



**НТК "Інститут монокристалів" НАНУ
Інститут хімії функціональних матеріалів**

ЗВІТ

Аспірантура (3 рік навчання)

**«Синтез та дослідження флуоресцентних сквараїнових
барвників та супрамолекулярних систем на їхній основі»**

Ростислав Свояков

Аспірант відділу люмінесцентних матеріалів та
барвників ім. Б. М. Красовицького

Науковий керівник: к.х.н., с.д. Татарець А.Л.

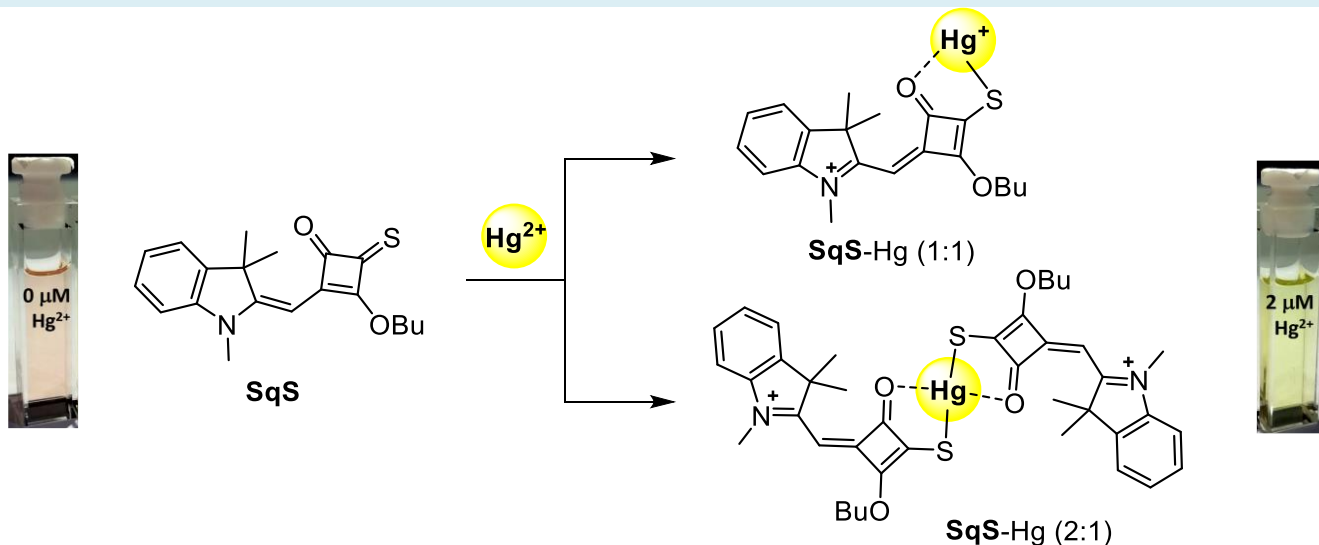
Мета дисертаційного дослідження

Розробка методів синтезу та вивчення спектрально-люмінесцентних властивостей нових сквараїнових барвників і супрамолекулярних систем на їхній основі як перспективних хемосенсорів та медико-біологічних маркерів

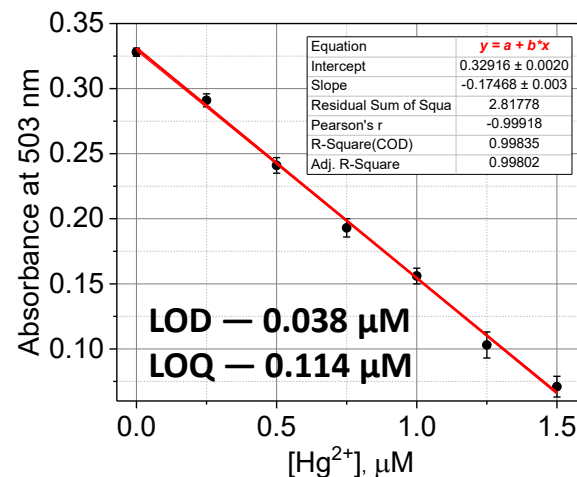
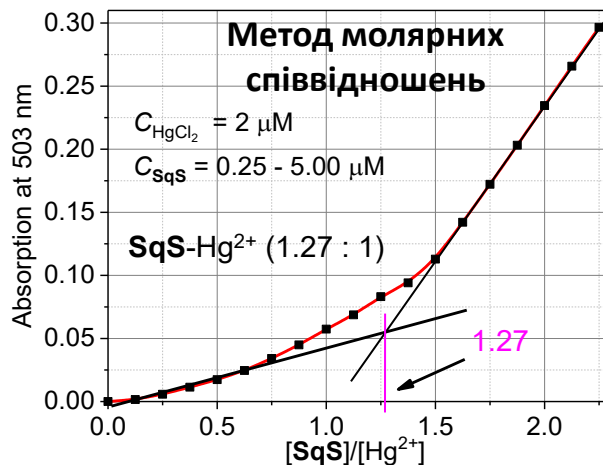
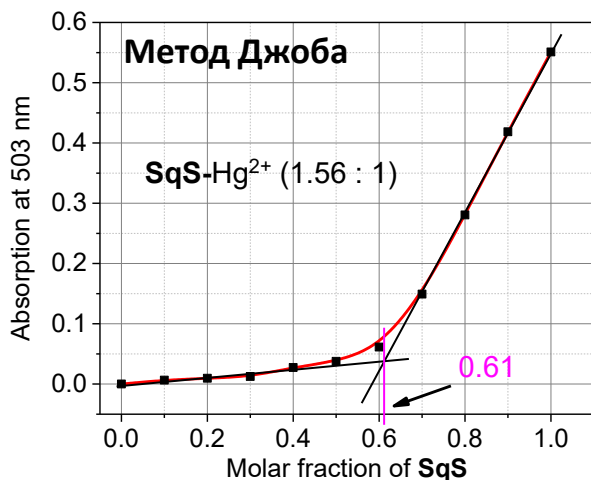
Основні завдання дисертаційного дослідження

