливістю вибору рівня складності матеріалу.

Індивідуалізоване навчання може бути організованим у трьох режимах:

- вибір навчальних впливів повністю визначається комп'ютером;
- спосіб керування навчальним процесом обирають учні;
- змішане керування навчальним процесом.

Адекватний вибір навчальних впливів у реалізації індивідуалізованого навчання із застосуванням комп'ютера здійснюється на базі динамічної моделі особистості і діяльності учня, яка має враховувати інтелектуальні, емоційно-особистісні та мотиваційно-потребові характеристики.

Дослідники [42] виділяють чотири головні групи характеристик психологічного портрету учнів, які можуть мати суттєвий вплив на процес навчання і потребують адаптації до них навчальної системи:

- особистісні фактори (інтелект, екстраверсія/інтроверсія, тривожність, креативність);
- когнітивні стилі (полонезалежність, навіюваність, критичність, образність, ригідність, операціональне/концептуальне засвоєння);

- стратегії навчання (евристичність/систематичність, серіалізм/холізм);
- суб'єктивна структура знань (правила виведення, схеми, семантична мережа).

Однією з суттєвих особливостей індивідуалізованого комп'ютерного навчання є постійний зворотній зв'язок між комп'ютером і користувачем. У учнів з'являється певна свобода дій, а значить створюються передумови для формування особистого когнітивного стилю. Можливість працювати з комп'ютером індивідуально також зменшує психологічне навантаження через побоювання неправильної відповіді, яку будуть оцінювати вчитель та інші учні: певна конфіденційність проміжних результатів робить процес навчання більш комфортним.

Процес навчання можна вважати індивідуалізованим, якщо:

- 1) кожен учень має власне автоматизоване робоче місце (стаціонарне чи мобільне), обладнане інтерактивним терміналом (як правило, з мережним доступом);
- 2) програми навчального призначення надають можливість реалізувати складні алгоритми багатокритеріального оцінювання знань, умінь та навичок, діагностику стану і поведінки учня і мають розвинений інструментарій для прийняття рішень щодо управління навчанням;
- 3) комунікаційні засоби надають можливість забезпечити діалог з учнем у певній предметній області природною мовою.

Індивідуалізоване навчання можливо організувати на базі використання автоматизованих та експертних навчальних систем [42]. Представником автоматизованих навчальних систем є система Moodle – програмний комплекс для створення й управління електронними навчальними курсами.

Система Moodle має широкий асортимент засобів організації і підтримки навчання, зокрема розвинені засоби навчальної комунікації між учасниками курсу. О. С. Воронкін [90, с. 120] зазначає, що Moodle надає можливість реалізації активних і групових методів навчання, що забезпечується наявними інструментальними педагогічними засобами з різноманітним методичним оснащенням: довідково-інформаційними, комунікаційними, засобами контролю, управління, збору, опрацювання та зберігання відомостей про хід навчання. Такий широкий набір засобів надає можливість гнучкого планування та контролю процесу навчання, розподіляти, збирати та перевіряти завдання, координувати діяльність учнів шляхом вибору індивідуальних стратегій навчання для кожного учня.

Теоретичним підґрунтям створення і застосування електронних навчальних курсів у Moodle є педагогічні принципи соціального конструктивізму [30]:

1. *Організація навчання через дослідження.* Відповідно до даної ідеї, можна якісно поліпшити і кількісно прискорити процес пізнання, якщо організувати його як спілкування учнів зі спеціально розробленими об'єктами і середовищами моделювання.

2. *Конструювання навчально-дослідницьких співтовариств.* Для колективних навчальних досліджень важливим є побудова співтовариств. Для цього, крім навчальних об'єктів різної складності і іншого матеріалу, призначеного для дослідження та експериментування, треба створювати співтовариства учасників навчального процесу, сконструювавши такі правила його внутрішніх соціальних взаємодій, які нададуть процесу навчання нових вимірів і тим самим збагатять його. Матеріал для вивчення має бути сконструйований так, щоб по відношенню до нього був можливий особливий розподіл ролей і дослідницьких дій учасників. Розподіл повинен розкривати сутнісні характеристики вивчуваної реальності і створювати можливості спільних змістовних обговорень, з метою більш поглибленого розуміння досліджуваного об'єкту чи процесу.
3. *Орієнтація на особистість.* Сучасний підхід до розуміння змісту освіти визначає її як діяльність, спрямовану на удосконалення системи персональних конструктів учнів, тому зміст освіти є особистісно-орієнтованим і формується вчителем разом з учнями у процесі їх особистого руху вздовж індивідуальних освітніх траєкторій.
4. *Насиченість освітнього простору носіями знання* – наявність різноманітної літератури (не тільки підручників), можливість роботи з експертами (не обов'язково з професійними педагогами), з телекомунікаційними мережами (Інтернет, локальними електронними ресурсами), організація наочно-практичної діяльності (робота з лабораторним устаткуванням, з артефактами культури, реальна продуктивна діяльність) тощо. Насичене освітнє середовище дає можливість кожному учневі набути досвід діяльності, необхідний для розвитку особистісної системи конструктів, та вибудувати власну освітню траєкторію.
5. *Співпраця* – вчитель є не стільки “носієм знання”, скільки рівноправним партнером у навчальній комунікації. Важливою складовою принципу співпраці є наявність у кожного учасника освітнього процесу (включаючи вчителя) особистого статусу – неоднакового і динамічно змінного в різних складових освітнього процесу. Прийнято виділяти чотири рівні такого статусу: відвідувач (гість), клієнт, постійний член групи для занять, експерт (статус не призначається, а природним чином визначається самим освітнім співтовариством, так що в одній і тій же людині можуть бути різні статуси в різних ситуаціях). Ще однією складовою принципу співпраці є моніторинг особистих освітніх досягнень, причому мова йде не про оцінку учня вчителем, а про взаємооцінку досягнень освітнім співтовариством.

Система, що реалізує перераховані принципи, є відкритою і спрямованою на формування системи компетентностей.

І. О. Гольонова та С. Ю. Жукова [35] підкреслюють, що застосування Moodle для керування навчальним процесом забезпечує:

- багатоваріантність подання навчальних відомостей;
- інтерактивність навчання;
- створення постійно активної довідкової системи;

- багаторазове повторення навчального матеріалу;
- автоматизацію контролю результатів навчання;
- створення і зберігання портфоліо тих, хто навчається;
- регулярний моніторинг активності та змісту роботи тих, хто навчається;
- широкі можливості для комунікації;
- аналіз потреб тих, хто навчається.

До переваг Moodle слід віднести вільне поширення, багатомовність інтерфейсу, кросплатформність, відкритість, можливість користувачів брати участь у розробці нових та удосконаленні раніше створених інструментів та додатків системи. Завдяки переліченим особливостям у Moodle присутні не тільки інструменти загального призначення, але й специфічного для кожної навчальної дисципліни, і цей набір постійно поповнюється за рахунок нових розробок користувачів [41].

Для ефективного забезпечення навчальної діяльності з хімії у системі Moodle необхідна підтримка таких специфічних її складових, як хімічна мова та хімічний експеримент. Хімічна мова являє собою сукупність хімічної номенклатури, термінології та символіки, правил їх складання, перетворення, тлумачення й оперування ними. Якщо такі компоненти хімічної мови, як хімічна номенклатура та термінологія, можуть бути легко відтворені стандартними засобами подання текстових відомостей, то хімічна символіка, зазвичай, вимагає застосування спеціального програмного забезпечення для якісного відтворення таких своїх складових, як хімічні формули (особливо електронні, структурні та дисплейні), символи запису хімічних рівнянь тощо.

Оскільки однією з найважливіших функцій хімічної мови є функція відображення дійсності, то своє продовження хімічна мова знайшла у моделюванні будови речовини та її структурних елементів – стало можливим здійснення переходу від структурної та дисплейної формули речовини до об'ємної моделі молекули або кристалічної ґратки (3D-візуалізація формули).

Використання хімічної символіки неможливо уникнути не лише при створенні тексту або мультимедійного супроводу навчального матеріалу з хімії, а й при створенні тестових завдань для перевірки рівня засвоєння знань з хімії.

Для забезпечення можливості ефективно використовувати хімічну мову при створенні навчальних хімічних курсів Moodle надає низку засобів, з яких можна виділити такі [66]:

- Chemistry editor (https://moodle.org/plugins/atto_chemistry) – додаток до редактору Atto, що являє собою зручний інструмент для створення записів фактично усіх найбільш поширених видів хімічних рівнянь: молекулярних, йонних, термохімічних, рівнянь ядерних реакцій та оборотних хімічних процесів; містить убудовану періодичну систему хімічних елементів, а також набір функцій для створення специфічних складових хімічних текстів: зарядів йонів, протонного й нуклонного чисел, стрі-

лок тощо, але не надає можливості створювати і редагувати електронні, структурні та дисплейні хімічні формули;

