**«СУПРАМОЛЕКУЛЯРНА ХІМІЯ, ПРЕДІСТОРІЯ»**

**ЗМІСТ**

ВСТУП 3

1. ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТТЯ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНОЇ ХІМІЇ 4

2. ДОСЛІДЖЕННЯ, ЯКІ ЗАКЛАЛИ ОСНОВУ СТВОРЕННЯ ЦІЄЇ НАУКИ 5

3. ІСТОРІЯ ВИВЧЕННЯ ДЕЯКИХ ТИПОВИХ ОБ’ЄКТІВ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНОЇ ХІМІЇ ......9

4. СУЧАСНИЙ СТАН І ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНОЇ ХІМІЇ 12

ВИСНОВОК 14

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 15

**ВСТУП**

Від дизайну молекули до дизайну матеріалу з необхідними корисними властивостями – така сучасна тенденція розвитку хімічної науки. Реалізація цієї тенденції здійснюється двома шляхами: зверху вниз (від макро - об’єктів через мікро до нано -) чи знизу вверх - конструюванням складних супрамолекулярних систем і далі - нанооб’єктів з простих молекулярних. Саме другий шлях вважається найбільш перспективним, оскільки дозволяє планувати як склад та будову молекули так і геометрію супрамолекулярного утворення.

Сьогодні супрамолекулярна хімія – одна з наймолодших галузей хімії. Перспективи її розвитку – це створення нових функціональних матеріалів, зокрема, нецентросиметричних кристалів для нелінійної оптики, виробів для магнітного захисту від низькочастотних полів, молекулярних і нанорозмірних магнітних матеріалів для надщільного запису інформації, високоселективних адсорбентів та сенсорів, контейнерів для зберігання і транспортування газів; у створенні речовин-матриць для молекулярного розпізнавання, селективного вилучення, розділення та концентрації речовин, високоефективних матеріалів для стереоспецифічного селективного гетерофазного каталізу, в інформаційних технологіях, енергетиці, біохімії та медицині. На основі супрамолекулярних сполук вже сьогодні створюються нанотрубки, молекулярні проводи, резистори, діоди, випрямлячі, перемикачі та фоточутливі елементи.

*Мета роботи* полягає у розгляді поняття супрамолекулярної хімії, дослідженні основи цієї науки, вивченні історії деяких типових її об’єктів та аналізу сучасного стану і тенденцій розвитку.

*Ключові слова:* *супрамолекулярна хімія, клатрати, краун-ефіри, криптанди, циклодекстрини,* *іонофори, каліксарени, автоматизація аналізу, мініатюризація.*

1. **ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТТЯ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНОЇ ХІМІЇ**

**Су́прамолекуля́рна хі́мія** — міждисциплінарна галузь хімії, що зосереджується на вивченні хімічних систем, що складаються з певної визначеної кількості молекулярних блоків чи компонентів, індивідуальні властивості яких інтегровані у властивості всього ансамблю [4].

Головна проблема, яку вивчає супрамолекулярна хімія – дослідження будови та властивостей надмолекулярних структур, які утворюються за рахунок невалентних взаємодій (водневий зв’язок, електростатичні взаємодії, гідрофобні сили) та існують і функціонують як хімічні індивіди. Енергія таких взаємодій є невеликою і тому лише участь багатьох центрів зв’язування може привести до більш сильної взаємодії між окремими частинками. Молекули в супрамолекулярній структурі (частинці), попри певні зміни, зберігають свою хімічну індивідуальність. Супрамолекулярна хімія торкається вивчення практично усіх органічних систем, по суті є місточком між класичною хімією і біологією. Сюди відносять, зокрема, асоціацію пептидів, утворення льоду, реологічні властивості нафти, поведінка світла в тонких плівках, властивості кераміки. Супрамолекулярна хімія має перспективу створення найсучасніших «хай-текових» технологій, нанотехнологій, що ведуть до створення нових матеріалів, надмалих електронних у т.ч. біосумісних пристроїв (чипів), а також вирішення проблем екології.