- 1) Розробити методи синтезу та одержати сквараїнові флуоресцентні барвники та супрамолекулярні системи на їхній основі.
- 2) Дослідити спектрально-люмінесцентні, фотофізичні та фотохімічні властивості одержаних барвників, зокрема при комплексоутворенні з металами та у середовищах різної в'язкості.
- 3) Встановити залежності спектрально-люмінесцентних, фотофізичних та фотохімічних властивостей від замісників у молекулах сквараїнових барвників та вплив утворення супрамолекулярної системи на ці властивості.
- 4) З'ясувати можливість використання нових барвників як мітчиків та зондів для медико-біологічних досліджень, біовізуалізації, визначення іонів металів тощо.

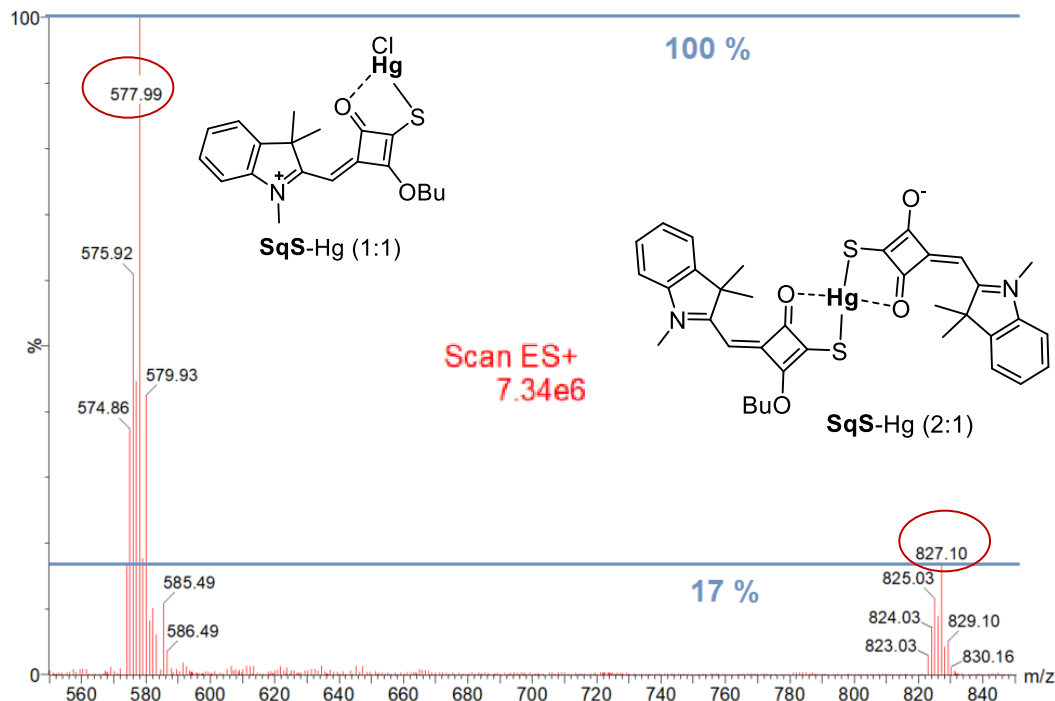
Сенсор на основі семісквараїнового барвнику SqS



Визначення стехіометрії утворених комплексів, межі виявлення (LOD) та межі кількісного визначення (LOQ)



Сенсор на основі семіскварайінового барвника SqS



Визначення стехіометрії
утворених комплексів за
допомогою мас-спектрометрії

Мас-спектр розчину барвника
SqS у суміші MeOH-H₂O (1:1)
при додаванні еквімолярної
кількості HgCl₂

