

УДК 378:147

**Винник Олександр Федорович**

старший викладач

Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди, Харків, Україна

vinnik7777777@gmail.com

ORCID: 0000-0001-5130-505

**Комісова Тетяна Євгенівна**

кандидат біологічних наук, доцент

Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди, Харків, Україна

tatyanakomisova@gmail.com

ORCID: 0000-0003-3959-8575

**Кратенко Роман Іванович**

кандидат біологічних наук, доцент

Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди, Харків, Україна

romankratenko1@gmail.com

ORCID: 0000-0002-5325-0543

**РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-МЕТОДИЧНОГО КОМПЛЕКСУ SCHOOLKIT**

**Анотація.** На кафедрі хімії Харківського національного педагогічного університету імені Г.С.Сковороди розробляється програмно-методичний комплекс (ПМК) SchoolKit. Основу його складають три програмні засоби (ПЗ): ChemKit – призначений для вимірювання температури, електрорушійної сили, сили струму, керування пристроями (нагрівачами, джерелами струму, та ін.); SoundCardScientificKit – орієнтований на використання ЦАП (цифро-аналоговий перетворювач) та АЦП ЦАП (аналогово-цифровий перетворювач) звукової карти комп'ютера; створено для візуалізації низькочастотних сигналів і генерації сигналів спеціальної форми; ColorKit – розробляється для обробки фотографій, фільмів і візуальних даних в режимі реального часу з науковою метою. Цей програмний засіб апробований при виконанні учнівських та магістерських проєктів. Усі інструменти для роботи із візуальними даними поділені на дві категорії: функції – неспеціалізовані засоби (дозволяють повною мірою проявити творчу активність, потребують деяких навиків роботи з додатком, є суттєвою допомогою при створенні алгоритмів обробки візуальних даних для власного програмного забезпечення користувача) та інструменти – спеціалізовані засоби, що моделюють роботу таких пристроїв як колориметр, рефрактометр, спектрофотометр, поляриметр. Для здешевлення проєктів пропонується використовувати: цифро-аналогові (ЦАП) та аналогово-цифрові (АЦП) перетворювачі звукової карти, фото- та відео- пристрої та іншу доступну периферію при розробці цифрових засобів навчання. Описано інтерфейс та можливості ПЗ ColorKit. Показана його універсальність: учень або вчитель може збирати свою власну систему дослідження шляхом додавання та налаштування модулів макросу. Цей програмний засіб дозволяє не тільки на основі обробки візуальних даних робити різноманітні вимірювання (колориметричні, рефрактометричні, спектрофотометричні, визначення фотосинтезуючої поверхні і т.д.), а й наочно демонструвати принципи роботи фізико-хімічних пристроїв. Периферійне обладнання для даного ПЗ може бути легко виготовлено власноруч. Пристрої, розроблені учнями на основі ПЗ ColorKit, неодноразово були представлені на різноманітних конкурсах: МАН, «Дотик природи», «Water Net». Визначено основні напрямки застосування програмних засобів ColorKit, ChemKit, SoundCardScientificKit у STEM навчанні. Намічено подальші перспективи розвитку програмного засобу ColorKit. Показана необхідність розробки вітчизняних навчальних цифрових лабораторій та підготовки спеціалістів в цій області.

**Ключові слова:** STEM; навчальне комп'ютерне програмне забезпечення; SchoolKit; ChemKit; ColorKit; SoundCardScientificKit

**Актуальність.** Дослідження Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) свідчать, що освітні системи, в яких широко використовуються інформаційні та комунікаційні технології, часто не покращують результати тестування із читання,

математики та інших наук, а в деяких країнах з найбільшим застосуванням Інтернету у школах (Австралія, Нова Зеландія, Швеція) спостерігається значне погіршення навичок читання. Натомість, в країнах та містах, де Інтернет в школах використовується найменше (Південна Корея, Гонконг, Шанхай та Японія), учні показують кращі результати у навчанні. Використання комп'ютерних технологій, тільки як засобу наочності в школах, не гарантує кращих знань, а досить часто і погіршує їх [1], очевидно, що причиною цього є неправильне застосування цифрових технологій під час навчального процесу. Як свідчить практика, при формуванні креативних навичок найбільш ефективним є використання програмного забезпечення та комп'ютерної периферії для дослідження та обробки даних.

Стрімкий розвиток технологій, автоматизація та роботизація потребує підготовки професіоналів для високотехнологічних виробництв. Тому, останнім часом, набуває популярності STEM напрямок в освіті, який націлений на створення умов для розвитку творчої особистості, здатної створювати технології майбутнього. Він ґрунтується на інтеграції природничо-математичних дисциплін та впровадженні інженерного компоненту. STEM освіта потребує відповідного обладнання та програмного забезпечення. До таких засобів навчання у галузі природничих дисциплін відносяться віртуальні та цифрові лабораторії, вимірвальні комп'ютерні комплекси [2]. Використання цих засобів навчання відкриває широкі можливості для проведення демонстраційного експерименту. Застосування комп'ютерних лабораторій дозволяє учням проводити широкий спектр досліджень на високому технологічному рівні. Проте, таке обладнання має високу вартість. Із цієї причини більшість шкіл не можуть придбати такі гаджети. Це призводить до подальшого розшарування можливостей дітей в навчанні.

У той же час, вивчення сучасних технологічних підходів, розвиток творчої активності можливе при використанні смартфонів, комп'ютерів, комп'ютерної периферії, робочих модулів зіпсованої або застарілої техніки та ін. Але для цього необхідна відповідна інформаційна підтримка та програмне забезпечення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** При розробці програмного забезпечення SchoolKit враховано досвід лідерів в розробці навчального цифрового обладнання.

Велику кількість датчиків виробляє компанія Vernier. Дані з них можуть збиратися та оброблятися за допомогою планшетів LabQuest, LabQuest 2 – це автономні інтерфейси з сенсорним екраном, сумісні з усіма датчиками Vernier. Вони включають вбудовані датчики, бездротовий зв'язок (Wi-Fi та Bluetooth). Різноманіття датчиків Vernier вражає: рН; артеріального тиску; вологості ґрунту; обертового руху; тиску газу; життєвої ємності легенів (спірометр); звуку; іонізуючого випромінювання; концентрації речовин (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, етанолу) та іонів (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>); солоності та каламутності води; електропровідності; окислювально-відновного потенціалу; вологості; частоти дихальних рухів; кута згину (гоніометр); сили; швидкості потоку вітру (анемометр); швидкості потоку води; температури (як контактні, так і безконтактні); струму; УФ-випромінювання; ЕКГ; пульсометр; піранометр; колориметр; лічильник крапель; люксметр; акселерометри; барометр та ін. [3,4].

PASCO – лідер бездротових технологій збору даних – розробила ряд цифрових лабораторій для навчального процесу. Їх засоби навчання та дослідження переважно орієнтовані на автоматизацію експерименту в фізиці, біології, хімії, екології. Апаратні рішення включають програмне забезпечення яке є потужним інструментом, для моніторингу експериментальних даних та глибокого їх аналізу, ведення журналу наукових спостережень і спільної роботи з іншими учасниками проєктів. Основним елементом цього засобу є мобільний пристрій SPARK (Science Learning System).

Користувачами цих пристроїв стали шкільні вчителі, викладачі закладів вищої освіти, школярі та студенти з більш ніж 80 країн світу [5, 6].

Для збору та обробки даних з датчиків, керування пристроями, в тому числі і дистанційно, часто використовують в STEM освітніх проектах платформи V-REP, LabVIEW та ін [7, 8].

Цифрові лабораторії Einstein™ (виробник – Ізраїльська компанія Фур'є) – розробляє бездротові лабораторії. Використання різноманітних цифрових датчиків, дозволяє проводити широкий спектр демонстраційних і лабораторних дослідів, а також використовувати електронну лабораторію в науково-дослідницьких проектах. У 2014 році лінійка цифрових лабораторій Einstein була визнана кращим цифровим засобом навчання в світі на щорічній виставці BETT у Лондоні [9]. Лабораторія повністю українізована.