- EasyChem Chemical Structure and Equation Editor (https://moodle.org/plugins/atto_easychem) – додаток до редактору Atto, що надає можливість створювати хімічні формули у форматі HTML; містить набір готових шаблонів хімічних формул та структур, що є достатньою для задоволення більшості потреб користувача, який створює текст із застосуванням хімічної символіки, але не має функції створення об'ємних структур молекул;
- Chemical Structures and Reactions Editor (https://moodle.org/plugins/view/atto_structure) – додаток до редактору Atto, що використовує програмний пакет MarvinJS компанії-розробника Chemaxon (<https://chemaxon.com/products/marvin-js>) і надає можливість створювати електронні та структурні формули речовин (включаючи об'ємні їх відображення), переважно органічних молекул, а також схем та рівнянь реакцій за їх участю;
- ChemRender (https://moodle.org/plugins/filter_chemrender) – фільтр для вбудовування інтерактивних 3D-структур молекул, який надає можливість завантажувати готові файли тривимірних моделей молекул або кристалічних структур та інтегрувати їх у відповідну сторінку навчального модуля;
- Java Molecular Editor (https://moodle.org/plugins/qtype_jme) – тип запитання, що вимагає від студента намалювати молекулу у відповідь на питання за допомогою спеціального редактора;
- EasyOChem (<https://moodle.org/plugins/browse.php?list=set&id=59>) – програмне забезпечення для організації інтерактивного навчання та викладання хімії, до складу якого окремим плагінами входять спеціально розроблені типи тестових завдань, які передбачають роботу з хімічними формулами:
 - Newman Projections (EasyONewman) – тестові завдання для розпізнання та інтерпретації проєкцій Ньюмана для органічних молекул, що підтримує різні налаштування для створення та перегляду конформацій молекул у різних перспективах;
 - Electron Pushing / Curved Arrow (EasyOMech) – завдання для перевірки знань студентів механізмів хімічних реакцій, що полягають у необхідності інтерактивного вибору напрямку переходу електронних пар, радикалів, йонів тощо;
 - Drag and Drop Organic Chemistry Nomenclature (EasyODDName) – тип питань, створений для покращення розуміння правил IUPAC, щодо складання назв органічних сполук;
 - 2D/3D Structure Display Short Answer (EasyOStructure) – тип завдань, який передбачає інтерпретацію та аналіз структурної формули молекули органічної речовини, що надається у спеціальному вікні у площинному або об'ємному відображенні;
 - Select Atoms or Molecules (EasyOSelect) – дозволяє створювати питання із застосуванням структурних формул молекул або схем реакцій,

відповіддю на які є вибір окремих атомів, хімічних зв'язків та інших структурних елементів молекул відповідно до формулювання тексту запитання;

- Fischer Projections (EasyOFischer) – студент повинен створити формулу Фішера для оптично активної органічної сполуки, заданої у даному типі питання, шляхом перетягування атомів або груп атомів у спеціально заготовлений шаблон;
- Lewis Structures (EasyOLewis) – дозволяє створювати завдання, у яких від студента вимагається правильно розташувати електронні пари та неспарені електрони у формулі відповідно до отриманого завдання;
- Name to Structure or Reaction (EasyOName) – за допомогою Marvin Applets від Chemaxon необхідно намалювати структуру молекули речовини або схему реакції, яку було задано;
- Spectra Filter (Chemdoodle) – фільтр для Moodle, що перетворює посилання на файли JCAMP-DX у інтерактивні зображення спектрів речовин.

До системи Moodle нами були введені також засоби для підтримки найважливішого компоненту навчально-дослідницької діяльності з хімії – експерименту, зокрема, модельного хімічного експерименту. До таких засобів можна віднести розроблений нами у 2015 році плагін (фільтр) VlabEmbed, який надає можливість убудовувати у сторінки курсу Moodle вільно поширювану віртуальну хімічну лабораторію Virtual Lab (розробник – ChemCollective з Carnegie Mellon University). Віртуальна лабораторія Virtual Lab має можливість моделювати досліди з багатьох розділів хімії: аналітичної, фізичної, біохімії тощо. До складу фільтру входить локалізована українською мовою версія Virtual Lab (локалізовано як інтерфейс, так і репозитарій лабораторних робіт) [63].

3.10 Принципи диференціації та соціальної рівноваги

Комплементарним до принципу індивідуалізації є ще один принцип профільного навчання – *принцип диференціації*, який полягає у забезпеченні умов для добровільного вибору школярами профілю навчання, виходячи з їхніх пізнавальних інтересів, здібностей, досягнутих результатів навчання й професійних намірів. У широкому сенсі під диференціацією навчання розуміють форму урахування індивідуальних особливостей учнів у процесі навчання на основі їх поділу на характерні типологічні групи за різними показниками (рівнем навчальних можливостей, успішністю, темпом навчання, пізнавальним інтересом тощо).

Реалізація принципу диференціації в умовах варіативності та різноманітності хімічної освіти породжує проблему забезпечення профільного навчання учнів малокомплектних груп та тих учнів, які обрали відсутній у школі профіль. На розв'язання цієї проблеми спрямований *принцип соціальної рівноваги*, який передбачає узгодження трьох позицій: можливостей

освітніх послуг, запитів ринку праці й соціальних очікувань випускників школи.

Забезпечення освітніх потреб учнів через реалізацію останніх двох принципів пропонується через *дистанційне навчання* – індивідуалізований процес набуття знань, умінь, навичок і способів пізнавальної діяльності людини, який відбувається в основному за опосередкованої взаємодії віддалених один від одного учасників навчального процесу у спеціалізованому середовищі, яке функціонує на базі сучасних психолого-педагогічних та інформаційно-комунікаційних технологій.

Метою дистанційного навчання є надання освітніх послуг шляхом застосування у навчанні сучасних ІКТ за певними освітніми або освітньо-кваліфікаційними рівнями відповідно до державних стандартів освіти, а завданнями – забезпечення громадянам можливості реалізації конституційного права на здобуття освіти та професійної кваліфікації, підвищення кваліфікації незалежно від статі, раси, національності, соціального і майнового стану, роду та характеру занять, світоглядних переконань, належності до партій, ставлення до релігії, віросповідання, стану здоров'я, місця проживання відповідно до їх здібностей [55].

В. Ю. Биков [18], наголошуючи на багатогранності і масштабності дистанційного навчання, виділяє серед інших такі його характерні риси:

- дистанційне навчання є формою навчання, яка створює умови для тих, хто навчається, щодо вільного вибору складу навчальних дисциплін, викладацького складу з кожної з дисциплін та конкретного навчального закладу;
- дистанційна форма освіти є адаптивною щодо базового рівня знань і конкретних цілей навчання тих, хто навчається;
- дистанційне навчання орієнтоване на посилення активної ролі тих, хто навчається, у власній освіті (встановлення освітніх цілей, вибір домінуючих напрямів, форм і темпів навчання), що обумовлює його можливість вирішувати специфічні завдання, які віднесені до розвитку творчої складової освіти й утруднені для досягнення за традиційними технологіями навчання;
- технології дистанційного навчання разом із традиційними (підручники, методичні посібники) створюють розподілене середовище навчання, доступне для широкої аудиторії користувачів.

Сучасним різновидом дистанційного навчання є е-дистанційне навчання (електронне дистанційне навчання), яке В. Ю. Биков [18] визначає як “різновид дистанційного навчання, за яким учасники навчально-виховного процесу здійснюють переважно індивідуалізовану навчально-виховну взаємодію як асинхронно, так і синхронно в часі, переважно і принципово використовуючи електронні транспортні системи доставки засобів навчання та інших інформаційних об'єктів, медіа навчальні засоби та інформаційно-комунікаційні технології”.

В. М. Мельниченко [52] відзначає, що за дистанційної форми навчання змінюються ролі та зміст діяльності як вчителів, так і учнів. Зокрема,

процес навчання за дистанційною формою орієнтує учнів на переважно самостійний, творчий пошук, сприяє формуванню умінь самостійно здобувати знання і застосовувати їх у вирішенні практичних завдань із застосуванням засобів ІКТ. Викладачі повинні на високому рівні володіти сучасними педагогічними та інформаційно-комунікаційними технологіями, методами створення та підтримки дистанційного навчального середовища, бути творчо активними і мотивованими на постійне підвищення власної кваліфікації.

У закладах загальної середньої освіти реалізація дистанційного навчання вимагає наявності відповідного кадрового і системотехнічного забезпечення, яке не завжди є доступним, особливо у малокомплектних загальноосвітніх навчальних закладах. Ефективним, на думку В. Ю. Бикова [21], є передавання повноважень із забезпечення дистанційного навчання до зовнішніх центрів опрацювання даних (ІКТ-аутсорсинг). Це надає навчальним закладам можливість уникнути регулярного оновлення та модернізації програмно-апаратних засобів власних ІКТ-систем, зменшити чисельність власних ІКТ-служб, а також вимоги до професійної компетентності їх працівників і, як результат, помітно зменшити загальні витрати на забезпечення дистанційного навчання.

У цьому контексті доцільне широке використання ІКТ-аутсорсингу в процесі інформатизації освіти на основі хмарних технологій, у процесі якого система освіти набуває нових якісних властивостей, що інтегровано виражаються через створення сучасних організаційно-технологічних умов діяльності всіх учасників освітнього процесу та підвищенні якості надання освітніх послуг [21].

Для організації дистанційного навчання загальноосвітні навчальні заклади можуть створювати у своєму складі класи (групи) з дистанційною формою навчання [56]. Це створює умови для реалізації профільного навчання за дистанційною формою навчання, зокрема, у сільській місцевості, за відсутності учнів для формування класу тощо [5], у малочисельних загальноосвітніх навчальних закладах, де кількість учнів одного класу менша 5 осіб, при організації інклюзивного навчання, а також у однопрофільних загальноосвітніх навчальних закладах для забезпечення вибору іншого профілю окремими учнями (або, за бажанням учня, забезпечення можливості одночасно здобувати освіту за двома профілями).

3.11 Принципи варіативності та гнучкості

Принцип варіативності, комплементарний до принципів диференціації та соціальної рівноваги, полягає у багаторівневості навчальних планів, освітніх програм, змісту освіти, використанні різноманітних технологій, надання учням можливості вибору предметів (курсів), що вільно вивчаються, зміні видів діяльності, використанні інтегративного підходу у вивченні обов'язкових предметів. Розвитком даного принципу є *принцип гнучкості*, що полягає у забезпеченні можливостей та умов для зміни профілю навчання, змісту і форм організації профільного навчання, у тому числі дистанційно-

го, широкого вибору змісту навчальних програм та можливостей для його корекції.