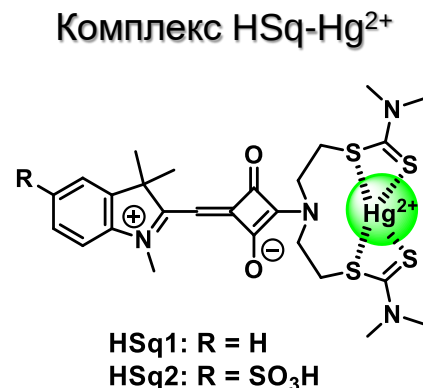
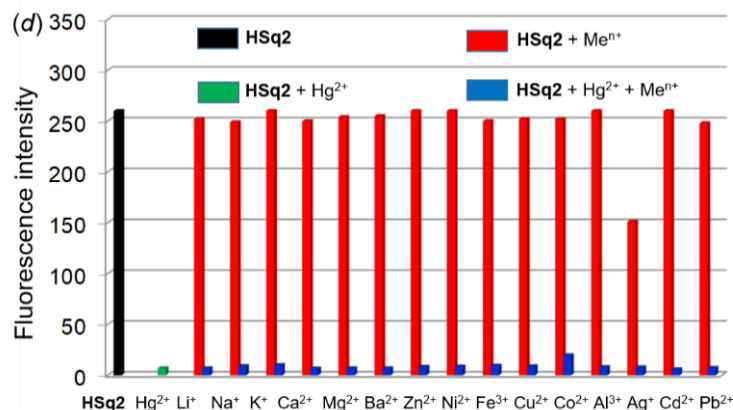
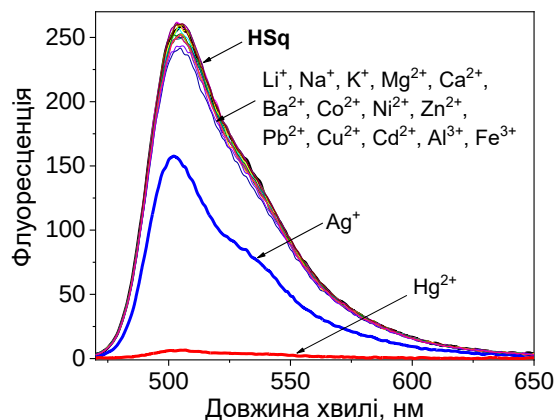
Визначення селективності SqS по відношенню до катіонів інших металів



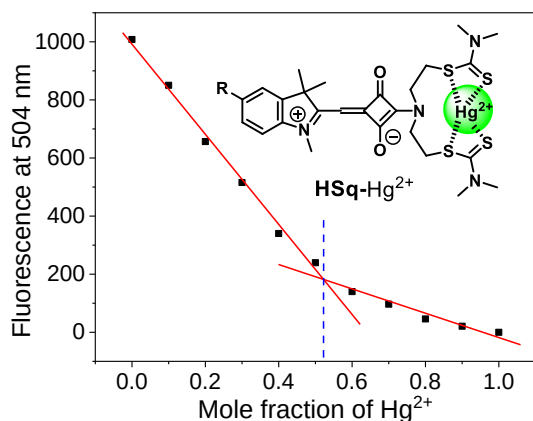
Подано статтю до журналу "Functional Materials"

Сенсори на основі геміскварайінових барвників HSq

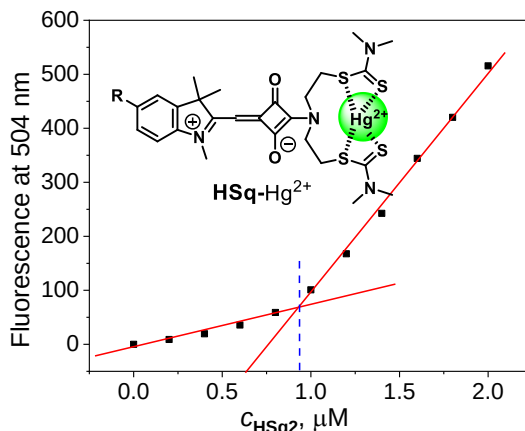
Дослідження чутливості HSq до присутності іонів Hg^{2+} , та селективність у присутності катіонів інших металів



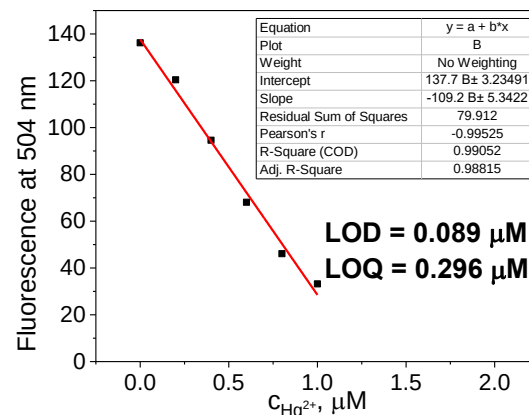
Визначення стехіометрії утворених комплексів, межі виявлення (LOD) та межі кількісного визначення (LOQ)