Німецька компанія PHYWE розробляє цифрові лабораторії (Cobra 3, Cobra 4 та ін.), що надають можливості поєднати класичні експерименти із сучасними методами збору даних. Ці пристрої дозволяють приєднання більш ніж 30 видів датчиків, мають інтуїтивний інтерфейс. Можливі різні способи підключення датчиків: без ПК із Mobile-Link, через GPS; через USB; дані можуть бути збережені на електронні носії як із персонального комп'ютера, так і мобільного пристрою. Описані методики використання при вивченні фізики, біології, хімії [10, 11].

Мобільна компактна природничо-наукова лабораторія LabDiscs ізраїльської компанії GlobiSens призначена для проведення експериментів під час вивчення природничих наук у початковій і середній школі. У цифровій лабораторії LabDiscs передбачено використання інструменту автоматичного тестування і калібрування усіх датчиків, внаслідок чого вимірювання можуть розпочатися вже у момент його включення. Лабораторія орієнтована на збір даних у польових умовах. Має ємкісний акумулятор, графічний дисплей, клавіатуру і пам'ять на більше ніж на 100000 вимірювань [12, 13]. Зменшити вартість пристрою вдалося за рахунок відсутності у датчиках передавачів. Вони приєднуються через пристрій LabDiscs, який містить у собі дисплей, кнопку панель, пам'ять і батарею. Пристрій обмінюється даними з комп'ютером через USB-кабель або Bluetooth. Рекомендується цифрову лабораторію використовувати при вивченні курсів «Природознавство», «Фізика», «Хімія», «Біологія», «Екологія», «Основи наукових знань».

Відома вітчизняна навчальна лабораторія ІТМ, яка розробляється на кафедрі експериментальної фізики ХНУ імені В. Н. Каразіна [14]. Вона включає програмне забезпечення та периферію для підключення датчиків (дихання, частоти серцевих скорочень (ЧСС), тиску, лічильник крапель, наруги, струму, CO<sub>2</sub>, УФ, рН та ін.) та методичні рекомендації по використанню.

Створення вітчизняних цифрових лабораторій з українським інтерфейсом залишається актуальним. Основними проблемами, що виникають при розробці вітчизняного навчального програмного забезпечення та обладнання, є відсутність спеціалістів, які б орієнтувалися в освітньому процесі, вміли визначити перспективні напрямки розвитку в цій галузі, були спроможні розробляти алгоритми для шкільного програмного забезпечення та створювати його; відсутність належного фінансування.

**Метою** статті є ознайомлення учасників освітнього процесу з програмно-методичним комплексом ChemKit, визначення перспектив його застосування у STEM освіті, залучення зацікавлених осіб до розробки проекту.

**Виклад основного матеріалу.** На кафедрі хімії Харківського національного педагогічного університету імені Г.С.Сковороди розробляється програмно-методичний комплекс SchoolKit, основу якого складають три програмні засоби: ColorKit, ChemKit, SoundCardScientificKit. При створенні додатків використовується тільки безкоштовне

програмне забезпечення: Microsoft Visual Studio Express Edition, HTML Microsoft Help Workshop, DirectX SDK, SDK OW.NET. ПЗ безкоштовне і орієнтоване на застосування у STEM світі, розробку начально-дослідницьких проєктів, демонстрацію фізико-хімічного експерименту як під час офлайн, так і онлайн навчання.

**Програмний засіб ChemKit** призначений для вимірювання температури, електрорушійної сили, сили струму та ін.; керуванням пристроями (нагрівачами, джерелами струму, та ін.). Всі дані передаються через 1-Wire мережу. Основні області застосування ПЗ наведені на рис. 1.

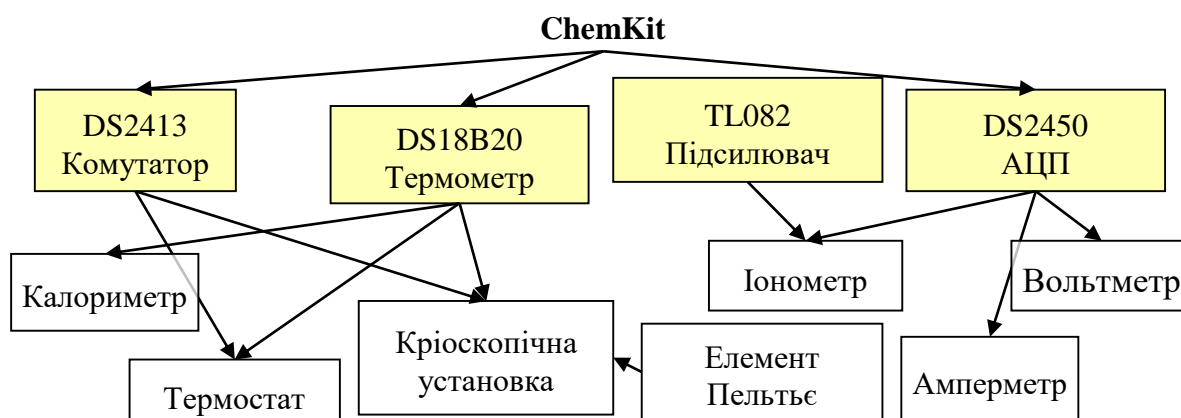


Рис. 1. Области застосування ПЗ ChemKit.

**Програмний засіб SoundCardScientificKit** орієнтований на використання ЦАП та АЦП звукової карти комп'ютера. Призначений для візуалізації сигналів, включає генератор сигналів спеціальної форми. Може бути використаний для розробки кондуктометрів, поляриметрів, електрохімічних вимірювань і тому подібне (рис. 2). Для ПЗ розроблено якісний підсилювач біопотенціалів, що дало можливість отримувати ЕКГ людей та тварин.

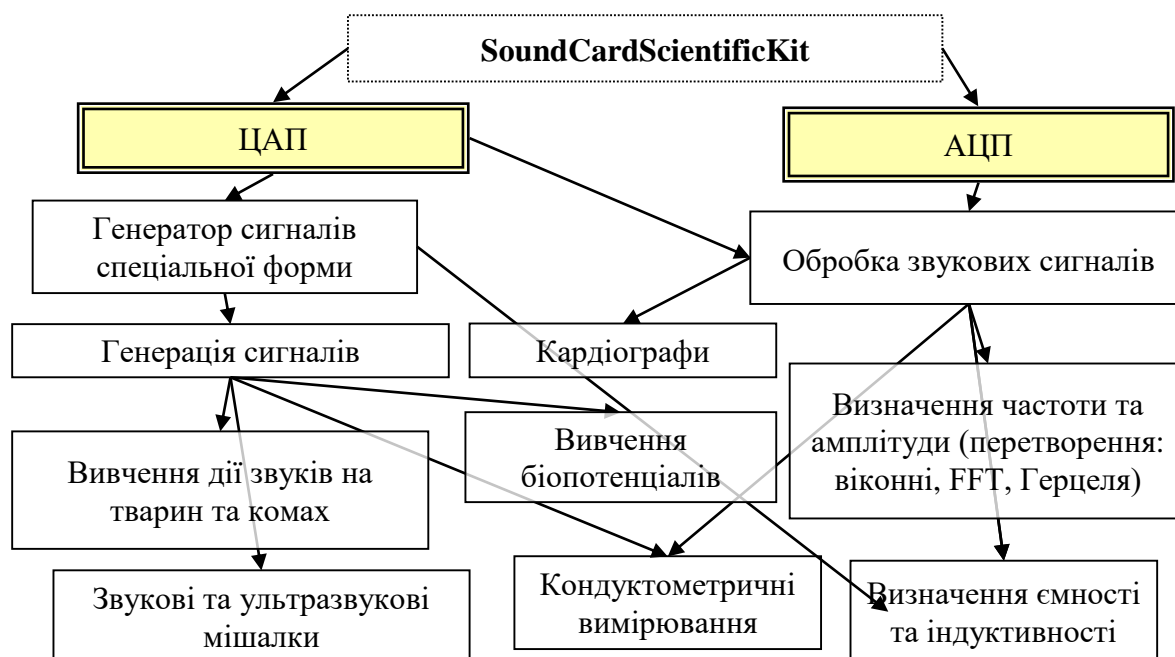


Рис. 2. Застосування ПЗ SoundCardScientificKit.

