

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 сформувати 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%. Отже, 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] зазначається, що традиційні методи навчання домінують у науковій освіті, проте нові ІТ-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% із використанням ігрової лабораторії імітації (Лабстер) в порівнянні з традиційним навчанням. Відповідно до висновків Якушкіна А. А. та ін. [11-13], сучасні інформаційні технології, доступ до комп'ютера та Інтернету дозволяють значно поліпшити якість викладання біохімії та підготовку студентів.

Згідно з визначенням О. В. Трухіна, віртуальна лабораторія являє собою програмно-апаратний комплекс, який дає змогу проводити досліди без наявності реальної установки [14]. Бученко І. В. вважає [15], що це засіб, який «істотно дозволяє скоротити час на розробку методичних матеріалів і приділити основну увагу методам досліджуваної теорії та аналізу одержуваних результатів». Аналіз літератури допомагає навести низку переваг використання віртуальних лабораторій [15, 16]:

- 1) ефективне засвоєння знань із використанням методів самонавчання та самоконтролю;
 - 2) наочна ілюстрація законів та явищ, що вивчаються, особливо, якщо йдеться про явища мікроміру;
 - 3) повна безпека під час отримання практичних навичок;
 - 4) відсутність потреби у вартісному обладнанні, реактивах та робочому місці;
 - 5) можливість зупинити експеримент на будь-якому етапі, щоб краще зрозуміти процес, що відбувається;
 - 6) можливість досліджень дуже складних біологічних систем;
 - 7) набуття досвіду поведінки у нестандартних і проблемних ситуаціях;
 - 8) можливість використання у самостійній роботі, дистанційному навчанні та для актуалізації отриманих знань;
 - 9) наочність, зберігання великих обсягів інформації різного типу, поєднання переваг хорошого підручника з можливостями комп'ютера;
 - 10) 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 [14];
 - навчання методом спроб та помилок;

- отримання та виправлення реальних помилок вимірювань та пояснення розбіжностей між теорією та експериментом;
- використання високоякісних 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. 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 ХХ 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 студент допускається викладачем 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. Отже, під віртуальними лабораторіями будемо розуміти два типи програмно-апаратних комплексів:

- лабораторну установку з віддаленим доступом – назовемо такі комплекси «дистанційні лабораторії»;
- програмне забезпечення, що дозволяє моделювати лабораторні дослідження – віртуальні лабораторії (у вузькому сенсі).

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 сформулювати наочний

зорює 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.

