

УДК 37:54:504(08)

Ількевич Н. С.

Житомирський державний університет імені Івана Франка, Житомир, Україна

ORCID ID 0000-0003-0999-2299

### ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРІЙ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ БІОХІМІЇ СТУДЕНТАМИ ПРИРОДНИЧОГО ФАКУЛЬТЕТУ

DOI 10.14308/ite000746

Курс біохімії є однією з базових наукових дисциплін, що вивчають студенти хіміко-біологічних спеціальностей педагогічних закладів вищої освіти. Його значення для методичної підготовки вчителів зростає у зв'язку зі збільшенням обсягу біохімічного змісту в шкільних курсах органічної хімії та загальної біології. Метою статті є опис та аналіз можливостей віртуальних лабораторій, що можна застосовувати під час вивчення дисципліни «Біохімія» студентами природничих факультетів. Наведено переваги та недоліки використання подібних сервісів, особливості, перспективи та приклади їх використання. Серед великої кількості віртуальних лабораторних, доступних користувачам Інтернету, обрані: STAR (Software Tools for Academics and Researchers) – програма Массачусетського технологічного інституту, Wolfram Demonstrations Project, The ChemCollective та Virtual Labs. Вибір найбільш придатних для використання сервісів ґрунтувався на таких вимогах: безкоштовність, відсутність реєстрації, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, можливість використання на будь-якому комп'ютері, підключеному до мережі Інтернет. Можливості комп'ютерної анімації дозволяють студенту сформулювати наочний зоровий образ просторової структури складних природних сполук. Обрані віртуальні лабораторії містять матеріал, необхідний для підготовки до лабораторних занять, демонстраційні ролики на YouTube а також методичні вказівки до виконання лабораторних робіт і матеріали, які можна використовувати для підготовки доповідей, презентацій, у самостійній та дистанційній роботі та під час опанування складних для розуміння біохімічних процесів і явищ. Для перевірки та оцінки якості знань студентів після опанування лабораторного практикуму із залученням віртуальних лабораторій проведено тестування. За результатами виконання завдань кількість студентів із високим рівнем засвоєння матеріалу збільшилася з 10 до 14%, а кількість студентів, які за виконання тестів отримали оцінки більше 74 балів – з 54 до 78%. Використання віртуальних лабораторій дозволяє значно підвищити якість навчання.

**Ключові слова:** віртуальні лабораторії, інформаційні технології, вивчення біохімії, університет

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Курс біохімії є однією з базових наукових дисциплін, що вивчають студенти хіміко-біологічних спеціальностей педагогічних закладів вищої освіти. Його значення для методичної підготовки вчителів зростає у зв'язку зі збільшенням обсягу біохімічного змісту в шкільних курсах органічної хімії та загальної біології [1]. Біохімія необхідна для формування уявлення про закономірності розвитку і функціонування організму та займає особливе місце в системі підготовки майбутніх хіміків, біологів та екологів [1, 2]. Однак, в умовах сучасної освіти очевидна тенденція до зниження ролі і значущості глибокого вивчення фундаментальних дисциплін. Наприклад, час, що відводиться на вивчення біохімії, а також матеріальне забезпечення лабораторних робіт явно перестає бути адекватним.

Традиційні методи освіти на цей час активно доповнюються новими методами навчання, заснованими на використанні інформаційно-комунікаційних засобів [3-5]. Особливого значення набуває використання ІКТ у викладанні фундаментальних дисциплін, найбільш складних для студентів. Упровадження інформаційних технологій у навчання – це об'єктивний та неминучий процес, що є результатом науково-технічного прогресу, саме тому проблема віртуалізації навчання шляхом використання віртуальних лабораторій є дійсно актуальною [6].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор.** Розвиток глобальної комп'ютерної мережі Інтернет відкрив нові



перспективи вдосконалення освітньої системи. Повсюдно традиційні методи освіти активно доповнюються новими методами навчання, заснованими на використанні комп'ютерних мереж і телекомунікаційних засобів [7-9].

У роботі Bonde M. [10] зазначено, що традиційні методи навчання домінують у науковій освіті, проте нові IT-засновані підходи сприяють підвищенню рівня умінь у студентів і мотивують їх продовжувати навчання в цій області. Можливості використання класичних лабораторних практикумів обмежені багатьма практичними перешкодами, такими як вартість, безпека і час, що робить особливо привабливим та перспективним використання віртуальних лабораторій. У цьому дослідженні показано підвищення результатів навчання на 76% з використанням ігрової лабораторії імітації (Labster, <https://www.labster.com>) в порівнянні з традиційним навчанням. Відповідно до висновків Якушкіна А.А. та ін. [11-14], сучасні інформаційні технології, доступ до комп'ютера та Інтернету дозволяють значно поліпшити якість викладання біохімії та підготовку студентів. Аналіз робіт дозволяє визначити, що розвиток віртуального лабораторного практикуму відбувається в основному за двома напрямками – так звані віртуальні симулятори і дистанційно виконувані лабораторні роботи. При цьому виникають цілком обґрунтовані сумніви щодо доцільності підміни реального експерименту, який є унікальним специфічним засобом навчання та викликає непідробний інтерес студентів, віртуальним. У зв'язку з цим автори дотримуються думки, що в аудиторії віртуальний експеримент виправданий лише за відсутності необхідних реактивів та обладнання або неможливості дотримання правил техніки безпеки. Також вказано, що найбільш ефективним способом використання віртуальних хімічних лабораторій є підтримка самостійної роботи студента та підготовка до виконання лабораторних робіт.

