

УДК 378.147.88

DOI: 10.31652/2786-5754-2022-2-56-67

Підгурська В.О.

здобувач вищої освіти ступеня магістр
Вінницький державний педагогічний університет
імені Михайла Коцюбинського
e-mail: pidgurskavo@gmail.com

Сакалова Г.В.

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри хімії та методики навчання хімії
Вінницький державний педагогічний університет
імені Михайла Коцюбинського
ORCID ID 0000-0002-9610-0967
e-mail: sakalovag@gmail.com

УДОСКОНАЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ З ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ ВІДПОВІДНО ДО УМОВ СЬОГОДЕННЯ

Мета статті полягає в аналізі особливостей проведення малого лабораторного практикуму як засобу вивчення курсу органічної хімії без використання реактивів, віднесених до переліку наркотичних засобів, психотропних речовин та прекурсорів.

У ході написання статті були використано такі методи наукового пошуку: аналіз, синтез, порівняння, узагальнення – для з'ясування стану розв'язання досліджуваної проблеми в теорії і методиці навчання хімії, визначення теоретичних основ дослідження, а також хімічний експеримент – для проведення експериментальних досліджень та доведення ефективності теоретичних припущень.

На основі аналізу наукових джерел визначено завдання, основні функції та вимоги до хімічного експерименту в процесі навчання органічної хімії. З'ясовано, що проблема застосування хімічного експерименту для вивчення основних положень будови органічних сполук, методів їх синтезу та властивостей потребують подальших досліджень щодо адаптування методики проведення дослідів до умов, за яких використання прекурсорів та токсичних речовин обмежено. Найбільшу увагу зосередили на методичних аспектах відтворення і опису дослідів окиснення органічних сполук, оскільки більшість таких дослідів необхідно було адаптувати до умов, за яких використання калій перманганату заборонено.

Результати проведених досліджень довели можливість адаптації методик малого лабораторного практикуму з органічної хімії до умов, за яких виключено використання прекурсорів і токсичних речовин. Як замінник розчину калій перманганату було використано розчини калій хромату та калій

дихромату і отримано позитивний результат. Напрацьовані рекомендації можна використовувати для досліджень і проведення лабораторних робіт у лабораторіях навчальних закладів.

Ключові слова: *органічна хімія, органічні сполуки, навчальний хімічний експеримент, прекурсори.*

Pidgurska V.O.

Master's degree

Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University

e-mail: pidgurskavo@gmail.com

Sakalova H.V.

Doctor of Technical Science, Professor,

Head of the Department of Chemistry and Methods of Chemistry Teaching,

Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University

ORCID ID 0000-0002-9610-0967

e-mail: sakalovag@gmail.com

IMPROVEMENT OF LABORATORY WORKSHOP DURING THE STUDY OF ORGANIC CHEMISTRY IN MODERN CONDITIONS

The purpose of the article is to analyze the features of conducting a small laboratory workshop as a means of studying the course of organic chemistry without the use of reagents included in the list of narcotic drugs, psychotropic substances and precursors.

During the writing of the article, such methods of scientific research as analysis, synthesis, comparison, generalization were used - to find out the state of solving the researched problem in the theory and methodology of teaching chemistry, to determine the theoretical foundations of the research, as well as a chemical experiment - to conduct experimental research and proving the effectiveness of theoretical assumptions.

Based on the analysis of literary sources, the tasks, main functions and requirements for a chemical experiment in the process of learning organic chemistry are determined. It has been found that the problem of using a chemical experiment to study the basic principles of the structure of organic compounds, methods of their synthesis and properties requires further research in order to adapt the methodology of conducting experiments to the conditions under which the use of precursors and toxic substances is limited. The greatest attention was focused on methodological aspects of reproduction and description of experiments on the oxidation of organic compounds, since most of such experiments had to be adapted to the conditions under which the use of potassium permanganate is prohibited.

The results of the conducted research showed the possibility of adapting the methods of a small laboratory workshop in organic chemistry to the conditions under

which the use of precursors and toxic substances is excluded. As a substitute for potassium permanganate solution, potassium chromate and potassium dichromate solutions were used and a positive result was obtained. Developed recommendations can be used for research and conducting laboratory work in laboratories of educational institutions.