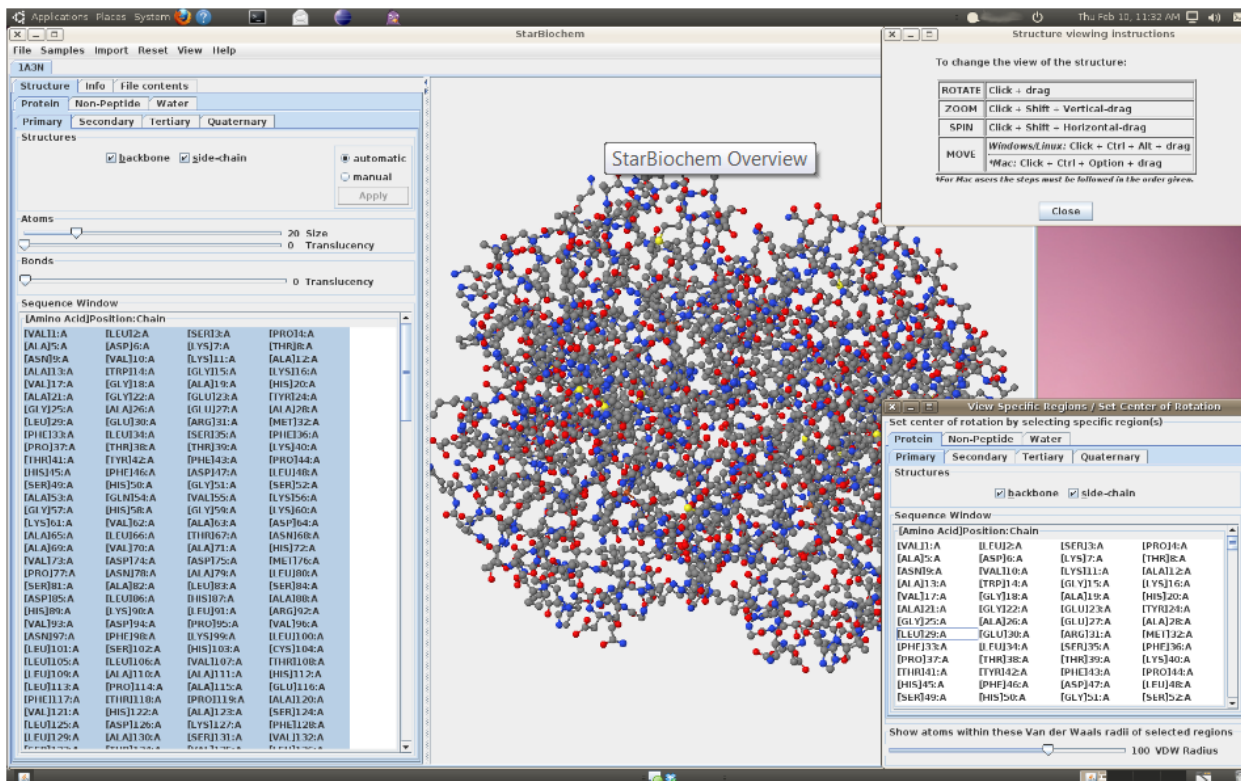


Рис. 1. Візуалізація молекули гемоглобіну в програмі StarBiochem (Version 2.1)

Wolfram Demonstrations Project <http://demonstrations.wolfram.com/>. Присвячений научній демонстрації концепцій сучасної науки та техніки. Містить близько сотні візуалізацій лабораторних робіт та процесів з області біохімії. Матеріали, представлені в цьому проєкті, 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 відчутти 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.

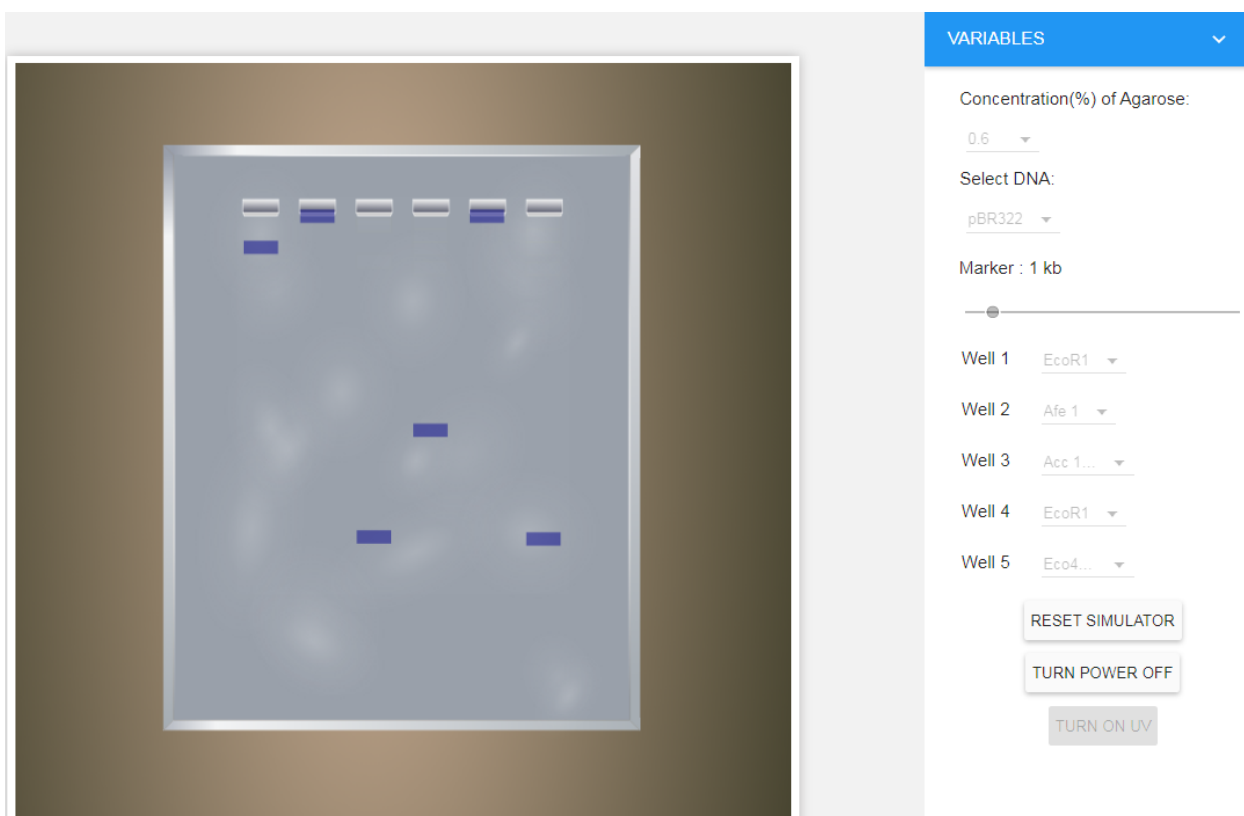


Рис. 2. Симуляція електрофорезу ДНК в агарозному гелі (робота Agarose Gel Electrophoresis)