Згідно з визначенням О. В. Трухіна, віртуальна лабораторія являє собою програмно-апаратний комплекс, який дає змогу проводити досліди без наявності реальної установки [15]. Бученко І. В. вважає [16], що це засіб, який «істотно дозволяє скоротити час на розробку методичних матеріалів і приділити основну увагу методам досліджуваної теорії та аналізу одержуваних результатів». Огляд літератури допомагає навести низку переваг використання віртуальних лабораторій [16, 17]: ефективне засвоєння знань із використанням методів самонавчання та самоконтролю; наочна ілюстрація законів та явищ, що вивчаються, особливо, якщо йдеться про явища мікросвіту; повна безпека під час отримання практичних навичок; відсутність потреби у вартісному обладнанні, реактивах та робочому місці; можливість зупинити експеримент на будь-якому етапі, щоб краще зрозуміти процес; можливість досліджень дуже складних біологічних систем; набуття досвіду поведінки у нестандартних і проблемних ситуаціях; можливість використання у самостійній роботі, дистанційному навчанні та для актуалізації отриманих знань; наочність, зберігання великих обсягів інформації різного типу, поєднання переваг хорошого підручника з можливостями комп'ютера; творче моделювання реальних процесів, освоєння умінь вести записи спостережень, складати звіти та інтерпретувати отримані дані в лабораторному журналі.

Не слід забувати, що існують ситуації, коли реальний експеримент має суттєві переваги перед віртуальним: роботи, які потребують формування процедури навичок [15]; навчання методом спроб та помилок; отримання та виправлення реальних помилок вимірювань та пояснення розбіжностей між теорією та експериментом; використання високовартісних програм для віртуальних експериментів не виправдане в якості заміни примітивного лабораторного обладнання.

Як показує аналіз наявної літератури, потенціал електронного освітнього простору в галузі викладання біохімії мало освоєний, незважаючи на його можливості. Використання сучасних інтерактивних інформаційних технологій дозволить не тільки підвищити інтерес студентів до вивчення біохімії, а й істотно змінити позицію учнів, зробивши їх реальними суб'єктами свого професійного становлення.

**Опис проведеного експерименту та аналіз результатів.** Мета дослідження – аналіз можливостей віртуальних лабораторій та перевірка їх ефективності як засобу підтримки навчально-дослідницької діяльності під час вивчення дисципліни «Біохімія» студентами природничого факультету. Відповідно до мети дослідження були поставлені такі завдання:

- 1) На основі аналізу педагогічної та науково-методичної літератури визначити перспективи та особливості використання віртуальних лабораторій під час вивчення курсу «Біохімія».
- 2) Схарактеризувати можливості віртуальних лабораторій в освітньому процесі.

3) З'ясувати переваги та недоліки використання віртуальних лабораторій як засобу підтримки навчально-дослідницької діяльності.

4) Оцінити ефективність застосування віртуальних лабораторій в освітньому процесі.

Методологічною основою дослідження є концепція інформатизації освіти, дослідження в галузі використання інформаційних технологій в освітньому процесі та принцип інтерактивності, що полягає в організації такої взаємодії користувача з віртуальною лабораторією, за якої комп'ютер має бути інтелектуальним помічником.

Курс «Біохімія» вивчають студенти спеціальності Середня освіта (Біологія та хімія) на II курсі протягом двох семестрів. На вивчення освітньої компоненти відведено 240 годин (8 кредитів), поділених на три модулі:

Модуль I. Біохімічні компоненти клітини, їх структура, властивості та функції. Розрахований на 120 годин, з них 18 лекцій та 28 лабораторних. На індивідуальну роботу відведено 14 годин. Передбачено розгляд інформації щодо структури та функцій білків, пептидів, ферментів, нуклеїнових кислот, вуглеводів, ліпідів, вітамінів та гормонів, тобто статичної біохімії.

Модуль II. Загальне поняття про обмін речовин та енергії в організмі. Обмін вуглеводів. Обмін білків та нуклеїнових кислот. Загальна кількість годин – 60, з них 10 – лекцій та 24 – лабораторних робіт. На виконання індивідуальних завдань – 9 годин.

Модуль III. Метаболізм ліпідів та жирних кислот. Водний і мінеральний обмін. Обмін речовин як єдина система біохімічних процесів. Основні аспекти регуляції метаболізму. Загальна кількість годин – 60, з них 4 – лекцій, 18 – лабораторних робіт, 6 годин – на індивідуальні завдання.

Для здійснення поточного контролю кожний студент проходить тестування з тем курсу: біохімія білків, біохімія вуглеводів, обмін вуглеводів, гормони, ферменти, вітаміни, обмін білків, біохімія нуклеїнових кислот, обмін нуклеїнових кислот, біохімія ліпідів, обмін ліпідів, водно-сольовий обмін. Віртуальні лабораторні роботи задіяні передусім під час вивчення тем, недостатньо представлених у лекційному курсі, меншою мірою охоплених лабораторними роботами, або тем, для яких передбачене виконання індивідуальних завдань.