Реалізація цих принципів вимагає використання засобів ІКТ, що забезпечують адаптивне різноманітне навчання, підтримку різних педагогічних технологій (у тому числі ігрових, проектних тощо) та різноманітні способи доставляння і подання навчальних матеріалів.

3.12 Принцип наступності й неперервності

Принцип наступності й неперервності передбачає взаємозв'язок між допрофільною підготовкою, профільним навчанням та професійною підготовкою. У навчанні хімії на рівні засобів ІКТ даний принцип може бути реалізований за двома напрямками:

- 1) “знизу доверху”, коли один й той самий засіб ІКТ використовується як на попередньому, так й на наступному рівні підготовки (наприклад, електронні таблиці, що опановуються як засіб загального призначення у допрофільному навчанні інформатики, у профільному навчанні хімії використовуються як засіб для опрацювання результатів експерименту, а у професійній хімічній підготовці – й як засіб моделювання);
- 2) “згори донизу”, коли засіб ІКТ, що використовується для забезпечення вищого рівня підготовки, методично адаптується для використання на більш низькому (наприклад, засоби комп'ютерного моделювання, що використовуються у професійній підготовці для дослідження молекулярної структури і динаміки, у профільному навчанні хімії можуть бути використані для їх візуалізації та анімації як засоби наочності).

3.13 Принцип діагностико-прогностичної реалізованості

Принцип діагностико-прогностичної реалізованості полягає у виявленні здібностей учнів для обґрунтованої орієнтації на профіль навчання та подальше професійне самовизначення. У Концепції профільного навчання у старшій школі профорієнтаційна діагностика є однією з провідних форм психологічного супроводу профільного навчання і полягає у виявленні інтересів, нахилів, здібностей та професійно важливих якостей особистості у контексті майбутнього професійного самовизначення учнів. Профорієнтаційні діагностичні методики допомагають оцінити рівень готовності до освітніх і професійних перспектив. Співбесіди у кабінетах профорієнтації віднесені до основних форм допрофільної підготовки учнів [54].

Найчастіше психологічна профорієнтаційна діагностика полягає у здійсненні тестування, опитування або співбесіди. На основі інтерпретації результатів проведених заходів робиться висновок про схильність учня до тієї чи іншої сфери людської діяльності, окремих професій тощо. Оскільки процедура тестування та інтерпретації результатів може бути легко автоматизована, велика кількість подібних діагностичних профорієнтаційних заходів

здійснюється за допомогою ІКТ (частково або повністю), у тому числі – мережних (останні надають можливість організації масового тестування).

Серед ресурсів, що спрямовані на здійснення професійної діагностики учнів та абітурієнтів, слід відзначити:

- “Proforientator-UA” (<https://proforientator.com.ua/ua/>) призначений для школярів, випускників та абітурієнтів віком 13-18 років, який складається з: комп’ютерного тестування (у комп’ютерному класі, тривалість близько однієї години), отримання результатів тесту у друкованому вигляді та індивідуального консультування (особисто кваліфікованим психологом у присутності батьків, тривалість близько однієї години), що може бути організоване і у онлайн режимі;
- “Платформа профорієнтації та розвитку кар’єри Державної служби зайнятості” (<http://profi.dcz.gov.ua/tests/>) створена з метою надання послуг з профорієнтації у дистанційному режимі – зареєстрованому користувачу надається можливість безкоштовно отримати послуги з профорієнтації у он-лайн форматі без відвідування центру зайнятості та зробити власну профорієнтацію, якщо існує потреба у: виборі (зміні) професії; виборі майбутнього напрямку професійного навчання; визначенні схильності до підприємницької діяльності оцінці власних здібностей та навичок (Soft Skills); саморозвитку.
- “Proforientator.info” (http://proforientator.info/?page_id=100) пропонує 3 групи тестів:
 - 1) тести для визначення, за якою професією ви б *хотіли* працювати: диференційно-діагностичний опитувальник; професійно-діагностичний опитувальник; тест Дж. Голланда для визначення професійних типів особистості; тест Я. Л. Холланда для визначення професійних інтересів особистості; методика вивчення мотивів вибору професії; методика визначення мотивів вибору сфери трудової діяльності; методика “Карта інтересів”; методика визначення типу професії (за Є. А. Клімовим);
 - 2) тести для визначення *здатності* до певних професій: методика вивчення темпераменту Г. Айзенка; методика вивчення характерологічних рис особистості; методика визначення професійно важливих рис характеру особистості;
 - 3) тести для визначення до яких професій є *здібності*: методика визначення загальних творчих здібностей людини; методика дослідження спеціальних здібностей людини; методика дослідження вольової організації особистості.

3.14 Принцип дієвості

На думку М. С. Пак [70, с. 59], до принципів навчання відноситься також *принцип дієвості*, що передбачає перехід знань у переконання та дії у процесі продуктивної взаємодії суб’єктів навчання, Даний принцип відображає компетентнісний підхід до навчання хімії. Виходячи з сутності принципу,

для його реалізації у профільному навчанні хімії доцільно застосовувати засоби ІКТ підтримки спільної навчально-дослідницької діяльності:

- 1) *засоби забезпечення комунікації в асинхронному* (електронна пошта, форуми, голосова пошта, SMS тощо) *та синхронному* (текстові, аудіо-, відеочати тощо) *режимах*;
- 2) *засоби забезпечення навчальної комунікації*, що є складовою систем підтримки навчання (в асинхронному та синхронному режимах), проведення навчальних веб-конференцій (вебінарів, віртуальних класів тощо);
- 3) *засоби підтримки спільної навчально-дослідницької діяльності*, що надають можливість створювати документи, надавати доступ до них, редагувати, відслідковувати історію змін, зберігати та синхронізувати їх.

На сучасному етапі розвитку ІКТ засоби підтримки спільної навчально-дослідницької діяльності доцільно використовувати за однією із хмарних моделей доступу. У профільному навчанні хімії найчастіше використовуються моделі:

- SaaS (Software as a Service – програмне забезпечення як послуга), за якої програма виконується на віддаленому сервері, а результати її роботи подаються користувачеві через клієнтське програмне забезпечення загального призначення (як правило, веб-браузер) або спеціалізоване;
- DaaS (Desktop as a Service – “робочий стіл” як послуга), за якої клієнтське програмне забезпечення надає користувачеві доступ до вихідного інтерфейсу виконуваної на сервері програми (або декількох програм).

Їх застосування створює умови для організації спільної роботи та редагування документів з використанням браузерних, мобільних та інших клієнтів певною групою користувачів як у синхронному, так і у асинхронному режимах. До поліфункціональних представників таких засобів належать [Google Drive](#), [OneDrive](#), що надають можливість створювати, редагувати та зберігати текстові документи, електронні таблиці, презентації, форми для опитування тощо. Серед хмарних засобів ІКТ, що призначені для підтримки тільки одного виду діяльності у навчально-виховному процесі, можна назвати засоби для створення схем, діаграм, карт знань ([MindMeister](#), [LucidChart](#)), засоби для створення презентацій ([Prezi](#), [Canva](#)), засоби для створення постерів ([Piktochart](#), [Stencil](#)), засоби для роботи із зображеннями ([Pixlr](#), [piZap](#)) та ін.

До засобів, орієнтованих на спільну роботу із документами, слід віднести Wiki-технології та їх аналоги – веб-сайти або бази даних, що розробляються спільною групою користувачів шляхом надання користувачам можливостей додавати і редагувати контент [47], а також системи, що підтримують простий і доступний спосіб створення гіпертексту і стимулюють індивідуальне та колективне його створення [30, с. 29]. Використання wiki-технологій у навчально-виховному процесі надає можливість організувати індивідуальну або групову роботу вчителя та учнів, організувати всебічне дослідження окремих теоретичних питань та створення на їх основі енциклопедичної бази знань

з певної галузі науки, можливість вести дискусію з питань форматування змісту контенту та його оформлення, відстежування активності учасників, що спільно створюють контент, залучення учнів до роботи із ІКТ тощо [36].

Серед україномовних wiki-технологій можна відзначити декілька освітніх проєктів – окрім Вікіпедії, це Wikiversity, Вікіпідручник, Вікіцитати, Вікіджерела тощо.

Представником засобів для спільної роботи над програмним забезпеченням є GitHub, використаний нами для розробки фільтру VlabEmbed (https://github.com/ssemerikov/moodle-filter_vlabembed) для системи Moodle [63].

