

# ОХОРОНА ЗДОРОВ'Я

© О.М. Торохтін, 2016

УДК 61-029:51

О.М. ТОРОХТІН

*Ужгородський національний університет, медичний факультет, кафедра біохімії, фармакології та фізичних методів лікування, Ужгород*

## ВАРІАНТ ВИКОРИСТАННЯ КОМПЛЕКСНИХ ЧИСЕЛ В АНАЛІТИЧНІЙ МЕДИЦИНІ

Для повного відображення певних характеристик клінічних проявів стану не завжди є достатнім використання дійсних чисел. Певні важливі характеристики хімічних сполук, які діалектично існують симультанно, можуть бути виражені комплексними числами. Уявні компоненти комплексних чисел не тільки описують стан певних функціональних параметрів (певних протосимптомів), але вони здатні і взаємотрансформуватися одне в одне завдяки операції множення і навіть переходити у множину дійсних чисел, що фактично відобразатиме не тільки якість, але і матеріальну кількість сполуки (наприклад, фермент і його активність). Комплексні числа можуть бути використані і для відображення каскадних реакцій, і для емпірично чіткого опису взаємопов'язаних багатокомпонентних систем.

**Ключові слова:** клінічний стан, багатокомпонентні біологічні об'єкти, математичне відображення, дійсні та комплексні числа

**Вступ.** Необхідність використання математичного апарату в медичній практиці не потребує доведення, хоча б із тих міркувань, що комп'ютери вже використовуються в діагностиці. Однак, потенціал використання обчислювальної техніки визначається рівнем використовуваного програмного забезпечення. Програмне забезпечення формується і визначається рівнем методологічної організації галузі та ступенем однозначно детермінованої алгоритмізації прикладних задач. Методологічним «реалізатором» – методологом – такого впровадження є аналітична медицина, яка, як інтердисциплінарна галузь, інтегрує знання медицини та математики, ґрунтується на дослідженні елементарних ознак функціонування біологічних систем (котрі прийнято називати протосимптомами), а також на дослідженні клінічної динаміки і, використовуючи принципи просторових графічних побудов, систематизує адаптаційно-фізіологічні, компенсаторно-захисні реакції організму. Таке графічне співставлення забезпечує однозначність (математичного) відображення та тлумачить клінічний стан, допомагає формулювати прикладні медичні задачі, що конче необхідне для повномасштабного застосування математичного апарату, як це здійснюється у будь-якій іншій сфері, де використовуються математичні підходи до розв'язання фундаментальних питань.

Віднаходження прийнятних математичних описово-співставних форм, способів подання клінічних ознак та якості функціонування (життєза-

безпечення) біологічних об'єктів як незалежних, але взаємопов'язаних категорій, дозволяє системно обробляти клінічну інформацію, алгоритмізувати діагностичний та лікувальний процеси. Виокремлюючи необхідно-достатні критерії оцінки функцій організму, ранжуючи діагностичну інформативність клінічних показників за ступенем та повнотою відображення динаміки, прогножуючи спрямованість та інтенсивність патофізіологічних реакцій – обґрунтовуються концептуально-аналітичні умови системного керування клінічним станом.

Саме формування концепції та методології розв'язання прикладних діагностичних задач, орієнтованих на: визначення, диференціацію, метричну оцінку моментального клінічного стану, встановлення рівня відхилення функції від належних величин як при фізіологічних реакціях, так і під час захворювання, – надає можливість передбачення несприятливих як реальних онтогенетичних, так і гіпотетичних філогенетичних тенденцій розвитку біологічних об'єктів, що є предметом нозодіалектики. Ґрунтуючись на запобіганні несприятливого розвитку патофізіологічних реакцій, створюються умови для проектування новітніх засобів їх терапії, оптимізації комплексного та етапного поєднання чинників, визначення оптимального складу та нових варіантів алгоритмічного керування життєзабезпеченням.