Метод Джоба

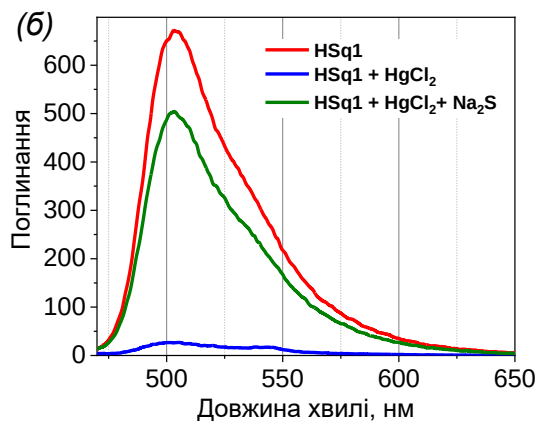
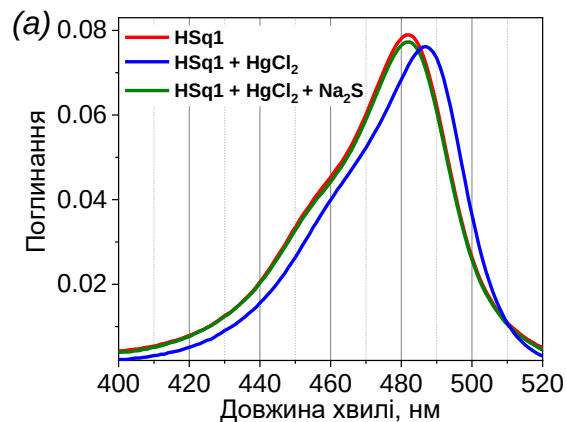
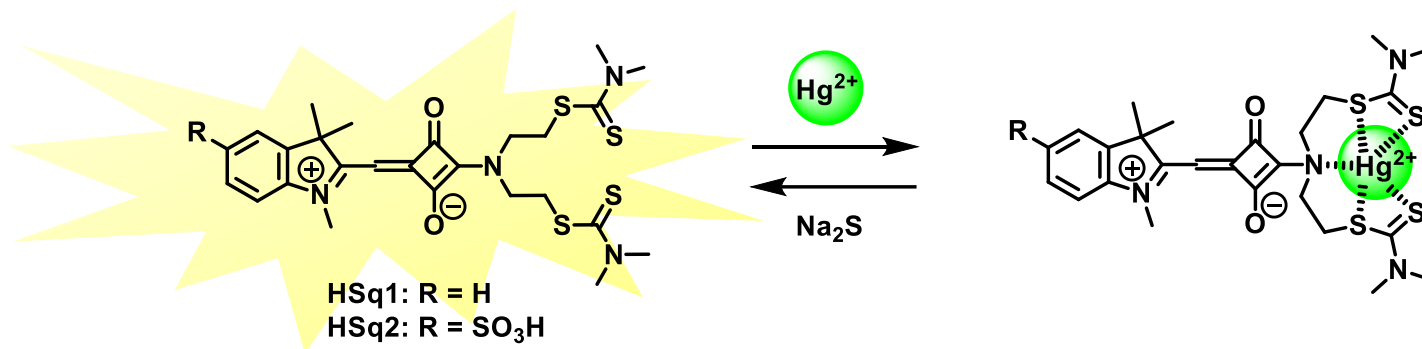


Метод молярних співвідношень

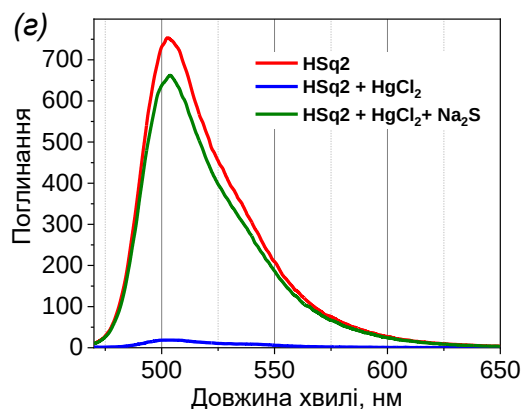
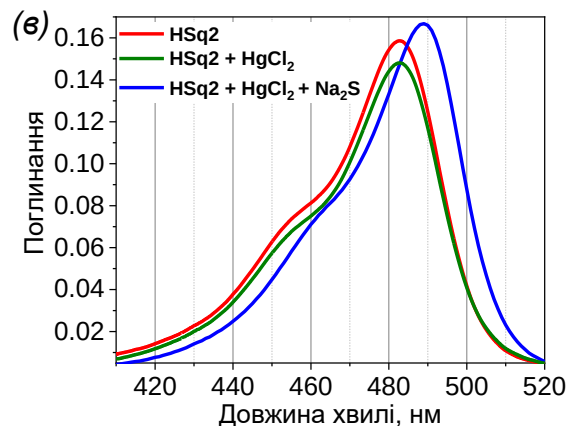


