

УДК 577.1:547.1

[https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-5\(39\)-1345-1355](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-5(39)-1345-1355)

Мельник Андрій Володимирович доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри медичної та біологічної хімії, Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова, вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, 21018, тел.: (093) 670-27-08, <https://orcid.org/0000-0003-1315-7958>

Смірнова Ольга Валентинівна кандидат хімічних наук, доцент кафедри медичної та біологічної хімії, Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова, вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, 21018, тел.: (097) 323-92-95, <https://orcid.org/0000-0001-9100-5162>

Сулім Ольга Григорівна кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри медичної та біологічної хімії, Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова, вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, 21018, тел.: (068) 071-81-07, <https://orcid.org/0000-0002-3272-7381>

БІОНЕОРГАНІЧНА ХІМІЯ В СУЧАСНІЙ МЕДИЧНІЙ ОСВІТІ

Анотація. Однією з актуальних проблем сучасної медицини є вивчення біологічної ролі хімічних елементів, шляхів їх обміну в живих організмах, визначення вмісту неорганічних елементів в зовнішньому середовищі та в організмі людини, профілактика захворювань, пов'язаних з порушенням мінерального обміну.

Знання біологічної ролі хімічних елементів необхідне майбутньому лікарю при вивченні біохімічних процесів, що відбуваються в організмі людини, для пояснення дії фармакологічних препаратів, токсичних хімічних речовин та їх знешкодження. Ці проблеми вирішує біонеорганічна хімія, яка виникла на межі неорганічної хімії, біології та біохімії і вивчає хімічні процеси, що відбуваються в живій клітині, в яких беруть участь хімічні елементи.

Метою роботи є обґрунтування необхідності вивчення біонеорганічної хімії студентами медичних спеціальностей на основі аналізу даних сучасної літератури щодо біологічної ролі, токсичної дії та лікарських препаратів основних хімічних елементів органогенів.

В цій статті проаналізовано і висвітлено основні хімічні елементи які відносяться до органогенів, визначено і описано їх біологічну роль, а також підкреслено важливість вивчення органогенів студентами медиками і застосування цих знань у подальшій роботі. Зокрема, сфокусована увага на таких органогенах як карбон, кисень, гідроген, нітроген, фосфор та сульфур.

Журнал «Перспективи та інновації науки»
(Серія «Педагогіка», Серія «Психологія», Серія «Медицина»)
№ 5(39) 2024

На основі аналізу літератури узагальнено дані щодо фізіологічної дії та токсичних ефектів елементів та їх сполук, використання антидотів при отруєннях, а також охарактеризовані лікарські препарати на основі біогенних елементів.

Вивчення біонеорганічної хімії є надзвичайно важливим для формування світогляду студентів медичних спеціальностей, забезпечує формування у них основних програмних компетентностей, адже розкриває важливу біологічну роль елементів та їх сполук, токсичну дію в живих організмах, а також можливості їх використання в якості лікарських препаратів при різних патологіях.

Ключові слова: біонеорганічна хімія, органогени, біологічна роль, токсична дія, медична освіта.

Melnyk Andrii Volodymyrovych Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Medical and Biological Chemistry, National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsya, str. 56 Pyrogova St., Vinnytsia, 21018, tel.: (093) 670-27-08, <https://orcid.org/0000-0003-1315-7958>

Smirnova Olha Valentynivna PhD, Associate Professor of the Department of Medical and Biological Chemistry, National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsya, str. 56 Pyrogova St., Vinnytsia, 21018, tel.: (097) 323-92-95, <https://orcid.org/0000-0001-9100-5162>

Sulim Olha Hryhorivna PhD, Senior teacher of the Department of Medical and Biological Chemistry, National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsya str. 56 Pyrogova St., Vinnytsia, 21018, tel.: (068) 071-81-07, <https://orcid.org/0000-0002-3272-7381>

BIOINORGANIC CHEMISTRY IN MODERN MEDICAL EDUCATION

Abstract. One of the problems of modern medicine is the study of the biological role of chemical elements, the ways of their exchange in living organisms, the determination of the content of inorganic elements in the external environment and in the human body, and the prevention of diseases associated with mineral metabolism disorders.