Традиційний спосіб викладання біологічної хімії передбачає наявність лабораторного практикуму. При цьому студенти, як правило, після ознайомлення з теоретичним матеріалом з теми заняття самостійно або під керівництвом викладача виконують лабораторну роботу, отримуючи практичні навички. Однак стрімкий розвиток біохімії, що відбувається в останні десятиліття, призводить до розмивання зв'язку між практичною складовою курсу та його теоретичним змістом. Стандартний академічний підхід до лабораторного практикуму, прийнятий у класичну університетську освіту XX століття, має на увазі, що студент повинен перед початком роботи представити написаний власноручно протокол і план виконання роботи, який індивідуально обговорюється з викладачем. Студент відповідає на питання, які повинні продемонструвати, що він розуміє мету та зміст роботи і всі подальші дії буде виконувати осмислено. Після цього студента викладач допускає до її виконання, а після закінчення захищає протокол роботи, обґрунтовуючи отримані результати і зроблені висновки.

Оскільки біохімію викладають студентам молодших курсів, використання віртуальних експериментів доцільне перед безпосередньою роботою в лабораторії для ознайомлення з технікою виконання експериментів, хімічним посудом та обладнанням. Це дозволяє студентам краще підготуватися до проведення цих чи подібних дослідів у реальній хімічній лабораторії. Використання комп'ютерних моделей стимулює студентів експериментувати та отримувати задоволення від власних відкриттів.

Лабораторні роботи проводять у віртуальній лабораторії, яка включає необхідне хімічне обладнання (пробірки, колби, штативи та ін.) і хімічні реактиви. Склад хімічного обладнання і хімічних реактивів, наданих студентам, визначається відповідно до теми роботи. Під віртуальними лабораторіями розумітимемо два типи програмно-апаратних комплексів: лабораторну установку з віддаленим доступом – назовемо такі комплекси «дистанційні лабораторії»; програмне забезпечення, що дозволяє моделювати лабораторні досліди – віртуальні лабораторії (у вузькому сенсі).

Використано кілька прийомів «вбудовування» віртуальних лабораторних робіт із біохімії в освітній процес ЗВО:

1. Для реалізації активних та інтерактивних форм навчання. У цьому випадку віртуальна лабораторна робота заміняє традиційний демонстраційний експеримент, що особливо зручно під час проведення лекційних занять у дистанційній формі. Наприклад, у такий спосіб під час розгляду теми

«Методи дослідження в біохімії» використані віртуальні лабораторні роботи Isolation of Plant Pigments by Column Chromatography та Agarose Gel Electrophoresis (AGE) – <https://vlab.amrita.edu/index.php?sub=3&brch=77>.

2. Для закріплення знань та умінь як в аудиторній, так і в самостійній роботі.

3. Підготовка студентів до виконання лабораторних робіт. Студенти, по-перше, відпрацьовують уміння вирішення розрахункових завдань, по-друге, закріплюють алгоритм і техніку виконання експерименту, по-третє, засвоюють закономірності протікання хімічних процесів (Quantitative Estimation of Amino Acids by Ninhydrin Qualitative Analysis of Amino Acid Estimation of Iodine Value of Fats and Oils Estimation of blood glucose by Glucose oxidase method – <https://vlab.amrita.edu/index.php?sub=3&brch=63>).

У наш час існує досить велика кількість віртуальних лабораторій, доступних користувачам Інтернету. Вибір серед них найбільш придатних для використання у викладанні біохімії ґрунтувався на таких вимогах: безкоштовність, відсутність реєстрації, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, можливість використання на будь-якому комп'ютері.

STAR (Software Tools for Academics and Researchers) – програма Массачусетського технологічного інституту (MIT) з розробки віртуальних лабораторій для проведення досліджень та навчання. Офіційний сайт програми: <http://star.mit.edu>. Найбільш зручний у використанні StarBiochem – 3D-візуалізатор молекул білків (рис. 1). Має гнучке і детальне налаштування, дозволяє візуалізувати будь-які молекули, що містяться у базі даних білків (PDB). Можливості комп'ютерної анімації дозволяють студенту сформуванню наочний зоровий образ просторової структури складних природних сполук. Комп'ютерне моделювання структури таких молекул вже зараз є одним з інструментів їх вивчення, дозволяє побачити молекулу під різними кутами зору, для більш детального опису виділити у структурі молекули окремі області кольором або в збільшеному масштабі. Це особливо допомагає в розумінні біохімічних процесів за участі молекул або комплексів, які не можна побачити. Програма дозволяє також представити елементи вторинної, третинної та четвертинної структури, а також структури складних білків.

