

Рецензія
на книгу «Advanced Fluorescence
Reporters in Chemistry and Biology I».
Під редакцією О. П. Демченка
(видавництво Springer, 2010)



Метою авторів Шпрінгерівської серії з флуоресценції є публікація спеціально замовлених тематично підібраних ультрасучасних статей, які б допомагали як науковцям, так і практикам бути обізнаними з новітніми доробками в галузі флуоресцентних методів у хімії та біології. Ретельно відредатована збірка матеріалів у кожному з томів може слугувати підґрунтям для подальших досліджень і вказати напрямки нових тенденцій.

У першому томі серії під назвою «Основи та молекулярний дизайн» описано прогрес у розумінні фізичного феномену флуоресцентного відгуку органічних барвників; шляхи покращення сигнального відгуку на зміни в оточенні хромофора (полярність, в'язкість, електричне поле), використання цієї інформації для розпізнавання біологічних об'єктів (наприклад, біомакромолекул ДНК, РНК) та їх візуалізації. Висвітлено також перспективні шляхи синтезу нових барвників, включаючи створення їх комбінаторних бібліотек та інкорпорування у молекулярні й надмолекулярні чутливі елементи.

Завдяки винятковим властивостям люмінесцентні органічні молекули широко застосовують у багатьох експериментальних методиках. Причому, порівняно з іншими можливостями флуоресценція є найбільш чутливою: за певних експериментальних умов абсолютна чутливість може досягти рівня однієї молекули. Швидкість відгуку таких сенсорів-випромінювачів є порівнянною з часом життя молекули у збудженому синглетному стані — порядку 10^{-9} с. Завдяки флуоресцентним міткам сьогодні можна

побачити детальну картину живої клітини зі специфікацією її компонентів та інформацією про важливі для життєдіяльності процеси, а такі розробки, як конфокальний флуоресцентний мікроскоп і застосування мультифотонного збудження зондів дозволяють досягти поліпшеного контрасту і просторового розділення, долаючи поріг у сотні нанометрів, зумовлений дифракцією світла. Для вдосконалення флуоресцентних методів детектування і візуалізації з використанням малих органічних молекул украй важливо розуміти реакції та процеси, що відбуваються у збудженому синглетному стані цих агентів, зокрема перенесення заряду, енергії електронного збудження, утворення ексимерів і ексиплексів. Ці процеси конкурують з флуоресценцією і прямо впливають на її характеристики: квантовий вихід, час життя, форму і положення максимумів у спектрі випромінювання. Як розробити і синтезувати органічну молекулу-сенсор з відповідним флуоресцентним відгуком? Як зробити її фотостабільною і нетоксичною для живого організму? Над цими та багатьма іншими питаннями розмірковують автори пропонованої збірки статей.

У першому розділі тому висвітлено загальні аспекти методу флуоресцентної детекції. Автор пояснює, чому саме флуоресценція стала одним з найпотужніших інструментів у руках дослідників у галузі біології, клінічної діагностики, хімії, моніторингу довкілля та багатьох інших. Розглянуто флуоресцентні параметри, з яких можна отримати сигнал відгуку зонда чи сенсора: інтенсивність (або квантовий вихід), анізотропія (або поляризація), час життя. Виокремлено основні вимоги до випромінювачів-сенсорів і шляхи оптимізації їх відгуку.

Другий розділ — це добірка статей, об'єднаних загальною тематикою, що стосується дизайну органічних барвників. Хімічне варіювання сенсорів дає змогу зробити їх придатними для детектування різних специфічних молекул і дослідження міжмолекулярних взаємодій. Автори одного з підрозділів, порівнюючи характеристики і застосування ціанінових та скуаринових барвників, наголошують, що зменшення агрегації зондів у воді є необхідним для збільшення їхньої чутливості й фотостабільності. Інший висвітлений у розділі потужний і надзвичайно важливий пласт досліджень стосується двофотонного поглинання (ДФП)