Knowledge of the biological role of chemical elements is necessary for the future doctor when studying the biochemical processes occurring in the human body, to explain the action of pharmacological drugs, toxic chemicals and their neutralization. These problems are solved by bioinorganic chemistry, which arose at the border of inorganic chemistry, biology and biochemistry and studies the chemical processes occurring in a living cell in which chemical elements participate.

The purpose of the work is to justify the need to study bioinorganic chemistry by students of medical specialties based on the analysis of data from modern literature on the biological role, toxic action and drugs of the main chemical elements of organogens.

The main chemical elements related to organogens were analyzed and highlighted. Their biological role is defined and described. The importance of the study of organogens by medical students and the application of this knowledge in further work is emphasized. In particular, attention is focused on such organogens as carbon, oxygen, hydrogen, nitrogen, phosphorus and sulfur. Based on the analysis of the literature, data on the physiological action and toxic effects of elements and their compounds, the use of antidotes for poisonings, and also characterized medicinal preparations based on biogenic elements are summarized.

The study of bioinorganic chemistry is extremely important for the formation of the worldview of students of medical specialties, it ensures the formation of basic program competencies in them, because it reveals the important biological role of elements and their compounds, the toxic effect in organisms, as well as the possibility of their use as medicines for various pathologies

Keywords: bioinorganic chemistry, organogens, biological role, toxic effect, medical education.

Постановка проблеми. Біонеорганічна хімія вивчається студентами на першому курсі, на основі знань якої студент повинен навчитися оцінювати результати біохімічних аналізів, стан навколишнього середовища і його вплив на організм людини.

На часі до ряду глобальних проблем таких як «парниковий ефект», «кислотні дощі», «озоновий шар Землі» приєдналася проблема порушення якісного і кількісного вмісту неорганічних елементів у повітрі, ґрунті, воді, що виникла у зв'язку з військовими діями. Ця проблема стосується не тільки зовнішнього середовища. Росте число речовин, що поступають в живий організм, які є чужорідними для нього. Зараз ми ще навіть не знаємо, що очікувати внаслідок скидання на нашу землю ракет заправлених ракетним паливом, безліччю хімічних речовин, що принесли з собою нові види озброєння. Дослідники ще в двадцятому сторіччі звернули увагу на тісний зв'язок стану здоров'я живого організму і природного середовища. Шкідливі речовини попадають в організм з повітрям, водою і їжею впливають на обмін речовин, визначають процеси росту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На взаємозв'язок живого організму та природи вперше вказав академік В. І. Вернадський, створивши нову науку біогеохімію, згідно з якою хімічний склад земної кори та живого організму схожий. Послідовник В. І. Вернадського академік А. П. Виноградов розробив вчення про біогеохімічні провінції, в яких може переважати той чи інший елемент або бути його нестача, що впливає на їх вміст в організмі людини і може викликати певні патології [1].

Мета статті. Обґрунтувати необхідність вивчення біонеорганічної хімії студентами медичних спеціальностей на основі аналізу даних сучасної літератури щодо біологічної ролі, токсичної дії та лікарських препаратів основних хімічних елементів органогенів.