Одним з ключових засобів ПМК є ПЗ «ColorKit», який призначений для обробки фотографій, фільмів та зображення безпосередньо із відеокамери. Він є універсальним, гнучким у налаштуванні, включає ряд спеціалізованих та універсальних модулів. Його універсальність обумовлена тим, що користувач необмежений у виборі кількості, положенні та розмірів фрагментів (пікселів малюнку чи кадрів фільму), містить велику кількість засобів обробки візуальних даних, дозволяє вивчати не тільки параметри окремого об'єкта, а й порівнювати візуальні дані декількох об'єктів та їх зміни у часі, а результати обробки даних можуть виводитися у вигляді таблиць і графіків в режимі реального часу.

Основні області застосування ПЗ «ColorKit» наведені на рис.3.

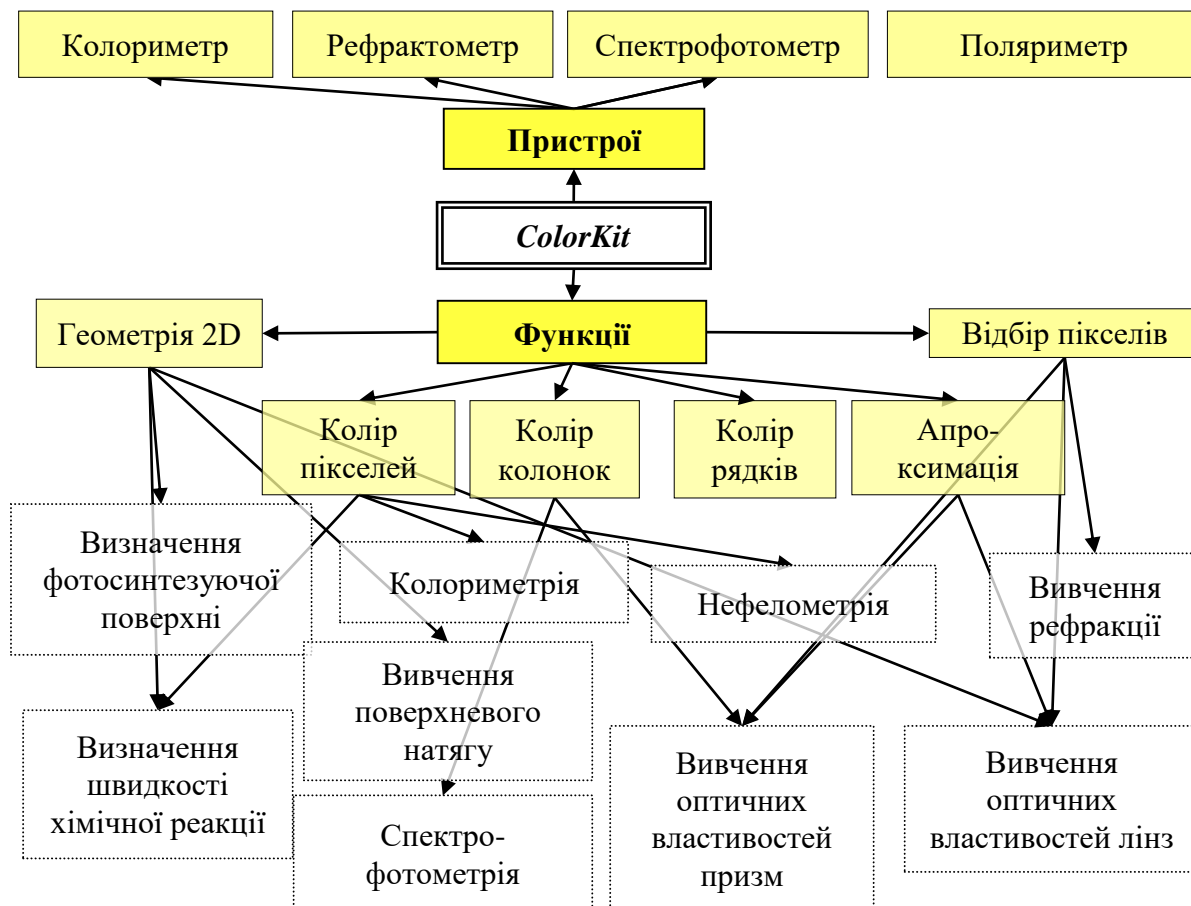


Рис. 3. Застосування програмного засобу «ColorKit».

Принципи покладені в основу розробки ПЗ ColorKit:

- універсальність – застосовується модульний принцип, користувач із певних об'єктів, як із кубиків, збирає свій унікальний пристрій;
- наочність – користувач може переглядати як вхідні, так і вихідні візуальні дані; результати математичних обчислень виводяться в табличному та графічному вигляді; ПЗ наочно демонструє роботу фотоколориметра, рефрактометра, спектрофотометра і т.д.
- доступність – в якості периферії використовується обладнання низької вартості, яке може бути виготовлено власноруч;
- простота використання – ПЗ має інтуїтивний інтерфейс, файл допомоги містить детальні інструкції по використанню ПЗ та приклади окремих методик застосування;
- сумісність – програмний засіб не повинен потребувати більше 1 Гб оперативної пам'яті; працювати на комп'ютерах з одноядерним процесором від 1,8 ГГц; не мати

особливих вимог до відео карти та периферійних відеопристроїв; повинен бути сумісним з якомога більшою кількістю операційних систем – ПЗ сумісне з Windows XP та вищі; числові дані виводяться до таблиць і можуть бути збережені на диску у форматах \*.xml, \*.csv, \*.txt для подальшої обробки, наприклад в Microsoft Excel.

- надійність – реалізована ретельна обробка помилок на етапах збірки макросу та обчислень.

### Інтерфейс ПЗ ColorKit

Програмний засіб має інтуїтивний MDI (Multiple Document Interface, мультидокументний інтерфейс) інтерфейс (рис. 4). Батьківське вікно може містити певну кількість дочірніх вікон: декілька вікон малюнків; графіків; одне вікно з фільмом або візуальними даними відеокамери; вікно макросів, таблиць та ін.

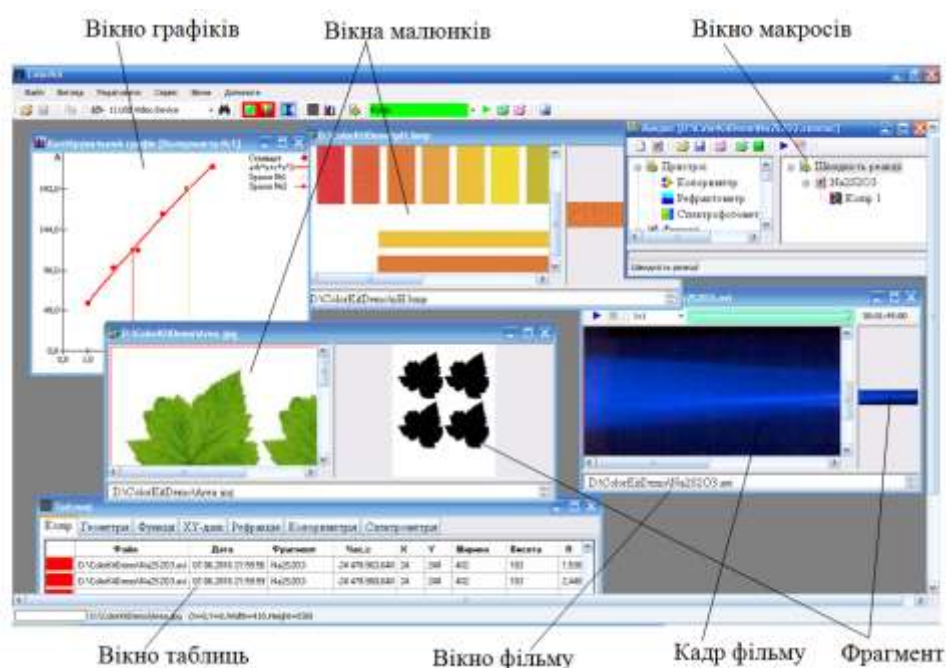


Рис. 4. Інтерфейс програмного засобу ColorKit.