Слід відзначити, що технології, які нині використовуються, ґрунтуються переважно на елемен-

тарній емпірично-обчислювальній обробці фізико-метричних параметрів, отриманих у процесі діагностичних маніпуляцій. Попри те, наявна велика кількість клініко-лабораторних показників, котрі, зазвичай, мають різну метричну природу, однак відображають один активний, функціонуючий комплекс, єдиний цілісний об'єкт, для відображення стану якого необхідно кілька емпіричних величин. Прикладом може бути: кількість ферменту (як біохімічної сполуки) та його каталітична активність; маса міокарда та його скоротлива активність і функціональна спроможність; загальний рівень кровообігу в легенях та газово-перфузійна активність легеневої тканини; вміст гемоглобіну в еритроциті (кольоровий показник) та реальна активність і здатність власне конкретного (наявного в еритроциті) гемоглобіну зв'язувати кисень, – зазначені показники не вичерпують усіх варіантів, важливих та необхідних для вичерпної діагностики клінічного стану та повноцінного віддзеркалення динаміки змін. Зазначені та аналогічні «комбінації» характеристик вельми важливі в оцінці рівня адаптаційно-захисних реакцій, у визначенні спроможності пацієнта до фізичного навантаження, оцінці резерву інтегративного показника «здоров'я», а також у виявленні наявного енергетично-функціонального ресурсу, орієнтованого на одужання та відновлення достатньої функціональної активності тощо.

**Мета дослідження.** Віднайти засіб щонайповного емпірично-метричного відображення багатокomпонентних біологічних об'єктів для коректного математичного формулювання клінічних задач з метою їх подальшої алгоритмізації, розробки та застосування комп'ютерного програмного забезпечення.

**Матеріали та методи.** У дослідженні використано пропедвтичну базу клінічної симптоматики, лабораторні біохімічні та функціональні показники оцінки та детермінації динаміки розвитку патофізіологічних реакцій. Застосовано просторове моделювання компенсаторних можливостей, аксіоматичний апарат комплексних та гіперкомплексних чисел, з математичною методологією логічного співставлення та аналізу.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Параметри, які характеризують багатокomпонентні явища, пов'язані не просто функціонально, але і структурально, і цей зв'язок є діалектично-природним. Таке поєднання структури і функції складових проявляється не тільки спорідненістю будови та шляхами реалізації активності, але і їх взаємозалежністю, бо кожна параметрична характеристика, певним чином, визначає стан суміжного показника, чим цей взаємодетермінуючий взаємозв'язок і взаємовплив відображає більш тісний рівень взаємовизначення та взаємодії.

Аналізуючи діагностичні показники, що описують клінічний стан множиною дійсних чисел, виявляється їх описово-інформативна недостат-

ність, бо у таких випадках для повноти математичного відображення клінічної картини необхідно залучати кілька різновимірних емпіричних характеристик, що, між іншим, органічно пов'язані між собою і, як це було зазначено вище, представляють єдиний процес, власне, відображають різні сторони цього цілісного діалектичного явища. Для відображення таких категорій та динамічних явищ доцільно використовувати комплексні числа.

Означимо основні властивості комплексних чисел, зокрема те, що комплексне число представляється як:

$$c = a + bi,$$

де  $a$  – дійсна частина, а  $bi$  – його уявна частина (компонент), в якій  $i$  – власне уявний елемент (квадратний корінь із мінус одиниці:  $\sqrt{-1}$ ).

Відзначимо, що метрично відобразити стан кількох систем можливо завдяки «об'єднанню» комплексних чисел (власне, використовуючи їх багатовимірні узагальнення: гіперкомплексні числа або їх чотириккомпонентний варіант – кватерніон, в якому об'єднані один дійсний компонент та три уявні складові).

Розглянемо кватерніон – як один з варіантів гіперкомплексних чисел. Кватерніон  $C$  представляється як:

$$C = x_0 1 + x_1 i + x_2 j + x_3 k \quad x_n \in \mathbb{R}, n = \text{у даному випадку } 0, 1, 2 \text{ та } 3.$$

Опускаючи одиницю, отримуємо:

$$C = x_0 + x_1 i + x_2 j + x_3 k$$

Розрізняють скалярну частину  $x_0$  та векторний компонент:

$$V = x_1 i + x_2 j + x_3 k,$$

отже:

$$C = x_0 + V$$

Фактично, останнє показує, що гіперкомплексні числа є  $n$ -вимірними векторами.

