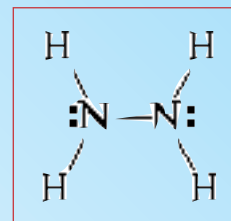


В НЕБЕСАХ, НА ЗЕМЛІ І НА МОРІ



(про гідразин і його роль у житті людини)



Юрій Савельєв

доктор хім. наук,
зав. відділу хімії
лінійних полімерів,
заступник директора
Інституту хімії
високомолекулярних сполук
НАН України,
м. Київ



Віталій Веселов

канд. хім. наук,
ст. наук. співр.
Інституту хімії
високомолекулярних сполук
НАН України,
м. Київ

З історії відкриття гідразину

Речовина з дуже простою формулою і дуже непростю історією, в якій були злети (у буквальному значенні цього слова), а часом і забуття. Це — *гідразин* NH_2NH_2 (інколи в літературі його називали *діамидом*). У тому, що гідразин було відкрито у самому кінці XIX ст., немає сумніву. Однак, відшукавши довідку про цю речовину в “Короткій хімічній енциклопедії” (1961), “Хімічній енциклопедії” (1988 р.), ми так і не довідаємося, хто ж є його першовідкривачем насправді.

У спеціальній літературі фігурують як мінімум імена двох хімічних авторитетів. У “Основах хімії” *Д. Менделєєва*, як і в “Історії хімії” *М. Джуа*, першовідкривачем гідразину названо відомого на той час німецького професора у Кілі і Гейдельберзі *Теодора Курціуса* (1857-1928), що синтезував ряд азотовмісних речовин. *Курціус*, скоріш за все, мав справу з сульфатом гідразину $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$. А чистий безводний гідразин було отримано у 1894 р. (як стверджується у французьких книгах з історії хімії) французьким хіміком *Лобре де Бринном* (через 7 років після дослідів *Курціуса*).

Справедливості заради слід відзначити, що відкриттю гідразину як речовини передували роботи трьох відомих хіміків-органіків. Ще в 1845 році професор Казанського університету *Н.Н. Зінін*, відновивши азобензол сірчанним натрієм, одержав безбарвні пластинки гідразобензолу — першої речовини, що містить NHNH -групу.

Оскільки формула гідразобензолу $\text{C}_6\text{H}_5\text{NHNHC}_6\text{H}_5$, то його можна

вважати першим відомим нам похідним гідразину. Через 30 років німецькі хіміки *Еміль і Отто Фішери* виділили фенілгідразин. Насправді вони замінили атомом водню одну з фенільних груп у молекулі гідразобензолу. Коли те саме вдалося зробити і з другою фенільною групою, то гідразин з'явився у відносно чистому вигляді.

Він мав вигляд безбарвної рідини з запахом нашатирного спирту, що димить на повітрі, добре розчиняється в полярних розчинниках (воді, амінах, спирті). А в неполярних (і насамперед у вуглеводнях) гідразин розчинитися не бажав. Розчин гідразину у воді, названий гідразин-гідратом, за фізичними властивостями відрізняється від безводного гідразину, останній більше схожий на воду. Гідразин гігроскопічний і під дією окислювачів схильний до самоспалахування.

Але були у гідразину властивості, що відразу ж зацікавили хіміків. По-перше, він виявився дуже активним відновлювачем. Окисли багатьох металів (заліза, міді, хрому, нікелю) при контакті з ним у його надлишку відновлювались настільки бурхливо, що гідразин спалахував і горів синім (точніше фіолетовим!) полум'ям. Пізніше з'ясували, що під дією окислювачів (азотної кислоти, пероксиду водню, фтору і фторовмісних реагентів, повітря й кисню) відбувається каталітичне розкладання гідразину на газу (азот і аміак). *Ця обставина, а також велика кількість газів, що утворюються при горінні гідразину, зробили гідразин, монометилгідразин, несиметричний диметилгідразин (НДМГ) майже на*

**Велике у малому (лат.)*

піввіку незамінними компонентами рідких ракетних палив.

Дуже низька температура замерзання гідрозин-гідрату (-51,6°C) дозволила використовувати його як компонент ракетного палива в тих випадках, коли безводний гідрозин твердіє вже при 1,5°C.