Французький хімік Ж.-М. Лен визначав **супрамолекулярну хімію** словами: «Приблизно так як існує область молекулярної хімії, заснованої на ковалентних зв’язках, є і область супрамолекулярної хімії, хімії молекулярних ансамблів і міжмолекулярних зв’язків». Згодом це перше визначення багаторазово переформулювалося. Приклад іншого визначення, даного Леном: «**супрамолекулярна хімія** — це «хімія поза межами молекули», що вивчає структуру і функції асоціацій двох чи більше хімічних частинок, утримуваних разом міжмолекулярними силами» [5].

**2. ДОСЛІДЖЕННЯ, ЯКІ ЗАКЛАЛИ ОСНОВУ СТВОРЕННЯ ЦІЄЇ НАУКИ**

Супрамолекулярна хімія вважається молодою наукою, яка бере свій початок з кінця 1960-х - початку 1970-х років. Попри це, її концепції та уявлення, а також велика кількість простих (і не зовсім простих) супрамолекулярних хімічних систем були відомі з самого зародження хімії. У 1810 році Гемфрі Деві отримав газовий гідрат хлору, ця сполука належить до класу клатратів (газових гідратів), у 1823 році Майкл Фарадей вивів формулу цього клатрата.

Існування міжмолекулярних зв'язків вперше відкрив Ян Дидерик Ван дер Ваальс у 1873 році. Крім того, лауреат Нобелівської премії Герман Еміль Фішер розробив філософське підґрунтя супрамолекулярної хімії. У 1894 році, Фішер припустив, що фермент-субстратна взаємодія має форму "ключ-замок", відповідно до якої, молекула «ключа» може взаємодіяти тільки з комплементарною їй молекулою «замка». Фармацевтичні сполуки в ліках якраз i є «ключем» до біологічних «замків», активуючи або дезактивуючи специфічні бiохiмiчнi процеси. На початку ХХ століття нековалентні зв'язки були вивчені більш детально, а водневий зв'язок був описаний Латімером та Родебушем у 1920 році.

Використання цих принципів призвело до покращення розуміння структури білків та біологічних процесів. Наприклад, важливий прорив, який дозволив виявити подвійну спіральну структуру в ДНК стався, коли стало зрозуміло, що є два окремих ланцюга нуклеотидів, пов'язаних водневими зв'язками. Використання нековалентних зв'язків має важливе значення для реплікації, оскільки вони дозволяють розділюватися ланцюгу і використовуватися як матриці нового дволанцюжкового ДНК. Одночасно хіміки почали розпізнавати і вивчати синтетичні структури, засновані на нековалентних взаємодіях, таких як міцели та мікро емульсії.

У 1987 р. дослідження хіміків Жан-Марі Лена, Дональда Крама і Чарлза Педерсена були відзначені Нобелівською премією з хімії «за розроблення і застосування молекул зі структурно специфічними взаємодіями з високою селективністю». Французький професор Жан-Марі Лен є засновником нового напрямку в природознавстві — супрамолекулярної хімії і по цей час продовжує нововведення в цій області. Основні напрями його досліджень — теоретична органічна хімія, динамічний ядерний магнітний резонанс, молекулярна динаміка, супрамолекулярна хімія: молекулярне розпізнавання, супрамолекулярний каталіз, супрамолекулярні матеріали та ін.

Отже, Лен зацікавився процесами, що відбуваються в нервовій системі й пов’язані з розподілом іонів натрію і калію відносно клітинної мембрани. Він мав намір винайти хімічні речовини, які впливали б на процес іонного транспорту. Пошуки таких сполук привели його до створення криптандів, робота над якими розпочалася в 1967 р.