Оскільки принциповою категорією аналітичної медицини є протосимптом (протосимптоми), як елементарна, неподільна, однозначна вимірна складова ознака-характеристика, то множиною протосимптомів можуть бути будь-які клінічні та/або параклінічні ознаки-симптоми. Традиційним елементом вимірювання протосимптомів є множина дійсних чисел. Однак, як уже зазначалося, певні протосимптоми, по суті, є багатокomпонентними (тобто представляють одну хімічну речовину, яка проявляє різні діагностично значимі властивості). Такі протосимптоми доцільно представляти комплексними числами, що доповнюватиме інформативну цінність їх дійсної складової, ще і уявними компонентами. У таких числах уявні компоненти можуть змінювати свою емпіричну частку, не впливаючи на емпіричну величину дійсної частини. Дійсна частина відображає матеріальну кількість протосимптома, а уявні складові, у цей же час (симультанно), відображають функціональні характеристики цього матеріального параметра. Зазначимо, що уявні частини, які є складовими елементами комплексних (гіперкомплекс-

них) чисел, за певних умов можуть набувати властивостей елементів множини дійсних чисел (наприклад, коли усі коефіцієнти при уявних компонентах рівні нулю).

Саме присутність у комплексних числах уявних складових дозволяє одним комплексним числом інформативно повноцінно відобразити структурально багатокомпонентні об'єкти.

Слід відзначити, що потужність множини комплексних чисел (а відповідно і їх інформативна ємність) перевищує потужність дійсних чисел і, якщо  $\aleph_0$  (алеф нуль) – потужність множини натуральних чисел;  $\aleph$  (алеф) – або континуум – потужність множини дійсних чисел; то потужність множини комплексних чисел рівна  $2 \times \aleph$  (два алеф), а потужність множини гіперкомплексних чисел може бути виражена як  $4 \times \aleph$  (чотири алеф), оскільки кожний уявний компонент ( $i$ ,  $j$  та  $k$ ) сам по собі містить континуум елементів, плюс елементи дійсної частини – гіперкомплексного числа. Узагальнюючи, можна стверджувати, що потужність множини клінічних станів, котра виражатиметься комплексними числами, буде рівна  $\aleph_0 \times \aleph$  (алеф нуль-алеф).

Розглядаючи графічне вираження комплексних чисел, відзначимо, що осі уявних компонент комплексних чисел можуть відображати (гіпотетичні, моментально не реалізовані) функціональні стани різних систем. Завдяки їх використанню є можливість (точно і однозначно) описати стан окремих підсистем та здійснювати розрахунок гіпотетичних реакцій. Крім того, перспективно-важливою в клінічному та діагностичному аспекті слід вважати властивість суміжних уявних компонентів гіперкомплексних чисел взаємо «переходити-перетворюватися» при виконанні операції множення уявних елементів, а при піднесенні уявної частини до квадрату, – взагалі, виходити із множини уявних чисел, – представляючи результат у множині дійсних чисел.

Зазначені властивості можуть бути продуктивно використані для реєстрації та відображення інтенсивності/ступеня залучення суміжних органів/систем до функціональної реактивної, компенсаторної, а, за умови виснаження, – і до залучення патофізіологічної реакції відповіді, що формується в організмі.

Використовуючи уявні компоненти (зокрема, компоненти кватерніона), можна відображати певні стани – властивості окремих ензимів і навіть цілих їх груп – каскадних ферментних систем, поєднана функціональна активність яких інтегративно визначає «здоров'я» як категорію, тобто загальну компенсаторну здатність організму (як цілісної біологічної системи).

Слід, однак, зробити певні пояснення щодо клініко-діагностичної інтерпретації «нульової точки» на осях комплексних умовних компонент. Нульова точка на осі умовних компонент комплексного числа не є власне відображенням нульової активності параметра, який досліджується. Ця точка співставляється, точніше відображає оптимальну активність системи, тобто вона збігається із півмаксимальною швидкістю-активністю ( $V_{max}/2$ ). Фактично це є «нуль зміщення» від оптимуму і, у випадку позитивного значення, відображає підвищену активність, так як і негативне значення, – відповідає сповільненню швидкості реакції. Позитивна складова умовного компонента комплексного числа свідчить про перевищення його оптимальної активності – перевищення половинної (ненапруженої) швидкості-активності, фактично йдеться про перевищення середньої швидкості процесу. Негативні значення умовного компонента відповідають активності, що є нижчою за половинну активність (тобто меншу попри оптимум – повільнішу за середню швидкість). Зазначене може бути проілюстроване співставленням графіків активності, відображених на осі умовних компонент комплексного числа (рис. 1А), із графіком активності фермента (рис. 1В).