Рідке ракетне паливо

Двигуном другого ступеня радянських ракет-носіїв “Космос”, за допомогою яких у 1962-1967 рр. на космічні орбіти було виведено майже дві сотні штучних супутників Землі, був рідинний реактивний двигун РД-119. Пальним для нього був НДМГ (рідинні палива для реактивних двигунів на основі НДМГ військові інколи утаємничують під назвою *гентил*) і азотна кислота як окислювач. НДМГ і азотна кислота використовувалися в двигунах II-го ступеня американських ракет “Tor-Delta”, “Torad-Delta”, “Tor-Agena”, “Torad-Agena”. Суміш НДМГ із гідрозином (Aerozine-50) застосовували в міжконтинентальних балістичних ракетах США “Titan-II”, “Titan-III” (Рис. 1), де окислювачем був тетраоксид азоту. І гідрозин, і НДМГ відразу ж знайшли застосування в ракетно-космічній техніці через доступність сировинної й промислової бази, прийнятних експлуатаційних властивостей (хімічна і фізична стабільність за тривалого збереження, сумісність з конструкційними матеріалами, легка і безвідмовна займистість палива в камері згоряння, широкі концентраційні межі запалення, одержання найбільшого питомого імпульсу тяги за можливо меншої маси двигуна). Тоді гідрозин і його алкілпохідні не мали рівних — спалахували дуже легко, а розкладання їх на азот і аміак було можливе як під дією нагрівання, так і під впливом каталізаторів.

НДМГ схожий з гідрозином за хімічними та фізичними властивостями. НДМГ (на відміну від гідрозин-гідрату й безводного гідрозину) у будь-яких співвідношеннях змішується не тільки з водою, але й з нафтопродуктами. Поряд з американським паливом “Aerozin”, двигун, наприклад, французького реактивного винишувача “Mirage-III” використовує НДМГ як активізатор у газовому паливі. Сучасні російські важкі РН “Рокот”, “Протон”, український РН “Циклон” також використовують НДМГ як паливо. На НДМГ і тетраоксид азоту працюють двигуни українсько-російської РН “Дніпро”



Рис. 1. Гідрозин — важливий компонент палива двигунів українських (ліворуч), російських (у центрі), і американських (праворуч) ракетноносіїв

(Рис. 1). У 2007 р. за її допомогою виведено “EgyptSat-1” (Єгипет), шість супутників “SaudiComSat” (Саудівська Аравія), три “CubeSat” (США), Terra-SAR-X і Genesis-2.

Вище наведено найвідоміші приклади використання гідрозину і НДМГ у ракетній техніці. А передував цьому злету менш знаний період. Читачеві, можливо, відоме ім'я німецького інженера і винахідника *Гельмута Вальтера*. До початку Другої світової війни він був технічним керівником невеликої приладобудівної фірми, а до кінця війни став одним із шанованих і засекречених діячів науки і техніки Німеччини. Як і *Вернер фон Браун*, він розробляв “зброю помсти”, на яку так розраховував *Гітлер* наприкінці війни. Уся кар'єра *Г. Вальтера* пов'язана з концентрованим пероксидом водню. Він використовував його в двигунах для підводного човна нової конструкції, у реактивному двигуні власної конструкції: 80%-ний розчин пероксиду водню працював у цьому двигуні як окислювач, а пальним для нього була суміш рівних кількостей метилового спирту і гідрозин-гідрату. Останній у складі палива забезпечував його легке і безвідмовне запалення.

Двигуни *Вальтера* встановлювали на винишувачах Мессершмідта “Me-163” і на пілотованому літаку “Natter”. Примітивна дерев'яна конструкція цього літака несла могутній заряд з 24 твердотопливних реактивних снарядів. Після випуску снарядів по літаку ворога льотчик і дорогий реактивний двигун рятувалися на парашутах, а “Natter” самознищувався в повітрі. Однак далі випробувань (вересень 1944 р.) витівка з “Natter” не пішла, він не вплинув на результат війни, як, утім, й інші починання *Гельмута*

Вальтера.

Однак роботи з застосування гідрозину і його алкілпохідних як реактивного палива були продовжені в різних країнах, зокрема в СРСР і США. Незабаром після війни в США збудовано ракети “Vomark”, “Avangard”, “Tor-Able”, а пізніше НДМГ як паливо стали застосовувати для більшості американських ракет. Реактивні мікродвигуни з гідрозином як паливом виготовляли в декількох країнах для систем орієнтації й корекції орбіти космічних станцій. Німецька фірма “Egno” виготовляла гідрозинові мікродвигуни для супутника “OTS” Європейського космічного агентства, як і такі самі двигуни встановлювали на початку 1980-х рр. на європейському супутнику зв'язку “ECS”.