Визначення LOD та LOQ

Спектральні властивості комплексів у присутності S^{2-}

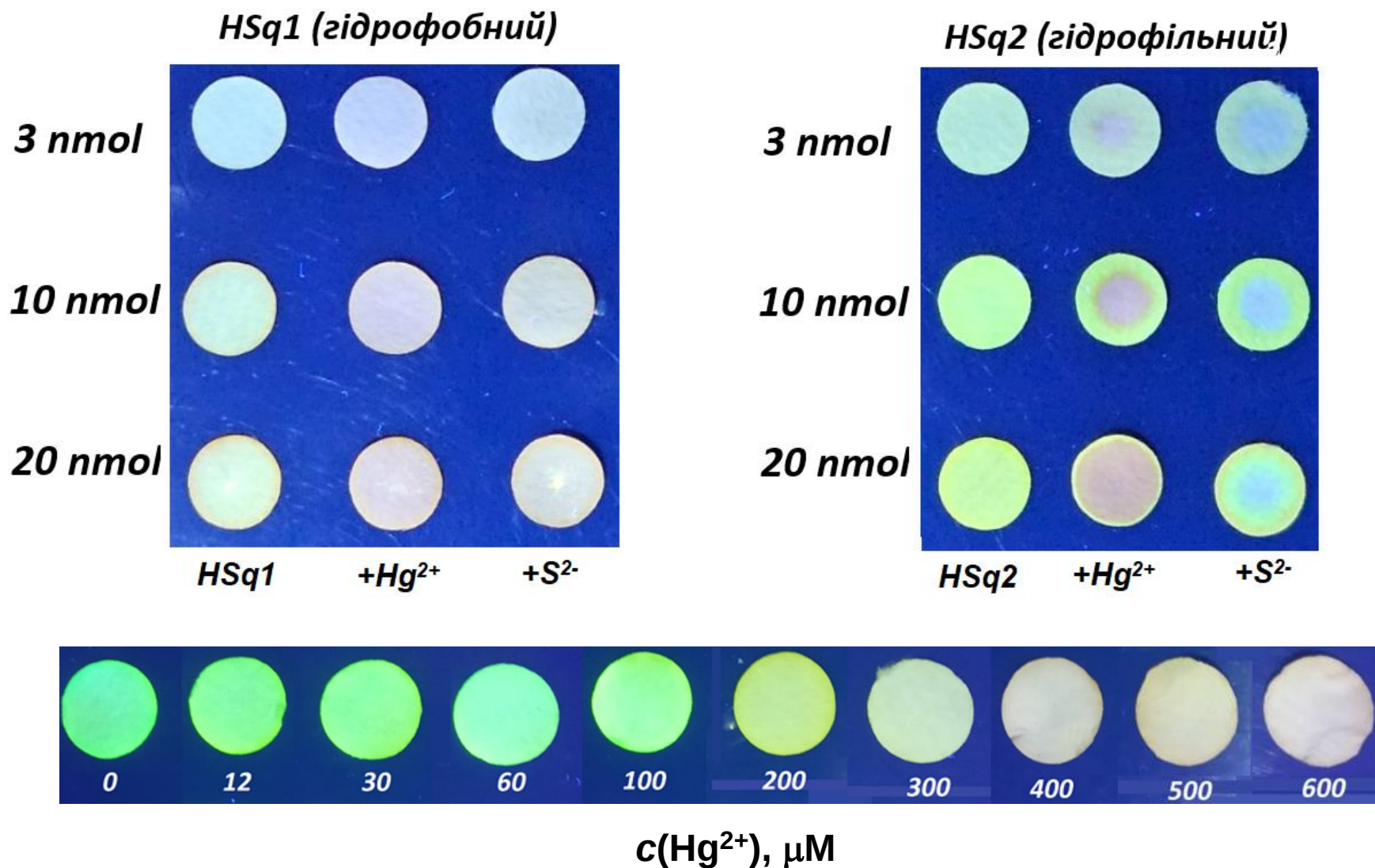


Спектри поглинання (а, в) та флуоресценції (б, г) сенсорів HSq1 та HSq2 у присутності іонів Hg^{2+} (спектри синього кольору) та подальшому додаванні Na_2S (спектри зеленого кольору)