інфрачервоного випромінення малими органічними молекулами з π -електронними системами різного типу: симетричними і несиметричними з комбінаціями донорів та акцепторів електронів. Науковці встановили, як структура ціанінових і ціаніноподібних барвників пов'язана з величиною їх перерізу двофотонного поглинання, і окреслили стратегії побудови таких молекул з якомога більшим перерізом ДФП для ефективного застосування як багатофотонно збуджуваних флуоресцентних сенсорів. Існує обмежена кількість флуоресцентних органічних ядер-основ барвників з достатньою гнучкістю в підходах до їх синтезу, тож розділ завершується порівнянням двох принципово різних шляхів до пошуку і дизайну нових флуоресцентних барвників: спрямований синтез або систематичне модифікування з комбінаторним підходом.

Третій розділ об'єднав у собі статті різних авторів, у яких описано функції відгуку органічних барвників залежно від електронних процесів, що відбуваються в системі сенсор-оточення. Розглянуто фізичні принципи, які лежать в основі спектроскопічного відгуку органічних флуорофорів на міжмолекулярні взаємодії. Так, виділено чотири основні види міжмолекулярних взаємодій і реакцій, які так чи інакше можна помітити у спектрах барвників: контактні дифузійні контрольовані реакції без зміни хімічної природи флуорофора; реакції зі зміною хімічної чи конформаційної природи флуорофора (перенесення електронів і протонів, утворення ексимерів і ексиплексів); безконтактні взаємодії з випромінювальним і безвипромінювальним перенесенням енергії електронного збудження; сольватохромізм, або вплив розчинника (перенесення заряду, ефект поляризації та інші специфічні взаємодії). Логічним продовженням першої статті є наступні, в кожній з яких зроблено акцент на окремі види реакцій і взаємодій: трансформації органічних барвників у збудженому стані, пов'язані з перенесенням електронів, протонів, заряду; барвники з частинною (сегментальною) рухливістю, зокрема молекулярні ротори, переходи між обертальними станами яких великою мірою залежать від оточення, тобто розчинника; сольвато-

хромізм і електрохромізм з наноскопічної точки зору; вплив електричного поля на спектральний відгук барвників.

На відміну від двох попередніх частин збірки, де йшлося про синтетичні органічні молекули, у четвертому розділі книги описано природні випромінювачі — хромофори флуоресцентних у видимій області протеїнів, а саме молекул, що належать до групи зеленого флуоресцентного протеїну GFP. Читач отримає інформацію починаючи від історії відкриття до можливих способів управління кольором свічення молекул, споріднених GFP. Розділ починається розглядом електронної структури і властивостей хромофорної групи зеленого типу. Далі на прикладі протеїну AvGFP автори аналізують процеси, що визначають фотофізику та фотохімію подібних молекул: обертання хромофорів, цис-трансїзомеризація, перенесення протонів і електронів. Слід зазначити, що протеїн AvGFP із зеленим типом хромофора обрано не випадково, адже він є найбільш вивченим як із спектроскопічного, так і структурного погляду. Продовжується розділ оглядом фотореакцій декількох більш-менш споріднених зелених флуоресцентних протеїнів, а також способів розширення «кольорової палітри» GFP шляхом отримання варіантів молекул зі свіченням, зміщеним у червону або блакитну ділянку спектра.

Підсумовуючи, слід зазначити, що пропонується збірка може бути корисною для фахівців з різною спеціалізацією: фізика, біофізика, фотоніка органічних середовищ, органічна й аналітична хімія, фотохімія, для тих, хто займається розробкою і застосуванням нових флуоресцентних сенсорів. Також може бути рекомендована для перегляду спеціалістам із біоаналізу і біомедичної діагностики — галузей, де згадані вище експериментальні методики застосовують найширше.

*Канд. фіз.-мат. наук В. П. Токар,
д-р фіз.-мат. наук, професор В. М. Ящук*