Virtual labs <https://www.vlab.co.in>. Ресурс забезпечує віддалений доступ до лабораторій із багатьох наукових та технічних дисциплін. Студенти можуть користуватися різними інструментами для навчання, включаючи додаткові веб-ресурси, відеолекції, анімовані демонстрації та засоби самооцінки. Найбільш цікаві лабораторні роботи з біохімії та біоорганічної хімії наведені нижче:

- 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) (рис. 2)

Усі роботи супроводжуються детальними покроковими інструкціями та підказками (рис. 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 навчальної 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).

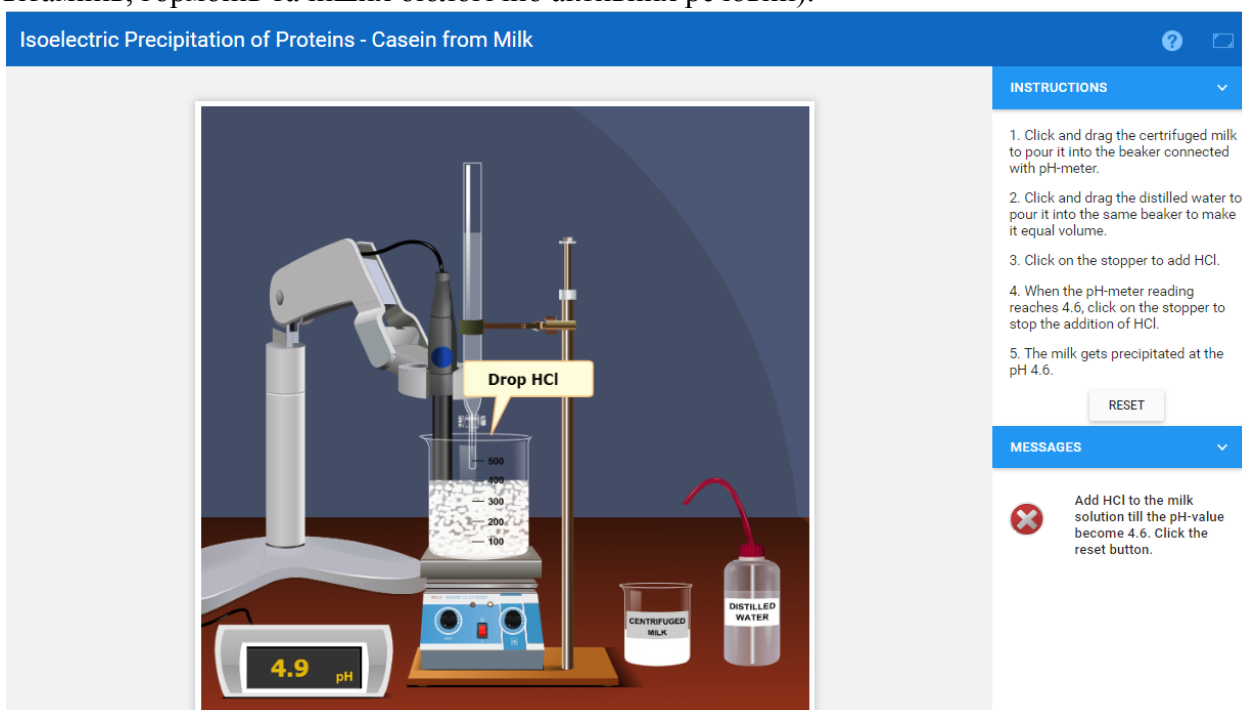


Рис. 3. Вікно віртуальної лабораторної роботи *Isoelectric Precipitation of Proteins: Casein from Milk* з алгоритмом виконання та підказками

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%.

Отже, використання віртуальних лабораторій під час вивчення біохімії, забезпечує цілісність та взаємозв'язок окремих компонентів освітнього процесу, формування професійних навичок майбутнього фахівця, 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 у процесі виконання 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. Паніхідіна, 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. А., Алексеева, Є. В., (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. Трухин, А. В. (2002). Об использовании виртуальных лабораторий в образовании. *Открытое и дистанционное образование*, 4 (8), 67–69.
15. Бученко, І. В. (1999). Комп'ютеризація навчання – свідчення професійної майстерності педагога. *Все для вчителя*, 2, 34–48.
16. 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. A., Alekseeva, E. V., (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. Trukhin, A. V. (2002). On the use of virtual laboratories in education. *Open and distance education*, 4 (8), 67–69.

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

16. 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%. Thus, 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.