4 Методика дослідження

Таким чином, для забезпечення виконання принципів профільного навчання хімії використовуються засоби ІКТ, які можна розділити на дві групи:

- 1) засоби ІКТ загального призначення:
 - *віртуальні навчальні середовища* (Open Wonderland, OpenSim та ін.) – Інтернет-ресурси для забезпечення спільної навчальної діяльності користувачів, представлених аватарами, у режимі реального часу з віддаленим доступом;
 - *графічні редактори* (Paint, Paint.NET, GIMP, 3ds Max, Blender, Photoshop, CorelDRAW тощо) – програмні засоби для створення та редагування зображень, фотоефектів і художніх композицій;
 - *експертні системи* (CLIPS, eXperts2Go та ін.) – програмні засоби для одержання експертного висновку або оцінки у окремій галузі знань, виходячи із певних вихідних даних;
 - *електронні лабораторні журнали* (Electronic Lab Notebook тощо) – програмні засоби для внесення, форматування та збереження даних, отриманих у результаті проведення експерименту;
 - *електронні таблиці* (Microsoft Excel, Collabora Online Calc, Google Sheets, Gnumeric тощо) – програмні засоби для організації, збереження та опрацювання даних у табличній формі;
 - *засоби для опрацювання та відтворення аудіо та відео* (VirtualDub, iMovie, Blender, Audacity, OBS Studio, Movie Maker, MPlayer та ін.) – програмні засоби, що надають можливість редагування, переформатування та відтворення аудіо та відео-файлів у різних форматах;
 - *засоби для перегляду електронних книжок* (CoolReader, DjVu Viewer, FBReader, eBook тощо) – програмні засоби для перегляду друкованих видань у електронних форматах;
 - *засоби для побудови діаграм зв'язків* (Coggle, Xmind, Freemind тощо) – програмні засоби для створення редагування та збереження діаграм зв'язків;
 - *засоби для розробки навчальних матеріалів* (Adobe Captivate, Lectora, Articulate Storyline 360, SAP Litmos LMS, Cognitive Tutor Authoring Tools тощо) – інструменти розробки вмісту електронних навчальних курсів: електронних підручників, електронного лабораторного

- практикуму, тестів, довідників, допоміжних навчальних матеріалів, що базуються на Internet-технологіях;
- *засоби забезпечення навчальної комунікації в асинхронному та синхронному режимах* (електронна пошта, форуми, голосова пошта, SMS тощо; текстові, аудіо-, відеочати та ін.) – програмні засоби для обміну текстовими, аудіо- та відеоповідомленнями між користувачами;
 - *засоби здійснення профорієнтаційної діагностики* (“Профорієнтатор-UA”, “Платформа профорієнтації та розвитку кар’єри Державної служби зайнятості”, “Proforientator.info” та ін.) – програмні засоби для визначення особистісних нахилів та вподобань учнів стосовно галузей знань та майбутньої сфери діяльності шляхом тестування;
 - *засоби контролю та самоконтролю навчальних досягнень* (MyTest, MultiTester, UniTest System, Hot Potatoes та ін.) – програмні засоби, що містять систему завдань та автоматизують процедури контролю, опрацювання та аналізу його результатів;
 - *засоби планування навчальної діяльності*: електронні календарі, органайзери, планувальники (Google Calendar, Zoho Calendar, LeaderTask, Outlook тощо) – програмні засоби для планування і організації особистої та спільної діяльності, ефективного розподілу робочого часу та узгодження термінів виконання окремих етапів дослідження;
 - *засоби проведення навчальних веб-конференцій*: вебінарів, віртуальних класів тощо (WizIQ, BigBlueButton, Microsoft Teams, Google Meet та ін.) – інструменти для забезпечення дистанційного навчання шляхом забезпечення віддаленої комунікації суб’єктів навчального процесу у реальному часі;
 - *засоби створення мультимедійних презентацій* (Apache OpenOffice Impress, PowerPoint, Prezi, Photopia тощо) – програмні продукти, призначені для створення, редагування та збереження мультимедійних презентацій у вигляді послідовності слайдів;
 - *пошукові системи загального призначення* (Google, Bing, Petal Search, META, Mojeek, Gigablast, Sogou тощо) – засоби для пошуку відомостей у World Wide Web;
 - *системи підтримки навчання* (Moodle, Dokeos, Blackboard Learn та ін.) – програмні засоби для розробки та поширення через мережу Інтернет структурованих навчальних матеріалів (курсів) з можливістю, зокрема, підтримки дистанційного навчання;
 - *системи управління базами даних* (MySQL, Microsoft Access, LibreOffice Base тощо) – програмне забезпечення, що надає можливість створювати, оновлювати та здійснювати адміністрування баз даних, обробляти запити до них, а також здійснювати збір та аналіз даних користувачем;
 - *текстові редактори* (Microsoft Word, LibreOffice Writer, LyX тощо) – засоби для створення, редагування, форматування та друку текстів;
 - *хмаро орієнтовані засоби підтримки спільної навчально-дослідницької діяльності* (Google Drive, Dropbox, OneDrive та ін.) – Інтернет-

сховища документів та Web-засоби їх колективного перегляду і редагування.

2) специфічні засоби забезпечення профільного навчання хімії:

- *адаптивні автоматизовані навчальні системи з хімії* (“Lehrprogramm Chemie” [67], “Basic Concepts in Organic Chemistry: A programmed learning approach” [84] тощо) – засоби програмованого навчання хімії, що автоматично налаштовуються на індивідуальні особливості того, хто навчається;
- *віртуальні хімічні лабораторії* (Model Science ChemLab, Crocodile Chemistry, Virtual Lab, LiveChem, “Химия. 8-11 класс. Виртуальная лаборатория”, хімічні розділи PhET Interactive Simulations, VirtuLab, Wolfram Demonstrations Project, CHEMIST тощо) – засоби для візуального моделювання перебігу хімічного експерименту, що надають можливість користувачу маніпулювати віртуальним хімічним обладнанням [62];
- *електронні періодичні системи* (PL Table, Ptable, The periodic table of the elements by WebElements, Periodic Table тощо) – електронні версії періодичної системи елементів із мультимедійним поданням відомостей про них у різних режимах;
- *засоби комп’ютерного моделювання хімічних процесів* (HyperChem, МОРАС та ін.) – програмні засоби для квантово-хімічного моделювання, молекулярної механіки та динаміки, обчислення структури, спектрів тощо;
- *навчальні ігри з хімії* (хімічні розділи PhET Interactive Simulations, “Balancing Chemical Equations”, “Chemical elements”, Chembridge, Chemrout тощо) – комп’ютерні ігри, у яких знання з хімії використовуються у якості сюжетної основи;
- *науково-популярні та профорієнтаційні хімічні інформаційні ресурси Інтернет* (онлайн-версії хімічних журналів, “Chemistry and Chemistry”, спеціалізовані канали YouTube, сайти наукових та освітніх установ, хімічні сайти (ACS Education, XuMuK.ru, CHEM4KIDS.COM chemie.de, Chemistry Stack Exchange, Chemical Book та ін.) тощо) – онлайн-версії хімічних журналів, спеціалізовані канали YouTube, сайти наукових та освітніх установ, хімічні сайти тощо, що популяризують хімію та професію, пов’язані з нею;
- *програмно-методичні комплекси навчального призначення з хімії* (“Хімія, 8-9 клас”, “Хімія, 9 клас”, “Органічна хімія, 10-11 клас”, “Periodic Table 2022: Chemistry” тощо) – комплекс педагогічних програмних засобів, спрямованих на підтримку навчання хімії;
- *тренажери та електронні практикуми* (“Химия. 8-11 класс. Виртуальная лаборатория”, “Виртуальная химическая лаборатория. 11 класс”, “Химия. Виртуальная лаборатория. Тренажеры”, “Интерактивные творческие задания. Химия. 8-9 класс”, IR Tutor та ін.) – програмні засоби, призначені для відпрацювання умінь та навичок, застосування теоретичних знань, здійснення самопідготовки;

- *хімічні калькулятори* (ChemicalAid, Chemical Equations online!, CHEMIX School, ChemMaths, Chemical Engineering AppSuite HD тощо) – програмні засоби, призначені для автоматизації розрахунків при розв’язуванні задач із хімічним змістом;
- *хімічні пошукові системи* (ChemSrc, ChemSpider, PubChem, Chemical Structure Lookup Service та ін.) – бази даних, що містять відомості про властивості речовин та інструменти для оптимізації пошуку цих відомостей;
- *хімічні редактори* (ChemBio3D, ChemDraw, ChemSite, RasMol, BIOVIA Draw, Symyx Draw, JChemPaint, ChemSketch, MarvinSketch, ChemPaster, MolPrime+ тощо) – програмні засоби для створення, редагування та опрацювання графічних об’єктів з хімічним змістом (формул, структур, приладів тощо).

Для визначення засобів ІКТ профільного навчання хімії, які доцільно використовувати у процесі формування дослідницьких компетентностей учнів, було організовано експертне оцінювання шляхом електронного анкетування фахівців: науково-педагогічних працівників та вчителів хімії, дисциплін природничого циклу та інформатичних дисциплін. За посиланням <https://goo.gl/SIscwG> наведено текст анкети, опрацювання результатів якої надало можливість здійснити відбір засобів ІКТ, використання яких у процесі формування дослідницьких компетентностей учнів у профільному навчанні хімії є педагогічно виваженим.

5 Результати

У анкетуванні взяло участь 42 респонденти, серед яких 22 % становили вчителі шкіл, ліцеїв, гімназій, а 78 % – викладачі ВНЗ та наукові працівники педагогічних НДІ. Найбільшу групу склали викладачі ВНЗ, що мають звання доцента – 43,9 % від загальної кількості респондентів. Хімію викладають 31,7 % респондентів, 22 % викладають інші природничі дисципліни, а 29,3 % викладають інші дисципліни (переважно математично-інформатичного циклу). За стажем педагогічної або науково-педагогічної роботи найбільше представників – 39 % – становила група зі стажем роботи від 11 до 20 років. Стаж роботи менше 5 років мали 7,3 % респондентів, від 5 до 10 років – 31,7 %, від 21 до 30 років – 14,6 %, від 40 до 50 років – 7,3 %.

Респондентам було запропоновано оцінити доцільність застосування кожного із 31 засобів ІКТ для формування дослідницьких компетентностей учнів з хімії за такою шкалою: “важко визначитись із відповіддю”, “засіб використовувати недоцільно”, “засіб використовувати скоріше доцільно, ніж недоцільно” та “засіб використовувати доцільно”. Результати оцінювання подано у табл. 3.