Річ у тім, що в 60-х роках американець Чарлз Педерсен (Charles Pedersen) під час експерименту випадково отримав сполуки, які згодом назвали **краун-ефірами** (від crown — корона) за особливості їхньої структури — пусте всередині рухоме кільце, побудоване з етиленових фрагментів, сполучених атомами кисню. Варіюючи розмір циклу, він установив, що краун-ефіри здатні вибірково зв’язувати деякі катіони, розміщуючи їх усередині «корони». Жан-Марі Лен і американський хімік Дональд Крам (Donald James Cram) значно розвинули це відкриття. Результатом паралельних зусиль трьох дослідників став синтез молекул, здатних вибірково реагувати з іншими молекулами, подібно до того, як ферменти сполучаються з іншими природними молекулами.

Жан-Марі Лен розширив коло краун-ефірів, синтезованих Педерсеном, а також створив нові тривимірні структури — **криптанди** (від грец. «прихований»), які також здатні селективно зв’язувати іони металів. Далі він синтезував молекулу, яка вибірково взаємодіє з ацетилхоліном — важливим передавачем нервових імпульсів. Його роботи заклали реальні передумови конструювання штучних ферментів, які можуть бути ефективнішими, ніж їх природні прототипи.

Краун-ефіри і криптанди розглядали спочатку як моделі систем, здатних до вибіркового зв’язування. Однак виявилося, що вони можуть бути також моделями біологічних транспортних систем. У подальшому розкрилася роль таких сполук у моделюванні ферментів.

Краун-ефіри стали першими синтетичними аналогами природних речовин, що здійснюють перенесення іонів лужних металів крізь біологічну мембрану, — так званих **іонофорів**, які діють за тим самим принципом, що і краун-ефіри, хоча й мають більш складну структуру.

Природні переносники катіонів у клітинах відносять до класу перемикальних іонофорів. Потрапивши всередину клітини, вони під впливом певних факторів вивільняють катіон і одразу ж повертаються за наступним. Швидкість таких човникових операцій може сягати кількох тисяч за секунду, причому нерідко вони відбуваються проти градієнта концентрації.

Краун-ефіри і криптанди виявилися перспективними речовинами для медицини, як засоби лікування металодефіцітних і металонадлишкових станів. У лабораторії Жан-Марі Лена цей напрям досліджень швидко розростався, всебічно вивчалися аспекти взаємодій «гість — господар», і з часом сформувалася нова галузь науки, яку Лен назвав **супрамолекулярною хімією.**

Класична хімія досліджує структуру, властивості й перетворення окремих молекул і має справу з реакціями, в яких відбуваються розриви й утворення валентних зв’язків. Об’єктом вивчення супрамолекулярної хімії є переважно невалентні взаємодії: водневий зв’язок, електростатичні взаємодії, гідрофобні сили, тобто структури «без зв’язку». Як відомо, енергія невалентних взаємодій на 1—2 порядки нижча за енергію валентних зв’язків. Проте, якщо таких зв’язків багато, вони уможливлюють утворення асоціатів, міцних і разом з тим здатних гнучко змінювати свою структуру. Саме поєднання міцності і здатності до швидких і зворотних змін є характерною властивістю всіх біологічних молекулярних структур: нуклеїнових кислот, протеїнів, ферментів, переносників частинок.

За короткий час супрамолекулярна хімія розвинулася в нову потужну галузь знань. Одним із найважливіших її напрямів став синтез сполук, здатних утворювати комплекси типу «гість — хазяїн» з органічними молекулами. Це потрібно для розділення і очищення органічних речовин, їх активації, створення лікарських препаратів нового покоління та вирішення безлічі інших наукових і прикладних завдань. Учені вже синтезували і вивчили багато складних структур і різновидів молекулярного розпізнавання, у перспективі — керування синтезом нуклеїнових кислот і матричним синтезом протеїнів. Хіміки створили молекулярні ансамблі, що здатні змінювати свою просторову будову залежно від кислотно-лужного стану середовища. У недалекому майбутньому на їх основі можна очікувати появу напівпровідників нового покоління. Супрамолекулярна хімія відкриває широкі можливості для розроблення нових нанорозмірних матеріалів із заздалегідь заданими фізичними, хімічними, біологічними властивостями.