На лівій панелі вікон візуальних даних (малюнків, фільмів, візуальних даних відеопристрою) відображається базовий малюнок, а на правій – фрагмент з результатом обробки даних.

Вікно макросів (рис. 5) призначено для розробки індивідуальних систем наукового дослідження.

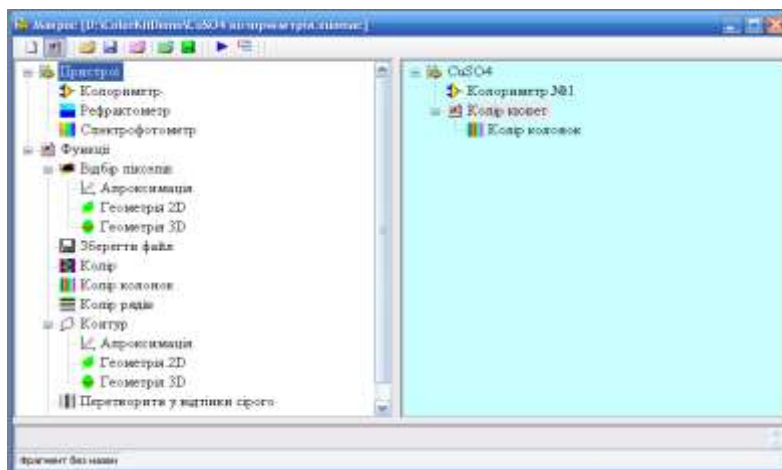


Рис.5. Вікно макросів.

Всі інструменти для роботи із візуальними даними поділені на дві категорії:

- **функції** – неспеціалізовані засоби обробки зображення з науковою метою; призначені для обробки одного фрагменту, дозволяють в повній мірі проявити творчу активність, потребують деяких навиків роботи з додатком, є суттєвою допомогою при розробці алгоритмів обробки візуальних даних для власного програмного забезпечення користувача.
- **інструменти** – спеціалізовані засоби, що моделюють роботу таких пристроїв як колориметр, рефрактометр, спектрофотометр, поляриметр; обробляють ряд фрагментів (наприклад, при застосуванні інструменту «Колориметр», спочатку обробляються точки калібрувального графіку, а потім візуальні дані зразків). У класах інструментів застосовують класи функцій.

#### Функції

- «Колір» – функція призначена для визначення статистичних параметрів субпікселів фрагментів (середніх, максимальних, мінімальних значень та дисперсій субпікселів R, G, B та параметрів H, S, V);
- «Колір колонок» та «Колір рядів» призначені відповідно для визначення статистичних параметрів груп субпікселів розміщених в колонках та рядках.
- «Відбір пікселів» – призначена для відбору пікселів за встановленими параметрами субпікселів (RGB) або параметрами кольору (HSB, HSL).
- «Контур» – призначена для визначення контуру об'єкту – відбирає пікселі, розміщені по контуру об'єкту.
- «Зберегти файл» – призначена для збереження даних на диск у вигляді малюнків;
- «Перетворити у відтінки сірого» – перетворює малюнок у формат відтінків сірого. Обробка даних відбувається згідно алгоритму [15, С.463-466].
- «Поновити малюнок» – поновлює малюнок до оригіналу.
- «Апроксимація» – призначена для визначення коефіцієнтів апроксимації та індексу детермінації ( $R^2$ ) точок відібраних функцією «Відбір пікселів» або «Контур». Підтримується апроксимація наступними функціями  $a+b \cdot x$ ,  $a \cdot \ln(x)+b$ ,  $a \cdot x^b$ ,  $a \cdot e^{(x \cdot b)}$ ,  $a+b \cdot x+c \cdot x^2$ ;
- «Геометрія 3D» – призначена для обчислення геометричних розмірів об'єктів: ширини, висоти, площі поверхні та об'єму фігур, що мають круглий та квадратний поперечний перетин.

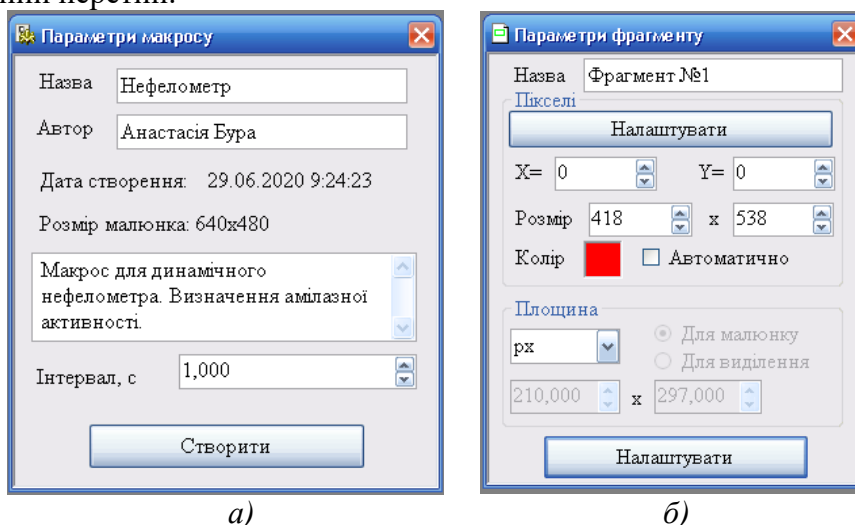


Рис. 6. Вікно налаштування: а) макросу; б) фрагменту.

Для створення своєї власної системи обробки візуальних даних спочатку необхідно завантажити візуальні дані (шаблон). Це може бути малюнок, фільм, або дані безпосередньо з відеокамери. Потім створюється та налаштовується макрос. Для цього використовується вікно рис. 6 а. Інформація про параметри відеоданих зберігається у макросі.

Якщо обробляється малюнок, то макрос виконується одноразово. При обробці візуальних даних фільму або даних з відеокамери макрос виконується циклічно, кадри відбираються через інтервал, вказаний у налаштуваннях макросу (див. рис. 6 а, рис.7).

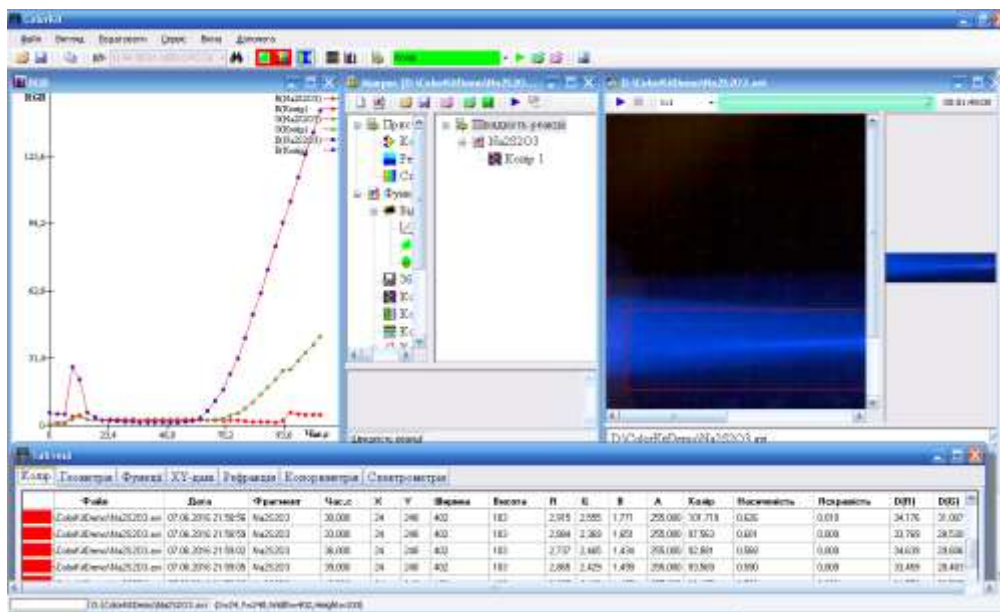
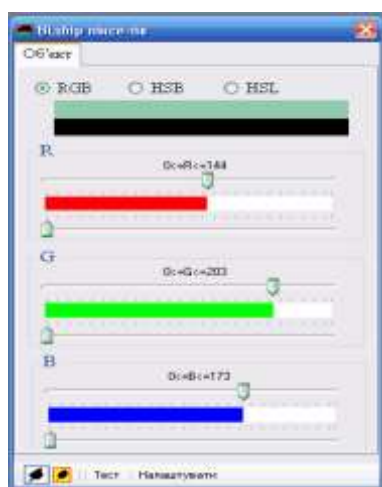
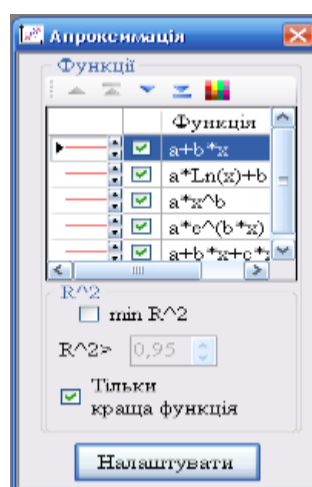