Гідрозин у паливних елементах

Паливний елемент (ПЕ) — це електрохімічне джерело струму, що виробляє електроенергію за безупинного витрачання хімічних реагентів (палива й окислювача). Правильніше було б назвати його паливною батареєю безупинної дії чи гальванічним елементом внутрішнього згоряння.

Гідрозинові ПЕ працюють за відносно низьких температур. Електрична енергія в гідрозин-повітряних (гідрозин-кисневих) ПЕ виробляється за рахунок окислювально-відновних реакцій, які мають місце на аноді.

У випадках, коли джерело електропостачання призначено для експлуатації в умовах дефіциту повітря (наприклад, на підводних човнах), або взагалі його відсутності, як окислювач використовували пероксид водню. ПЕ поєднували в модулі, а модулі

з'єднували в батареї потужністю до 100 кВт (Рис. 2).

Питанням розробки гідразинових паливних елементів для транспортних засобів різного призначення у другій половині XX ст. багато і плідно займалися в США фірми "Union Carbide", "Monsanto" (мікромотоцикл, військова вантажівка), "Allis Chalmers" (підводний човен); у Канаді (одномісний науково-дослідний підводний човен "Star"), у Великобританії — фірми "Shell", "Chloride Technical Service", "Electric Paua Storage" (Рис. 3).

Французька "Alstom" разом із "Exxon" (США) розробила електро-силоу установку потужністю у 115 кВт для підводних апаратів. В одному з останніх американських патентів від фірми "Hitachi Ltd" (Японія) описано "гібридний" ПЕ, якій може працювати з різними паливами — або з гідразином, або з метанолом. Під час війни у В'єтнамі гідразинові ПЕ використовували як автономні джерела живлення засобів зв'язку, радарних установок, радіостанцій, освітлювачів, пунктів зарядки акумуляторів, ручного переносного електроінструменту (Рис. 4). Фінська компанія "Rauma Oceanics" розробила гідразиновий ТЕ потужністю до 200 кВт, призначений для роботи на дослідницьких підводних апаратах з глибиною занурення до 6 000 м.

Разом із Фінляндією такою тематикою у 1980-ті рр. займався Інститут океанології ім. П.П. Ширшова (Росія). Інтерес до гідразинових ПЕ не вщухає й досі — щодва роки (починаючи з 1958 р.), відбуваються засідання *International Power Sources Symposium*, на яких питання розробки й експлуатації гідразинових ПЕ регулярно вміщують до порядку денного робочих програм.

Важливо відзначити, що істотним недоліком названих ПЕ є токсичність палива та його відносно висока вартість, але застосування їх як автономних джерел електроенергії заслуговує на увагу.

Органічна хімія

Людина використовує гідразин у виробництві світлочутливих шарів фотографічних матеріалів; проміжних продуктів і барвників; пороутворювачів при одержанні пінопластів; у промисловості тонкого органічного синтезу, зшивних агентів для полімерних матеріалів.

Фармхімія

У другій половині XX ст. для



Рис. 2. Складання гідразинових паливних елементів



Рис. 3. Їдемо й рулимо на гідразині!



Рис. 4. Монтажні роботи з електроінструментом.

На задньому плані джерело електропостачання — гідразиновий паливний елемент

лікування різних форм туберкульозу почали застосовувати "Ізоніазид", "Тубазид", "ГІНК", "Andrazide", "Nicozide", "Tebexin" (все це *гідразид ізонікотинової кислоти*, вироблений у різних країнах); "Фтивазид", "Салюзид", "Метазид" (а це гідразони різних похідних ізонікотинової

кислоти). Інтерес до гідразину і його похідних як фармпрепаратів не пропав і у наш час — за останніми повідомленнями наукової періодики, високу активність до штамів *Mycobacterium tuberculosis* мають галоїдозамісні бензиліденгідразиди оксихінолінкарбонових кислот (Національний фармацевтичний університет, м. Харків), *гідразиди N-піролкарбонових кислот* (Університет хімічної технології й металургії, Софія, Болгарія).

Розробки Національного Запорізького університету вказують на виражену антимікробну активність стосовно грамположитивних бактерій і грибів *Candida albicans* для іліденгідразидів карбонових кислот із вбудованими хінолоновими циклами. ІХВС НАН України та Інститутом урології АМН України встановлено антимікробну активність озона глюкози на основі НДМГ по відношенню до грамположитивних і грамнегативних бактерій.