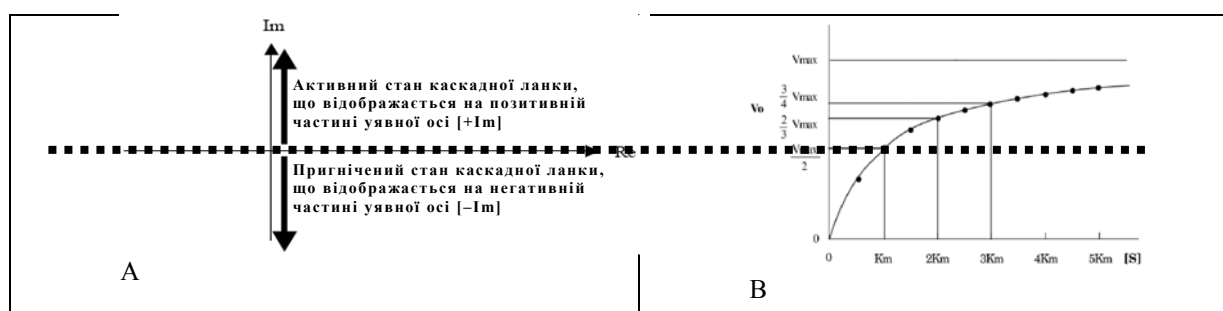


Рис. 1. Порівняльне співставлення графіка рівня активності (ступеня активності/пригніченості) фермента на уявній осі  $[Im]$  (А графік) з графіком активності ензима в межах від пригніченої активності  $V_{min}$  до рівня максимальної активності –  $V_{max}$  (В графік); нульова лінія на шкалі умовних чисел співставлена із рівнем середньої активності ензима ( $V_{max}/2$ ) на графіку активності Міхаеля-Ментен (лінію співставлення відзначено пунктиром).

Слід зауважити, що як верхній ( $V_{\max}$ ), так і нижній ( $V_{\min}$ ) рівні активності межують із дезорганізацією (каталітично-ферментної) дії, що може бути пояснене виходом активності у зону парадоксальних (некерованих) рівнів, які супроводжуються зміною специфічності та стабільності. Можна стверджувати, що рівні максимальної та мінімальної активності є відносними ознаками денатурації протеїнової структури (матеріальної частини фермента, а фактично – третинної протеїнової структури носія), котра власне визначає функціонально-каталітичну активність. У таких випадках слід констатувати вихід із належного, відносно вихідного субстрату як отримуваного продукту, передбачуваного, керованого рівня активності реакції.

Отже, якщо уявні компоненти ( $i$ ,  $j$ ,  $k$ ) можуть представляти взаємопов'язані властивості конкретного ензима, то реальна частина відобразить матеріально дійсний обсяг – голоензима, його природну кількість (емпіричну кількість власне фермента як біохімічної речовини: пептидної частини – апоензима та його коферментного компонента, якщо такий у конкретного фермента присутній). Слід відзначити, що уявні компоненти, як такі, самі по собі ортогональні, а отже відображають певні суміжні – але прямо незалежні фізичні/хімічні властивості (котрі, однак, діалектично пов'язані своєю структурою). Необхідно наголосити, що використовувані властивості цих показників мають задовільняти умові визначеності «взаємного добутку» (операції множення, мова про яку уже велася) із адекватним відтворенням результату як у множині комплексних, так і у множині дійсних чисел.