Keywords: *organic chemistry, organic compounds, educational chemical experiment, precursors.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Одним із шляхів інтенсифікації освітнього процесу з хімії є модернізація методики проведення лабораторних робіт. Модернізація – системний процес, оскільки зміни одного чинника, одного фрагменту, досліду чи хімічного експерименту зумовлюють зміни в інших чинниках і фрагментах, у результаті чого відбуваються цілісні й системні повторення. Хімічний експеримент відіграє важливу роль у реалізації освітніх завдань: він є початковим джерелом знань, пов'язує теорію з практикою, доводить правильність теоретичних положень, сприяє формуванню практичних умінь і навичок студентів, розвитку, вдосконаленню і закріпленню знань. Він посилює інтерес студентів до вивчення хімії, формує їх науковий світогляд, розвиває практичні навички. Дослід (експеримент) – один із засобів, методів демонстрування та виконання лабораторно-практичних робіт. Вивчення хімії не можливе без використання цього спеціального методу навчання, який класифікується як наочно-практичний [1].

У методичній літературі [1] виокремлено такі завдання хімічного експерименту:

- забезпечити наочне ознайомлення з речовинами; демонструвати взаємоперетворення речовин при хімічних реакціях;
- допомагати розкрити ідею розвитку речовин;
- показувати на конкретних фактах залежність хімічних властивостей речовин від їхньої будови та взаємного впливу атомів;
- формувати практичні вміння і навички при роботі з речовинами й приладами.

Хімічний експеримент виконує три основні функції:

- пізнавальну: засвоєння основ хімії, вирішення практичних проблем, виявлення значення хімії в сучасному житті,
- виховну: формування матеріального світогляду, впевненості, ідейної необхідності праці;
- розвивальну: накопичення і поглиблення загальнонаукових і практичних умінь і навичок.

Експериментальні вміння студентів є основою хімічного експерименту. Викладач може зреалізувати низку завдань під час експерименту, зокрема активізувати мислення студентів та задовольнити їхню природну допитливість і дослідницький інтерес. Для цього необхідно:

1) сформувати в студентів навички роботи з хімічними реактивами та хімічним посудом;

2) навчити їх самостійно аналізувати й відтворювати потрібну інформацію;

3) виробити системний аналітичний підхід, необхідний для подальшої діяльності.

Значення хімічного експерименту у вивченні хімічних дисциплін визначає чинна програма і відповідний стандарт. Оскільки хімічний експеримент – це система, то його основними компонентами є:

- демонстрації;
- лабораторні дослідження;
- практичні роботи;
- практикуми.

Лабораторні практикуми – це організаційна форма навчання, метою якої є засвоєння окремих теоретичних положень, законів, їх ілюстрація або підтвердження за допомогою хімічних дослідів, набуття вмінь та навичок роботи з технікою, вимірювальною апаратурою, оволодіння методикою експериментальних досліджень та ідентифікації хімічних сполук. Лабораторні заняття з хімічних дисциплін варто вважати домінуючою формою навчання [2].

Курс «Органічна хімія» є обов'язковим для підготовки бакалавра за освітніми програмами «Хімія» та «Середня освіта. Хімія». Згідно з навчальним планом, органічну хімію вивчають студенти 2 року навчання (3,4 семестр), тобто лабораторний практикум з органічної хімії знайомить їх з базовими поняттями щодо синтезу та властивостей органічних сполук, забезпечує початковою хімічною грамотністю. Тому найчастіше основою лабораторних робіт з органічної хімії є малий лабораторний практикум.

Лабораторні роботи з органічної хімії мають низку особливостей в порівнянні з іншими хімічними практикумами: використання значної кількості токсичних, вибухо- та пожежонебезпечних речовин; обов'язкова якісна вентиляція під час проведення дослідів; використання реактивів з особливими умовами зберігання та поводження. Таким чином, лабораторний практикум з органічної хімії має додаткове завдання: навчити базових навичок безпеки праці та протипожежної безпеки, освоїти мануальні прийоми безпечного поводження з реактивами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій [3,4,5] переконує, що мануальний спосіб опанування органічної хімії залишається дуже важливим. Інформаційні виклики часу та внесені корективи в освітній процес, зумовлені пандемією COVID-19 і карантинними обмеженнями, показали, що інформаційні технології можуть лише доповнити традиційні технології навчання, а додаткові переваги мають лише при вивченні окремих дисциплін – це здебільшого вибіркові дисципліни хімічного напрямку, які студенти