Виклад основного матеріалу. У хімічному складі живої істоти на долю вуглецю, водню, кисню, азоту, фосфору та сірки припадає приблизно 97% його маси, які називаються елементами органогенами. Загальна мета вивчення розділу про біогенні елементи – ознайомити студентів з біонеорганічною хімією, з деякими фізіологічними процесами, перебіг яких іде за участі хімічних елементів, деякими поширенішими та відомими лікарськими засобами, токсичними речовинами та методами їх знешкодження. Розгляд розділу «Біогенні елементи» звичайно не передбачає глибоке, повне вивчення цих питань, а розрахований лише на ознайомлення з ними студентів першого курсу медичних вузів. Організм людини - це складна хімічна лабораторія. Вона почала формуватися в стародавні часи в результаті взаємодії простих хімічних сполук – H_2 , CO_2 , CH_4 , H_2O , NH_3 під дією радіації, ультрафіолету, електричних грозових розрядів. Ці фактори привели до синтезу простих органічних речовин, з яких утворювалися біополімери, що в кінцевому результаті привело до появи живих істот. На даний час в організмі людини налічується біля 100 хімічних елементів, які в організмі обумовлюють біохімічні процеси. Всі хімічні елементи потрапляють в організм людини із зовнішнього середовища з їжею, водою, повітрям і концентруються в різних органах та тканинах залежно від їх біологічних функцій, забезпечуючи енергію та розвиток організму. Вивчення ролі хімічних елементів є важливою задачею у підготовці майбутніх лікарів. Кожний елемент та його сполуки виконують певну роль в організмі людини, порушення якої може призвести до тих чи інших патологій. Тому необхідно знати простіші лікарські засоби для попередження уражень та усунення їх негативних дій. В статті наводяться приклади простих і відомих лікарських засобів, які утворюють елементи органогени і які стануть підґрунтям для вивчення великої групи лікарських засобів в курсі фармакології. Важливим питанням є токсична дія сполук елементів органогенів, з якими людина може стикатися і в побуті і особливо в даний час, коли деякі з них використовуються російським ворогом проти українського народу. Необхідно знати як знезаражувати токсичні речовини, щоб запобігти серйозних травм та уражень організму.

Характеристика елементів органогенів починається з Карбону.

Карбон С – елемент органоген №1 [1, 2, 3]. Він утворює міцні ковалентні зв'язки між собою і в той же час – вони лабільні, тобто можуть розриватися і утворювати безліч органічних сполук – насичених, ненасичених, циклічних.

Карбон, маючи виняткову здатність утворювати разом з іншими елементами довгі ланцюги атомів, дає численні різноманітні органічні сполуки та визначає їх структурні особливості. Завдяки Карбону виникло все багатство та різноманітність видів рослин та тварин. На даний час налічується

більше 20 млн. органічних сполук. В організмі людини масова частка Карбону становить 21,15%. Добова потреба – 300 г. В організм людини потрапляє з їжею в складі органічних сполук. Карбон є основою багатьох біологічно активних сполук організму людини – білків, вуглеводів, нуклеїнових кислот, ліпідів, вітамінів, гормонів тощо. В організмі людини Карбон утворює оксид CO_2 , який є кінцевим продуктом біологічного окиснення в клітинах. CO_2 проявляє пряму та рефлексорну дію на дихальний центр, викликає збільшення вентиляції легень, але за накопичення його викликає звуження кровоносних судин і підвищення артеріального тиску. Великі концентрації CO_2 викликають ацидоз, судоми, задишку, параліч дихального центру. Людина видихає CO_2 і таким чином позбавляється надлишку кислих продуктів. Карбон – у складі гідрогенкарбонатної буферної системи: $\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3$ – підтримує кислотно-лужну рівновагу в організмі людини.

Лікарські засоби Карбону.

Карболен (активоване вугілля) – проявляє сильну адсорбуючу дію; зв'язує підвищену кислотність шлункового соку; в шлунково-кишковому тракті поглинає гази (при метеоризмі); використовується під час харчових інтоксикаціях, диспепсії, отруєннях алкалоїдами, солями важких металів. Активоване вугілля використовується як адсорбент в гемодіалізі та лімфосорбції.

Карбоген – суміш CO_2 з киснем використовують для пригнічення дихального центру при отруєннях Карбон оксидом, сірководнем.

H_2CO_3 – міститься в напоях, підсилює секрецію та активність шлунково-кишкового тракту; використовується в лікувальних ваннах, позитивно впливає на серцево-судинну систему, трофіку тканин.

