

УДК 61(092)+53(091)

**МЕТОДИКИ СИНТЕЗУ, АНАЛІЗУ І ВИЗНАЧЕННЯ СЕЧОВОЇ КИСЛОТИ
В ПРАЦЯХ І. ГОРБАЧЕВСЬКОГО**

Бабічук І.В., Шендеровський В.А., д-р фіз.-мат. наук, проф.
(Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського,
Інститут фізики НАН України)

Сучасні методи аналізу і визначення базуються на використанні різноманітних приладів. Але у XIX ст. інструментальних методів аналізу практично не існувало. У статті показано, як саме була синтезована та проаналізована сечова кислота, а також яким чином була доведена формула сечової кислоти видатним, але маловідомим у наш час українським біохіміком І. Горбачевським.

У XIX ст. вважали, що органічні речовини можуть синтезувати лише живі організми. Таку «ексклюзивність» живих організмів пов'язували з наявністю в них особливої «життєвої сили». А теорія, яка пояснювала наявність у тварин і рослин такої сили і, відповідно, їх властивість синтезувати органічні речовини, отримала назву «віталізм» [1]. Першим, хто довів хибність цієї теорії був Велер, який у 1828 році одержав сечовину з ціанату амонію [2]. Це відкриття було першим поштовхом до синтезу органічних речовин без використання хімічної сировини, отриманої з живих організмів.

Саме тому отримання органічних сполук не шляхом виділення їх із живого організму, а шляхом синтезу, особливо виходячи з простих неорганічних речовин, у лабораторії прискіпливо контролювалося ученими зі всього світу. Потрібно було не просто отримати сполуку, а й довести, що це за речовина всіма відомими на той час способами.

Метою даної роботи є привер-

нення уваги наукової спільноти до проблеми замовчування і применшення значення праць українського вченого І. Горбачевського. А також показати значний вклад Івана Яковича у розвитку органічної хімії на прикладі синтезу та аналізу сечової кислоти і визначення її формули усіма відомими на той час методами аналізу.

На час відкриття Горбачевським сечової кислоти інструментальних методів аналізу хімічних речовин практично не існувало. Тому для ідентифікації речовин використовували різноманітні як хімічні (визначення кислотних та основних чисел, що давало змогу знати приблизну молекулярну масу речовин; визначення кількості ненасичених зв'язків у молекулі; елементного аналізу), так і фізичні (визначення температури кипіння та топлення; розчинність у різноманітних розчинниках; морфологія кристалів) методи аналізу. У випадку, коли всі ці параметри були близькими, або співпадали з уже відомими речовинами, можна було припустити, що одержана

речовина є ідентична відомій. Також одним із основних методів дослідження будови молекули вважався зустрічний синтез, який полягає у тому, що одну і ту ж саму речовину одержують зовсім різними шляхами. Саме цей метод і використав Іван Горбачевський для доведення будови молекули сечової кислоти, яку опублікував у 1887 році, хоча вперше цю речовину він синтезував п'ятьма роками раніше [3]. Тоді І. Горбачевський доводив, що отримана сполука і справді є сечовою кислотою, за допомогою якісних реакцій, які були відкриті багатьма вченими світу, зокрема Ф. Велером, Ю. Лібігом, Е.Фішером, В. Траубе, О. Розеном та ін., під час дослідження сечових камінців та невдалих спроб синтезувати дану сполуку.

І хоча повідомлення про вдалий синтез сечової кислоти мало всього 40 неповних рядків, та І. Горбачевський охарактеризував дану сполуку за такими ознаками:

1. За зовнішнім виглядом: «Він складався в залежності від чистоти продукту або з ромбовидних плиточок (табличок), або з дуже характерних для нечистої сечової кислоти кристалів і з'єднань у формі точильного каменю».

2. За розчинністю: « Чистий продукт був дуже важко розчинний у воді і кислоті, так само у спирті та ефірі, зате легко розчинний в розчині їдкого натрію і їдкого калію».

3. За позитивним результатом на якісні реакції, характерні для сечової кислоти: «При нагріванні (кип'ятінні) він редукував (відновлював) розчин Феллінга, а на холоді азотнокисле срібло. Він розчинявся в концентрованій азотній кислоті в теплі з утворенням

коричневої пари, а розчин залишав після себе залишок червоного кольору, який під дією аміаку забарвлювався в багряночервоний, а під дією розчину їдкого калію в фіолетовий колір».

Таким чином, штучно одержана речовина мала всі основні властивості і вступала в реакції, характерні для сечової кислоти. Але вчений не зупинився на досягнутому і кілька разів проводив зустрічний синтез із різних вихідних речовин, аби довести, що отримана ним сполука і справді є сечовою кислотою, а також дослідити будову молекули отриманої речовини.