вивчають на старших курсах [3]. Водночас змушені констатувати, що в умовах дистанційної освіти повноцінної альтернативи практикуму, виконаному у лабораторії, немає. Не маючи можливості живого спілкування з суб'єктами освітнього процесу, викладач подає новий матеріал із використанням онлайн-сервісів і платформ, забезпечує тексти і відео для вивчення, а також робить навчальний матеріал максимально доступним і зрозумілим, для стимулювання інтересу студентів. Усіма цими можливостями володіють технології доповненої реальності за умови їх грамотного використання в освітньому процесі, однак вони не можуть забезпечити набуття студентами мануальних навичок роботи з реактивами, посудом, приладами та обладнанням.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Водночас проблеми відтворення хімічного експерименту для вивчення основних положень будови органічних сполук, методів їх синтезу та властивостей потребують подальших досліджень. З-поміж них висока вартість реактивів та матеріалів, трудомісткість та небезпечність проведення дослідів, складність утилізації відпрацьованих реактивів тощо. Останніх 10 років постала нагальна проблема адаптування методик проведення дослідів до умов, за яких використання прекурсорів та токсичних речовин обмежено.

Процес використання прекурсорів у навчальних лабораторіях дуже зарегульований, він обмежує можливості наших освітян та науковців. Як наслідок – суттєве зменшення дослідів під час викладання природничих дисциплін чи проведення досліджень з хімії, біології тощо. Звісно, це тільки погіршило ситуацію, з природничою освітою.

На думку Л. Гриневич, досліди з використанням прекурсорів – невід'ємна частина для вивчення основних курсів з органічної, неорганічної, аналітичної та фізичної хімії, а також хімії високомолекулярних сполук. «Ви не виконаєте низку базових практикумів без кислот, розчинників, оцтового ангідриду тощо», – наголосила экс-Міністр освіти і науки України [6].

У 2021 році система зберігання, синтезу та використання прекурсорів була дещо спрощена. До цього усі обов'язки з обліку, зберігання та видачі прекурсорів було покладено виключно на керівника закладу освіти чи наукової установи. Щоб провести класичне демонстраційне дослідження чи лабораторну роботу, викладачеві необхідно було в день проведення звернутися до керівника закладу (факультету) та оформити низку документів за його підписом. Після цього – пройти процедуру отримання прекурсорів. Зайві обмеження також негативно впливали на можливості міжнародної співпраці наших науковців, отримання грантів тощо. У порядок використання прекурсорів було внесено такі зміни:

- Спрощується система обліку, зберігання та видачі прекурсорів: ці функції замість керівника закладу покладаються на визначену матеріально відповідальну особу та комісію з контролю за обігом прекурсорів.
- Для забезпечення контролю за обігом прекурсорів у закладі освіти,

науковій установі створюється спеціальна комісія з трьох осіб на чолі із заступником керівника закладу, наукової установи або керівника підрозділу.

- Надається можливість зберігати прекурсори в лабораторіях та спеціалізованих приміщеннях закладів освіти, наукових установ в обсягах семестрової/піврічної потреби в них. Це має бути окреме приміщення, обладнане відповідно до вимог МВС.

- Керівники підрозділів зможуть формувати замовлення на прекурсори, матеріально відповідальна особа видаватиме прекурсори для проведення демонстраційних, лабораторних і практичних робіт.

Незважаючи на внесені зміни до Постанови про внесення змін до переліку наркотичних засобів, психотропних речовин і прекурсорів (№192 від 21.03.2021р.) керівництво навчальних закладів та адміністративний персонал намагаються уникнути використання прекурсорів з низки причин: складність облаштування приміщень для зберігання, необхідність виконання додаткових обов'язків відповідальними особами та навіть суттєва вартість ліцензії. Через це досліди дуже часто або взагалі не проводять, або свідомо порушують правила використання прекурсорів.

Як часткове вирішення проблеми можливе використання віртуального лабораторного практикуму з демонстрацією дослідів, де використані прекурсори. Застосування комп'ютерних технологій в процесі вивчення хімії обґрунтовано в роботах А. Аспіцької, С. Дендербера і О. Ключнікова, Г. Мальченко і О. Каретнікова, М. Тукало та ін.

Виокремимо низку переваг, використання технологій доповненої реальності в освітньому процесі, з-поміж яких:

- візуалізація навчального матеріалу та можливість наочно показати або об'єкти мікросвіту, або об'єкти, яких немає в закладі освіти;
- використання сучасних засобів навчання, звичних для суб'єктів освітнього процесу, робить процес навчання більш привабливим, цікавим; на такому позитивному тлі зростає якість засвоєння інформації;
- підвищення мотивації студентів до дослідницької роботи;
- ознайомлення з лабораторним обладнанням, з приладами до початку роботи з ними;
- збільшення ефективності самостійної роботи студентів;
- надання можливості студентам з особливими освітніми потребами взяти участь у спільному проєкті, виконати практичне завдання.