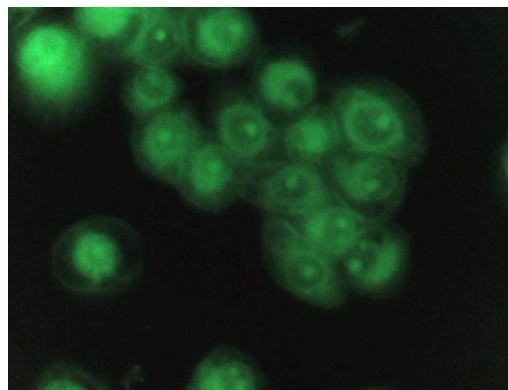
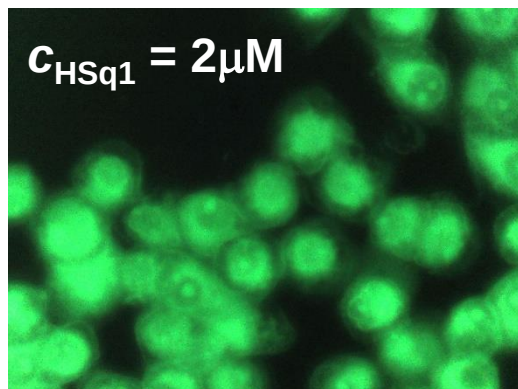
Готується стаття до журналу “Methods and applications in fluorescence”

Розроблення тест-системи для детекції іонів Hg^{2+}

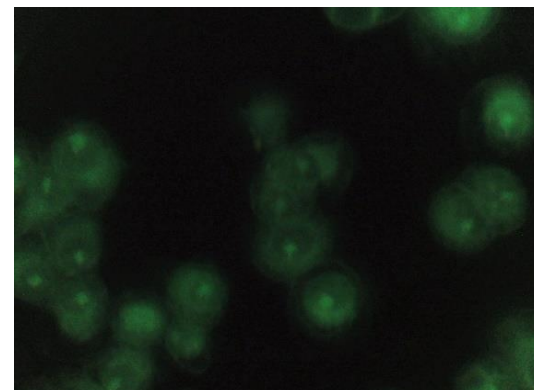


Виявлення Hg^{2+} у культурі клітин L929 барвниками HSq1 та HSq2

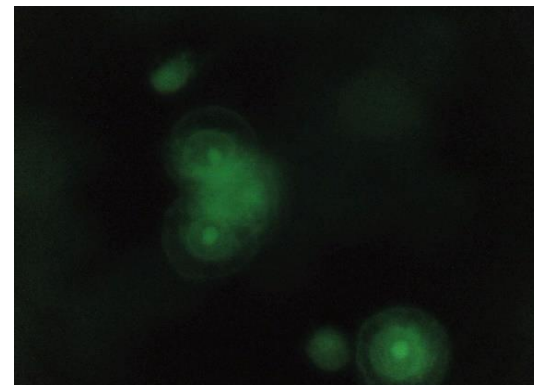
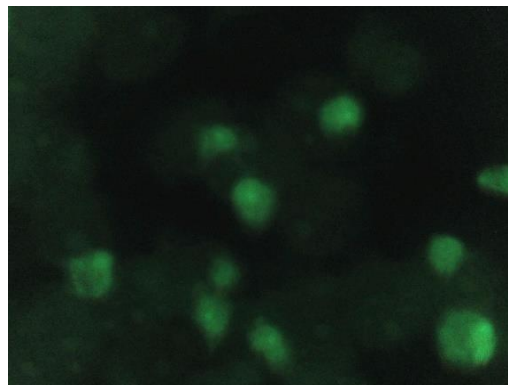
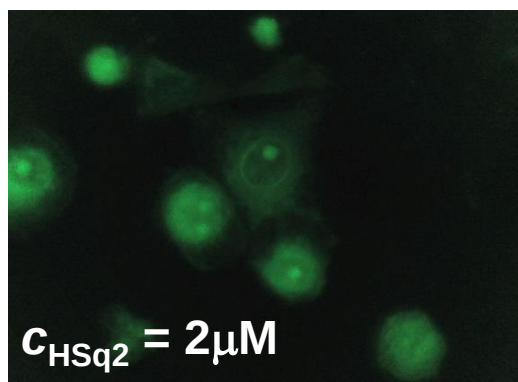
Експерименти проводили у серії розчинів універсального буферу з різними значеннями рН. Найкращий результат отримали при рН 4.



+ 20 μM Hg^{2+}



+ 200 μM Hg^{2+}



Результати

1. Досліджені гемі- **HSq** та семі- **SqS** сквараїнові барвники є перспективними як колориметричні та/або флуоресцентні хемосенсиори для виявлення іонів Hg^{2+} .
2. Дослідження характеристик зв'язування барвника **SqS** з іонами Hg^{2+} за допомогою графіка Джоба, методу молярного співвідношення та мас-спектрометрії показало, що у розчині утворюються комплекси **SqS**– Hg^{2+} зі співвідношенням 1:1 та 2:1. У той же час сенсори **HSq1** та **HSq2** утворюють лише комплекси зі співвідношенням 1:1
3. Завдяки яскравій флуоресценції на фільтрувальному папері, високій чутливості до іонів Hg^{2+} та зворотності властивостей у присутності сульфідів, хемосенсор **HSq2** можна рекомендувати для розробки індикаторних експрес-систем для виявлення Hg^{2+} та сульфідів.
4. Результати забарвлення клітин L929 барвниками **HSq1** та **HSq2**, показали, що сенсор **HSq1** можна використовувати для візуалізації клітин.
5. Подано 1 статтю у журнал “Functional Materials” (IF 0.19, Q4)
6. Готується публікація до журналу «Methods and Applications in Fluorescence (IF 2.4, Q2)