Токсична дія сполук Карбону

Карбон (IV) оксид – CO_2 – вуглекислий газ, не підтримує дихання. Накопичення його в приміщенні викликає запаморочення. В даний час широко обговорюються питання забруднення біосфери діоксидом Карбону, що надходить з продуктів діяльності людини. Збільшення вмісту CO_2 у повітрі на 20% може спричинити глобальне підвищення температури на Землі (на 4-5°C). Тому CO_2 , пропускаючи сонячну радіацію, не випускає назад теплове інфрачервоне випромінювання.

Карбон (II) оксид CO – чадний газ, дуже отруйний, летальна доза у повітрі 0,2%). З гемоглобіном крові утворює карбоксигемоглобін, який не може зв'язувати кисень і переносити його тканинам, оскільки координаційні зв'язки заблоковані молекулою CO . Гранично допустима концентрація CO в повітрі – 0,075 мг/м³. Негайний спосіб лікування – це свіже повітря, а потім допомога лікарів.

Антракоз (один з видів пневмоконіозів) – ураження легень вугільним пилом, який осідає на альвеолах і з часом призводить до туберкульозу та онкології легень. Діагностувати захворювання важко, можна виявити його через 10-12 років.

Гідроген Н [2, 4].

Гідроген є складовою частиною живих організмів, вміст його в організмі людини становить 10 % за масою. Він міститься у кістковій та м'язовій тканинах, входить до складу білків, вуглеводів, нуклеїнових кислот, жирів та ін. Водень утворює водневі зв'язки між макромолекулами, підтримуючи вторинну, третинну та четвертинну структури білків; в молекулі ДНК утворює водневі зв'язки між азотистими основами – аденін-тимін, гуанін-цитозин, підтримуючи структуру подвійної спіралі. Протон H^+ підтримує кислотно-лужну рівновагу в організмі, обумовлює кисле середовище шлункового соку, що сприяє дії ферментів (пепсин) та перетравленню їжі. Гідроген є донором електронів тому бере участь в окисно-відновних реакціях, зокрема в редокс-системах (піруват + $2H^+ + 2e \rightarrow$ лактат); є каталізатором в процесі гідролізу ВМС харчових продуктів. Входить до складу води, яка є рідким середовищем організму, складаючи до 70% маси тіла. У водному середовищі протікають всі реакції в організмі людини і одночасно вода є продуктом біохімічних реакцій.

Ще одна киснева сполука водню – Гідроген пероксид H_2O_2 , який утворюється у всіх клітинах організму в різних окислювально-відновних процесах. В організмі людини H_2O_2 бере участь у знешкодженні сульфатів, окиснюючи їх до сульфатів. Надлишок Гідроген пероксиду в організмі людини розкладається під впливом ферменту каталази: $H_2O_2 \rightarrow H_2O + \frac{1}{2} O_2$

Лікарські засоби Гідрогену

3% розчин H_2O_2 – дезинфікуючий та дезодоруючий засіб для обробки ран, слизових оболонок при ангіні, стоматиті, гінекологічних захворюваннях тощо.

Пергідроль – концентрований (30%-ний) розчин H_2O_2 для обробки гнійних ран. В дерматології – як депігментуючий засіб.

Гідроперит – таблетки, комплексна сполука H_2O_2 з сечовиною, яка містить близько 35% H_2O_2 . Використовують як антисептичний засіб.

Хлоридна кислота – HCl — 8,2-8,4% -вий розчин. Використовують за недостатньої кислотності шлункового соку.

Токсична дія

Молекулярний водень не проявляє токсичної дії.

Протон H^+ може збільшувати кислотність шлункового соку, що обумовлює печію і порушує дію ферментів. Для його нейтралізації використовують розчин питної соди $NaHCO_3$.

H_2O_2 – може накопичуватися в організмі людини в результаті зниження активності ферменту каталази, взаємодіє з Fe(II)-іонами в складі гемоглобіну і утворюється метгемоглобін з Fe(III), який не здатний переносити кисень. Пероксид водню може взаємодіяти з сульфгідрильними групами ферментів R-SH, в результаті чого знижується їх біологічна активність.