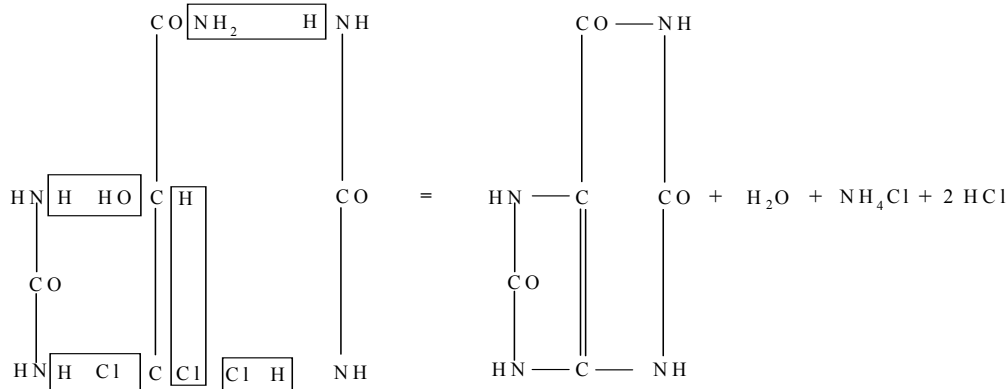
У той час вважалося, що результат визначення будови сполуки можна вважати надійним, якщо передбачена сполука буде доведена зустрічним синтезом, тобто отримана іншим способом. Суть методу полягає в тому, що найбільш надійним, беззаперечним доведенням встановленої аналітичними методами структури нової речовини є її синтез і ідентифікація шляхом порівняння природного і синтетичного зразків. Тому будову хімічних сполук (а вони тоді переважно всі були природними) вивчали шляхом розщеплення молекул, в основному їх окиснювали по кратним зв'язкам і/або віцинальним гідроксилам, тобто «ділили» молекулу на частини всіма відомими способами, намагаючись це зробити поетапно до більш простих і вже відомих фрагментів, а потім із цих фрагментів намагались зібрати структуру назад, при чому так, щоб результат не суперечив відомим якісним реакціям сполуки, елементному аналізу і молекулярній рефракції, а вже пізніше й інфрачервоним та електронним спектрам поглинання. Таким чином, складалося уявлення про гіпотетичну

будову молекули. Після цього проводили синтез цієї ж речовини – ніби «йшли назустріч» шляху аналізу. Якщо в результаті синтезу отримували ту ж саму сполуку, яку аналізували, структура вважалася доведеною.

До І. Горбачевського сечовій кислоті приписували чимало неправильних формул. Остаточню її будову обґрунтував німецький хімік-органік Еміль Фішер лише через 12 років після українського вченого, спираючись на його експериментальні дані [4].

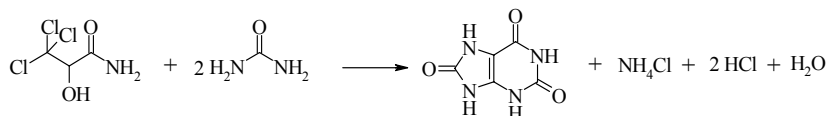
Вихідними речовинами для зустрічного синтезу були взяті амід трихлормолочної кислоти і сечовина [5] (для прямого синтезу було використано амінокислоту гліцин і сечовину,

чим І. Горбачевський проілюстрував зворотність процесів синтезу до розпаду [3]). Дані вихідні речовини брали у співвідношенні 1:10 і поступово нагрівали у пробірці так, щоб не проходила бурхлива реакція. Після того, як почав виділятися газ, колір отриманих розтопів змінювався на жовтий, згодом суміш втрачала прозорість, але до кінця реакції спостерігається утворення коричнево-жовтої речовини. Далі продукт реакції виділяли і очищали за допомогою води, спирту, хлориду амонію, аміаку та сульфіді натрію. Процес утворення сечової кислоти із аміді трихлормолочної кислоти і сечовини описується реакцією [5]:



В наш час така схема реакції використовується лише у підручниках, де квадратиками показують, що елімінується. Така форма запису полегшує сприйняття учнів і студентів. Але на той час інших схем не існувало.

Зараз схема реакції утворення сечової кислоти із даних вихідних речовин має вигляд:



При правильному проведенні реакцій отримують повністю чисту штучно синтезовану сечову кислоту, яка ідентична сечовій кислоті, що утво-

рюється в організмі тварини: це нерозчинна у воді, кислоті, спирті чи ефірі сполука, яка добре розчиняється у лугах (зокрема, гідроксиді натрію

чи калію). Як видно із вищезазначених властивостей, дана речовина має всі властивості сечової кислоти.