Рис. 7. Результат обробки фільму, що демонструє час появи конусу Тиндаля при взаємодії  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  із  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Після створення та налагоджування макрос може бути записаний на електронний носій для подальшого використання. Дані макросу зберігаються у форматі \*.xml. Розроблений макрос, якщо він містить функції («пристрої» ігноруються), може бути застосований як макрос за замовчуванням. Тоді при виділенні користувачем фрагменту, дані обробляються згідно розробленого макросу.



а)



б)

Рис. 8. Вікна налаштування функцій: а) «Відбір пікселів», б) «Апроксимація».



Для того щоби додати «функції» чи «пристрої» до макросу необхідно перетягнути із лівої панелі до правої відповідний компонент. «Пристрої» додаються безпосередньо до макросу, а «функції» до фрагментів. Для цього користувачем створюються фрагмент / фрагменти для визначення областей обробки візуальних даних. При їх налаштуванні використовується вікно (див. рис.6 б).

Налаштування усіх компонентів на правій панелі вікна макросів здійснюється за допомогою відповідних вікон, що відкриваються через контекстне меню. Наприклад, у функції відбір пікселів користувач повинен визначити критерії їх відбору (див. рис. 8 а); при використанні функції «Апроксимація» вибрати відповідні функції апроксимації, спосіб відбору кращої з них (див. рис. 8 б), колір та товщину лінії на графіках і т.д.

### Інструмент «Рефрактометр»

Принцип дії інструменту рефрактометр ґрунтується на відборі пікселів променю до межі заломлення та після і послідуочого аналізу зміни кута його проходження (рис. 9).

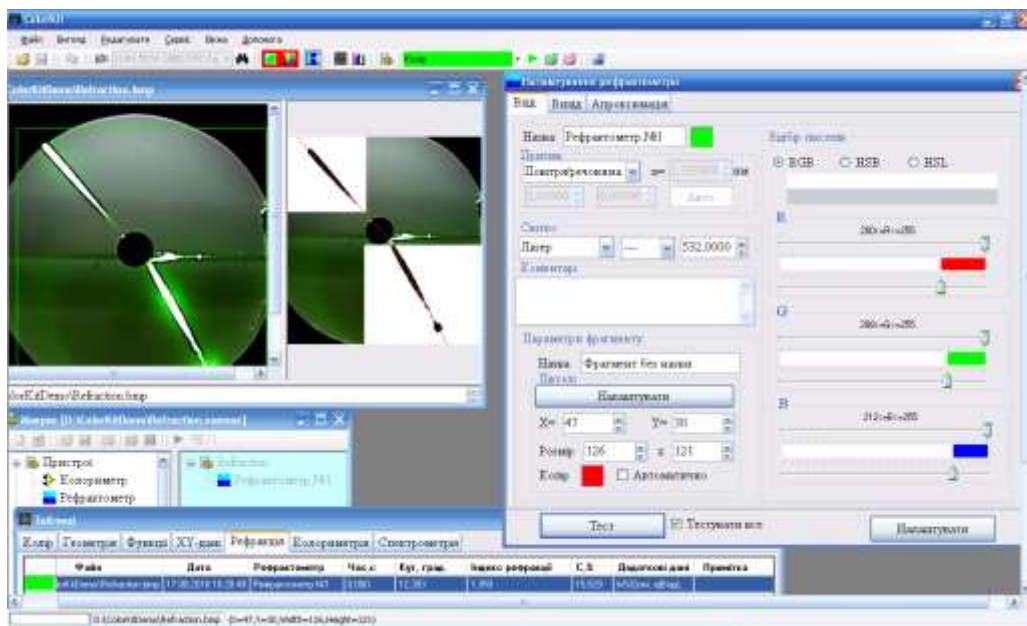


Рис. 9 Інтерфейс програмного засобу ColorKit в режимі «Рефрактометр».

У ПЗ реалізовано декілька алгоритмів обчислення індексу рефракції для рефрактометрів різної конструкції з різним типом призми (див. рис. 9). При використанні рефрактометра типу «Повітря речовина» індекс рефракції ( $n$ ) обчислюється за відношенням синуса кута падіння променя ( $\alpha$ ) до синуса кута заломлення ( $\beta$ ).

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \quad (1)$$

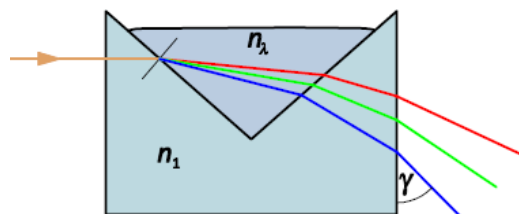


Рис. 10. Призма V-рефрактометра.

Реалізовано алгоритм автоматичного обчислення індексу рефракції для класичного рефрактометра з V-призмою – «VR-рефрактометр». Принцип роботи такого пристрою

ґрунтується на проходженні через V-призму променів світла яка є одночасно і кюветою для рідини (рис.10).

Показник заломлення рідини в призмі для рефрактометра з V-призмою обчислюється за формулою:

$$(2) n = \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} [16]$$

Досить точні результати отримані при використанні призми зображеній на рис.11.



Рис. 11. Хід променів у рефрактометрі типу «VRL»

Промінь світла у цій конструкції додатково заломлюється в кюветах з колоїдним розчином, що збільшує чутливість та точність пристрою. Така конструкція проста у виготовленні і може бути створена користувачем.

Всього реалізовано обчислення показників заломлення для рефрактометрів з 4-ма типами призм. Якщо ж алгоритм обчислення індексу рефракції для даного типу рефрактометра відсутній, то користувач сам може розрахувати цю величину на основі кутів входу та виходу променя світла в систему призм.

Передбачена також функція визначення індексу рефракції призми за відомим індексом рефракції речовини. Для цього необхідно в рефрактометр помістити речовину з відомим індексом рефракції та провести відповідне вимірювання.

Вимірювання рефракції також можливе при використанні некогерентних джерел світла (не лазер). У такому разі, визначається межа світле-темне поле та проводяться аналогічні розрахунки.

Розроблено та апробовано також рефрактометр, принцип дії якого ґрунтується на зміні оптичних властивостей лінзи при її контакті з розчином (VS - рефрактометр). Такий рефрактометр досить простий конструктивно та не потребує джерела когерентного світла, але не може бути використаний для демонстрації роботи пристрою.

Інструмент також може бути використаний як динамічний рефрактометр, наприклад, для вивчення процесів гідролізу, полімеризації та ін. Візуальні дані можуть бути отримані безпосередньо з відеокамери або із збережених фільмів.

#### **Інструмент «Колориметр»**

Пристрій «Колориметр» призначений для визначення концентрації речовин у статичних і динамічних системах. Принцип дії його ґрунтується на порівнянні кольорів стандарту/стандартів із зразком/зразками. Для калібрування можуть використовуватися як дискретні (рис. 12), так і безперервні (рис. 13) стандарти.