Згідно з викладеним та враховуючи аксіоматику комплексних чисел, за допомогою уявних компонент можна відобразити: **активність** (activity) певного функціонально-компенсаторного процесу. Якщо, як приклад, розглянути ензиматичний процес, то цей уявний компонент представлятиме емпіричну величину моментальної каталітичної активності конкретного ензима (виражену в каталах). Інший уявний компонент у той же час (симультанно) описуватиме **специфічність** (specificity) ресурсу, необхідного для реалізації цього процесу. На прикладі каталітичного процесу, такою описовою складовою специфічності буде однозначність вибору субстрата, що слугує ресурсом конкретної реакції, котра метрично може бути виражена молярною концентрацією субстрату. І, як діалектично-логічне завершення відображення компонентів компенсаторно-адаптаційного процесу, умовним компонентом гіперкомплексного числа слід назвати **стабільність** (stability), яка метрично відтворюватиме обсяг очікуваного функціонального результату. Щодо каталітичних реакцій, то стабільність слід розуміти як однозначну постійність хімічної будови речовини отримуваного продукту, що емпірично може бути описана кількома способами: або енергетичною потужністю утвореної

хімічної сполуки, або сумарною енергетичною вартістю продуктів реакції, або ж спектром варіативності утворених хімічних сполук.

Важливо, що усі компоненти комплексного (гіперкомплексного) числа відображають моментальні, притаманні об'єкту у конкретний момент часу (стимультанні), властивості і виражаються вони одним числом, у якому його компоненти пов'язані внутрішньою математичною взаємозалежністю. Насамкінець, слід відзначити, що реальний компонент комплексного числа у запропонованій системі відображення представляє власне обсяг реалізатора функції (матеріальну кількість) тієї структури, котра реалізує досліджуваний процес. На прикладі біохімічних реакцій таким параметром буде кількість хімічної речовини (білкової та коензимної частини), вираженої у молях, без акцента на його специфічність, моментальну активність та стабільність щодо продукту. Можна передбачити ще один розрахунковий параметр, а саме: добуток усіх трьох уявних компонентів ( $I=i*j*k$ ), що представить «умовний» об'єм, котрий діагностично можна розглядати як протосимптоматичний параметр моментально реалізованої продуктивності досліджуваної системи.

Доцільно уявні складові розглядати як просторові трійки векторів, компоненти яких ієрархічно упорядковані. Прикладом такого упорядкування може бути послідовність: 'ресурс-субстрат' – 'процес-активність' – 'результат-продукт'. Дотримання логіко-функціональної ієрархії, вельми важливе, позаяк з нею пов'язане «правило знаків» при здійсненні операції множення. Таке означення елементів біологічних процесів, що переносяться на комплексні числа, тобто їх упорядкування у певній логічній послідовності, відображає реальний біологічний процес  $i$ , крім того, залишається в межах правила математичних операцій над уявними компонентами (із притаманною їй взаємотрансформацією). Стосовно ензиматичних реакцій, такою коректною послідовністю буде 'селективність щодо субстрата' – 'активність власне ензима' – 'стабільність щодо продукта'.

Якщо прийняти функціонально-ієрархічно упорядковані компоненти уявної частини гіперкомплексного числа ( $i$ ,  $j$ ,  $k$ ), як **праву трійку векторів** (рис. 2А), в котрій перша ( $i$ ) компонента відповідає селективності ферментативного процесу (ступеню однозначності вибору субстрата ензимом), друга ( $j$ ) компонента відображає активність, або швидкість-продуктивність процесу, а третя ( $k$ ) компонента відтворюватиме стабільність хімічної будови (отримуваного результуючого продукту) конкретної досліджуваної каталітичної реакції, то добуток уявних компонент, здійснений у логічній послідовності компонентів-категорій, що беруть участь у реакції (субстрат-ензим-продукт), за годинниковою стрілкою, якщо розглядати об'єкти-компоненти реакції як просторову трійку векторів з боку її вершини (а не з

боку долоні), то: добуток селективності [i] та активності [j]: (i×j) – представить стабільність результату цієї реакції (тобто i×j=k), яка відображається на умовній осі (k). Наступне: добуток активності [j] та стабільності [k]: (j×k) визначить кількість специфічного, необхідного для реакції

субстрату, що має бути присутній для повноцінного перебігу реакції (j×k=i), емпірична величина кількості якого відображається на відповідній умовній осі (i). Добуток стабільності [k] та селективності [i]: (k×i) – визначатиме швидкість-активність перебігу реакції (k×i=j).