В освітньому процесі актуалізувалися не лише перегляди відеозаписів дослідів, а й проведення віртуальних дослідів за допомогою різноманітних програм («Цікава хімія AR», ARchemy та ін.).

Зважаючи на те, що більшість речовин з переліку наркотичних засобів, психотропних речовин та прекурсорів – це органічні речовини, в лабораторному практикумі з органічної хімії без використання прекурсорів ми будемо змушені не частково, а майже повністю віртуально візуалізувати

досліди. Це, в свою чергу, ускладнює набуття студентами спеціальних компетентностей при вивченні органічної хімії [7], зокрема: здатності здійснювати сучасні методи аналізу даних; здатності здійснювати типові лабораторні дослідження; здатності здійснювати кількісні вимірювання фізико-хімічних величин, описувати, аналізувати та критично оцінювати експериментальні дані; здатності використовувати стандартне хімічне обладнання.

Мета статті полягає в аналізі особливостей проведення малого лабораторного практикуму як засобу вивчення курсу органічна хімія без використання реактивів, віднесених до переліку наркотичних засобів, психотропних речовин та прекурсорів.

Виклад основного матеріалу. Для оптимізації малого лабораторного практикуму з курсу «Органічна хімія» на кафедрі хімії та методики навчання хімії Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського впродовж останніх трьох років проведено дослідження щодо внесення змін у проведення дослідів всіх лабораторних робіт без прекурсорів. Зауважимо, що заміна органічних реактивів не виявилась значною проблемою, оскільки більшість дослідів давали аналогічні результати, якщо реактив із списку прекурсорів замінювали на гомолог чи ізомер (антранілова кислота на ПАБК; ацетон на 2-пентанон та ін.), подібні результати також отримали при заміні окремих розчинів на побутово-господарські продукти, які можна придбати в універсальних гіпермаркетах: розчинники, кислоти для чищення, засоби для миття тощо. Можливою виявилась заміна концентрованих сульфатної та хлоридної кислот на розведені – достатньо було лише підкорегувати їх об'єми для дозування [8].

Найбільшу увагу ми зосередили на методичних аспектах відтворення й опису дослідів окиснення органічних сполук, оскільки більшість таких дослідів необхідно було адаптувати до умов, за яких використання перманганату калію заборонено. Як замітник перманганату калію ми використовуємо дихромат калію і хромат калію.

Традиційні методики передбачають використання водних розчинів калій перманганату (наприклад, реакція Вагнера), або ж такий розчин підкислюють сульфатною кислотою. Позитивні результати отримано, при використанні як замітника – розчину калій хромату і калій дихромату. Замінники використовували в тих об'ємах і за аналогічним дозуванням додаткових реактивів (кислот чи натрій карбонату), що і розчини калій перманганату за традиційними методиками. Як виняток, замість концентрованої сульфатної кислоти використовували розчин нітратної кислоти концентрацією 52%. Узагальнені результати досліджень представлено у таблиці 1.

Таблиця 1

Опис окремих дослідів та спостережень

Традиційна методика проведення дослідів	Спостереження при використанні		
	KMnO_4	K_2CrO_4	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
1	2	3	4
<i>Окислення метану.</i> Метан пропускають у розчин калій перманганату.	Розчин не змінюється.	Розчин не змінюється.	Розчин не змінюється.
<i>Окислення етилену.</i> Етилен пропускають у розчин калій перманганату	Розчин набуває малинового кольору.	Розчин набуває коричнево-бурого кольору.	Розчин набуває бурого кольору.
<i>Окислення алкенів.</i> У пробірку вносять 1 краплю рідкого алкену, 1 краплю насиченого розчину натрій карбонату і додають при перемішуванні 2 - 3 краплі розчину калій перманганату. Суміш енергійно струшують або злегка нагрівають.	Розчин набуває малиново-бурого кольору.	Розчин набуває бурого кольору.	Розчин набуває бурого кольору.
<i>Окислення ацетилену.</i> Ацетилен пропускають в розчин калій перманганату	Розчин набуває малиново-бурого кольору.	Розчин набуває коричневого кольору.	Розчин набуває темно-коричневого кольору.
<i>Окислення етилового спирту.</i> У суху пробірку вміщують 2 краплі етилового спирту, 2 краплі розчину калій перманганату і 3 краплі розчину 2н сульфатної кислоти. Обережно нагрівають вміст пробірки над полум'ям спиртівки.	Знебарвлення розчину та характерний запах оцтового альдегіду.	Розчин стає прозорий, сірого кольору. Запах оцту.	Розчин стає прозорий, сірого кольору. Запах оцту.