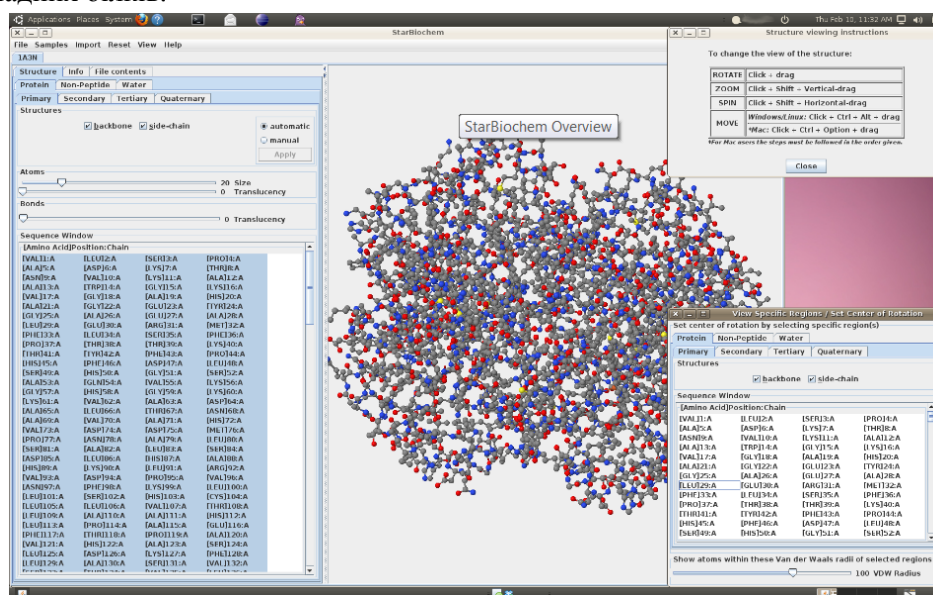


Рис. 1. Візуалізація молекули гемоглобіну в програмі StarBiochem (Version 2.1)

Wolfram Demonstrations Project <http://demonstrations.wolfram.com/>. Присвячений наочній демонстрації концепцій сучасної науки та техніки. Містить близько сотні візуалізацій лабораторних робіт та процесів з області біохімії. Матеріали, представлені в цьому проекті, є логічним доповненням лекційного курсу та дають можливість студентам ефективно готуватися до лабораторних робіт. Наприклад, робота Some Peptide Properties дозволяє дослідити залежність фізико-хімічних властивостей пептидів від їхньої первинної структури, що дуже важко зробити в межах традиційних лабораторних практикумів. Виконуючи цю роботу, студенти можуть самостійно задати будь-яку амінокислотну послідовність і відчути себе справжніми дослідниками.

Роботи DNA Base Pairing та Double Helix ілюструють принципи будови ДНК, Vitamin Explorer – містить основну інформацію про вітаміни, включаючи альтернативні назви, молярні маси,

двовимірні та тривимірні структурні схеми та фізико-хімічні характеристики. Робота Synergism and Antagonism забезпечує візуалізацію явищ синергізму та антагонізму, що виникають у процесі одночасного застосування двох протимікробних засобів, ліків або інших біологічно активних сполук. Glycolysis представляє спрощений опис гліколізу, послідовності реакцій, в яких глюкоза перетворюється на піруват. Дані з цих робіт можна використовувати також у мультимедійних лекціях та під час підготовки студентами презентацій. Велика частина робіт (Michaelis-Menten Enzyme Kinetics and the Steady-State Approximation, Light-Dependent Reactions in Photosynthesis, Saturation Binding of Ligands to Proteins Oxygen, Transport by Hemoglobin and Myoglobin та інші) мають за мету у спрощеному вигляді ілюструвати досить складні для розуміння біохімічні процеси та явища.

**The ChemCollective** – віртуальна лабораторія: <http://www.chemcollective.org/vlab/vlab.php>. Особливістю цієї лабораторії є те, що будь-які завдання відсутні, тобто передбачена свобода дій користувача. Наприклад, у роботі **Predicting DNA Concentration** студент самостійно досліджує реакцію між полінуклеотидними ланцюгами ДНК. Використовуючи наявні реактиви та посуд, необхідно приготувати розчин ДНК визначеної концентрації і пояснити процеси, що при цьому відбуваються.

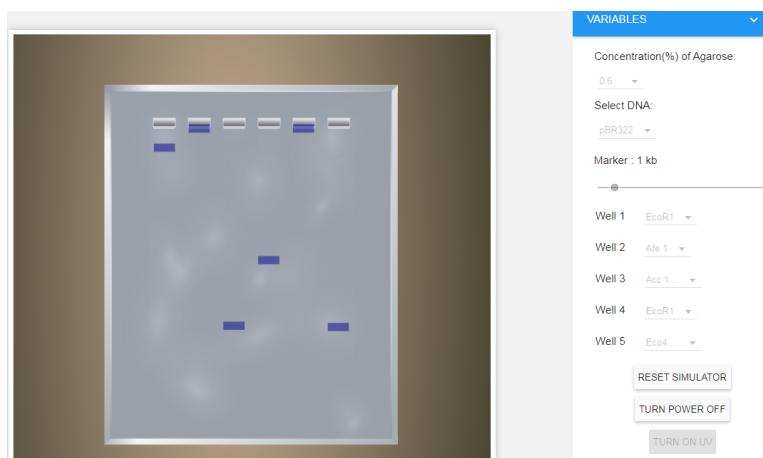


Рис. 2. Симуляція електрофорезу ДНК в агарозному гелі (робота Agarose Gel Electrophoresis)

**Virtual labs** <https://www.vlab.co.in>. Ресурс забезпечує віддалений доступ до лабораторій із багатьох наукових дисциплін. Студенти можуть користуватися різними інструментами для навчання, включаючи додаткові вебресурси, відеолекції, анімовані демонстрації та засоби самооцінки. Найбільш цікаві лабораторні роботи з біохімії та біоорганічної хімії: Isoelectric Precipitation of Proteins: Casein from Milk; Detection of Adulteration in Milk; Estimation of Iodine Value of Fats and Oils; Estimation of Blood Glucose by Glucose Oxidase Method; Estimation of Saponification Value of Fats/Oils; Qualitative Analysis of Amino Acid; Qualitative Analysis of Carbohydrates; Quantitative Estimation of Amino Acids by Ninhydrin; Agarose Gel Electrophoresis (AGE).