H_2O_2 – Пергідроль – концентрований (30%-ний) розчин може викликати опіки. Перша допомога – промивання великою кількістю води.

Оксиген O [1, 3].

Масова частка O_2 в організмі людини становить 62,43%. Він утворює ковалентні зв'язки з іншими елементами і входить до складу всіх біологічно активних сполук організму – білків, вуглеводів, нуклеїнових кислот, жирів, вітамінів, гормонів. Бере участь у всіх видах обміну речовин; в процесі біологічного окиснення, який є основним джерелом енергії в організмі, тобто здійснюється перенос електронів та протонів із субстрату на кисень. В процесі обміну речовин кисень виступає як окисник тобто є акцептором електронів. Ще один з найважливіших процесів, в яких бере участь кисень – це тканинне дихання. В організмі людини кисень зв'язується з гемоглобіном, утворюючи оксигемоглобін $HbNO_2$, який в усіх органах і тканинах віддає кисень для біохімічних процесів за участі вуглеводів, білків, ліпідів. Це процес тканинного дихання або біологічного окиснення, тобто послідовність ферментативних реакцій, в якому іде перенесення електронів і протонів від субстрату до кисню.

Лікарські засоби Кисню

Кисень O_2 використовують для інгаляції в суміші з повітрям (40-60% O_2) під час лікування захворювань, які супроводжуються кисневою недостатністю: пневмонії, набряку легень, серцево-судинної системи; при отруєннях оксидом Карбону, синильною кислотою, хлором, фосгеном тощо.

Гіпербарична оксигенація – використовують O_2 під тиском, в результаті чого тканини насичуються киснем, знижується гіпоксія головного мозку. Але гіпероксія може призвести до утворення активних форм Оксигену радикалу O_2^{\cdot} і активувати вільно-радикальні реакції в організмі. Фермент супероксиддисмутаза зв'язує вільні радикали Оксигену і гальмує пероксидне окиснення ліпідів та білків,

«Кисневий коктейль» – O_2 пропускають через білок курячого яйця і додають настої лікарських рослин. Використовують при патологіях, які пов'язані з кисневою недостатністю.

^{15}O – радіоактивний кисень використовують для вимірювання вмісту кисню в органах людини та зміну його концентрації.

Токсична дія Оксигену

Викликає брадикардію, судинозвужувальний ефект, уповільнення кровотоку, Надлишок кисню в організмі спричиняє кисневу інтоксикацію, що викликає посилення зсідання крові, ураження ЦНС, опік легень тощо.

O_2^{\cdot} – активна форма Оксигену, яка прискорює вільно-радикальні процеси окиснення. Утворюється в організмі людини під дією радіації.

$O^{\cdot}-O^{\cdot}$ – бірадикал кисню міститься в повітрі, викликає вільно-радикальну полімеризацію білка еластину шкіри, що призводить до її старіння.

Нітроген N [1, 5].

Масова частка нітрогену в організмі людини 3,1 %. Молекулярний азот не бере участі в обміні речовин, тому що утворює міцні ковалентні зв'язки, але

під дією ферментів (біологічних каталізаторів) зв'язки розриваються і азот вступає в біохімічні реакції. Людина використовує азот органічних сполук. В організмі людини азот перебуває в ступені окиснення -3 і входить до складу амінокислот, білків, азотистих основ, нуклеїнових кислот, вітамінів (В₁, В₆, РР); біогенних амінів – холіну, ацетилхоліну, норадреналіну, адреналіну; гормонів тощо; розчиняється в біологічних рідинах зокрема у крові. Атом азоту аміногрупи як донор електронної пари, утворює комплексні сполуки з d-елементами – аміакати: в організмі людини це гемоглобін, ціанкобаламін (вітамін В₁₂) та ін. Амоніак NH₃, що утворюється в організмі людини в процесі метаболізму, негативно впливає на ЦНС, тому він зв'язується амінокислотами аспарагіновою та глутаміновою, утворюючи аміді – аспарагін та глутамін, і через проміжні стадії виводиться з організму у вигляді сечовини та кислих фосфатів.