Табл. 3: Результати експертного оцінювання доцільності використання засобів ІКТ для формування дослідницьких компетентностей учнів у профільному навчанні хімії.

Засіб ІКТ	Відповідь				Оцінка	
	Важко визначитись із відповіддю	Засіб використовувати недоцільно	Засіб використовувати скоріше доцільно, ніж недоцільно	Засіб використовувати доцільно	Доцільність	Впевненість
віртуальні навчальні середовища	6	2	15	18	0,46	0,85
графічні редактори	1	5	13	22	0,43	0,98
експертні системи	15	3	13	10	0,27	0,63
електронні лабораторні журнали	3	1	12	25	0,63	0,93
електронні таблиці	0	1	6	34	0,80	1,00
засоби для опрацювання та відтворення аудіо та відео	2	1	16	22	0,54	0,95
засоби для перегляду електронних книжок	1	0	17	23	0,58	0,98
засоби для побудови діаграм зв'язків	1	2	12	26	0,60	0,98
засоби для розробки навчальних матеріалів	2	3	13	23	0,51	0,95
засоби забезпечення навчальної комунікації в асинхронному та синхронному режимах	2	1	12	26	0,64	0,95
засоби здійснення профорієнтаційної діагностики	10	3	9	19	0,52	0,76
засоби контролю та самоконтролю навчальних досягнень	0	1	8	32	0,76	1,00
засоби планування навчальної діяльності: електронні календарі, органайзери, планувальники	0	3	14	24	0,51	1,00
засоби проведення навчальних веб-конференцій: вебінарів, віртуальних класів тощо	3	1	17	20	0,50	0,93

Продовження на наступній сторінці

Табл. 3 – продовження з попередньої сторінки

Засіб ІКТ	Відповідь				Оцінка	
	Важко визначитись із відповіддю	Засіб використовувати недоцільно	Засіб використовувати скоріше доцільно, ніж недоцільно	Засіб використовувати доцільно	Доцільність	Впевненість
засоби створення мультимедійних презентацій	0	1	8	32	0,76	1,00
пошукові системи загального призначення	0	0	6	35	0,85	1,00
системи підтримки навчання	2	1	9	29	0,72	0,95
системи управління базами даних	7	4	18	12	0,24	0,83
текстові редактори	0	0	10	31	0,76	1,00
хмаро орієнтовані засоби підтримки спільної навчально-дослідницької діяльності	2	1	9	29	0,72	0,95
адаптивні автоматизовані навчальні системи з хімії	7	1	6	27	0,76	0,83
віртуальні хімічні лабораторії	3	0	3	35	0,92	0,93
електронні періодичні системи	3	0	11	27	0,71	0,93
засоби комп'ютерного моделювання хімічних процесів	1	0	10	30	0,75	0,98
навчальні ігри з хімії	2	0	10	29	0,74	0,95
науково-популярні та профорієнтаційні хімічні інформаційні ресурси Інтернет	1	0	9	31	0,78	0,98
програмно-методичні комплекси навчального призначення з хімії	1	0	9	31	0,78	0,98
тренажери та електронні практикуми	1	0	6	34	0,85	0,98
хімічні калькулятори	1	1	12	27	0,65	0,98
хімічні пошукові системи	2	0	10	29	0,74	0,95
хімічні редактори	3	0	7	31	0,82	0,93
<i>середнє</i>	<i>2,65</i>	<i>1,16</i>	<i>10,65</i>	<i>26,55</i>	<i>0,65</i>	<i>0,94</i>

Усі експертні оцінки було розділено на дві категорії – “впевнені”, коли обирався один із варіантів, що однозначно вказував на оцінку доцільності використання засобу ІКТ, та “невпевнені”, коли експерт не зміг визначитись із доцільністю використання даного засобу ІКТ для формування дослідницьких компетентностей учнів з хімії, обравши “важко визначитись із відповіддю”. Оцінка впевненості експертів у оцінюванні доцільності використання засобів ІКТ для формування дослідницьких компетентностей учнів з хімії x_{con} є відношенням сумарної кількості “впевнених” відповідей n_{con} до загальної кількості відповідей n_{tot} :

$$x_{con} = \frac{n_{con}}{n_{tot}}.$$

Оцінка доцільності використання засобів ІКТ для формування дослідницьких компетентностей учнів з хімії x_{fsb} обчислювалась як відношення різниці кількостей оцінок “засіб використовувати доцільно” n_{adv} та “засіб використовувати недоцільно” n_{inx} до кількості “впевнених” оцінок експертів n_{con} :

$$x_{fsb} = \frac{n_{adv} - n_{inx}}{n_{con}}.$$

Значення граничної межі доцільності використання того чи іншого засобу ІКТ ($\overline{x_{fsb}}=0,65$) було визначене як середнє арифметичне оцінок доцільності n_{adv} усіх $n_{alm}=31$ засобів:

$$\overline{x_{fsb}} = \frac{1}{n_{alm}} \sum_{i=1}^{n_{alm}} x_{fsb\ i}.$$

Таким чином, на думку експертів, для формування дослідницьких компетентностей учнів з хімії найбільш доцільним є використання 17 засобів ІКТ (у табл. 3 їх оцінки доцільності та впевненості виділені напівжирним):

- електронні таблиці ($x_{fsb}=0,80$);
- засоби контролю та самоконтролю навчальних досягнень ($x_{fsb}=0,76$);
- засоби створення мультимедійних презентацій ($x_{fsb}=0,76$);
- пошукові системи загального призначення ($x_{fsb}=0,85$);
- системи підтримки навчання ($x_{fsb}=0,72$);
- текстові редактори ($x_{fsb}=0,76$);
- хмаро орієнтовані засоби підтримки спільної навчально-дослідницької діяльності ($x_{fsb}=0,72$);
- адаптивні автоматизовані навчальні системи з хімії ($x_{fsb}=0,76$);
- віртуальні хімічні лабораторії ($x_{fsb}=0,92$);
- електронні періодичні системи ($x_{fsb}=0,71$);
- засоби комп’ютерного моделювання хімічних процесів ($x_{fsb}=0,75$);
- навчальні ігри з хімії ($x_{fsb}=0,74$);
- науково-популярні та профорієнтаційні хімічні інформаційні ресурси Інтернет ($x_{fsb}=0,78$);

- програмно-методичні комплекси навчального призначення з хімії ($x_{fsb}=0,78$);
- тренажери та електронні практикуми ($x_{fsb}=0,85$);
- хімічні пошукові системи ($x_{fsb}=0,74$);
- хімічні редактори ($x_{fsb}=0,82$),

Таким чином, із 20 засобів ІКТ загального призначення до найбільш доцільних було віднесено 7, а із 11 специфічних засобів ІКТ забезпечення профільного навчання хімії – 10.

6 Обговорення та висновки

Середнє арифметичне значення впевненості експертів у оцінюванні доцільності використання засобів ІКТ для формування дослідницьких компетентностей учнів з хімії становить 0,94, що свідчить про високу обізнаність експертів із запропонованими засобами ІКТ та високу впевненість у оцінюванні доцільності застосування цих засобів для формування дослідницьких компетентностей учнів з хімії.

У той же час можна виділити декілька засобів ІКТ, для яких оцінка впевненості була значно нижчою за середнє арифметичне:

- віртуальні навчальні середовища;
- експертні системи;
- засоби здійснення профорієнтаційної діагностики;
- системи управління базами даних;
- адаптивні автоматизовані навчальні системи з хімії.

Такі низькі оцінки впевненості означають неможливість визначення значною кількістю експертів доцільності застосування певного засобу ІКТ для формування дослідницьких компетентностей учнів, що у більшості випадків викликане недостатньою обізнаністю із функціональними можливостями засобу, методикою його застосування у профільному навчанні хімії, низьку доступністю засобу через високу вартість або відсутність локалізації українською тощо.

Засоби, що отримали низьку оцінку впевненості, епізодично застосовуються саме у практиці навчання хімії або не входять у сферу професійних інтересів викладачів цієї дисципліни, а методика використання таких засобів ІКТ у профільному навчанні хімії є нерозробленою.

Разом з тим, не зважаючи на невисоку оцінку впевненості, такий засіб, як “Адаптивні автоматизовані навчальні системи з хімії”, було визначено експертами як один з найбільш доцільних для формування дослідницьких компетентностей учнів у профільному навчанні хімії.

Приблизно половина із запропонованих засобів ІКТ була оцінена експертами як доцільні для формування дослідницьких компетентностей учнів у профільному навчанні хімії, а найбільшу кількість серед них становлять засоби, що є специфічними засобами ІКТ забезпечення профільного навчання

хімії. Подібний стан речей з одного боку означає про потребу у постійному розвитку та удосконаленні засобів ІКТ навчання хімії, розширенні їх асортименту та методичному обґрунтуванні їх використання, а з іншого боку – про недостатню пристосованість засобів ІКТ загального призначення для формування дослідницьких компетентностей у навчанні хімії, та навчання хімії у цілому.

Серед засобів ІКТ, що отримали найвищі оцінки доцільності, слід відзначити: віртуальні хімічні лабораторії; пошукові системи загального призначення; тренажери та електронні практикуми.

Найменш доцільним для формування дослідницьких компетентностей учнів з хімії, згідно результатів анкетування, є використання експертних систем та систем управління базами даних.