Усі роботи супроводжуються детальними покроковими інструкціями та підказками (рис. 2, 3), що дозволяє студентам виконувати їх самостійно. До того ж, програми інформують студента про допущені під час роботи помилки та дають можливість їх виправити. До деяких робіт додаються демонстраційні ролики на YouTube.

Для перевірки та оцінки якості знань студентів, які завершили вивчення дисципліни «Біохімія», проведено тестування. Тест містить 80% завдань I рівня складності (репродуктивний рівень – знати основні поняття та закономірності біологічної хімії; функції, будову, властивості хімічних речовин, що входять до складу живих організмів та беруть участь у процесах життєдіяльності; основні метаболічні шляхи) та 20% завдань II рівня складності (конструктивний рівень – уміти розв’язувати біохімічні задачі; записувати рівняння реакцій, що ілюструють хімічні властивості основних речовин організму та їх перетворення в процесах метаболізму; знати механізми дії ферментів, вітамінів, гормонів та інших біологічно активних речовин).

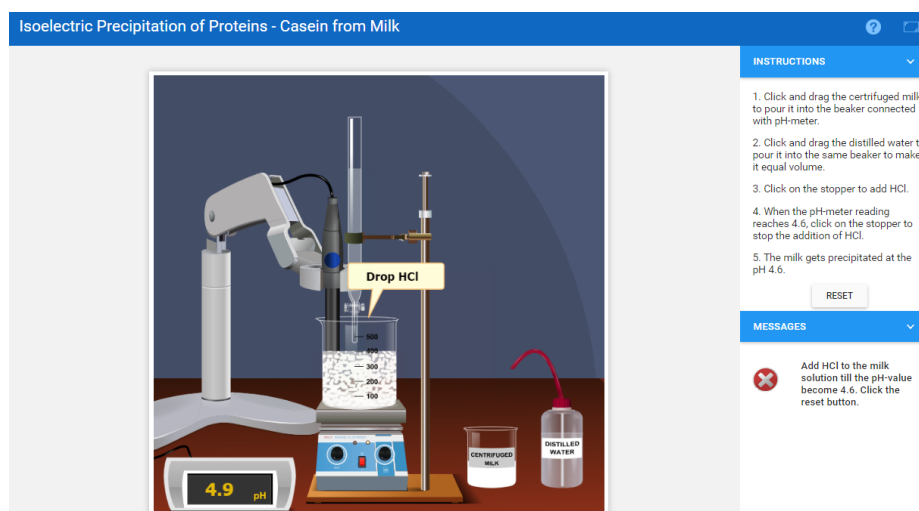


Рис. 3. Вікно віртуальної лабораторної роботи *Isoelectric Precipitation of Proteins: Casein from Milk* з алгоритмом виконання та підказками

Аналіз можливостей віртуальних лабораторій дозволяє зазначити, що порівняно з традиційними лабораторними роботами вони мають низку переваг:

1. Віртуальні лабораторні роботи безпечніші, тобто відсутній контакт із хімічними реактивами чи з обладнанням.
2. Вони універсальні, багатофункціональні та гнучкі, досить просто адаптуються до різних об'єктів.
3. Дають можливість здійснити експеримент, який у звичайних умовах неможливий або його проведення пов'язане з великими часовими та матеріальними витратами.
4. Використання персонального комп'ютера спрощує контроль не лише за виконанням, а й за підготовкою студента до проведення конкретної лабораторної роботи.
5. Студенти з високою успішністю можуть швидше засвоювати матеріал.
6. Графічні можливості дозволяють побачити багатовимірні процеси, які неможливо уявити (відобразити) реальними приладами або у двовимірному вигляді.

Незважаючи на ефективність та зручність використання, є і низка недоліків:

1. Нездатність допомогти у формуванні практичних навичок роботи з реактивами та обладнанням.
2. Неможливість здійснити реальні дослідження, а реальний експеримент – замінити комп'ютерним.
3. Практичні лабораторії дають студентам сенсорне та ситуативне розуміння, необхідне для роботи в реальних умовах, які віртуальне середовище не може відтворити.
4. Не для всіх тем можливо знайти придатні віртуальні лабораторні роботи. Неохопленими залишилися теми: «Катаболічні й анаболічні шляхи перетворення біоорганічних молекул: загальні риси та розбіжності», «АТФ-цикл і біоенергетика клітин», «Основні шляхи біосинтезу вуглеводів у рослин», «Вторинні шляхи катаболізму глюкози», «Білковий поліморфізм в популяціях різних видів і можливі механізми його підтримки», «Взаємозв'язок обміну білків, нуклеїнових кислот, вуглеводів і ліпідів».