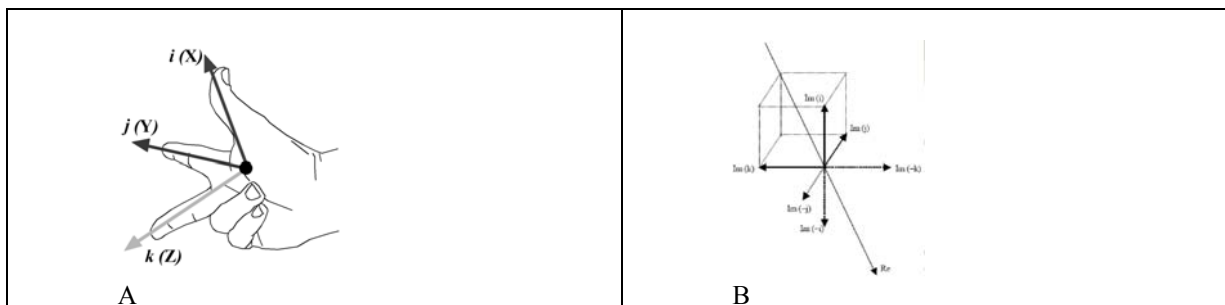


Рис. 2. Умовне просторове взаємовідношення реальної осі [Re] – реально (матеріально) присутніх клініко-лабораторних характеристик (протосимптома) та уявних осей [Im(i); Im(j); Im(k)]; схематично зазначені також їх негативні напрямки [Im(-i); Im(-j); Im(-k)]; для мнемонічного співставлення показано правило «правої руки».

Правило «правої руки» може бути співставлене і з негативними уявними напрямками компонент комплексних чисел, що графічно подано на рисунку 2В. Згідно із запропонованою графічною інтерпретацією, обравши зворотний напрямок отримання добутків – протилежний щодо звичайної спрямованості перебігу реакції (а саме: «продукт-езим-субстрат», тобто послідовність здійснення ретроспективного аналізу-залежності каталітичного процесу), то, здійснюючи добутки проти годинникової стрілки, отримаємо: добуток селективності [i] та стабільності [k]: (i×k) – виявить інтенсивність перебігу реакції виходячи із кількості отриманого (оптимального еталонного) продукту, однак отриманий уявний напрямок матиме негативний знак (i×k = -j) [позаяк усі добутки, виконані у зворотному напрямку, набувають негативного значення]. Добуток стабільності [k] та швидкості [j]: (k×j) – уявно визначатиме залежність та вплив стабільності каталітичної реакції [k] від селективності [j]: (k×j= -i), так само, як і добуток активності [j] та селективності [i]: (j×i) – відтворить залежність кількість утвореного продукту [k] від активнос-

ті-швидкості перетворення [j] та селективності каталітичного процесу [i]: (j×i = -k).

Справджується і остання властивість добутку уявних компонентів, а саме – піднесення до квадрату будь-якого із уявних складових (що можна розглядати, як збільшення емпіричної величини будь-якої із характеристик, означених уявними компонентами). Ця операція відобразить можливість зменшення матеріальної кількості самого ензима, як речовини, необхідної для здійснення такого процесу (позаяк в результаті добутку одиниць іменних компонентів – специфічності, активності, стабільності – отримуватимемо реальну (не умовну) мінус одиницю: i<sup>2</sup> = -1, j<sup>2</sup> = -1, а також k<sup>2</sup> = -1). Усе зазначене відповідає дійсним взаєминам між зазначеними уявними (не реалізованими до початку реакції) характеристиками ензима та його матеріальною кількістю.

Зазначені результати математичних операцій, здійснюваних на уявних компонентах гіперкомплексних чисел можна узагальнити у вигляді таблиці результатів множення уявних компонентів (табл. 1).