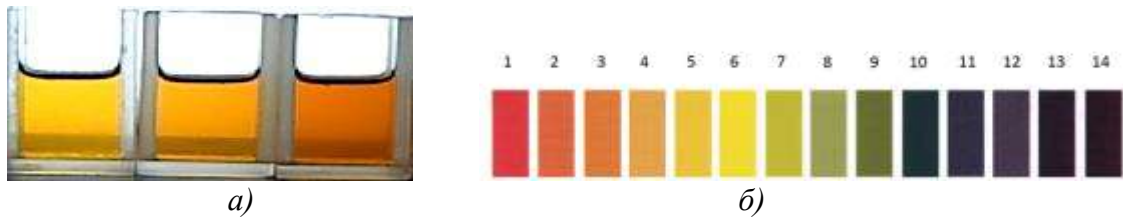


Рис. 12. Дискретні стандарти: а) кювети однакової довжини з розчинами різної концентрації; б) паперовий стандарт рН.



Рис. 13. Безперервні стандарти: а) кювета «оптичний клин»; б) паперовий стандарт.

Спосіб обробки візуальних даних визначається користувачем при налаштуванні колориметра (рис. 14 а):

BW – малюнок перетворюється у відтінки сірого, а потім використовуються величини червоних субпікселей;

RGB\_R – використовуються величини червоних субпікселей;

RGB\_G – використовуються величини зелених субпікселей;

RGB\_B – використовуються величини синіх субпікселей;

HSB\_H – використовуються величини параметра «Колір» («Hue»);

HSB\_S – використовуються величини параметра «Насиченість» («Saturation»);

HSB\_V – використовуються величини параметра «Яскравість» («Brightness»).

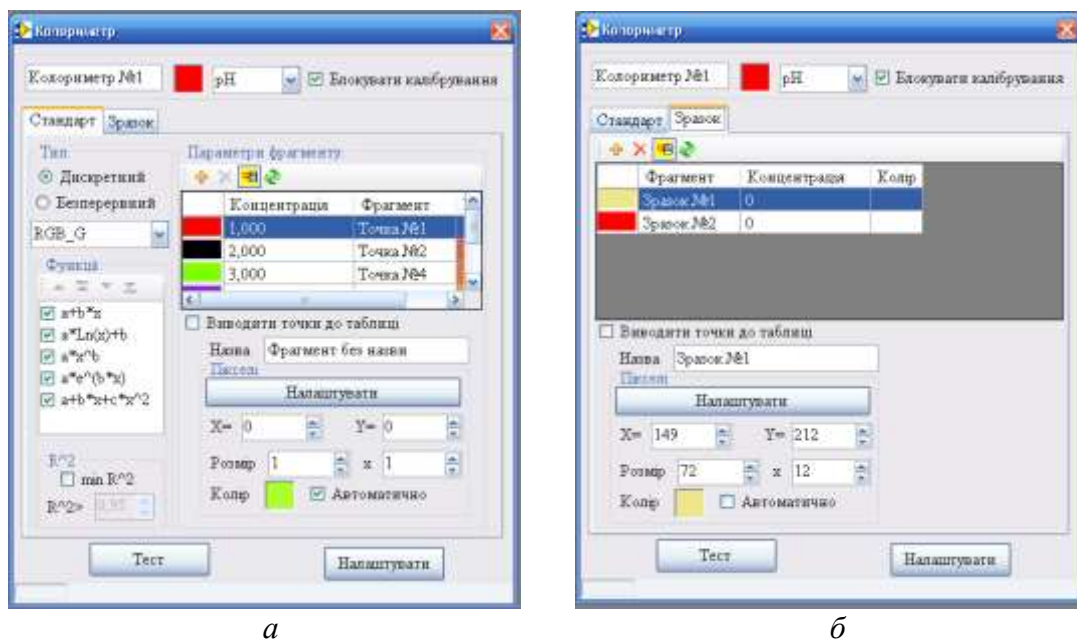


Рис. 14. Вікно налаштування комп'ютерного колориметра а), вкладка «Стандарт», б) вкладка «Зразок».

Програмний засіб апроксимує дані функціями вибраними користувачем (з набору  $a+b \cdot x$ ,  $a \cdot \ln(x)+b$ ,  $a \cdot x^b$ ,  $a \cdot e^{(x \cdot b)}$ ,  $a+b \cdot x+c \cdot x^2$ ) та вибирає найкращу за максимальним значенням коефіцієнта детермінації  $R^2$  або при досягненні величини цього критерію заданого користувачем (див. рис. 14 а). Останній спосіб раціонально застосовувати при наявності великої кількості стандартів, що оброблюються, для прискорення обчислень. Функції слід розміщати в порядку найбільш очікуваного позитивного результату. За оптимальною функцією апроксимації стандартів визначається концентрація невідомого розчину. Якщо в результаті обробки візуальних даних зразків за калібрувальним графіком неможливо обчислити концентрацію розчину, то в таблиці з'являється примітка «Точка поза лінією апроксимації», дані в подальшій обробці (наприклад, при виведенні графіку зміни концентрації розчину з часом) ігноруються.

Фрагменти для зразків задаються у вкладці «Зразок» (див. рис. 14 б). Кількість зразків необмежена. Зразки та калібрувальний графік повинні знаходитися на одному малюнку, щоб уникнути спотворення даних внаслідок переналаштування відеопристрою та зміни яскравості освітлення. Деякі драйвера відеопристроїв дозволяють зафіксувати в ручному режимі параметри експозиції, кольору та ін. У такому випадку, при правильному налаштуванні камери та забезпеченні стабільності освітлення, можна одноразово отримати калібрувальний графік і в подальшому визначати концентрації, навіть, за відсутності стандартів на малюнку.

Програмний засіб наочно демонструє процес побудови калібрувального графіку та визначення концентрацій розчинів за ним (рис. 15)

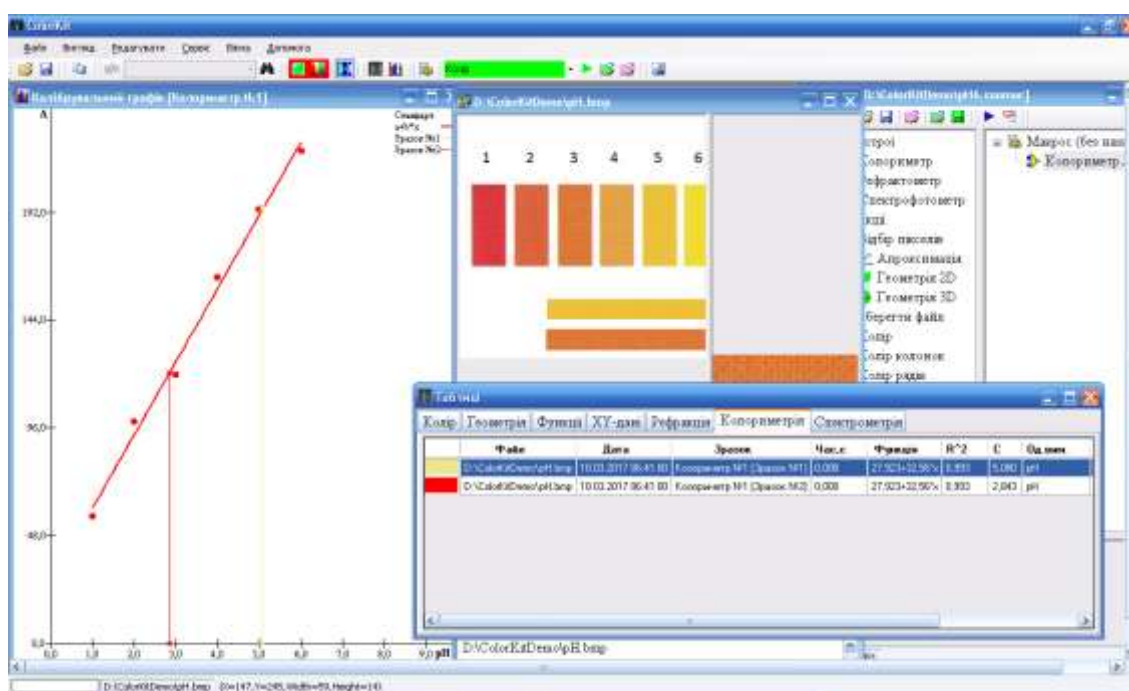


Рис 15. Інтерфейс програмного засобу ColorKit (режим «Колориметр»).