Результати дослідження дозволяють обґрунтувати вибір найбільш доцільних засобів ІКТ для формування дослідницьких компетентностей учнів у профільному навчанні хімії. Враховуючи результати попередніх досліджень, спрямованих на створення системи дослідницьких компетентностей учнів у профільному навчанні хімії [60, 64], наступним етапом досліджень є визначення ролі засобів ІКТ у формуванні компонентів системи дослідницьких компетентностей учнів, які формуються у профільному навчанні хімії. Метою такого дослідження буде визначення найбільш доцільних засобів ІКТ для формування кожної конкретної дослідницької компетентності у системі. Розв'язання цієї задачі надасть можливість створити модель формування дослідницьких компетентностей старшокласників у профільному навчанні хімії засобами ІКТ.

References

- [1] The Fourth Revolution: Instructional Technology in Higher Education : A Report and Recommendations by The Carnegie Commission On Higher Education. McGraw-Hill Book Company, Hightstown (1972), URL https://archive.org/details/ERIC_ED061994
- [2] On the National Informatization Program (1998), URL <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/98-%D0%B2%D1%80?lang=en#Text>
- [3] Modelnyi zakon ob informatizatsii, informatcii i zashchite informatcii (2005), URL http://web.archive.org/web/20190103224550/https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/997_d09
- [4] Khimiia. 10-11 klasy: prohramy dlia profilnoho navchannia uchniv zahalnoosvitnikh navchalnykh zakladiv: riven standartu, akademichniy riven, profilnyi riven ta pohlyblene navchannia. Mandrivets, Ternopil (2011)
- [5] Kontseptsiiia profilnoho navchannia : proekt [The concept of profile education: project] (2014), URL http://web.archive.org/web/20140814062746if_/http://mon.gov.ua/img/zstored/files/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%86%20%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%84%20%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D1%87.doc
- [6] Crocodile Chemistry 6.05 Portable (2020), URL <https://archive.org/details/crocodile-chemistry-6.05-portable>

- [7] Aksela, M.: Supporting Meaningful Chemistry Learning and Higher-order Thinking through Computer-Assisted Inquiry: A Design Research Approach. Ph.D. thesis, University of Helsinki, Helsinki (2005), URL <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/21127>
- [8] Alibekian, M.: Pedagogicheskie usloviya razvitija issledovatel'skoj kompetentnosti uchashhihsja v sisteme nachal'nogo professional'nogo obrazovanija: na materialah Islamskoj Respubliki Iran [Pedagogical conditions of development of research competence of students in initial vocational training: on materials of the Islamic Republic of Iran]. diss. ... cand. ped. sciences : 13.00.01 – general pedagogy, history of pedagogy and education, Tajik State Pedagogical University named after Sadridin Aini, Dushanbe (2013), URL <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01005537595>
- [9] Avanesov, V.S.: The Problem of Psychological Tests. Soviet Education **22**(6), 6–23 (1980), <https://doi.org/10.2753/RES1060-939322066>
- [10] Babanskii, I.K.: Optimizatsiia uchebno-vospitatelnogo protsessa: metodicheskie osnovy [Optimization of the educational process: methodological foundations]. Prosveshhenie, Moscow (1982)
- [11] Bakker, S.: Introduction of External, Independent Testing in “New Countries”: Successes and Defeats of the Introduction of Modern Educational Assessment Techniques in Former Soviet and Socialist Countries. Educational Measurement: Issues and Practice **31**(2), 38–44 (2012), <https://doi.org/10.1111/j.1745-3992.2012.00234.x>
- [12] Ball, G.A.: Programmirovannoe obuchenie [Programmed learning]. In: Gritcenko, V.I., Dovgiallo, A.M., Savelev, A.I. (eds.) Kompiuternaia tekhnologiia obucheniia: slovar-spravochnik [Computer technology of education: a dictionary-guide], pp. 420–423, Naukova dumka, Kiev (1992)
- [13] Bobrovskaia, L.N.: Uchebnaia kompiuternaia prezentatsiia v obuchenii informatiki kak sredstvo realizatsii metodicheskoi sistemy uchitelia. Dis. ... kandidata pedagogicheskikh nauk : 13.00.02 – teoriia i metodika obucheniia i vospitaniia (informatika), Volgograd State Pedagogical University, Volgograd (2008), URL http://irbis.gnpbu.ru/Aref_2008/Bobrovskaya_L_N_2008.pdf
- [14] Boltianskii, V.G., Savin, A.P.: Besedy o matematike [Conversations about mathematics], vol. 1: Diskretnye obekty [Discrete objects]. FIMA : MTcNMO, Moscow (2002)
- [15] Bondar, S.P.: Tekhnolohiia navchannia [Technology of learning]. In: Kremen, V.H. (ed.) Entsyklopediia osvity [Encyclopedia of Education], pp. 906–907, Yurinkom Inter, Kyiv (2008)
- [16] Brykova, O.V., Smirnova, Z.I., Eelmaa, I.V.: Rekomendatsii po oformleniiu i predstavleniiu prezentatsii. Gosudarstvennoe obrazovatelnoe uchrezhdenie dopolnitelnogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniia tcentr povysheniia kvalifikatsii spetsialistov Sankt-Peterburga “Regionalnyi tcentr otcenki kachestva i informatsionnykh tekhnologii”, Sankt-Peterburg (2008), URL http://www.zhg-zresurs.ru/docs/orgmetod/fgos_ooo/events/seminar_10-10-16/oforrmlenie_prezentatsii.pdf

- [17] Burchak, L.: Forming Research Competence of Future Teacher of Chemistry in the System of Higher Education. Scientific thesis for the Degree of Candidate of Pedagogical Sciences in speciality 13.00.04 – Theory and Methodology of Professional Education, Poltava National Pedagogical University named after Korolenko, Poltava (2011), URL <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0411U006298>
- [18] Bykov, V.Y.: Distance education: relevance, features and principles, ways of development and scope of application. In: *Informatsiine zabezpechennia navchalno-vykhovnoho protsesu: innovatsiini zasoby i tekhnolohii* [Information support of the educational process: innovative tools and technologies], pp. 77–92, Atika, Kyiv (2005), URL <https://lib.iitta.gov.ua/5696/>
- [19] Bykov, V.Y.: Informatyzatsiia osvity [Informatization of education]. In: Kremen, V.H. (ed.) *Entsyklopediia osvity* [Encyclopedia of Education], pp. 360–362, Yurinkom Inter, Kyiv (2008), URL <https://lib.iitta.gov.ua/2475/>
- [20] Bykov, V.Y.: Models of the open education organizational systems. Atika, Kyiv (2009), URL <https://lib.iitta.gov.ua/845/>
- [21] Bykov, V.Y.: ICT-outsourcing and new functions of ICT departments of educational and scientific institutions. *Information Technologies and Learning Tools* **30**(4) (Sep 2012), <https://doi.org/10.33407/itl.v30i4.717>
- [22] Bykov, V.Y.: Problemy ta perspektyvy informatyzatsii systemy osvity v Ukraini [Problems and prospects of informatization of education system in Ukraine]. *Naukovyi chasopys NPU imeni M.P. Drahomanova. Seriiia 2. Kompiuterno-orientovani systemy navchannia* (13 (20)), 3–18 (Feb 2020), URL <https://sj.npu.edu.ua/index.php/kosn/article/view/284>
- [23] Bykov, V.Y., Shyshkina, M.P., Lavrentieva, H.P., Demianenko, V.M., Lapskiy, V.V., Zaporozhchenko, Y.H., Pirko, M.V.: Proekt polozhennia pro elektronni osvitni resursy [The draft provisions on electronic educational resources] (2013), URL <http://lib.iitta.gov.ua/1041/1/Polozemnja-IITZN.pdf>
- [24] Cabinet of Ministers of Ukraine: State standard of basic and complete general secondary education (2011), URL <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1392-2011-%D0%BF#n9>
- [25] ChemCollective: Virtual Labs (2017), URL <https://chemcollective.org/vlabs>
- [26] Dashevskii, V.G.: *Konformatcionnyi analiz organicheskikh molekul* [Conformational analysis of organic molecules]. Khimiia, Moscow (1982)
- [27] De Schrijver, E.: Building research competences in secondary school students through hands-on earth and space science education projects. In: European Space Agency, (Special Publication) ESA SP, vol. 721 SP, pp. 541–545 (2013)
- [28] Derkach, T.M.: The origin of misconceptions in inorganic chemistry and their correction by computer modelling. *Journal of Physics: Conference Series* **1840**(1), 012012 (mar 2021), <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1840/1/012012>