Таблиця 1

Результати множення уявних компонентів кватерніона

$ii = -1$	$ij = k$	$ik = -j$
$ji = -k$	$jj = -1$	$jk = i$
$ki = j$	$kj = -i$	$kk = -1$

Квадрат будь-якого вищезгаданого компонента (активність, специфічність, стабільність) рівний мінус одиниці (-1), що інтерпретується, як можливість зменшення необхідної кількості реального ензима внаслідок посилення конкретної ферментативної функції (специфічності, активності, стабільності). Так, підвищення активності в остаточ-

ному варіанті зменшує кількість необхідного ферменту як речовини. Збільшення специфічності також зменшує кількість необхідного ферменту, як і збільшення стабільності, потребує меншу кількість ензима. Продовженням цього є те, що збільшення специфічності потребує збільшення ідеального субстрату, зупиняючи процес (зменшуючи актив-

ність), як і зменшуючи вихід продукту. Нестабільність продукту призводить до необхідності інтенсифікації каталітичного процесу задля забезпечення системи достатньою кількістю необхідного продукту, що відповідно вимагає і збільшення кількості субстрату, позаяк останній переробляється не в «профільний» (побічний, недоцільний) продукт.

Оцінюючи стан однієї ланки ферментативного ланцюга використанням комплексних

чисел, можна здійснити екстраполяцію зазначеного аналізу і на каскадну систему ферментативних реакцій ('ланцюгово'-подібна послідовність реакцій), у якій кожна ланка може розглядатись як уособлена одиниця, що представлена незалежними трійками уявних складових. У такому випадку сумарна система реагування може бути подана у вигляді наступної таблиці.

Таблиця 2

Добуток уявних компонент гіперкомплексних чисел у каскадній ферментативній системі

	i	j	k	(k+1)	(k+2)	...	(m-1)	m	(m+1)	...	(n-2)	(n-1)	n
(n)	ni = j												
i	ii = -1	ij = k											
j	ji = -n	jj = -1	jk = (k+1)										
k		kj = -i	kk = -1	k(k+1) = (k+2)									
(k+1)			(k+1)k = -j	(k+1)(k+1) = -1									
...				(k+2)(k+1) = -k	...								
(m-1)								(m-1)m = (m+1)					
m								mm = -1					
(m+1)								(m+1)m = -(m-1)					
...													
(n-1)												(n-2)(n-1) = n	
n												(n-1)(n-1) = -1	(n-1)n = i
(i)												n(n-1) = -(n-2)	nn = -1
													in = -(n-1)

Запропонована система відображення клінічного стану комплексними (гіперкомплексними) числами дозволяє більш інформативно повно відображати стан, динаміку та взаємоз'язок складових елементів біологічних фізіологічних та патофізіологічних систем.

**Висновки.**

1. Комплексні числа можуть бути використані як засіб відтворення різних, симультанно існуючих складових, а також як засіб адекватного метрично-

го відображення різноспрямованих компонентів адаптаційних реакцій, адекватно відображати будь-який клінічний стан та його динамічні зміни, що реалізуються переважно за умов навантаження і, зокрема, при компенсаторних реакціях за умов патології.

2. Комплексні числа є більш потужними в інформаційному сенсі, а їх використання дає можливість більш повно демонструвати стан досліджуваної системи.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Торохтін О.М. Діагностика, реабілітація, ефективність. Теоретико-практичне дослідження математичної функціонально-діагностичної n-вимірної моделі станів організму на прикладі відновного лікування інфаркту міокарда / О.М. Торохтін. — Ужгород: Карпати, 1999. — 206 с.  
 2. Торохтин А.М. Аналитическая медицина (аксиомы, принципы, гипотезы). Введение в математико-аналитическое решение медицинских задач / А.М. Торохтин. — Ужгород: Полиграфцентр «Лира», 2014. — 168 с.

A.M. TOROKHTIN

*Uzhhorod National University, Medical Faculty, Department of Biochemistry, Pharmacology and Physical Treatment Methods, Uzhhorod*

COMPLEX NUMBERS IN ANALYTICAL MEDICINE – VARIANT OF USAGE

To express all different features of biochemical compounds' properties it is not enough to use common numbers (mean set of real numbers). Some important characteristic of some substances which are dialectically simultaneously existed can be shown only by complex numbers. The imaginary components of complex number describe not only status of some functional parameters (certain protosymptoms), but they can transform into each other due to multiplication operation even they can turn into the real numbers, that depicts the material amount of biochemical compound (e.g. enzyme and its activity). Complex numbers are to be used for depiction of 'chain'-like processes, as well as those substances and reaction categories which are consist of many cooperating subsystems.

**Key words:** clinical status, multicomponent biological objects, mathematical reflection, real and complex numbers

Стаття надійшла до редакції: 9.02.2016