### *Інструмент «Спектрофотометр»*

Одним з найбільш поширених методів хімічного аналізу є абсорбційна спектрофотометрія. На жаль, ознайомитися на практиці з принципами роботи цих пристроїв більшість школярів і навіть студентів не мають нагоди із-за їх високої вартості. Крім того, сучасні спектрофотометри – це досить складні оптично-механічно-комп'ютерні пристрої, конструктивні особливості та принцип роботи яких неможливо зрозуміти, навіть, виконуючи вимірювання на них [17]. Це все стимулює як викладачів,

які працюють з обдарованою молоддю, так і професійних програмістів розробляти мобільні та комп'ютерні спектрофотометри [18, 19].

Інструмент «Спектрофотометр» ПЗ «ColorKit», на відміну від інших подібних проєктів, дозволяє порівнювати спектри світла, що входить в кювету із спектром світла, що пройшло через розчин (рис. 16). Це дозволяє не тільки суттєво підвищити точність отриманих даних, а й використовувати джерела світла, які мають різну інтенсивність випромінювання в різних ділянках спектру, наприклад, світлодіоди; процес вимірювання робить наочним.

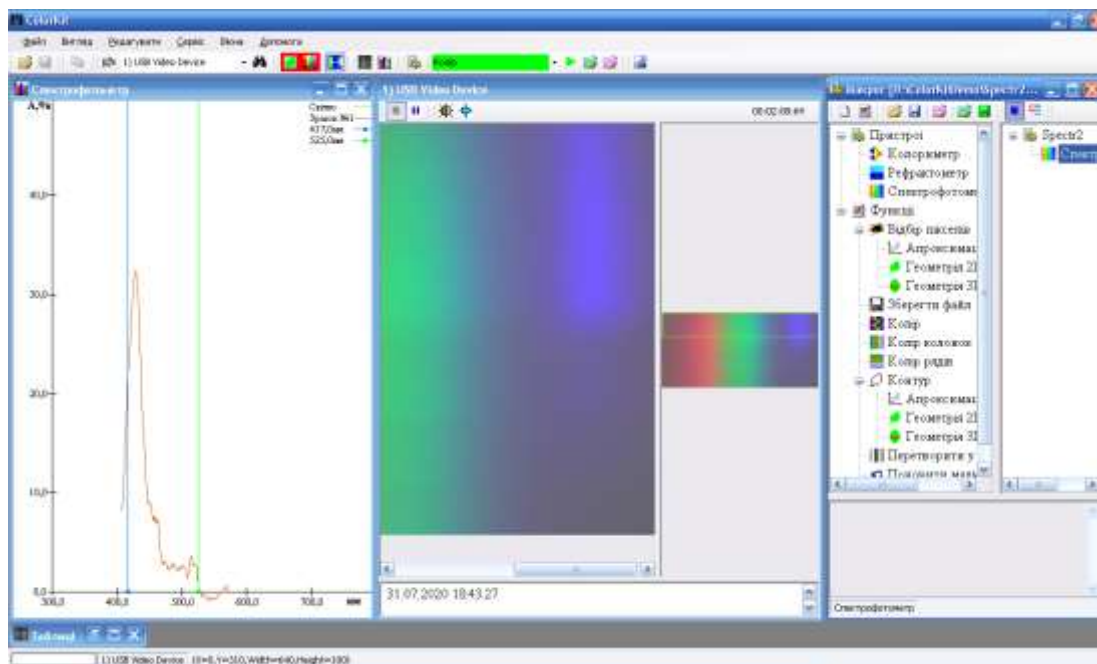


Рис 16. Інтерфейс програмного засобу ColorKit (режим «Спектрофотометр», порівняння спектрів).

Програмний засіб ColorKit неодноразово використовувався студентами та учнями-членами МАН при розробці своїх власних комп'ютерних пристроїв (рефрактометрів, колориметрів, спектрофотометрів, нефелометрів) та в дослідженнях (вивченні якості рН-паперу; визначенні хлоридів у воді, амілазної активності, вимірювання площі фотосинтезуючої поверхні та ін.)

#### Висновки.

1. Розроблено програмно-методичний комплекс SchooKit, до складу якого входять три програмні засоби ColorKit, ChemKit, SoundCardScientificKit. ColorKit призначений для обробки фотографій, фільмів і візуальних даних в режимі реального часу з науковою метою. ChemKit – для вимірювання температури, електрорушійної сили, сили струму, керуванням пристроями. SoundCardScientificKit – для візуалізації низькочастотних сигналів і генерації сигналів спеціальної форми.
2. Програмний засіб ColorKit є універсальним, простим у користуванні, стимулює до творчої роботи, має зручний інтуїтивний україномовний інтерфейс.
3. ПЗ ColorKit є ефективним засобом для проведення онлайн експерименту.
4. Програмний засіб ColorKit неодноразово використовувався студентами та учнями-членами МАН при розробці своїх власних комп'ютерних пристроїв (рефрактометрів, колориметрів, спектрофотометрів) та в дослідженнях (вивченні

якості рН-паперу; визначенні хлоридів у воді, амілазної активності, вимірювання площі фотосинтезуючої поверхні та ін.)

5. Засоби ПМК були випробувані при написанні магістерських робіт в області хімії та біології.
6. Намічено шляхи застосування ПМК SchoolKit у STEM навчанні.

#### **Перспективи розвитку програмного засобу ColorKit.**

1. Розробка мультимовного інтерфейсу.
2. Інтеграція модулів програмного засобу ChemKit до ColorKit.
3. Удосконалення інтерфейсу ПЗ.
4. Удосконалення файлу допомоги, зокрема, розробка файлу допомоги до модуля «Поляриметр»
5. Розробка та валідація периферії.
6. Популяризація програмного засобу.
7. Створення робочої групи для подальшої розробки ПМК.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Шон Кохлан Комп'ютери в школах не гарантують кращих знань – дослідження. URL: [http://www.bbc.com/ukrainian/society/2015/09/150915\\_computers\\_pupil\\_results\\_vs](http://www.bbc.com/ukrainian/society/2015/09/150915_computers_pupil_results_vs) (дата звернення: 28.10.2021).
2. Верховна Рада України. (2020). МОН України; Наказ № 574 Про затвердження Типового переліку засобів навчання та обладнання для навчальних кабінетів і STEM-лабораторій. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0410-20#Text> (дата звернення: 28.10.2021).
3. Vernier. Products for Science and STEM Education. URL: <https://www.vernier.com/products/> (дата звернення: 28.10.2021).
4. Macfarlane C., Odgen G. An Improved Evaporation Dome for Forest Environments Nov 2012. Computers and Electronics In Agriculture. Vol 89. November 2012. P.126-129.
5. Science Lab Equipment & Teacher Resources. URL: <https://www.pasco.com/> (дата звернення: 28.10.2021).
6. Morales Paz E. Spark Inspired Science Classroom / 8-th International Technology, Annual Education and Development Conference (INTED) 2014. P. 3801-3809.
7. Gawryszewski M., Kmiecik P., Granosik G. V-REP and LabVIEW in the Service of Education. 7-th International Conference on Robotics in Education (RiE) 2017. P.15-27.
8. MEMS and IoT Applications in ISLE-based STEM Physics Learning Media for Mechanics Topic with LabVIEW Integration. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1462/1/012066/pdf> (дата звернення: 29.10.2021).
9. Головань О. В., Шаповалов Є. Б. Посібник з хімії з використання цифрових лабораторій Einstein ТМ: Частина 1: Розумники, 2016. 138с.
10. PHYWE. Datalogging-system Cobra 4. URL: <https://www.phywe.com/sensors-software> (дата звернення: 27.10.2021).
11. Горохова, Р. И., Никитин П. В. Формирование учебной мотивации на уроках физики с использованием инновационных технологий. Современные информационные технологии и ИТ- образование. 2020. Т. 16, № 3. С. 721-729. DOI 10.25559/ SITITO.16.202003.721-729
12. Техноинстаил. Globisens® Labdisc. Увлекательные лабораторные эксперименты. URL: <https://www.tehnoinstyle.com.ua/reviews/obzory-elektroniki/globisens-labdisc-uvlekatelnye-laboratornye-eksperimenty> (дата звернення: 28.10.2021).