Продовження таблиці 1.

1	2	3	4
<p><i>Окислення монокарбонових кислот.</i> У пробірку наливають 1-2 мл мураши-ної кислоти 2 мл 10%-вого розчину сульфатної кисло-ти і 4-5 мл розчину калій перманганату. Реакційну суміш обережно нагрі-вають. Аналогічний дослід проводять з оцтовою кислотою.</p>	<p>Суміш з мурашиною кислотою знебарвлюється. Суміш з оцтовою кислотою не змінюється.</p>	<p>Суміш з мурашиною кислотою стає фіолетово-зеленого кольору. Суміш з оцтовою кислотою не змінюється.</p>	<p>Суміш з мурашиною кислотою стає темно-зеленого кольору. Суміш з оцтовою кислотою не змінюється.</p>
<p><i>Окислення олеїнової кислоти.</i> У пробірку наливають 1 мл олеїнової кислоти, додають 1 мл розчину KMnO_4 та 1 мл 10%-вого розчину сульфатної кислоти. Суміш струшують або ж нагрі-вають.</p>	<p>Розшарування та зміна забарвлення, верхній шар – жовтого кольору, нижній – безбарвний.</p>	<p>Розшарування та зміна забарвлення: верхній шар – зеленого кольору, нижній – оранжевого.</p>	<p>Розшарування та зміна забарвлення: верхній шар – зеленого кольору, нижній – оранжевого.</p>
<p><i>Окислення циклогексану.</i> У пробірку вносять 1-2 краплі циклогексану, 1 краплю розчину натрій карбонату та 2-3 краплі розчину калій перманга-нату. Вміст пробірки енергійно струшують та обережно нагрівають.</p>	<p>Змін не спостерігаємо.</p>	<p>Змін не спостерігаємо.</p>	<p>Змін не спостерігаємо.</p>
<p><i>Окислення циклогексену.</i> У пробірку вносять 4 краплі циклогексену та додають 2-3 краплі розчину калій перман-ганату. Перемішують паличкою і, якщо розчин не змінює забарвлення, нагрівають вміст пробірки.</p>	<p>Повне знебарвлення.</p>	<p>Розчин бурого кольору.</p>	<p>Розчин темнішає, стає буро-коричневим.</p>

Продовження таблиці 1.

1	2	3	4
<i>Окислення бензену і його гомологів.</i> У пробірку наливають 1 мл бензену, додають 1-2 мл розчину калій перманганату, 2 мл 2н розчину сульфатної кислоти та струшують. У другу пробірку замість бензену наливають толуен, калій перманганат і сульфатну кислоту у тих же кількостях енергійно струшують.	У пробірці з бенzenом змін не спостерігають. У пробірці з толуеном розчин знебарвився.	У пробірках з бенzenом і толуеном змін не спостерігають.	У пробірці з бенzenом змін не спостерігають. З толуеном розчин темнішає, стає буро-коричневим.
<i>Окислення фенолу.</i> На предметне скло наносять 1 краплю карболової води, 2 краплі розчину калій перманганату, 1 краплю розчину 2н сульфатної кислоти. Суміш перемішують.	Утворення темно-коричневого кольору.	Утворення бурого кольору.	Утворення бурого кольору.

Отримані результати дозволяють стверджувати, що розчини хромату та дихромату калію можна використовувати для дослідів, у яких змін не спостерігаємо. Щодо інших дослідів – більшість реакцій також відбуваються у присутності запропонованих окисників, вони мають якісне підтвердження, однак окислення калій перманганатом більш наочне, спостереження більш різноманітні. Тому ми в лабораторному практикумі доповнюємо лабораторні роботи відеозаписом дослідом окислення, проведеним за традиційною методикою.

Зауважимо також, що продукти реакцій окислення можуть відрізнитись залежно від окисника, в такому випадку і схеми реакцій будуть різні. Дослідження продуктів реакцій окислення дозволяють стверджувати, що при окисленні алкенів у присутності калій дихромату гліколі не утворюються, а етиловий спирт у присутності розчину калій хромату або ж калій дихромату окислюється до оцтової кислоти, про що також свідчить характерний запах продукту.