Освітня складова

Виконанно:

Блок дисциплін		Кредитів ЄКТС	Форма контролю	Оцінка за 100-бальною європейською шкалою
Цикл загальної підготовки				
1	Філософія науки та культури	6	екзамен	90
2	Іноземна мова професійного спрямування для підготовки аспірантів до рівня загальноєвропейського стандарту володіння мовою C1	8	екзамен	83
3	Сучасні методи синтезу та аналізу	9	екзамен	94
4	Підготовка наукових публікацій та проєктів	6	екзамен	95
5	Будова органічних речовин	6	екзамен	76
6	Хімія барвників та люмінофорів	5	екзамен	98
Сума кредитів ЄКТС		40		

Запланованно на 4 рік: асистентська педагогічна практика.

Публікації

За звітний період дисертаційної роботи:

1. **Свояков Р. П.,** Колосова О. С., Татарець А. Л., Кулик О. Г. Хемосенсор на основі гемісквараїнового барвника для кількісного визначення іонів ртуті (II). // VII Міжнародної (XVII Української) наукової конференції студентів, аспірантів і молодих учених «Хімічні проблеми сьогодення» (ХПС-2024). 19–21 березня 2024 року, Вінниця, Україна.
2. **Свояков Р. П.,** Кулик О.Г., Говор І.В., Татарець А.Л. Синтез та дослідження чутливих до мікрооточення сенсоров на основі гемісквараїнових барвників. // XVI Всеукраїнська наукова конференція студентів та аспірантів "Хімічні Каразінські читання - 2024" (ХКЧ'24). 30 квітня 2024 року, Харків, Україна. – С. 99.
3. **Свояков Р. П.,** Кулик О. Г., Вакслер Є. О., Татарець А. Л. Колориметричний сенсор на основі семісквараїнового барвника для детекції катіонів ртуті (II). // VIII Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Хімія, біотехнологія, екологія та освіта» 15 – 16 травня 2024 року, Харків, Україна.
4. **Rostyslav Svoiakov,** Olesia Kulyk, Iryna Hovor, Anatoliy Tatarets. Environment-sensitive indolenine-based hemisquaraine dyes. // 6th International Caparica Conference on Chromogenic and Emissive Materials (IC³EM). 7 – 11 July 2024, Caparica, Portugal. – P. 173.
5. **Свояков Р. П.,** Колосова О.С., Кулик О.Г., Обухова О.М., Єрмоленко І.Г., Татарець А.Л. Синтез флуоресцентних сквараїн-ротаксанових барвників та їхнє дослідження у ДНК-матрицях. // XXVI Українська конференція з органічної та біоорганічної хімії, 16-20 вересня 2024, Ужгород, Україна, С 48.

Подано статтю до журналу

“Functional Materials” (IF 0.19, Q4)

“Indolenine-based semisquaraine dye for visual detection and mercury (II) sensing application”

Публікації

За матеріалами дисертаційної роботи:

Статті:

1. M.S. Barclay, Ch.K. Wilson, S.K. Roy, O.A. Mass, O.M. Obukhova, **R.P. Svoiakov**, A.L. Tatarets, A.U. Chowdhury, J.S. Huff, D.B. Turner, P.H. Davis, E.A. Terpetschnig, B. Yurke, W.B. Knowlton, J. Lee, R.D. Pensack. Oblique packing and tunable excitonic coupling in DNA-templated squaraine rotaxane dimer aggregates. // ChemPhotoChem, 2022, V. 6, Iss. 7, e202200039. [<https://doi.org/10.1002/cptc.202200039>].
2. **R.P. Svoiakov**, O.G. Kulyk, I.V. Hovor, S.V. Shishkina, A.L. Tatarets. Environment-sensitive indolenine-based hemisquaraine dyes: Synthesis, molecular structure, and spectral properties. // Dyes Pigm., 2023;219:111612. [<https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2023.111612>].

Патенти:

1. Kobzev D.V., Kolosova O.S., Obukhova O.M., Semenova O.M., **Svoyakov R.P.**, Tatarets A.L., Terpetschnig E.A. Luminescent squaraine rotaxane compounds. US 11091646 (17.08.2021).
2. Kobzev D.V., Kolosova O.S., Obukhova O.M., Semenova O.M., **Svoyakov R.P.**, Tatarets A.L., Terpetschnig E.A. Luminescent squaraine rotaxane compounds. US 2020/0199369A9 (25.06.2020).
3. Kobzev, D.V., Kolosova, O. S., Obukhova, O. M., Semenova, O. M., **Svoyakov, R.P.**, Tatarets, A. L., Terpetschnig, E. A. Luminescent squaraine rotaxane compounds (2019). US. Patent Application No. 20190048196 A1 (14.02.2019).