Усвідомлення важливості міжмолекулярних взаємодій викликало загальний інтерес до хімії супрамолекулярних сполук. Окремі здобутки у цій галузі відзначено Нобелівськими преміями з хімії за 1989, 1997 та 2001 роки. З початку 90-х років дослідження в галузі супрамолекулярних координаційних сполук були розпочаті на теренах колишнього СРСР. Наукові школи, засновані академіками К.Б. Яцимирським та В.В. Скопенком були в авангарді цих досліджень. Сучасні досягнення названих шкіл сформувалися у цикл робіт, що висунуто на здобуття Державної премії України з науки і техніки. Розробки авторів циклу мають високий міжнародний рівень. Наукові дослідження авторів стали основою для проектів, що фінансувалися з фонду фундаментальних досліджень України, низки довгострокових міжнародних проектів, що фінансувалися НАТО, в яких українські вчені плідно співпрацювали з провідними науковцями кращих університетів Австрії, Німеччини, Франції, Великої Британії, США та Польщі.

**3. ІСТОРІЯ ВИВЧЕННЯ ДЕЯКИХ ТИПОВИХ ОБ’ЄКТІВ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНОЇ ХІМІЇ**

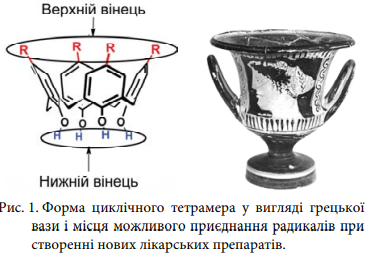
В історичному контексті першими вивченими об'єктами супрамолекулярної хімії були *сполуки включення*, названі згодом клатратами. **Клатрати** — сполуки, в яких молекули або Йони (частинки-гості) знаходяться в порожнинах іншої молекули або просторового каркасу речовини-господаря та пов’язані з ним нековалентними зв’язками (йонними, водневими, донорно-акцепторними та іншими). Часто між гістьми й господарями немає інших взаємодій, крім вандерваальсівських. Термодинамічна стійкість таких сполук забезпечується сприятливою геометрією розташування молекул-гостей в пустотах господарського каркаса, унаслідок чого слабкі міжмолекулярні взаємодії призводять до виграшу енергії проти енергії складових вихідних компонентів у вільному стані. У цьому, як й у звичайних хімічних сполуках, співвідношення складових компонентів може бути перемінним, як у клатратів гідрохінона C6H4(OH)2 з благородними газами, як і в з'єднаннях сечовини з парафінами в більшості клатратних гідратів.

Сполуки включення посідають проміжне місце між твердими речовинами включення і істинними хімічними сполуками. Сполуки включення утворюються внаслідок проникнення однієї або кількох молекул одного виду в порожнину молекули або кристалічної решітки другого. Валентні сили при цьому не діють, але молекула включення не може залишити свого місця, тобто не має виходу у зовнішнє середовище, бо вона оточена з усіх боків молекулами речовини, яка її включає. Сполуки включення досліджують методами рентгенографії і спектроскопії. Сполуки включення утворюються переважно при змішуванні насичених і перенасичених речовин [8].

Основні типи сполук включення: шаристi (iнтеркаляційні), канальнi (тунельні, типу парафінів у карбаміді) та клатрати — це сполуки ґратчастої будови, нестехiометричнi, але серед усіх інших нестехiометричних сполук виділяються тим, що при їх утворенні в основному не порушується каркасна кристалічна ґратка господаря, тоді як утворення твердих розчинів веде до порушення тривимірного порядку ґраток. Молекулярні сполуки включення (утворюються за рахунок молекулярних порожнин), на відміну від ґратчастих, можуть існувати й в рідкій фазі, в розчинах (сполуки циклодекстринiв).