Висновки та подальші перспективи досліджень. Результати проведених досліджень показали можливість адаптації методик малого лабораторного практикуму з органічної хімії до умов, за яких не можливе використання прекурсорів і токсичних речовин. В якості замітника розчину

калій перманганату було використано розчини калій хромату та калій дихромату і отримано позитивний результат.

Напрацьовані рекомендації можна використовувати для досліджень і проведення лабораторних робіт у лабораторіях навчальних закладів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Максимов О.С. Методика викладання хімії. Практикум: Навч. посіб. К.: Вища школа, 2004. 167 с.
2. Савчин М. Шкільний хімічний експеримент як система та його дидактичне забезпечення. *Педагогічна думка*. 2003. № 1-2. С.36-44.
3. Книш Л.А. Застосування хімічного експерименту при вивченні хімії. *Хімія*. 2004. №4. 52. С.2-6.
4. Бабенко О. М., Харченко Ю. В., Касьяненко Г. Я. Аналіз готовності вчителів міста Суми та Сумської області до дистанційного навчання. *Актуальні питання природничо-математичної освіти*. 2020. 1 (15). С. 5–12.
5. Щербина О.М., Михалічко Б.М. Особливості мануального способу вивчення хімії у вищих навчальних закладах Міністерства надзвичайних ситуацій України. *Вісник ЛДУ БЖД*. 2010. №4. С. 286-292.
6. Проводити досліди для освітніх та наукових цілей стане легше, – Уряд затвердив Порядок використання прекурсорів. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/provoditi-doslidi-dlya-osvitnih-ta-naukovih-cilej-stane-legshe-uryad-zatverdiv-poryadok-vikoristannya-prekursoriv>
7. Стандарт вищої освіти України: перший (бакалаврський) рівень, галузь знань 10 Природничі науки, спеціальність 102 Хімія. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2019/04/26/102-himiya-bakalavr-1.pdf>
8. Ранський А.П., Сакалова Г.В. Лабораторний практикум з органічної та біоорганічної хімії: Навчальний посібник. Вінниця: Твори, 2019. 155 с.

REFERENCES

1. Maksymov, O.S. (2004) *Metodyka vykladannya khimiyi. Praktykum: Navch. posib*. Kyiv: Vyshcha shkola [in Ukrainian].
2. Savchyn, M. (2003) *Shkilnyi khimichnyi eksperyment yak systema ta yoho dydaktychne zabezpechennia. Pedahohichna dumka*. № 1-2, 36-44 [in Ukrainian].
3. Knysh, L.A. (2004) *Zastosuvannya khimichnoho eksperymentu pry vyvchenni khimiyi Khimiya*. 4.(52). 2-6 [in Ukrainian].
4. Babenko, O. M., Kharchenko, Y. V., Kasianenko H. Ya. (2020). Analysis of the teachers readiness for distance learning in Sumy and Sumy region. *Topical Issues of Natural Science and Mathematics Education*, 1(15), 5–12 [in Ukrainian].
5. Shcherbyna, O.M., Mykhalichko B.M. (2010). Osoblyvosti manual'noho sposobu vyvchennya khimiyi u vyshchykh navchal'nykh zakladakh Ministerstva nadzvychaynykh sytuatsiy Ukrayiny. *Visnyk LDU BZHD*. 4, 286-292 [in Ukrainian].
6. Provodyty doslidy dlia osvitnikh ta naukovykh tsilei stane lehshe, – Uriad zatverdyyv Poriadok vykorystannia prekursoriv. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/provoditi-doslidi-dlya-osvitnih-ta-naukovih-cilej-stane-legshe-uryad-zatverdiv-poryadok-vikoristannya-prekursoriv> [in Ukrainian].

7. Standart vyshchoi osvity Ukrainy: pershyi (bakalavrskyi) riven, haluz znan 10 Pryrodnychi nauky, spetsialnist 102 Khimiia URL: [https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni% 20 standarty /2020/03/102-ximia-M.pdf](https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2020/03/102-ximia-M.pdf) [in Ukrainian].

8. Ranskyi, A.P., Sakalova, H.V. (2019) Laboratornyi praktykum z orhanichnoi ta bioorhanichnoi khimii: Navchalnyi posibnyk. Vinnytsia: Tvory [in Ukrainian].

Статтю надіслано до редколегії 26.03.2022 р.