Публікації

За матеріалами дисертаційної роботи:

Тези конференції:

1. **Свояков Р. П.**, Колосова О. С., Кулик О. Г., Обухова О. М., Єрмоленко І. Г., Татарець А. Л. Синтез флуоресцентних сквараїн-ротаксанових барвників та їхнє дослідження у ДНК-матрицях // XXVI Українська конференція з органічної та біоорганічної хімії, 16-20 вересня 2024, Ужгород, Україна, С 48.
2. Olesia G. Kulyk, **Rostyslav P. Svoiakov**, Iryna V. Hovor, Anatoliy L. Tatarets. Environment-sensitive indolenine-based hemisquaraine dyes // 6th International Caparica Conference on Chromogenic and Emissive Materials (IC3EM). 7 – 11 July 2024, Caparica, Portugal. – P. 173.
3. **Свояков Р.П.**, Говор І.В., Татарець А.Л., Кулик О.Г. Синтез та дослідження чутливих до мікрооточення сенсоров на основі гемісквараїнових барвників // XVI Всеукраїнська наукова конференція студентів та аспірантів "Хімічні Каразинські читання - 2024" (ХКЧ'24). 30 квітня 2024 року, Харків, Україна. – С. 99.
4. **Свояков Р. П.**, Колосова О. С., Татарець А. Л., Кулик О. Г. Хемосенсор на основі гемісквараїнового барвника для кількісного визначення іонів ртуті (II) // VII Міжнародної (XVII Української) наукової конференції студентів, аспірантів і молодих учених «Хімічні проблеми сьогодення» (ХПС-2024). 19–21 березня 2024 року, Вінниця, Україна. – С. 20.
5. **Свояков Р. П.**, Кулик О.Г., Говор І.В., Татарець А.Л. Чутливі до мікрооточення сенсори на основі гемісквараїнових барвників // XIV Всеукраїнської конференції молодих вчених, студентів та аспірантів з актуальних питань хімії, 10 - 12 жовтня 2023, Харків, Україна. – С. 13.
6. **Rostyslav Svoiakov**, Olesia Kulyk, Iryna Hovor, Anatoliy Tatarets. Environment sensitive monosquaraine dyes // XIX Scientific Conference "Lviv Chemical Readings - 2023. 29 – 31 May 2023, Lviv, Ukraine. – P. 134.
7. **Свояков Р.П.**, Кулик О.Г., Вакслер Є.О., Говор І.В., Татарець А.Л. Колориметричні сенсори на основі сквараїнових барвників для кількісного визначення важких металів // X Міжнародна науково-практична конференція “Хімія, біо- і нанотехнології, екологія та економіка в харчовій та косметичній промисловості”. 18-19 листопада 2022, Харків, Україна. – С. 70.
8. **Свояков Р.П.**, Кулик О.Г., Татарець А.Л. Семісквараїновий барвник як флуоресцентний хемосенсор для селективного визначення катіонів ртуті (II) // I Міжнародна науково-практична конференція “Актуальні проблеми хімії та хімічної технології”. 30 листопада 2022, Київ, Україна. – С. 32.

Публікації

За матеріалами дисертаційної роботи:

Продовження:

9. **R. Svoiakov**, O. Kulyk, I. Hovor, A. Tatarets. New Colorimetric Sensor Based on Squaraine Dye for Selective and Sensitive Detection of Mercury Ions // 5th International Caparica Conference on Chromogenic and Emissive Materials (IC³EM). 3 – 7 July 2022, Caparica, Portugal. – P. 251.

10. **Свояков Р.П.**, Колосова О.С., Татарець А.Л. Синтез та спектральні властивості нових чутливих до в'язкості сквараїнових барвників // XVIII Наукова конференція «Львівські хімічні читання - 2021» 31 травня – 2 червня 2021 року. – С. О15.

11. **R.P. Svoiakov**, S.U. Khabuseva, O.S. Kolosova, A.L. Tatarets. Synthesis and spectral properties of novel viscosity-sensitive dyes // 4th International Caparica Conference on Chromogenic and Emissive Materials 2020, IC3EM On line 16th – 19th November 2020, Caparica, Portugal – P. 194.

12. **R.P. Svoiakov**, S.U. Khabuseva, A.L. Tatarets. Synthesis of novel indolenine-based monosquaraine dyes sensitive to viscosity // 8th International Conference "Chemistry of Nitrogen Containing Heterocycles" in memoriam of Prof. Valeriy Orlov (CNCH-2018). – 12–18 November 2018, Kharkiv, Ukraine. – P. 143.

Дякую за увагу!