

ISSN 1817-7883

eISSN 2522-9354



ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ М.ПІРОГОВА

ВІСНИК ВІННИЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО МЕДИЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ



ISSN 1817-7883
eISSN 2522-9354

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ М.І.ПИРОГОВА

ВІСНИК ВІННИЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО МЕДИЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
№2 (Т. 27) 2023

ВІСНИК ВІННИЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО МЕДИЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ REPORTS OF VINNYTSIA NATIONAL MEDICAL UNIVERSITY

Заснований: 17 жовтня 1994 року

Засновник: Вінницький державний медичний університет ім. М.І.Пирогова

Державна реєстрація: 18 вересня 2003

Видавець: Вінницький національний медичний університет ім. М.І.Пирогова

Періодичність виходу журналу - 4 рази на рік

№2 (Т. 27) 2023

Фахове наукове видання України в галузі медичних наук за спеціальностями 221, 222, 228, 229

Згідно з переліком наукових фахових видань України, затвердженим наказом МОН України № 1188 від 24.09.2020

Фахове наукове видання України у галузі біологічних наук за спеціальністю 091

Згідно з переліком наукових фахових видань України, затвердженим наказом МОН України №1471 від 26.11.2020

Журнал включений до міжнародної інформаційної наукометричної бази CrossRef, Index Copernicus, Google Scholar Metrics, National Library of Ukraine Vernadsky

Головний редактор

Петрушенко В.В.

Заступник головного редактора

Андрушко І.І.

Власенко О.В.

Погорілий В.В.

Відповідальний редактор

Гунас І.В.

Секретар

Клімас Л.А.

Редакційна колегія

Василенко Д.А., Гумінський Ю.Й., Гунас В.І., Жебель В.М., Заїчко Н.В., Камінський В.В., Лазоришинець В.В., Мороз Л.В., Московко С.П., Puchalska L., Пшук Н.Г., Сарафинюк Л.А., Сергета І.В., Сидюк А.В., Того М.Д., Шевчук В.І., Шінкарук-Диковицька М.М., Wojcik W.

Редакційна рада

Беляєв Е.В., Березовський А.М., Бондар С.А., Булавенко О.В., Волощук Н.І., Гржимальська К.Ю., Дмитренко С.В., Дмитрієв М.О., Дудікова Л.В., Дуднік В.М., Іванов В.П., Йоптухівський М.В., Каніковський О.Є., Кіщук В.В., Ковальчук В.П., Коноплицький В.С., Король А.П., Костюк О.Г., Кулешов О.В., Кулик Л.Г., Матвійчук М.В., Московко Г.С., Незгода І.І., Очеретько О.М., Палій І.Г., Пентюк Н.О., Півторак В.І., Піліпонова В.В., Покидько М.І., Прокопенко С.В., Римша С.В., Семененко С.І., Серебреннікова О.А., Станіславчук М.А., Тихолаз В.О., Фіщенко В.О., Фоміна Л.В., Хіміч С.Д., Чайка Г.В., Шапринський В.О., Шевчук С.В., Шевчук Ю.Г., Шкарупа В.М., Школьніков В.С., Шувалов С.М., Яблонь О.С.

Адреса редакції:

21018, Україна, м.Вінниця,
вул. Пирогова, 56
Тел.: (0432) 43-94-11
Факс.: (0432) 46-55-30
E-mail: lora@vnmdu.edu.ua

Address editors:

Pyrogov Str. 56,
Ukraine - 21018, Vinnytsia,
Tel.: (0432) 43-94-11
Fax: (0432) 46-55-30
E-mail: lora@vnmdu.edu.ua

Технічні редактори: Л.О. Клопотовська, С.С. Левенчук

Художній редактор: Л.М. Слободянюк

Перекладачі: О.С. Войцехівська, Л.М. Матусевич, С.Г. Пойда

Сайт журналу <https://reports-vnmedical.com.ua>

Підписано до друку 29.05.2023 р.

Затверджено Вченою Радою ВНМУ ім. М.І. Пирогова, протокол №8 від 25.05.2023 р.