**Експериментальна частина.** Розглянемо можливості застосування віртуальних лабораторій на прикладі теми №10 першого модулю (Механізм дії ферментів, кінетика ферментативних реакцій. Регуляція активності ферментів). Тема містить значну кількість матеріалу з хімічної кінетики, який, зазвичай, досить важко сприймають студенти-біологи. На розгляд матеріалу відведено 10 годин, з яких: 4 – на самостійну роботу, 2 – на індивідуальну, 4 – на лабораторні роботи. У межах розгляду теми передбачено виконання двох лабораторних робіт: 1. Визначення активності АсАТ і АлАТ сироватки крові. Вивчення активності амілази слини за методом Вольгемута. 2. Механізм дії ферментів. Визначення активності каталази за методом Баха. Кількісне визначення активності амілази сечі (діастази). Оскільки проведення лекційних занять із цієї теми не передбачено, підготовка до виконання лабораторних робіт і розгляд нового матеріалу починається з виконання індивідуальних завдань та завдань для самостійної роботи. Для ознайомлення з теорією студенти використовують навчально-методичний посібник з курсу «Біохімія». Під час самостійної роботи продовжується ведення термінологічного біохімічного словника в алфавітному, або в тематичному порядку.

Для виконання індивідуальної роботи кожному студенту I підгрупи (13 студентів) рекомендовано дібрати матеріал (ситуаційні та розрахункові задачі із запропонованих тем; цікаві

факти; історичні довідки) про механізм дії ферментів; регуляцію активності ферментів; медичне застосування ферментів. Ензимопатологію, ензимотерапію, ензимодіагностику; ферменти, які використовуються в генній інженерії. Студентам II та III підгруп (28 студентів) як індивідуальні завдання запропоновано дві віртуальні лабораторні роботи (рис. 4) (<https://vlab.amrita.edu/?sub=3&brch=64&sim=1090&cnt=1>, <https://vlab.amrita.edu/?sub=3&brch=77>): Effect of Substrate Concentration on Enzyme Kinetics, Effect of temperature on enzyme kinetics. Виконання кожної віртуальної лабораторної спочатку передбачає ознайомлення з теорією, порядком виконання роботи та тестовий самоконтроль (5–7 питань). Після виконання роботи для перевірки розуміння та рівня засвоєння матеріалу запропоновано кілька задач (вкладка Assignments). Роботу значно полегшує наявність необхідної літератури (Referense), передбачений також і зворотній зв'язок (Feedback) з можливістю залишати коментарі та пропозиції щодо змісту навчального матеріалу.

**Effect of Substrate Concentration on Enzyme Kinetics**

Theoretical background and materials:

- 0.5% starch solution- 0.5g starch soluble in 100ml deionised water.
- 1% starch solution- 1g of starch soluble in 100ml deionised water
- 2% starch solution- 2g of starch soluble in 100ml deionised water
- 3% starch solution- 3g of starch soluble in 100ml deionised water
- 4% starch solution- 4g of starch soluble in 100ml deionised water
- 5% starch solution- 5g of starch soluble in 100ml deionised water

2) **2N NaOH Solution:**  
8g NaOH in 100ml distilled water.

3) **DNS Solution:**  
1g of DNS is dissolved in 50ml of distilled water. 30g of sodium potassium tartarate tetrahydrate is added in small lots. The solution turns milky yellow in colour. Then 20ml of 2N NaOH is added, which turns the solution to transparent orange yellow colour. The final volume is raised to 100 ml with the distilled water. This solution is stored in an amber coloured bottle.

**Procedure**

1. Make different concentration of starch soluble (0.5%, 1%, 2%, 3%, 4% and 5%).
2. Take 12 clean and dry boiling tubes. Label tube as control "C" and Test "T" for each concentration. Add 0.5ml (500µl) of starch solution to all the tubes.
3. Preincubate the starch solutions of all concentrations and α amylase solutions for 10 minutes at 37°C.
4. Add 0.5ml (500µl) of α Amylase enzyme to the tubes labeled T of respective concentration.
5. Incubate all the tubes for at 37°C for 10 minutes
6. After incubation, Immediately add 2N NaOH to test tubes containing test solution and then to the test tubes containing control solution. Mix the solutions in each test tubes.
7. Pipette out 0.5ml (500µl) of α Amylase to the test tube containing control solutions. Mix the solutions well.
8. Add 1 ml of DNS reagent to all tubes. Mix the solutions in the test tubes well.
9. Keep in boiling water bath for 5 minutes at 100°C and cool it.
10. Dilute all the tubes by adding 9.5 ml of distilled water.
11. Mix the solutions in each test tubes by using vortex mixer.

Рис. 4. Робота з ресурсом <https://vlab.amrita.edu> (робота Effect of Substrate Concentration on Enzyme Kinetics)

Після проведення лабораторних робіт здійснюється поточний контроль знань за допомогою тестових завдань таких типів (всього 100 балів): тестові завдання з вибором однієї правильної відповіді: за кожне – 1 б., всього – 20 б.; на встановлення відповідності запропонованих наборів тверджень: за кожне – 4 б., всього – 20 б.; на розпізнавання та відтворення правильної відповіді по пам'яті: за кожне – 3 б., всього – 15 б.; на відтворення правильної відповіді (формулювання понять) по пам'яті: за кожне – 5 б., всього – 25 б.; завдання відкритого типу, що передбачають розгорнуту відповідь: всього – 20 б.. Перші 4 типи завдань (80%) роботи відповідають репродуктивному рівню засвоєння матеріалу, п'ятий тип відповідає конструктивному рівню (20%).