Лікарські засоби Нітрогену

N₂O – Nitrous oxide – в суміші з O₂ використовується для наркозу, не викликає роздратування дихальних шляхів, не взаємодіє з гемоглобіном. Після закінчення дихання N₂O швидко виводиться з організму.

NaNO₂ – Natrii nitris – судинорозширююча дія під час стенокардії, спазмах судин мозку.

NH₄Cl – Ammonii chloridum (Нашатир)– діуретик при набряках серцевого походження; для корекції алкалозу, тому що гідроліз цієї солі іде з утворенням кислого середовища.

NO – стимулює передачу нервових імпульсів, викликає дилатацію коронарних артерій, утворюється при розщепленні в організмі нітрогліцерину;

N H₃•H₂O – Liguor Ammonii caustici – нашатирний спирт, 10%-ний розчин, діє через рецептори верхніх дихальних шляхів і проявляє збуджуючу дію на дихальний центр.

Токсична дія

У вільному стані N₂ не токсичний, але його сполуки проявляють токсичну дію такі як оксиди, нітрати NO₃⁻, нітрити NO₂⁻, амоніак NH₃. При порушенні функції нирок у крові і сечі може спостерігатися збільшення концентрації нітрогеновмісних продуктів. Оксиди відносяться до сполук II класу небезпеки, викликають набряк легень. При дії нітритів гемоглобін перетворюється на метгемоглобін, який нездатний зв'язувати і переносити кисень. При дії NH₃ виникає збуджений стан, галюцинації, нудота і блювота, набряк органів дихання, рефлекторна зупинка дихання. У високих концентраціях пошкоджує нервові клітини. Молекули NH₃ легко проходять крізь мембрани і здатні проникати в клітини мозку, а також у мітохондрії,

HNO₃ – в невеликій концентрації проявляє припікаючу дію. Концентрована нітратна кислота викликає сильні опіки. Антидотом є розчин Натрій гідрокарбонату.

Кесонна хвороба – азот добре розчиняється в крові. Накопичення азоту в крові (в результаті зниження тиску) під час підйому з глибини або

розгерметизації кабіни літаків, космічних апаратів тощо призводить до закупорки судин (на поверхні газової кульки утворюється шар з поверхнево-активних речовин – білків, які не можуть пройти через тонкі судини і закупорюють їх). Лікування - людину розміщують в барокамеру під певним тиском, азот розчиняється в крові, а потім поступово виділяється через легені.

Нітрати – потрапляють в організм людини з продуктами харчування, ознаки отруєння нітратами – біль у животі, нудота, блювота, діарея, збільшення печінки, болі в м'язах, серцебиття, втрата свідомості.

Фосфор P [1, 6]

Масова частка фосфору в організмі людини становить 0,95%. Добова потреба у фосфорі – 1-1,3 г. Він є складовою частиною кісток та зубної тканини у формі гідроксиапатиту $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$: у людини в кістках міститься 5%, а в зубній емалі – 17% фосфору. Фосфор входить також до нуклеїнових кислот, яким надає кислотних властивостей, АТФ, фосфогліцеридів. Вуглеводи та жирні кислоти запасують енергію, коли вони фосфорильовані. В молекулі АТФ між залишками фосфатної кислоти утворюються ангідридні зв'язки, при розриві яких виділяється енергія. Фосфор входить до складу коферментів НАД та НАДФ, які беруть участь у окисно-відновних реакціях з переносом водню та електронів.. Фосфор входить до складу фосфатної буферної системи організму – $\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{HPO}_4$ (1:4), яка міститься в крові, соках травних залоз, сечі.