Формат 60x84/8. Друк офсетний. Замовлення № 1108. Наклад 100.
Вінниця. Видавництво "Твори", Немирівське шосе, 62а, Вінниця, 21034
Телефон: 0 (800) 33-00-90, +38 (096) 97-30-934, +38 (093) 89-13-852, +38 (098) 46-98-043
e-mail: tvory2009@gmail.com; <http://www.tvoru.com.ua>

© Вінницький національний медичний університет ім. М.І.Пирогова, (м.Вінниця), 2023

Вісник Вінницького національного медичного університету

Рецензований журнал

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ №7901 від 18.09.2003

ЗМІСТ

ОРИГІНАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

- Kostiuchenko-Faifor O. S.** Correlations of cephalometric parameters of the upper respiratory tract in Ukrainian young men and young women with a wide face type
183
- Babina Yuliana** Experimental investigation of the effectiveness of local application of a combination of antiseptic and anesthetic on the model of contaminated wound
190
- Логвіненко В. А., Тихолаз В. О., Башинська О. І., Франчук С. В., Булько І. В.** Морфологія серця в період прогресивного росту в умовах тривалого впливу низької температури
197
- Власенко О. В., Гунас І. В., Семененко А. І., Довгань О. В., Бобрук В. П.** Морфогенез кінцевого мозку та мозочка людини в ранньому пренатальному періоді
204
- Nesterenko Ye. A., Shinkaruk-Dykovytska M. M., Shevchuk Yu. G., Lysenko S. A., & Cherkasova L. A.** Modeling of individual teleroentgenometric indicators using the COGS method in Ukrainian young men with a wide face type
209
- Височанська В. В., Коваль Г. М.** Ліполітична активність *Malassezia* spp. на запалених ділянках шкіри пацієнтів із себорейним дерматитом посилюється після впливу бета-ендорфіну
215
- Кушта А. О., Пермінов Д. О., Мельник А. В., Волощук Н. І., Таран І. В.** Дослідження впливу аргініну глутамату на когнітивні процеси у щурів із харчовою депривацією
220
- Костюченко-Файфор О. С.** Особливості кореляцій цефалометричних параметрів верхніх дихальних шляхів в українських юнаків і дівчат із широким типом обличчя
183
- Бабіна Ю. М.** Експериментальне дослідження ефективності місцевого застосування комбінації антисептика з анестетиком на моделі контамінованої рани
190
- Logvinenko V., Tykholaz V., Bashynska E., Franchuk S., Bulko I.** Morphology of the heart during the period of progressive growth in conditions of prolonged exposure to low temperatures
197
- Vlasenko O. V., Gunas I. V., Semenenko A. I., Dovgan A. V., Bobruk V. P.** Morphogenesis of the human brain and cerebellum in the early prenatal period
204
- Нестеренко Є. А., Шінкарук-Диковицька М. М., Шевчук Ю. Г., Лисенко С. А., Черкасова Л. А.** Моделювання індивідуальних телерентгенометричних показників за COGS-методом в українських юнаків із широким типом обличчя
209
- Vysochanska V. V., Koval G. M.** Lipolytic activity of *Malassezia* spp. on inflamed seborrheic areas increases after exposure to beta-endorphin
215
- Kushta A. A., Perminov D. O., Melnyk A. V., Voloshchuk N. I., Taran I. V.** Study of the effect of arginine glutamate on cognitive processes in food-deprived rats
220

КЛІНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

- Неволя М. В.** Психоемоційні розлади у дітей з пульмонологічною патологією та роль нейротрансмітерів і вітаміну D у їх виникненні
226
- Слободянюк В. А., Соснін М. Д.** Тактика лікування хворих при поєднанні пухлини нирки та сечокам'яної хвороби (клінічні спостереження)
236
- Поліщук О. О., Скиба В. Я.** Біофізичні показники слизової оболонки порожнини рота, мікроциркуляторного русла та ротової рідини у хворих на червоний плоский лишай
243
- Мунтян О. В., Гаджула Н. Г., Мунтян В. Л., Курдиш Л. Ф., Горай М. А.** Психоемоційний стан пацієнтів із захворюваннями слизової оболонки порожнини рота та ефективність його корекції
248
- Nevoia M. V.** Psychoemotional disorders associated with pulmonary pathology in children, the role of serotonin, GABA and vitamin D in the pathogenesis of these disorders
226
- Slobodyanyuk V. A., Sosnin M. D.** Treatment tactics for patients with combined kidney tumor and urolithiasis (clinical cases)
236
- Polishchuk O. O., Skyba V. Ya.** Biophysical indicators of the mucous membrane of the oral cavity, the microcirculatory channel and the oral fluid in patients with lichen ruber planus
243
- Muntian O. V., Gadzhula N. G., Muntian V. L., Kurdysh L. F., Gorai M. A.** The psychoemotional state of patients with oral mucosal diseases and the effectiveness of its correction
248