В інституті хімії високомолекулярних сполук НАН України під керівництвом Керчі Ю.Ю., Рябова С.В. вивчаються супрамолекулярні металокомплексні системи на основі циклодекстринів, які одержують з природної речовини – крохмалю. **Циклодекстрини** – це циклічні олігомери, побудовані з a-1,4 зв’язаних залишків D-глюкопіранози. Найбільш поширеними представниками цього класу є циклодекстрини з 6, 7 і 8 фрагментами глюкози (відповідно a, b і g-циклодекстрини). Циклодекстрини, мають внутрішню гідрофобну порожнину, яка здатна утворювати комплекси включення з різними полярними і аполярними «гостями» [3].

Складні комплекси циклодекстринів використовуються для маскування неприємного смаку діючих речовин і перетворення рідких речовин на тверді. При ентеральному й парентеральному застосуванні β--циклодекстрини нетоксичні і використовуються головним чином у виробництві таблеток (у процесах гранулювання й пресування) і капсул.

Одним з об’єктів для нанотехнологій є **каліксарени**. Молекули каліксаренів складаються з бензольних фрагментів, з’єднаних між собою різними спейсерами (СН2, C(R)H, S, О та ін.) [2].

Сама їх назва була вперше введена David Gutsche у 1982 р. за пропозицією його дружини, тому що циклічний тетрамер за своєю формою нагадував їй грецьку вазу — “каліке” (чаша, кубок), а “арен” вказував на наявність ароматичних циклів у супрамолекулярному ансамблі (рис. 1). Каліксарени приєднують до верхнього чи нижнього вінця “гостей” у вигляді радикалів та мають тривимірні молекулярні порожнини істотних розмірів, а також гідроксильні групи, здатні до утворення внутрішньомолекулярних і міжмолекулярних водневих зв’язків. Такі особливості структури каліксаренів, їх здатність до самоорганізації та молекулярного розпізнавання визначили їх як перспективний об’єкт супрамолекулярної хімії.

Каліксарени широко використовуються як платформи для дизайну специфічних молекулярних рецепторів, здатних з високою селективністю розпізнавати близькі за розміром та властивостями субстрати – різноманітні катіони, аніони та нейтральні молекули. Ця здатність є підґрунтям широкого застосування каліксаренів, функціоналізованих на нижньому та (або) верхньому вінці макроциклу різноманітними рецепторними угрупованнями, в технологіях створення рухомих та нерухомих хроматографічних фаз [6].

Серед особливостей каліксаренів як основи для створення нових медичних засобів сьогодні можна розглядати такі 4 основні напрями формування шляхів створення ліків з новою фармакодинамікою:

— використання молекул каліксаренів з різною кількістю фенольних кілець і різною емністю порожнин;

— створення каліксаренів-лігандів зі змінною конформацією під визначені рецепторні утворення;

— використання каліксаренів, функціоналізованих новими спейсерами по верхньому чи нижньому вінцю або середньому кільцю;

— функціоналізація порожнини, вінців чи середнього кільця відомими активними фармацевтичними інгредієнтами апробованими тривалим безпечним застосуванням у клінічних умовах.

Другий напрям — це залучення хімічних речовин, які спроможні підвищити активність сьогоденних препаратів проти ВІЛ або модифікувати, зменшуючи токсичність існуючих інгібіторів інших препаратів. Аналогічні проблеми намагаються вирішити і вітчизняні вчені, які своїми дослідженнями доводять перспективність розробки нових, у тому числі і противірусних препаратів, використовуючи, з одного боку, супрамолекули каліксаренів, а з іншого — найменші частинки у вигляді наноструктур та їх поєднання [2].