Лікарські засоби

АТФ – Acidum adenosinotriphosphoricum – 1%-ний водний розчин, позитивно впливає на скорочувальну діяльність серцевого м'яза, використовується при дистрофіях м'язів, посилює дію серцевих глікозидів

Кальцій гліцерофосфат – Calcium glycerophosphoricum – загальнозміцнююча та тонізуюча дія під час перевтомлення, виснаження нервової системи, рахіті.

Na_3PO_4 – Natrii Phosphas, що містить ^{32}P використовується для діагностики злоякісних пухлин.

H_3PO_4 - використовується в стоматології для зняття зубної емалі перед пломбуванням. Але залишки кислоти після її нанесення на дентин призводять до утворення так званої «кислотної міни». Крім того фосфатна кислота порушує кислотно-лужну рівновагу ротової порожнини в бік підвищення кислотності. Для її нейтралізації організм вимушений витіснити кальцій з зубів, що викликає карієс, (а також з кісток, що викликає ранній остеопороз). Надмірне вживання таких напоїв як кока-кола, пепсі-кола, спрайт та інші, що містять H_3PO_4 як підкислювач, призводить до руйнування зубів.

Токсична дія та антидоти

Білий фосфор – сильна отрута. Фосфор розчиняється в ліпідах мембран, легко проходить через шкіру і дифундує в усі тканини. Проявляючи сильні відновні властивості порушує обмінні процеси в організмі людини. Якщо

людина випадково проковтнула кусочок фосфору, то як антидот приймають розчин CuSO_4 . Фосфор відновлює катіони купруму до вільного Купруму, і металева пластинка купруму обволікує кусочок фосфору і припиняє його токсичну дію.

Під час повномасштабної агресії росії проти України ворог використовує запалювальні суміші, які містять фосфор. Їх розпилюють на великі території, що призводить до отруєння доквілля, випалювання рослинності, травмування та отруєння великої кількості людей та тварин.

Сульфур S [4, 7].

Масова частка Сульфуру в організмі людини становить 0,16%. Добова потреба – 4-5 г. Сульфур як елемент органоген входить до складу амінокислот (цистеїн, цистин, метіонін), білків (інсулін), вітамінів (B_1), гормонів (окситоцин, вазопресин). Сульфур міститься у нервових клітинах, кістках, кератині волосся. Сульфур утворює дисульфідні зв'язки між поліпептидними ланцюгами в багатьох білках, в тому числі інсуліні; підтримує третинну структуру білка завдяки дисульфідним зв'язкам між двома залишками амінокислоти цистеїн. У біологічних системах практично всі реакції перенесення груп та енергії здійснюються не тільки органічними фосфатами, а й органічними сірковмісними сполуками.

Сульфур входить до складу кофермента CoA-SH , який переносить ацильні групи (залишки карбонових кислот без оксигрупи), завдяки чому відбувається синтез багатьох біологічно активних сполук в організмі людини, наприклад, вищих жирних кислот. В біологічних системах перенесення енергії здійснюються не тільки органічними фосфатами, а й органічними сірковмісними сполуками. В організмі людини сульфур окиснюється до сульфатної кислоти, яка знешкоджує токсичні речовини, що утворюються в кишечнику з амінокислот – скатол, індол із триптофану, фенол – із лікарських препаратів.

Лікарські засоби

S очищена – Sulfur depuratum або *S осаджена Sulfur praecipitatum* в організмі людини відновлюється в кишечнику до сірководню, який проявляє протимікробну та протипаразитарну дію.

SO_2 дезінфікуюча дія проти мікроорганізмів, пліснявих грибків.

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ – *Natrii thiosulfas* - протизапальна, протипаразитарна і протиалергічна дія. Продуктами взаємодії $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ з хлоридною кислотою шлунку є вільна сірка та SO_2 , які і проявляють протипаразитарну дію, використовується в дерматології для лікування корости. Натрій тіосульфат використовують як антидот при отруєнні Pb, As, Hg, HCN, з якими утворює менш токсичні речовини, які виводяться з організму.