- Сироїшко М. В., Костюк Т. М.** Дисфункція скронево-нижньощелепних суглобів на фоні посттравматичних стресових розладів у пацієнтів
253
- Поліщук Т. В., Жебель В. М.** Показники внутрішньосерцевої гемодинаміки у жінок, хворих на гіпертонічну хворобу та ХСН, носіїв різних поліморфних варіантів гена галектину-3
258
- Золотарьова Н. А., Гуненко І. І.** Вплив статинотерапії на пружньо-еластичні властивості судин у хворих на артеріальну гіпертензію
264
- Кедик О. О.** Прогнозування клінічного перебігу портальної гіпертензії, ускладненої гострою кровотечею з варикозно розширених вен
269
- Syroishko M. V., Kostiuk T. M.** Dysfunction of the temporomandibular joints associated with post-traumatic stress disorders in patients
253
- Polishchuk T. V., Zhebel V. M.** Parameters of intra-cardiac hemodynamics in women with essential hypertension and heart failure, carriers of different polymorphic variants of the galectin-3 gene (LGALS-3, rs 2274273)
258
- Zolotaryova N. A., Gunenko I. I.** The effect of statin therapy on the elastic properties of blood vessels in patients with arterial hypertension
264
- Kedyk O. O.** Prognosis of the clinical course of portal hypertension complicated by the acute variceal bleeding
269

МЕТОДИКИ

- Смірнова О. В., Сулім О. Г.** Проведення практичних занять з медичної хімії під час дистанційного навчання
274
- Ющенко Т. І., Морозова Л. П.** Кількісне визначення іонів калію методом полум'яної фотометрії в лікарському препараті "Панангін"
279
- Borysenko A. A., Antonenko A. M., Omelchuk S. T., Bardov V. G., Aleksichuk V. D.** Substantiation of recommendations for safe aerial application of pesticides used by unmanned aerial vehicles (UAVs)
284
- Smirnova O. V., Sulim O. G.** Conducting practical classes in medical chemistry during distance learning
274
- Yushchenko T. I., Morozova L. P.** Quantitative determination of potassium ions by flame photometry in the drug "Panangin"
279
- Борисенко А. А., Антоненко А. М., Омельчук С. Т., Бардов В. Г., Алексійчук В. Д.** Обґрунтування рекомендацій щодо безпечного застосування пестицидів з повітря за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА)
284

СОЦІАЛЬНА МЕДИЦИНА, ОРГАНІЗАЦІЯ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я

- Гусак Н. Б., Зуб В. О., Котуза А. С.** Порівняльний аналіз пакетів напрямку "Онкологія" програми медичних гарантій
288
- Клименюк О. В., Очередько О. М., Клименюк В. П., Руденко А. А.** Аналіз залежності балансових значень витрат, якості і комфорту медичних послуг від індивідуалізованої еластичності попиту пацієнтів
293
- Пашковський С. М., Кальниш В. В., Коваль Н. В.** Порівняльна характеристика професійно важливих психофізіологічних параметрів операторів безпілотних авіаційних комплексів практично здорових та хворих на асоційовані зі стресом захворювання
301
- Черешнюк Г. С., Руденко А. А., Паламар І. В.** Стан національної системи охорони здоров'я, пріоритетні напрямки подальшого удосконалення її діяльності зі спрямуванням першочергових заходів на збереження і зміцнення здоров'я населення України
309
- Чорна В. В., Крупка Н. О., Лотоцька-Дудик У. Б.** Сучасні вимоги до нутрієнтного складу харчування та стану продовольчого забезпечення військовослужбовців збройних сил України
313
- Husak N. B., Zub V. O., Kotuza A. S.** Comparative analysis of the medical guarantees program packages in the field of "Oncology"
288
- Klymenyuk O. V., Ocheredko O. M., Klymenyuk V. P., Rudenko A. A.** Analysis of the dependence of the balance sheet values of costs, quality and comfort of medical services on the individualized elasticity of patient demand
293
- Pashkovskiy S. M., Kalnysh V. V., Koval N. V.** Comparative characteristics of professionally important psychophysiological parameters of operators of unmanned aircraft complexes, practically healthy and patients with stress-associated diseases
301
- Chereshnyuk G. S., Rudenko A. A., Palamar I. V.** The state of the national healthcare system, priority areas for further improvement of its activities with the focus on implementing urgent measures to preserving and strengthening the health of the population of Ukraine
309
- Chorna V. V., Krupka N. O., Lototska-Dudyk U. B.** Current requirements for the nutrient composition of food and the state of food supply for servicemen of the Armed Forces of Ukraine
313