Французькі фармацевти ("Aventis Pharma SA") на основі гідразонів піридазинкарбонових кислот синтезували препарати, придатні для лікування і профілактики серцево-судинних, запальних, пухлинних захворювань і хвороб центральної нервової системи.

В аналітичній хімії за допомогою гідразину та його похідних проводять визначення понад трьох десятків елементів таблиці Менделєєва. Реакції, як правило, швидкі й численні, що використовується для ідентифікації катіонів металів (найчастіше міді, срібла, золота, заліза, нікелю, кадмію, цинку, алюмінію, ртуті, талія, церію й ін.).

Розглядаючи аналітичну хімію гідразину і його похідних, не можна не згадати про *хемілюмінесценцію* — оптичне явище (світіння), яке обумовлено енергією хімічних реакцій, коли гідразинопохідні утворюють з катіонами металів комплекси, що люмінесцюють при опроміненні світлом. Найбільш розповсюдженими й відомими реагентами в хемілюмінесцентному аналізі є гідразиди 3-амінофталевої (люмінол) і 3-оксифталевої кислот. Люмінол у нейтральному і слабкислому середовищі під час УФ-опромінювання відгукується світлоблакитним кольором. При цьому інтенсивність світіння комплексу пропорційна концентрації катіона металу, який вміщує проба.

Варто згадати, що великі кількості гідразину витрачають для промивання парових котлів теплоелектростанцій (усунення накипу), в електротехнічній

промисловості — як флюсів для спаювання деталей, у виробництві електретів, для очищення газів від меркаптанів і діоксиду вуглецю, як могутній відновлювач у виробництві рафінованих (чистих) металів (міди, нікелю й ін.) з їхніх оксидів, як додаток до скла маси (видалення тьмяності скла).

Гідразин у хімії високомолекулярних сполук (полімерів)

Безсумнівний інтерес для розробки нових матеріалів становлять високомолекулярні сполуки з фрагментами гідразину або його похідних у макроланцюзі — це полігідразиди і поліуретани. Наявність ланцюжків — NNNH — у макромолекулах помітним чином визначає експлуатаційні властивості виробів. Інтерес до такого типу полімерів не випадковий. По-перше, гідразин і його заміщені як реакційноздатні біфункціональні реагенти легко утворюють полімери з різними класами органічних поліфункціональних сполук. По-друге, плівкові матеріали з полімерів на основі гідразину і його похідних відрізняються високими експлуатаційними (читай, споживчими) характеристиками.

Плівкові матеріали з полігідразидів з різною архітектурою макромолекул використовуються у виробництві обезсолювальних зворотньо-осмотичних мембран, які застосовують при опрісненні солоних вод. Особливо багато розробок такого типу є в країнах з жарким кліматом (Індія, Єгипет). Полігідразиди використовують при виробництві термостійких плівок і високомодульних волокон, “преполімерів” для наробки відповідних термостійких поліоксадіазолів шляхом циклодегідратації (відщеплення молекул води).

Поліуретани на основі гідразину і його ацилохідних.

Їх одержують із органічних речовин і екологічно безпечних водних дисперсій. Відразу ж необхідно зауважити, що поліуретани, за висловлюванням патріарха української полімерної хімії академіка НАН України Ю.С. Лінатова “варто розглядати не тільки як клас полімерів, але і як вдалий і ефективний спосіб створення макроланцюгів”.

Практикою показано широкий діапазон різних підходів до конструювання макромолекул з гідразинними фрагментами, різноманітні

можливості задавати ту чи іншу будову макромолекулярного ланцюга. Плівки з таких поліуретанів, володіючи високими механічними показниками (морозостійкістю, стійкістю до вигинів і стирання, високою еластичністю, гігієнічними властивостями), застосовують як лицьове покриття у виробництві м'якої штучної шкіри і плівкових матеріалів багатопільового призначення (Рис. 5).

Використовують як декоративно-оздоблювальні матеріали, здатні до армування, морозостійких, еластичних покриттів гумових виробів і синтетичних тканин, а також плівко- і волоконотворювальних матеріалів, здатних легко і міцно зафарбовуватися різними барвниками.

На основі ацилованих похідних гідразину була розроблена й освоєна технологія виробництва нових типів матеріалів з поліуретанів, організовано їхній випуск на базі доступної вітчизняної сировини і стандартного устаткування. Це дозволило створити перше в Україні виробництво штучної шкіри, призначеної для виготовлення одягу і шкіргалантереї. За назвою розробки група співробітників ІХВС НАН України була визнана гідною Державної премії Української РСР.