13. Kori K., Pata K. Training Teachers to use Globisens Labdiscs for Citizen Science Projects in School. 14th International Technology, Education and Development Conference (INTED) 2020. P.111-119.
14. ITM Лабораторія. URL: <https://www.itm.com.ua/> (дата звернення: 28.10.2021).
15. Патрик Т., Крей К. Visual Basic 2005. Рецепты программирования. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2008. 739 с.
16. О5е “Index of Refraction of Liquids (Refractometry)” URL: <http://home.uni-leipzig.de/prakphys/pdf/VersucheIPSP/Optics/O-05e-AUF.pdf> (дата звернення: 28.10.2021).
17. Alexander Scheeline, Kathleen Kelley. Cell Phone Spectrometer: Learning Spectrophotometry by Building and Characterizing an Instrument. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Cell-Phone-Spectrometer%3A-Learning-Spectrophotometry-Kelley/b9d59683c69b43b7272538462d03197d1ebfbc71> (дата звернення: 28.10.2021).
18. Bill S. Hosker Demonstrating Principles of Spectrophotometry by Constructing a Simple, Low-Cost, Functional Spectrophotometer Utilizing the Light Sensor on a Smartphone. Journal of Chemical Education, 2018. №95. PP.178-181.
19. Theremino. The real modular in out. URL: <https://www.theremino.com/en/downloads/automation/> (дата звернення: 28.10.2021).

*Матеріал надіслано до редакції 26.03.2021р.*

## DEVELOPMENT OF SCHOOLKIT SOFTWARE

### **Alexander Vinnik**

Senior Lecturer

H.G. Skovoroda's Kharkiv National Pedagogical University, Ukraine

[vinnik777777@gmail.com](mailto:vinnik777777@gmail.com)

ORCID: 0000-0001-5130-505

### **Tetiana Komisova**

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

H.G. Skovoroda's Kharkiv National Pedagogical University, Ukraine

[tatyanakomisova@gmail.com](mailto:tatyanakomisova@gmail.com)

ORCID: 0000-0003-3959-8575

### **Roman Kratenko**

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

H.G. Skovoroda's Kharkiv National Pedagogical University, Ukraine

[romankratenko1@gmail.com](mailto:romankratenko1@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-5325-0543

**Abstract.** Chemistry Department of H.S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University develops a program-methodical complex (PMK) SchoolKit. It is based on three software tools: ChemKit - designed to measure temperature, electromotive force, amperage, control devices (heaters, power sources, etc.); SoundCardScientificKit - focused on the use of DAC (digital-to-analog converter) and ADC DAC (analog-to-digital converter) computer sound card; created for visualization of low-frequency signals and generation of signals of a special form; ColorKit - developed for processing photos, movies and visual data in real time for scientific purposes. This software has been tested in student and master's projects. All tools for working with visual data are divided into two categories: functions - non-specialized tools (allow to be fully creative, require some skills to work with the application, are a significant help in creating algorithms for processing visual data for the user's own software) and tools - specialized tools that simulate the operation of devices such as colorimeter, refractometer, spectrophotometer, polarimeter. To reduce the cost of projects, the paper proposes to use: digital-to-analog (DAC) and analog-to-digital (ADC) sound card converters, photo and video devices and other available peripherals in the development of digital

learning tools. The paper also describes the interface and capabilities of ColorKit software. Its versatility shows that a student or teacher could build their own research system by adding and configuring macro modules. This software allows not only on the basis of visual data processing to make various measurements (colorimetric, refractometric, spectrophotometric, determination of the photosynthetic surface, etc.), but also to clearly demonstrate the principles of physicochemical devices. Peripherals for this software can be easily made by hand. Devices developed by students on the basis of ColorKit software have been repeatedly presented at various competitions: Junior Academy of Science, "Touch of Nature", "Water Net". The paper defines the main directions of applications of software ColorKit, ChemKit, SoundCardScientificKit in STEM training. Further prospects for the development of ColorKit software are outlined. The paper marks up the necessity of development of domestic educational digital laboratories and training of specialists in this field.

**Keywords:** STEM; educational computer software; SchoolKit; ChemKit; ColorKit; SoundCardScientificKit

## REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Kokhlan, S. (2021). Computers in schools do not guarantee better knowledge - research. October 28, 2021. [http://www.bbc.com/ukrainian/society/2015/09/150915\\_computers\\_pupil\\_results\\_vs](http://www.bbc.com/ukrainian/society/2015/09/150915_computers_pupil_results_vs) (in Ukrainian)
2. Verkhovna Rada Ukrainy (2020). MON Ukrainy; Nakaz № 574 Pro zatverdzhennia typovoho pereliku zasobiv navchannia ta obladdannia dlia navchalnykh kabinetiv i STEM-laboratorii. October 28, 2021. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0410-20#Text> (in Ukrainian)
3. Vernier. Products for Science and STEM Education (2021). October 28, 2021. <https://www.vernier.com/products/>
4. Macfarlane, C.& Odgen, G. (2012). An Improved Evaporation Dome for Forest Environments Nov 2012. Computers and Electronics In Agriculture, Vol 89, P.126-129.
5. Science Lab Equipment & Teacher Resources (2021). October 28, 2021. <https://www.pasco.com/>
6. Morales, Paz E. (2014). Spark Inspired Science Classroom. 8-th International Technology, Annual Education and Development Conference (INTED), P.3801-3809.
7. Gawryszewski, M., Kmiecik, P. & Granosik, G. (2017). V-REP and LabVIEW in the Service of Education. 7-th International Conference on Robotics in Education (RiE), P. 15-27.
8. MEMS and IoT Applications in ISLE-based STEM Physics Learning Media for Mechanics Topic with LabVIEW Integration (2021). October 28, 2021. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1462/1/012066/pdf>
9. Holovan, O., Shapovalov, Ye. (2016). Posibnyk z khimii z vykorystannia tsyfrovyykh laboratorii Einstein TM: Chastyna 1: Rozumnyky, 138 p. (in Ukrainian)
10. PHYWE (2021). Datalogging-system Cobra4. October 28, 2021. <https://www.phywe.com/sensors-software>
11. Gorohova, R. & Nikitin, P. (2020). Formirovanie uchebnoj motivacii na urokah fiziki s ispol'zovaniem innovacionnykh tekhnologij. Sovremennye informacionnye tekhnologii i IT- obrazovanie, T. 16, № 3, S. 721-729. DOI 10.25559/SITITO.16.202003.721-729 (in Ukrainian)
12. Tekhnoyntstayl. Globisens® Labdisc uvlekatelnye laboratornye eksperymenty. October 28, 2021. <https://www.tehnoinstyle.com.ua/reviews/obzory-elektroniki/globisens-labdisc-uvlekatelnye-laboratornye-eksperymenty> (in Ukrainian)



13. Kori, K. & Pata, K. (2020). Training Teachers to use Globisens Labdiscs for Citizen Science Projects in School. 14th International Technology, Education and Development Conference (INTED), P.111-119.
14. ITM Laboratoriia (2021). October 28, 2021.  
<https://www.itm.com.ua/>
15. Patryk, T. & Krei, K. (2008). Visual Basic 2005 Retsepty prohrammyrovanyia.Sankt-Peterburh: BKhV-Peterburh, 2008. 739 p.
16. O5e “Index of Refraction of Liquids (Refractometry)” (2021). October 28, 2021.  
<http://home.uni-leipzig.de/prakphys/pdf/VersucheIPSP/Optics/O-05e-AUF.pdf>
17. Scheeline, A. & Kelley, K. (2021). Cell Phone Spectrometer: Learning Spectrophotometry by Building and Characterizing an Instrument. October 28, 2021.  
<https://www.semanticscholar.org/paper/Cell-Phone-Spectrometer%3A-Learning-Spectrophotometry-Kelley/b9d59683c69b43b7272538462d03197d1ebfbc71>
18. Hosker, B. S. (2018). Demonstrating Principles of Spectrophotometry by Constructing a Simple, Low-Cost, Functional Spectrophotometer Utilizing the Light Sensor on a Smartphone. Journal of Chemical Education, №95, PP.178-181.
19. Theremino (2021). The real modular in out. October 28, 2021.  
<https://www.theremino.com/en/downloads/automation/>