**4. СУЧАСНИЙ СТАН І ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНОЇ ХІМІЇ**

**Сучасна супрамолекулярна хімія** – це велика й перспективна галузь, яка нині розв’язує чимало прикладних завдань, зокрема, поділ та очищення органічних речовин, створення високоефективних медичних препаратів вибіркової дії.

Розробки Жан-Марі Лена нині широко застосовуються у нанотехнологіях. За його словами: «до цих пір найактуальнішими є такі основні напрями: зрозуміти, як впізнають молекули одна одну, як працює цей механізм молекулярного розпізнавання, наскільки він складний, як відбувається трансформація молекул у результаті таких взаємодій. Ці дослідження допомагають у розробцi нових лiкувальних засобiв. Ще одним важливим напрямком супрамолекулярної хімії є вивчення процесів каталізу, які прискорюють хімічні реакції. Результати таких досліджень можуть широко використовувати на хімічних підприємствах. Особливо слiд вiдмiтити, що супрамолекулярна хімія широко використовується у сучасних технологіях для розробки нових переспективних матерiалiв».

Також треба відмітити, що французький хімік має давні й добрі зв’язки з українською наукою. У 1992 р. його було обрано іноземним членом Національної академії наук України за спеціальністю «органічна хімія». Завжди відстоюючи ідею інтернаціональності науки і необхідності якомога ширшого спілкування вчених заради наукового пошуку, Жан-Марі Лен був одним із організаторів і справжнім натхненником міждисциплінарної міжнародної програми «Супермолекулярні системи в хімії та біології» (SupraChem), яка тривала з 2005 по 2012 р. і об’єднала понад 30 наукових центрів Франції, Німеччини, України і Росії. У роботі української секції SupraChem було задіяно шість академічних установ (Інститут органічної хімії, Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії, Інститут біохімії ім. О.В. Палладіна, Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського, Фізико-хімічний інститут ім. О.В. Богатського, НТК «Інститут монокристалів») і три національні університети (Київський імені Тараса Шевченка, Львівський імені Івана Франка та Львівська політехніка). У травні 2009 р. під час візиту до Києва Жан-Марі Лен узяв участь у V Міжнародному симпозіумі SupraChem та у відкритті Фестивалю науки й прочитав лекцію «Від матерії до життя: Хімія? Хімія!», присвячену еволюції Всесвіту і тому, як утворювалися надскладні структури живих організмів. У вересні 2010 р. професор Жан-Марі Лен знову завітав до України, цього разу до Львова. Він узяв участь у роботі III Міжнародної літньої школи «Супермолекулярні системи в хімії та біології» і виступив з доповіддю на Міжнародній конференції «Складні рідини: сучасні тенденції в дослідженнях та застосуванні». Ще один візит нобелівського лауреата до Львова відбувся у вересні 2012 р. За поданням ученої ради Національного університету «Львівська політехніка» Жан-Марі Лену було присвоєно почесне звання doctor honoris causa.

Що стосується сучасних тенденцій розвитку супрамолекулярної хімії, то треба відмітити три самих найважливіших – автоматизація, мініатюризація та спрощення аналізу. *Автоматизація аналізу* головним чином потрібна для масового аналізу однотипних зразків і навпаки, незручна для аналізу невеликого числа різноманітних проб. *Мініатюризація* аналітичних приладів та аналізу в цілому дозволяє зменшити вимоги до робочого простору, реактивів, води, електроенергії і так далі.

Ще однією перспективної областю розвитку супрамолекулярной хімії є створення молекулярних і супрамолекулярних пристроїв. **Молекулярними пристроями** називають структурно організовані і функціонально інтегровані хімічні системи. Вони грунтуються на певній просторовій організації специфічних компонентів і можуть бути вмонтовані в супрамолекулярні структури. Можна виділити фотонні, електронні чи іонні пристрої. Включення молекулярних пристроїв в супрамолекулярні системи дає змогу отримувати функціональні супермолекули чи ансамблі (верстви, плівки, мембрани і т.д.).