Поліуретани мають широкий спектр застосування, оскільки їхні властивості можуть бути цілеспрямовано модифіковані за рахунок варіювання природи і співвідношення фрагментів, включених у макроланцюг. Скажімо, поліуретанові плівки на основі гідразину зі вставками з гідразинфункціональзованих краун-ефірів (макроциклах типу корони, за що власне й одержали назву від англ. *crown*) і похідних хінокаліну мають бактерицидну активність пролонгованої дії щодо найпоширеніших збудників госпітальних інфекцій — бактерій *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella sp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus sp.*, *Pr. gettigeri*, які контаминують опікові й гнійні рани. Досліджені поліуретани мають пролонговану бактерицидну активність, що обумовлено наявністю ковалентного зв'язку біологічно активних мономерів з макроланцюгом. Полімери стійкі до атаки пліснявих грибів (зокрема до таких як *Aspergillus oryzae* (Ahlburg) Cohn, *Aspergillus niger* van Tieghem, *Aspergillus terreus* Thom, *Chaetomium varioti* Bainier, *Penicillium funiculosum* Thom, *Penicillium chrysogenum* Thom, *Penicillium cyclopium* Westling, *Trichoderma viride* Pers. ex Fr.). Вони обумовлені структурними

особливостями макроланцюга, головним чином наявності сульфогідразидних і (макро) гетероциклічних фрагментів, а також додаванням розчинних комплексів і солей перехідних металів, здатних до комплексоутворення з гідразидними групами макроланцюга.

Зараз жваво обговорюються властивості полімерів із каліксареновими макроциклами модифікованими фрагментами гідразидів карбонових кислот. Матеріали з таких макромолекулярних ансамблів у перспективі можуть бути використані у виробництві іонселективних і амперометричних сенсорів, у конструкціях хемосенсорів, сенсорних систем з визначення іонів важких металів, а також для селективного аналізу органічних сполук.

Полімери на основі несиметричного диметилгідразину

Як ми уже згадували, ще зовсім недавно несиметричний диметилгідразин (НДМГ) інтенсивно використовували в ракетно-космічній техніці як паливо. Однак у зв'язку зі скороченням стратегічних озброєнь і зняттям більшості ракет з бойового чергування, у світі нагромадилася значна кількість НДМГ, збереження якої пов'язано з екологічною загрозою через токсичність палива. Проблема утилізації НДМГ у наш час стала надзвичайно актуальною, оскільки світова практика нараховує дуже обмежений вибір відповідних технологій:

а) використання як палива турбогенераторів теплових електростанцій з одержанням амонійних добрив на основі продуктів, що утворюються при згоранні;

б) застосування як висококалорійних домішок при спалюванні низькосортного вугілля і метанолу (пропозиція SAIC, San Diego, США), добавок до вуглеводневого палива (або газу);

в) розробка сполук з біологічною активністю, напівпродуктів органічного синтезу, модифікаторів барвників для поліефірних та ін. волокон, як домішок до полімерних композитів. Ці роботи провадили в Michigan State University, Du Pont de Nemours Co., Monsanto Co. (США), Sandoz AG (Швейцарія), Mitsubishi uka k.k. (Японія), BASF AG (Німеччина) тощо. Перші дві з перерахованих технологій при цьому зовсім проігнорували високу токсичність продуктів згорання НДМГ (не менш небезпечних за вихідний реагент).



Рис. 5. Зразки штучної шкіри, виготовленої на дослідному виробництві ІХВС НАН України з поліуретанів на основі похідних гідразину

Рис. 6. Використання гідразину як антикорозійної речовини при окисленнях у парогенерувальних установках, бойлерах і системах конденсації



У російських наукових публікаціях в останні роки з'явилися варіанти переробки НДМГ у безпечні похідні багатощільового призначення, що можуть бути застосовані як вихідні сполуки (прекурсори) у різних фізико-хімічних технологіях.

Роботами науковців ІХВС НАН України показано перспективні способи утилізації НДМГ переробкою його у високомолекулярні сполуки — поліуретанові еластomers, іономери, пінополіуретани, мономерні сполуки і полімери з біологічною активністю. Крім того, на основі гідразинівмісних поліуретанів у відділі лінійних полімерів ІХВС НАН України розроблено багатощарові плівкові матеріали зі спеціальними бар'єрними властивостями, призначені для виготовлення засобів індивідуального захисту людини (костюмів, накидок, балахонів) від дії отруйних і агресивних хімічних речовин, зокрема сильних окислювачів, для виробництва плівкових і декоративно-оздоблювальних матеріалів, для використання як захисних і антикорозійних еластичних покриттів автотранспортної техніки.