- [29] Dovgiallo, A.M.: Adaptatsii zadacha [Adaptation problem]. In: Gritcenko, V.I., Dovgiallo, A.M., Savelev, A.I. (eds.) *Kompiuternaia tekhnologiia obuchenii: slovar-spravochnik* [Computer technology of education: a dictionary-guide], pp. 68–69, Naukova dumka, Kiev (1992)
- [30] Forment, M.A.: A social constructionist approach to learning communities: Moodle. In: Lytras, M.D., Naeve, A. (eds.) *Open Source for Knowledge and Learning Management: Strategies Beyond Tools*, pp. 369–381, IGI Global (2006), <https://doi.org/10.4018/978-1-59904-117-9.ch013>
- [31] Fridman, L.M.: Nagliadnost i modelirovanie v obuchenii [Visualization and Simulation in training]. No. 6 in *Novoe v zhizni, nauke, tekhnike. Seriia «Pedagogika i psikhologiia»* [New at life, science, technology. A series of «Pedagogy and Psychology»], Znanie, Moscow (1984)
- [32] Furnham, A.: HR Professionals’ Beliefs About, and Knowledge of, Assessment Techniques and Psychometric Tests. *International Journal of Selection and Assessment* **16**(3), 300–305 (2008), <https://doi.org/10.1111/j.1468-2389.2008.00436.x>
- [33] Garay-Argandona, R., Rodriguez-Vargas, M.C., Hernandez, R.M., Carranza-Esteban, R., Turpo, J.E.: Research competences in university students in virtual learning environments. *Cypriot Journal of Educational Sciences* **16**(4), 1721–1736 (2021), <https://doi.org/10.18844/cjes.v16i4.6031>
- [34] Genkal, S.: Formation of substantive competence of pupils of specialized classes at biology lessons. *Pedahohichni nauky: teoriia, istoriia, innovatsiini tekhnolohii* (4), 127–135 (2013), URL http://nbuv.gov.ua/UJRN/pednauk_2013_4_17
- [35] Golenova, I.A., Zhukova, S.I.: *Vozmozhnosti ispolzovaniia SDO “Moodle” v uchebnom protsesse*. In: *Tretia mizhnarodna naukovo-praktichna konferentsiia “MoodleMoot Ukraine 2015. Teoriia i praktika vikoristannia sistemi upravlinnia navchanniam Moodle”* (Kyiv, KNUBA, 21-22 travnia 2015 r.), Kyiv (2015), URL <https://2015.moodlemoot.in.ua/course/view.php?id=77>
- [36] Gonzalez Rodero, L.: Seminar on Education in European Innovative Schools during COVID-19 Lockdown: The Collaborative Work with Wikis. In: *Eighth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, p. 901–906, TEEM’20, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA (2020), ISBN 9781450388504, <https://doi.org/10.1145/3434780.3436686>
- [37] Gudilina, S.I.: Nagliadnost mediaobrazovatelnykh tekhnologii. In: Gudilina, S.I., Tikhomirova, K.M., Rudakova, D.T. (eds.) *Obrazovatelnye tekhnologii XXI veka. OT’08*, pp. 8–16, *Izd-vo In-ta sodержaniia i metodov obuchenii RAO*, Moscow (2008), URL <https://rudocs.exdat.com/docs/index-267457.html>
- [38] Hurevych, R.S.: *Informatsiino-telekomunikatsiini tekhnolohii v osviti (ITKT)* [Information and telecommunication technologies in education (ITKT)]. In: Kremen, V.H. (ed.) *Entsyklopediia osvity* [Encyclopedia of Education], pp. 364–365, Yurinkom Inter, Kyiv (2008)

- [39] Husaruk, N.I.: Informatiini tehnolohii v navchanni khimii [Information technology in learning chemistry]. *Biolohiia i khimiia v shkoli* (5), 13–15 (2010)
- [40] Ivakhnenko, E.L., Margulis, E.D., Strizhak, A.E.: Uchebnaia igra [Training game]. In: Gritcenko, V.I., Dovgiallo, A.M., Savelev, A.I. (eds.) *Kompiuternaia tekhnologiia obuchenii: slovar-spravochnik* [Computer technology of education: a dictionary-guide], pp. 548–553, Naukova dumka, Kiev (1992)
- [41] Kiv, A.E., Merzlykin, O.V., Modlo, Y.O., Nechypurenko, P.P., Topolova, I.Y.: The overview of software for computer simulations in profile physics learning. *CTE Workshop Proceedings* 6, 352–362 (Mar 2019), <https://doi.org/10.55056/cte.396>
- [42] Komissarova, E.I., Margulis, E.D., Mikheeva, L.E., Soroko, V.N.: Individualizatsiia obuchenii [Personalisation of learning]. In: Gritcenko, V.I., Dovgiallo, A.M., Savelev, A.I. (eds.) *Kompiuternaia tekhnologiia obuchenii: slovar-spravochnik* [Computer technology of education: a dictionary-guide], pp. 214–217, Naukova dumka, Kiev (1992)
- [43] Kryva, M.V.: Formation of pupil’s creative personality in research activity (on the material of the natural subject). The thesis for the Degree of Candidate of Pedagogical Sciences in the speciality 13.00.09 – training theory, Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ternopil (2014), URL <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0414U003885>
- [44] Kunat, E.N., Sinitca, E.M.: Adaptivnaia obuchaiushchaia programma [The adaptive training program]. In: Gritcenko, V.I., Dovgiallo, A.M., Savelev, A.I. (eds.) *Kompiuternaia tekhnologiia obuchenii: slovar-spravochnik* [Computer technology of education: a dictionary-guide], p. 70, Naukova dumka, Kiev (1992)
- [45] Lancashire, R.J.: Project Wonderland at the Chemistry Department, UWI-Mona (2018), URL <http://wwwchem.uwimona.edu.jm/WL/>
- [46] Lewis, S.: Using ICT to enhance teaching and learning in chemistry. Royal Society of Chemistry, London (2004)
- [47] Lexico.com: WIKI | Meaning & Definition for UK English (2021), URL <https://www.lexico.com/definition/wiki>
- [48] Likarchuk, A.: Osnovni aspekty suchasnykh pedahohichnykh tehnolohii [Key aspects of modern educational technologies]. *Biolohiia i khimiia v shkoli* (2), 26–28 (2008)
- [49] Lobanov, I.I.: Adaptivnost systemy obuchenii [Adaptivity of learning system]. In: Gritcenko, V.I., Dovgiallo, A.M., Savelev, A.I. (eds.) *Kompiuternaia tekhnologiia obuchenii: slovar-spravochnik* [Computer technology of education: a dictionary-guide], p. 71, Naukova dumka, Kiev (1992)
- [50] Lozova, V.I.: Samostiina robota [Independent work]. In: Kremen, V.H. (ed.) *Entsyklopediia osvity* [Encyclopedia of Education], pp. 803–804, Yurinkom Inter, Kyiv (2008)
- [51] Maksymenko, S.: Psykholohichniy suprovid profilnoho navchannia: teoretychni osnovy. *Dyrektor shkoly, litseiu, himnazii* (5/6), 27–33 (2005)
- [52] Melnychenko, V.: Dystantsiine navchannia [Distance learning]. *Dyrektor shkoly, litseiu, himnazii* (5), 49–52 (2010)

- [53] Mindeeva, E.O.: Organizatsiia uchebno-issledovatel'skoi deiatel'nosti po geografii uchashchikhsia profilnoi shkoly. Dis. ... kandidata pedagogicheskikh nauk : 13.00.02 – teoriia i metodika obuchenii i vospitaniia (geografiia, uroven obshchego obrazovaniia), Rossiiskii gosudarstvennyi pedagogicheskii universitet im. A. I. Gertsena, Sankt-Peterburg (2010), URL https://new-disser.ru/_avtoreferats/01004892082.pdf
- [54] Ministry of Education and Science of Ukraine: Concept of profile education in high school (2013), URL <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1456729-13#Text>
- [55] Ministry of Education and Science of Ukraine: Regulations on distance learning (2013), URL <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0703-13#Text>
- [56] Ministry of Education and Science of Ukraine: Changes to the Regulation on Distance Learning (2015), URL <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0923-15>
- [57] Model Science Software: Model ChemLab (2021), URL <https://modelscience.com/products.html>
- [58] Moroz, O.: Model. In: Filosofskiy entsyklopedychnyi slovnyk [Encyclopedic Dictionary of Philosophy], p. 391, Abrys, Kyiv (2002), URL https://archive.org/details/filosofskiy_entsyklop/page/390/mode/2up
- [59] Morozov, M.N., Tanakov, A.I., Gerasimov, A.V., Bystrov, D.A., Tcvirko, V.E., Dorofeev, M.: Razrabotka virtualnoi khimicheskoi laboratorii dlia shkol'nogo obrazovaniia [Development of virtual chemistry lab for school education]. Educational Technology & Society **7**(3), 155–164 (2004), URL <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-virtualnoy-himicheskoy-laboratorii-dlya-shkol'nogo-obrazovaniya>
- [60] Nechypurenko, P.: The system of research competencies of high school students at chemistry profile learning. Bulletin of the Cherkasy Bohdan Khmelnytsky National University. Series “Pedagogical Sciences” (7) (Jun 2017), URL <https://ped-ejournal.cdu.edu.ua/article/view/1600>
- [61] Nechypurenko, P., Selivanova, T., Chernova, M.: Using the Cloud-Oriented Virtual Chemical Laboratory VLab in Teaching the Solution of Experimental Problems in Chemistry of 9th Grade Students. In: Ermolayev, V., Mallet, F., Yakovyna, V., Kharchenko, V.S., Kobets, V., Kornilowicz, A., Kravtsov, H., Nikitchenko, M.S., Semerikov, S., Spivakovsky, A. (eds.) Proceedings of the 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume II: Workshops, Kherson, Ukraine, June 12-15, 2019, CEUR Workshop Proceedings, vol. 2393, pp. 968–983, CEUR-WS.org (2019), URL http://ceur-ws.org/Vol-2393/paper_329.pdf
- [62] Nechypurenko, P., Selivanova, T., Chernova, M., Evangelist, O., Modlo, Y., Soloviev, V.: Using the Virtual Chemical Laboratories in Teaching the Solution of Experimental Problems in Chemistry of 9th Grade Students While Studying the Topic “Solutions”. In: Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology - Volume 1: AET, pp. 319–335,