Також І. Горбачевським було проведено елементний аналіз одержаної сечової кислоти. Суть даного методу полягає в тому, що досліджувану органічну речовину розкладають так, щоб елемент, який визначається, перейшов у неорганічну сполуку, яку легко кількісно проаналізувати методами неорганічного аналізу або зараз можна застосувати методи електронної або гамма-спектроскопії тощо. Для кількісного елементного аналізу речовину спалюють у струмені кисню з окисниками і каталізаторами або без них, відновлення здійснюють активними металами або воднем. В якісному елементному аналізі спостерігають за кольором полум'я, визначають властивості залишку після згоряння, визначають наявність характерних іонів або молекул у продуктах розкладу. Потім порівнюють отримані експериментальні результати із теоретично розрахованими для даної речовини. Похибка не повинна становити більше, ніж кілька сотих відсотка. Тож в результаті І. Горбачевський отримав такі дані:

Сполука $C_5H_4N_4O_3$		
елемент	%, пороховано	%, знайдено
C	35.71	35.63
H	2.39	2.89
N	33.33	33.24

Як видно з таблиці, одержані І. Горбачевським дані досить точно відповідають теоретично розрахованим.

Одним із основних методів визначення сечової кислоти все ж зали-

шається метод якісних реакцій. На даний час такими реакціями для виявлення сечової кислоти залишаються:

1. мурексидна реакція (описана у 1838 р. Ю. Лібігом та Ф. Велером);

2. додавання лужного розчину гідрату оксиду міді і бісульфіту (отримують білий осад);

3. додавання молібден фосфатної кислоти (отримують темно-синій осад дуже дрібних шестисторонніх призм).

Проте основним методом визначення і виділення сечової кислоти з розчину все ж є метод, описаний ще у 1882 р. І. Горбачевським [3], хоча прізвище самого Горбачевського там не зафіксовано. Відкриття реакцій, що дозволяють визначити і виділити сечову кислоту, приписують професору Людвігу [6], у лабораторії якого працював асистентом І. Горбачевський. Чи пояснюється даний факт тим, що вказували лише керівника групи, чи тим, що І. Горбачевський був вихідцем з України, невідомо, але відкриті ним реакції до цих пір використовуються у прикладній хімії.

До порівняно недавнього часу ідентифікацію органічних речовин можна було проводити лише за допомогою систематичного хімічного аналізу попередніх досліджень, якісних реакцій на функціональні та нефункціональні групи, отримання різноманітних похідних. Широке впровадження спектральних методів аналізу в органічну хімію дозволяє тепер скласти уявлення про будову тієї чи іншої сполуки, аналізуючи його спектри. На даний час будова органічної сполуки може вважатися остаточно доведеною, навіть якщо здійснений його зустрічний синтез, тільки після підтвержден-

ня будови сукупністю фізико-хімічних методів аналізу, зокрема отримують кілька кристалічних похідних речовини і ідентифікують їх методом рентгено-структурного аналізу.

Праці українського біохіміка І. Горбачевського носили і прикладний характер. Усі речовини синтезовані вченим були органічними, що дозволило створити уявлення про функ-

ціонування організму людини, краще дослідити різноманітні захворювання. Виведення формули сечової кислоти без інструментальних методів аналізу потребувало колосальних зусиль і немалих навиків. Щоправда, багато досягнень українського хіміка приписують іншим вченим, а прізвище самого Івана Яковича зустрічається вкрай рідко, лише у першоджерелах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Арсанусова Л.Ю. Словарь по биомедицинской этике для студентов всех факультетов высших медицинских учебных заведений / Л.Ю. Арсанусова – Ставрополь: СтГМА, - 2011. – 311 с.

2. Wöhler, Friedrich . "Ueber künstliche Bildung des Harnstoffs". *Annalen der Physik und Chemie* 18286 №88 (2): 253–256.

3. Horbaczewski J. Synthese der Harnsäure / J. Horbaczewski // *Sitzungsberichte, der Künstlichez Akademie der Wissengchatren*. November. - 1882. – P. 2678.

4. Гонський Я. Іван Горбачевський у спогадах і листуваннях. // Тернопіль: Укрмедкнига, 2004. – 184 с.

5. Horbaczewski J. Über eine neue Synthese und die Constitution der Harnsäure / J. Horbaczewski // *Monatshefte für Chemie*. Marz. - 1887. - P. 201-207.

6. Ганс Мейер. Анализ и определение органических соединений / Ганс Мейер; [пер. с пятого немецкого издания С.И. Каневской, Л.Д. Родионовой, М.М. Шемякина под редакцией проф. В. Радионova]. – Ленинград: Онти-Химтеорет. – 1937. – 458 с.

Бабичук І.В., Шендеровский В.А. Методики синтеза, анализа и определения мочевой кислоты в трудах И. Горбачевского. *Современные методы анализа и определения базируются на использовании различных приборов. Но в XIX в. инструментальных методов анализа практически не существовало. В статье показано, как была синтезирована и проанализирована мочевая кислота, а также каким образом была доказана формула мочевой кислоты выдающимся, но малоизвестным в наше время украинским биохимиком И. Горбачевского.*

Babichuk I. V., Shenderovskiy V.A. Methods of synthesis, analysis and determination of uric acid in the works of I. Horbachevsky. *Modern methods of analysis and definition based on the use of various devices. But in the XIX century instrumental methods of analysis practically was not existed. The article shows how uric acid was synthesized and analyzed, and how has been proven formula of uric acid by famous but little known nowadays Ukrainian biochemist I. Horbachevsky.*