Сільське господарство

Різноманітні похідні гідразину використовуються в аграрному секторі як інсектициди, гербіциди, фунгіциди й ін. Особливо відомий гідразид малеїнової кислоти як регулятор росту рослин, у малих дозах він стимулює ріст і розвиток рослин, а у великих — викликає затримку росту, не порушуючи інших життєво важливих функцій рослин. Оскільки препарат погано розчинний у воді, то його застосовують у вигляді солей лужних металів, які добре розчиняються у воді. Малотоксичним і неканцерогенним є натрієва сіль гідразиду малеїнової кислоти для обробки рослин, гальмування процесу росту трав на газонах і кущах у “живих” загорожах (парканах). Препарат рекомендується для

збільшення врожаю зеленої маси м'яти, підвищення вмісту в ній ментолу, для суцільного знищення бур'янів.

Інститутом фізіології й генетики рослин НАН України (член-кор. Григорюк І.П.), ІХВС НАН України (д.х.н. Савельєв Ю.В.) на прикладі рослин озимої пшениці “Одеська-162” (районованій у степовій, лісосте-

“Застосування гідразину та його похідних має ко-ло-сальні можливості — йому знайшлося місце і на землі, й у космосі, і під водою. А біологічно активні поліуретани на основі гідразину та його похідних можуть стати основою створення гарантованої системи захисту навколишнього середовища і людини від руйнівної дії мікроорганізмів.

повій і поліській зонах України) показано, що водні поліуретанові дисперсії на основі НДМГ є ефективними регуляторами водо- і газообміну рослин в умовах температурного стресу (а простіше кажучи, посухи). Підвищувалася стійкість до посухи озимої пшениці у фазі формування колосків (тобто стадії життя рослин найчутливішої до втрат вологи), на поверхні листя індукувались захисні реакції, що призвело до зменшення втрат врожаю пшениці під час посухи. В умовах зменшення природних енергетичних ресурсів актуальним стає пошук альтернативних видів палива. Такою альтернативою може бути біопаливо. Його сировинною базою є сільсько-господарські рослини, серед яких

важливе місце займають зернові культури як біомаса високоенергетичних рослин, ефективний фотосинтез яких відбувається в умовах достатнього вологозабезпечення. Важливим тут є створення сприятливих умов для вирощування культурних рослин у засушливих умовах.

Одноразова обробка пшениці “Одеса-162” розчином водних поліуретанових дисперсій при дефіциті вологи утворює тонкі полімерні плівки на поверхні мезофілу, що тимчасово сповільнюють випаровування води з листя. Це не тільки призводить до зменшення водного дефіциту вдвічі, зменшенню втрат врожаю в 1,3 раза, зменшенню зниження кількості білка в зерні в 1,24 раза, але і знижує(!) втрати зеленої маси в 1,52-1,68 разів.

Водні дисперсії поліуретанів з уведеними в архітектуру макромолекули біологічно активними фрагментами або добавками фунгіцидів будуть перешкоджати розвитку ВІЛТ (від англ. *wilt* — *зів'янення*), захворюванню, яке проявляється в зів'яненні стебла і листків сільгоспрослини). Відомо, що недосконалі гриби *Verticillium dahliae* і *Fusarium oxysporum* викликають відповідні вертициліозний і фузаріозний ВІЛТ. Вертициліозний ВІЛТ уражає приблизно 350 видів дводольних рослин; найбільше страждає бавовник, основна культура середньоазійського регіону, але страждають і сільгоскультури України — льон, томат, картопля, диня, кавун, персик, абрикос тощо. Слід зазначити, що гриби *Fusarium spp.* діють не тільки на сільгоспрослини.

Ці гриби, якщо потрапляють до людського організму, можуть призвести до несподіваних наслідків, — проф. А.В. Руденко (Інститут урології АМН України) зафіксував випадок їх наявності в спермі працівника сховаща насіння, що стало однією з причин чоловічого безпліддя. Нові водорозчинні полімери мають бактерицидну активність відносно хвороботворювальних бактерій *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pn.*, *Pseud. Aeruginosa*, а, отже, — багатощільове призначення, зокрема в медицині.