**ВИСНОВОК**

Як висновок можна зазначити, що у даному рефераті ми розкрили поняття супрамолекулярної хімії, розглянули, що заклало основу цієї науки, проаналізували історію деяких типових її об’єктів та охарактеризували сучасний стан і тенденції її розвитку.

Отже, супрамолекулярна хімія - це хімія – «за межами молекули». Її мета – здобути контроль над міжмолекулярними невалентними взаємодіями. Супрамолекулярна хімія має справу з більш складними утвореннями, ніж окремі молекули, а саме супрамолекулярними ансамблями, що утримуються разом за рахунок міжмолекулярних невалентних взаємодій. Ця галузь хімії – міждисциплінарна область знання, що поєднує науку і технологію та перекидає мости від хімії до біології і фізики. Принципи супрамолекулярної хімії лежать в основі створення багатьох нанотехнологій. Супрамолекулярна хімія є ключем до вирішення одного з найважливіших питань – як змусити молекули групуватися заданим способом, самоорганізовуватися, щоб у підсумку створити нові матеріали або технології. Важливими концепцієями супрамолекулярної хімії є молекулярна самоорганізація, фолдинг, молекулярне розпізнання, комплекс гість-господар, молекулярні ансамблі типу ключ-замок та ін.

Довгий час учені намагались за допомогою класичної хімії змоделювати процеси, що відбуваються в живій природі. За допомогою супрамолекулярної хімії вченим вдалося пояснити і змоделювати багато тонких процесів, що відбуваються в живій і неживій природі. Ці дослідження є важливими для розуміння біологічних процесів від клітинної структури до того, як залежить від цих сил структура та функції біологічних систем. За визначенням науковців, супрамолекулярна хімія – це наука майбутнього, яка утворює фундаментальну основу та можливість створювати щось нове. Відтак вчені не виключають, що з часом зможуть створювати нові життя.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Григорчак І.І. Супрамолекулярні ансамблі різної ієрархічної архітектури та вплив на них магнітного поля / І.І. Григорчак, Ф.О. Іващишин, Б.Я. Венгрин // Матеріали VIII Міжнародної наукової конференції “Релаксаційні, нелінійні й акустооптичні процеси та матеріали”. 1-4 червня 2016 р.: збірник матеріалів. – Луцьк (Україна). 2016. – С. 97-100.

2. КАЛІКС[n]АРЕНИ — ОСНОВА СТВОРЕННЯ НОВИХ КЛАСІВ ЛІКАРСЬКИХ ЗАСОБІВ (огляд літератури та власних досліджень) // О. К. Ярош, Р. В. Родік\*, В. І. Кальченко\*, О. О.Ярош // “Журнал НАМН України”, 2013, т. 19, № 4. — С. 421-434. // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://opb.org.ua/>

3. Рябов С.В., Рудюк С.А., Войтенко З.В. Супрамолеклярные металлокомплексные системы на основе циклодекстринов// Полімерний журнал. – 2005. – Т. 27, № 2 – С. 67-76.

4. Супрамолекулярна хімія // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki>

5. Супрамолекулярна хімія — наука сучасного і майбутнього // Світогляд № 4, 2009 // Режим доступу: <file:///C:/Users/July/Desktop/>

6. Супрамолекулярна хімія каліксаренів // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dspace.nbuv.gov.ua/>

7. Супрамолекулярні системи на основі циклодекстринів і хітозану в якості адсорбентів // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.rusnauka.com/>

8. Сполуки включення // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki>

9. ХІМІЯ ЯК МИСТЕЦТВО УСКЛАДНЕННЯ МАТЕРІЇ // Вісн. НАН України, 2014, № 9 // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <file:///C:/Users/July/Desktop/13.pdf>

10.  Шиванюк О.М. Супрамолекулярна хімія функціональних каліксаренів. – К.: Наукова думка, 2007. – 210 с.