- INSTICC, SciTePress (2022), ISBN 978-989-758-558-6, <https://doi.org/10.5220/0010924100003364>
- [63] Nechypurenko, P., Semerikov, S.: VlabEmbed - the New Plugin Moodle for the Chemistry Education. In: Ermolayev, V., Bassiliades, N., Fill, H., Yakovyna, V., Mayr, H.C., Kharchenko, V.S., Peschanenko, V.S., Shyshkina, M., Nikitchenko, M.S., Spivakovsky, A. (eds.) Proceedings of the 13th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, ICTERI 2017, Kyiv, Ukraine, May 15-18, 2017, CEUR Workshop Proceedings, vol. 1844, pp. 319–326, CEUR-WS.org (2017), URL <http://ceur-ws.org/Vol-1844/10000319.pdf>
- [64] Nechypurenko, P.P.: Rozvytok doslidnytskykh kompetentnosti uchniv u profilnomu navchanni khimii. In: Radkevych, V.O., Petrenko, L.M. (eds.) Rozvytok doslidnytskoi kompetentnosti molodykh naukovtsiv u konteksti harmonizatsii system pidhotovky Ph. D. v YeS : materialy II Vseukrainskoho naukovo-praktychnoho seminaru, Kyiv, 30 sichnia 2016 r., pp. 63–66, Kyiv (2016), URL <https://tinyurl.com/dpffcv5f>
- [65] Nechypurenko, P.P.: Teaching and research activities of students in chemistry profile school as a means of formation of research competencies. *New computer technology* **14**, 135–136 (Jun 2016), <https://doi.org/10.55056/nocote.v14i0.528>
- [66] Nechypurenko, P.P., Semerikov, S.O., Tomilina, L.I.: Theoretical and methodical foundations of using ICT as a tools of forming the senior pupils' research competencies in the chemistry profile learning. *Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih* (2018), URL https://books.google.nl/books?id=_ntIDwAAQBAJ
- [67] Nentwig, J., Kreuder, M., Morgenstern, K.: *Lehrprogramm Chemie I*. Wiley-VCH, 6 edn. (2008)
- [68] Ostroverkhova, N.M.: *Analiz uroku : kontseptsii, metodyky, tekhnolohii*. INKOS, Kyiv (2003)
- [69] Otto, M., Wegscheider, W.: New trends in teaching Analytical Chemistry: How to present COBAC (Computer Based Analytical Chemistry). *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry* **337**(2), 238–240 (Jan 1990), ISSN 1432-1130, <https://doi.org/10.1007/BF00322405>
- [70] Pak, M.S.: *Didaktika khimii*. TRIO, Sankt-Peterburg, 2 edn. (2012), URL <https://mspak.herzen.spb.ru/wp-content/uploads/2013/12/dh.pdf>
- [71] Pak, M.S., Toletova, M.K.: *Testirovanie v upravlenii kachestvom khimicheskogo obrazovaniia*. Izdatelstvo RGPU im. A. I. Gercena, Sankt-Peterburg (2002), URL <https://mspak.herzen.spb.ru/wp-content/uploads/2013/12/t.pdf>
- [72] Peishoff, C.E.: Computer-assisted mechanistic evaluation of organic reactions (CAMEO). Ph.D. thesis, Purdue University (1984), URL <https://docs.lib.purdue.edu/dissertations/AAI8500427/>
- [73] Petrushin, V.A.: Ekspertnaia obuchaiushchaia sistema [Expert Training System]. In: Gritcenko, V.I., Dovgiallo, A.M., Savelev, A.I. (eds.) *Kompi-*

- uternaia tekhnologiia obuchenii: slovar-spravochnik [Computer technology of education: a dictionary-guide], pp. 602–605, Naukova dumka, Kiev (1992)
- [74] Pidkasisty, P.I. (ed.): *Pedagogy. Ped. obshchestvo Rossii*, Moscow, 3 edn. (1998)
- [75] President of Ukraine: National Strategy for Development of Education in Ukraine for the period till 2021 (2013), URL <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/344/2013>
- [76] Rakov, S., Gorokh, V., Osenkov, K.: Mathematics, computer mathematical systems, creativity, art. pp. 253–279, IGI Global (2009), <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-352-4.ch015>
- [77] Robinson, J.: Virtual laboratories as a teaching environment: A tangible solution or a passing novelty? In: 3rd Annual CM316 Conference on Multimedia Systems, based at Southampton University (2003), URL <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.11.6522&rep=rep1&type=pdf>
- [78] Rudenko, V.D.: Informatsiine suspilstvo [Information society]. In: Kremen, V.H. (ed.) *Entsyklopediia osvity* [Encyclopedia of Education], pp. 363–364, Yurinkom Inter, Kyiv (2008)
- [79] Sakhno, T., Dzhurka, H., Pustovit, S.: Internet – dzherelo khimichnoi informatsii [Internet – a source of chemical information]. *Biolohiia i khimiia v shkoli* (3), 19 (2002)
- [80] Salmento, H., Murtonen, M., Kiley, M.: Understanding Teacher Education Students' Research Competence Through Their Conceptions of Theory. *Frontiers in Education* **6** (2021), ISSN 2504-284X, <https://doi.org/10.3389/educ.2021.763803>
- [81] Sanger, M.J., Brincks, E.L., Phelps, A.J., Pak, M.S., Lyovkin, A.N.: A comparison of secondary chemistry courses and chemistry teacher preparation programs in Iowa and Saint Petersburg, Russia. *Journal of Chemical Education* **78**(9), 1275 – 1280 (2001), <https://doi.org/10.1021/ed078p1275>
- [82] Semerikov, S.O., Teplytskyi, I.O., Yechkalo, Y.V., Kiv, A.E.: Computer Simulation of Neural Networks Using Spreadsheets: The Dawn of the Age of Camelot. In: Kiv, A.E., Soloviev, V.N. (eds.) *Proceedings of the 1st International Workshop on Augmented Reality in Education*, Kryvyi Rih, Ukraine, October 2, 2018, CEUR Workshop Proceedings, vol. 2257, pp. 122–147, CEUR-WS.org (2018), URL <http://ceur-ws.org/Vol-2257/paper14.pdf>
- [83] Settle, F.A.: The application of expert systems in the general chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education* **64**(4), 340–345 (1987), <https://doi.org/10.1021/ed064p340>
- [84] Simpson, P.: *Basic Concepts in Organic Chemistry: A programmed learning approach*. Chapman & Hall, London (1994)
- [85] Teplytskyi, I.O.: *Rozvytok tvorchykh zdbnostei shkolariv zasobamy kompiuternoho modeliuвання* [Development of pupils' creative capacities by means of computer simulation]. The thesis for the degree of candidate of pedagogical sciences on speciality 13.00.02 – theory and methods of teaching informatics, Kryvyi Rih State Pedagogical University (2000), <https://doi.org/10.31812/0564/1599>

- [86] Tkachuk, V., Yechkalo, Y.V., Semerikov, S., Kislova, M., Khotskina, V.: Exploring Student Uses of Mobile Technologies in University Classrooms: Audience Response Systems and Development of Multimedia. In: Sokolov, O., Zholtkevych, G., Yakovyna, V., Tarasich, Y., Kharchenko, V., Kobets, V., Burov, O., Semerikov, S., Kravtsov, H. (eds.) Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume II: Workshops, Kharkiv, Ukraine, October 06-10, 2020, CEUR Workshop Proceedings, vol. 2732, pp. 1217–1232, CEUR-WS.org (2020), URL <http://ceur-ws.org/Vol-2732/20201217.pdf>
- [87] Tumasheva, O.V., Shashkina, M.B., Shkerina, L.V., Valkova, Y.E.: Elective courses for training the mathematics teachers to realise STEM approach. Journal of Physics: Conference Series **1691**(1), 012225 (nov 2020), <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1691/1/012225>
- [88] Velychko, L., Fitsailo, S.: Instruktyvno-metodychni rekomendatsii shchodo vyvchennia khimii u 2010/2011 navchalnomu rotsi [Instructions and guidelines for the study of chemistry in the 2010/2011 academic year]. Biolohiia i khimiiia v shkoli [Biology and chemistry at school] (5), 7–10 (2010)
- [89] Verbytskyi, V.V.: Doslidnytska kompetentnist starshoklasnykiv yak zasib formuvannia osobystosti. In: Sukhomlynska, O.V., Bekh, I.D., Pustovit, H.P., Melnyk, O.V. (eds.) Suchasnyi vykhovnyi protses: sutnist ta innovatsiinyi potentsial Materialy zvit. nauk.-prakt. konf. In-tu problem vykhovannia NAPN Ukrainy za 2011 rik, vol. 2, pp. 44–47, Typovit, Ivano-Frankivsk (2012), URL <https://lib.iitta.gov.ua/4453/>
- [90] Voronkin, O.S.: Osnovy vykorystannia informatsiino-kompiuternykh tekhnolohii v suchasni vyshchii shkoli. LDIKM, Luhansk (2011), URL <http://tdo.at.ua/voronkin/ikt.pdf>
- [91] Waight, N., Gillmeister, K.: Teachers and Students' Conceptions of Computer-Based Models in the Context of High School Chemistry: Elicitations at the Pre-intervention Stage. Research in Science Education **44**(2), 335–361 (Apr 2014), ISSN 1573-1898, <https://doi.org/10.1007/s11165-013-9385-7>
- [92] Zhaldak, M.I.: Problemy informatyzatsii navchalnoho protsesu v serednikh i vyshchykh navchalnykh zakladakh [Problems of informatization of educational process in secondary and higher education]. Kompiuter v shkoli ta simi (3), 8–15 (2013), URL https://ktoi.fi.npu.edu.ua/images/files/problemy_informatuzazii_navchalnogo_procesu.pdf
- [93] Zhuk, Y.O.: Zasoby navchannia [Learning tools]. In: Kremen, V.H. (ed.) Entsyklopediia osvity [Encyclopedia of Education], pp. 359–360, Yurinkom Inter, Kyiv, 2 edn. (2021), URL <https://lib.iitta.gov.ua/731245/>
- [94] Zolotov, I.A., Vershinin, V.I.: Istoriia i metodologiia analiticheskoi khimii [History and methodology of analytical chemistry]. Akademiia, Moscow, 2 edn. (2008)