За результатами виконання завдань кількість студентів із високим рівнем засвоєння матеріалу збільшилася з 10 до 14%, а кількість студентів, які отримали за виконання тестів оцінки більше 74 балів, – з 54 до 78%. За допомогою критерію  $\chi^2$  (хі-квадрат) Пірсона була підтверджена статистична значимість відмінностей у рівнях (на рівні значимості 0,05) після закінчення експерименту. Відмінності мають закономірний характер, тобто використання віртуальних лабораторій сприяє ефективнішому засвоєнню матеріалу.

**Висновки.** Аналіз літературних джерел свідчать, що віртуальні лабораторії як наочний засіб навчання мають багато можливостей та великі перспективи для застосування в освітньому процесі, особливо під час самостійної роботи та підготовки до виконання лабораторних робіт. У процесі вивчення курсу «Біохімія» студентами природничого факультету віртуальні лабораторії використані в якості демонстраційного експерименту під час проведення лекцій у дистанційному режимі, для підготовки до виконання лабораторних робіт, а також під час виконання завдань для самостійної та індивідуальної робіт. Наведено основні переваги та недоліки використання віртуальних лабораторій, за допомогою тестового контролю оцінена ефективність їх застосування в освітньому процесі.

Отже, використання віртуальних лабораторій забезпечує цілісність та взаємозв'язок окремих компонентів освітнього процесу, формування професійних навичок майбутнього спеціаліста, збільшує мотивацію до навчання, сприяє залученню студентів до наукової роботи. У викладанні дисципліни

«Біохімія» раціонально поєднувати традиційні форми навчання із сучасними інформаційними технологіями. Використані віртуальні лабораторні практикуми містять матеріал, необхідний для підготовки до лабораторних занять, методичні вказівки при виконанні лабораторних робіт та забезпечують ефективне вивчення ключових тем. Це дозволяє підвищити якість навчання, сформувати у студентів необхідні компетенції та забезпечити підґрунтя для освоєння інших дисциплін.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ількевич, Н.С. (2021). Загальнопредметні компетенції у викладанні біохімії. *Актуальні питання сучасної науки та освіти (частина II): III матеріали Міжнародної науково-практичної конференції м. Львів, 10-11 червня 2021 року*. Львів : Львівський науковий форум, 70.
2. Паніхидіна, О. В. (2013). Використання віртуальних лабораторій під час викладання практичних занять. *Медсестринство*, 4, 35–36.
3. Дятлов, С. А., Толстопятенко, С. А. (2000). Інтернет-технології та дистанційна освіта. *Інформаційне суспільство*, 5, 29.
4. Князева, М. В. (2014). Сучасні погляди на процес викладання біохімії у вищій школі (за матеріалами FEBS Congress). *Медична хімія (Medical Chemistry)*, 16, 4, 121.
5. Afshar, M., Han, Z. (2014). Teaching and learning medical biochemistry: perspectives from a student and an educator. *Medical Science Education*, 24, 339–341.
6. Hofstein, A., Lunetta, V. N. (2003). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88 (1), 28–54.
7. Деркач, Т. М. (2008). Інформаційні технології у викладанні хімічних дисциплін : [навчально-методичний посібник для студентів вищих навчальних закладів]. Дніпропетровськ : Видавництво ДНУ.
8. Kornberg, A. (1997). The two cultures; chemistry and biology. *Biochemistry*, 6, 6888–6891.
9. Black, P. N. (2020) A revolution in biochemistry and molecular biology education informed by basic research to meet the demands of 21st century career paths 21st Century Biochemistry and Molecular Biology Education. [Electronic resource]. URL: <http://www.jbc.org>.
10. Bonde, M. (2015). Improving biotech education through gamified laboratory simulations. *FEBS Journal*, Berlin, Germany, vol. 282, Supplement, 328–360.
11. Якушкіна, А., Алексеєва, Є. (2005). Віртуальні лабораторії. *Питання інформатизації освіти*, 2, 7–36.
12. Михайлов, В. Ю., Гостев, В. М., Кугуракова, В. В. (2002). Віртуальна лабораторія як засіб забезпечення колективної науково-методичної роботи. *Праці XII міжнародної конференції «ІТО-2002»*. М. : Проспект, 167–169.
13. Гуріна, Н. А., Медведева, Н. А. (2007). Віртуальна інформаційно-освітня лабораторія як засіб розвитку самостійності. *Інформатика та освіта*, 3, 63–75.
14. Юрченко, А. О. Хворостіна, Ю. В. (2016). Віртуальна лабораторія як складова сучасного експерименту. *Науковий вісник ужгородського університету. серія «Педагогіка. Соціальна робота»*, 2 (39), 281–283.
15. Трухин, А. В. (2002). Об использовании виртуальных лабораторий в образовании. *Открытое и дистанционное образование*, 4 (8), 67–69.
16. Бученко, І. В. (1999). Комп'ютеризація навчання – свідчення професійної майстерності педагога. *Все для вчителя*, 2, 34–48.
17. Шмиголь, І. В. (2013). Формування загальнопредметних компетентностей у процесі викладання біохімії: Методичні рекомендації. Черкаси: ЧНУ імені Богдана Хмельницького.

#### REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Ilkevych, N. S. (2021). General subject competencies in teaching biochemistry. *Current issues of modern science and education (part II): III materials of the International scientific-practical conference*, Lviv, June 10-11, 2021. Lviv: Lviv Scientific Forum, 70.
2. Panikhidina, O. V. (2013). The use of virtual laboratories during the teaching of practical classes. *Nursing*, 4, 35–36.
3. Dyatlov, S. A., Tolstopyatenko S. A., (2000). Internet technologies and distance education. *Information Society*, 5, 29.
4. Knyazeva, M. V. (2014). Modern views on the process of teaching biochemistry in high school (according



to FEBS Congress). *Medical Chemistry*, 16, 4, 121.

5. Afshar, M., Han, Z. (2014). Teaching and learning medical biochemistry: perspectives from a student and an educator. *Medical Science Education*, 24, 339–341.

6. Hofstein, A., Lunetta, V. N. (2003). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88 (1), 28–54.

7. Derkach, T. M. (2008). Information technologies in the teaching of chemical disciplines: [educational and methodical manual for students of higher educational institutions]. Dnipropetrovsk: DNU Publishing House.

8. Kornberg, A. (1997). The two cultures; chemistry and biology. *Biochemistry*, 6, 6888–6891.

9. Black, P. N. (2020). A revolution in biochemistry and molecular biology education informed by basic research to meet the demands of 21st century career paths 21st Century Biochemistry and Molecular Biology Education [Electronic resource]. URL: <http://www.jbc.org>.

10. Bonde, M. (2015). Improving biotech education through gamified laboratory simulations. *FEBS Journal*, Berlin, Germany, 282, Supplement, 328–360.

11. Yakushkina, A., Alekseeva, E. (2005). Virtual laboratories. *Issues of informatization of education*, 2, 7–36.

12. Mikhailov, V. Yu., Gostev, V. M., Kugurakova, V. V. (2002). Virtual laboratory as a means of providing collective scientific and methodical work. *Proceedings of the XII International Conference "ITO-2002"*. M.: Проспект, 167–169.

13. Gurina, N. A., Medvedeva, N. A. (2007). Virtual information and educational laboratory as a means of developing independence. *Informatics and Education*, 3, 63–75.

14. Yurchenko, A.A., Khvorostina, Yu. V. (2016). Virtual laboratory as a component of modern experiment. *Scientific Bulletin of Uzhgorod University. Series "Pedagogy. Social work"*, 2 (39), 281–283.

15. Trukhin, A. V. (2002). On the use of virtual laboratories in education. *Open and distance education*, 4 (8), 67–69.

16. Buchenko, I. V. (1999). Computerization of education is a testament to the professional skills of a teacher. *Everything for the teacher*, 2, 34–48.

17. Shmigol, I. V. (2013). Formation of general subject competencies in the process of teaching biochemistry: Methodical recommendations. Cherkasy: Bohdan Khmelnytsky National University.

**Natalia Ilkevych**

**Ivan Franko Zhytomyr State University, Zhytomyr, Ukraine**

### **USE OF VIRTUAL LABORATORIES IN STUDY OF BIOCHEMISTRY BY STUDENTS OF NATURAL FACULTIES**

The biochemistry course is one of the basic scientific disciplines studied by students of the chemical and biological specialties of pedagogical universities. Its importance for the methodological training of teachers is growing due to the increase in the volume of biochemical content in school courses in organic chemistry and general biology. The purpose of the article is to describe and analyze the capabilities of virtual laboratories that can be used in the study of the discipline "Biochemistry" by students of natural faculties. The advantages and disadvantages of using such services, features, prospects and examples of their use are given. Among the large number of virtual labs available to Internet users STAR (Software Tools for Academics and Researchers) – a program of the Massachusetts Institute of Technology, Wolfram Demonstrations Project, The ChemCollective and Virtual Labs are selected. The choice of the most suitable services for use was based on the following requirements: free, no registration, an intuitive interface, the ability to use it on any computer connected to the Internet. The possibilities of computer animation allow the student to form a visual image of the spatial structure of complex natural compounds. Selected virtual laboratories contain material necessary to prepare for laboratory exercises, demonstration videos on YouTube, as well as guidelines for laboratory work and materials that can be used for preparing reports, presentations, in independent and remote work and while mastering complex biochemical processes and phenomena. To check and assess the knowledge of students after mastering the laboratory practice with the involvement of virtual laboratories for testing. According to the results of the assignments, the number of students with a high level of mastering the material increased from 10 to 14%, and the number of students who received marks of more than 74 points for completing the tests – from 54 to 78%. The use of virtual laboratories can significantly improve the quality of education.

**Key words:** virtual laboratories, information technologies, study of biochemistry, university.

Стаття надійшла до редакції 02.07.2021.

The article was received 02 July 2021.