Токсична дія

SO_2 – сильна отрута, вдихання є причиною опіків верхніх дихальних шляхів, утворюючи з рідиною слизових оболонок токсичну сульфатну кислоту, викликає задуху.

H_2S – вдихання викликає головний біль, світлобоязнь, слъозотечу, непритомність і смерть від параліча дихання.

Висновки. Вивчення біонеорганічної хімії є надзвичайно важливим для формування світогляду студентів медичних спеціальностей, забезпечує формування у них основних програмних компетентностей, адже розкриває важливу біологічну роль елементів та їх сполук, токсичну дію в живих організмах, а також можливості їх використання в якості лікарських препаратів при різних патологіях.

Література:

1. Медична хімія: підручник / А.С. Мороз, Д.Д. Луцевич, Л.П. Яворська. - В.: «Нова книга», 2008. – 775 с.
2. Фармакологія з основами патології: підручник / Ю.М. Колесник, І.С. Чекман, І.Ф. Беленічев, Н.О. Горчакова, О.О. Нагорна, Н.В. Бухтіярова, С.А. Моргунцова, Г.В. Зайченко. - В.: «Нова книга», 2021. – 465 с.
3. Геруш І.В. Сучасні підходи до викладання біоорганічної і біологічної хімії в медичних ВНЗ / І.В. Геруш, Н.П. Григор'єва, Н.В. Давидова // Медична та клінічна хімія. - 2016. - № 4. - С. 114-117.
4. Медична хімія: підручник / За редакцією професора В.О. Калібабчук. Київ.: ВСВ «Медицина», 2013. – 335 с.
5. Лікарські засоби, що впливають на обмін речовин / Т.А. Германюк, В.П. Бобрук, О.М. Семененко, Г.З. Личик. – В.: «Твори», 2020. – 263 с.
6. Лікарська токсикологія: підручник-довідник / С.М. Дроговоз, В.Д. Лукьянчук, Б.С. Шейман. – Х.: Титул, 2015. – 592 с.
7. Скакун М.П. Фармакологія: підручник / М.П. Скакун, К.А. Посохова. – Тернопіль.: «Укрмедкнига». 2018. – 739 с.

References:

1. Moroz, A.S., Lutsevych, D.D., & Yavorska, L.P. (2008). *Medychna khimiia [Medical chemistry]*. V.: «Nova knyha» [in Ukrainian].
2. Kolesnyk, Yu.M., Chekman, I.S., Bielenichev, I.F., Horchakova, N.O., Nahorna, O.O., Bukhtiarova, N.V., Morhuntsova, S.A., & Zaichenko, H.V. (2021). *Farmakolohiia z osnovamy patolohii [Pharmacology with the basics of pathology]*. V.: «Nova knyha» [in Ukrainian].
3. Herush, I. V., Hryhorieva, N. P., & Davydova, N. V. (2016). Suchasni pidkhody do vykladannia bioorhanichnoi i biolohichnoi khimii v medychnykh VNZ [Modern approaches to teaching bioorganic and biological chemistry in medical universities]. *Medychna ta klinichna khimiia - Medical and clinical chemistry, 4, 114-117* [in Ukrainian].
4. Kalibabchuk, V.O. (2013). *Medychna khimiia [Medical chemistry]*. Kyiv.: VSV «Medytsyna» [in Ukrainian].
5. Hermaniuk, T.A., Bobruk, V.P., Semenenko, O.M., & Lychuk H.Z.(2020). *Likarski zasoby, shcho vplyvaiut na obmin rehovyn [Medicines affecting metabolism]*. V.: «Tvory» [in Ukrainian].
6. Drohovo, S.M., Lukianchuk, V.D., Sheiman, B.S. (2015). *Likarska toksykolohiia [Drug toxicology]*. Kh.: Tytul [in Ukrainian].
7. Skakun, M.P., & Posokhova, K.A. (2018). *Farmakolohiia [Pharmacology]*. Ternopil.: «Ukrmedknyha» [in Ukrainian].