НАУКОВІ ОГЛЯДИ

- Кульбачук О. С., Сідь Є. В., Соловійов О. В., Піскун А. В., Марченко-Антидзе О. О.** Механізми ремоделювання екстрацелюлярного матриксу міокарда хворих на артеріальну гіпертензію
319
- Кulbachuk O. S, Sid' E. V., Soloviov O. V., Piskun A. V., Marchenko-Antudze O. O.** The mechanisms of the extracellular matrix remodeling of myocardium among patients with hypertension
- Побережна Г. М., Кулигіна В. М., Гаджула Н. Г., Повшенюк А. В., Горай М. А., Курдиш Л. Ф.** Стоматологічні захворювання у хворих з патологією шлунково-кишкового тракту: огляд літератури
323
- Poberezhna H. M., Kulygina V. M., Gadzhula N. G., Povsheniuk A. V., Gorai M. A., Kurdysch L. F.** Dental diseases in patients with pathology of the gastrointestinal tract: a literature review
- Льовкіна О. Л., Масіброда Н. Г., Мунтян О. А., Кливак В. В., Вознюк А. В.** Вплив хронічного стресу сьогодення на менструальну функцію жінки
331
- Lovkina O. L., Masibroda N. G., Muntyan O. A., Klivak V. V., Vozniuk A. V.** The impact of today's chronic stress on a woman's menstrual function
- Шакатіра М. А. М.** Чи існує зв'язок між алопецією та антропометричними показниками? Сучасний науковий погляд
336
- Shakatira M. A. M.** Is there a relationship between alopecia and anthropometric indicators? Modern scientific view
- Пликанчук О. В., Музичук О. М., Тхоровський М. А., Незгода О. П., Клименко Т. І.** Значення генів TLR, зокрема TLR-2 і TLR-4, а також їхніх поліморфізмів у сприйнятливості й резистентності до розвитку туберкульозу та його перебігу
341
- Plykanchuk O. V., Muzychuk O. M., Tkhorovskiy M. A., Nezgod O. P., Klymenko T. I.** The significance of TLR genes, in particular TLR-2 and TLR-4, and their polymorphisms in susceptibility and resistance to the development and clinical course of tuberculosis
- Дамзін О. С., Тихолаз В. О., Галунко Г. М.** Субвентрикулярна ділянка бічних шлуночків у процесі постнатального нейрогенезу
346
- Damzin O. S., Tykholaz V. O., Galunko G. M.** The subventricular zone of the lateral ventricles in the postnatal neurogenesis

ХРОНІКА

- Юрчишина О. А.** Василь Данилович Білик - ректор, почесний громадянин міста Вінниця. До 100-річчя від дня народження
352
- Yurchyshyna O. A.** Vasyl Danylovych Bilyk - rector, honorary citizen of the city of Vinnytsia. To the 100th anniversary of the birth

DOI: 10.31393/reports-vnmedical-2023-27(2)-17

УДК: 543.48

КІЛЬКІСНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ІОНІВ КАЛІЮ МЕТОДОМ ПОЛУМ'ЯНОЇ ФОТОМЕТРІЇ В ЛІКАРСЬКОМУ ПРЕПАРАТІ "ПАНАНГІН"Ющенко Т. І.¹, Морозова Л. П.²¹Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова (вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, Україна, 21018),²Вінницький національний аграрний університет (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008)Відповідальний за листування:
e-mail: farm600@gmail.com

Статтю отримано 20 лютого 2023р.; прийнято до друку 24 березня 2023р.

Анотація. Метою роботи є визначення кількісного вмісту іонів калію методом полум'яної фотометрії в лікарському препараті "Панангін"® виробника ВАТ "Гедеон Ріхтер" (Угорщина) та дослідження межі точності цього методу шляхом розрахунку похибки вимірювання. У роботі використовували лікарський засіб "Панангін"® у формі таблеток, вкритих плівковою оболонкою. У фільтраті визначали кількісний вміст іонів калію на полум'яному фотометрі ВВВ-ХР з використанням пропан-бутанової суміші. Калібрування приладу проводили за допомогою розчинів калію хлориду наступних концентрацій: 1,00, 10,00, 25,00 і 50,00 мг/л, розчином порівняння була деіонізована вода. Під час проведення серії дослідів був визначений вміст калію в таблетках "Панангін"® методом полум'яної фотометрії. Запропонована методика кількісного визначення іонів K^+ в лікарському засобі "Панангін"® дає відтворювані результати.

Ключові слова: калій, кардіопротектор, вазопротектор, фотометрія полум'я, аналіз лікарського препарату, атомна емісія, світловипромінювання.

Вступ

Одним із препаратів, який поповнює нестачу калію і магнію в організмі людини, є "Панангін"®, вітчизняний аналог якого представлений на фармацевтичному ринку України лікарським засобом "Аспаркам". Панангін являє собою комбінований лікарський препарат для лікування та профілактики гіпокаліємії, до складу якого входить калію та магнію аспарагінати. За рахунок того, що діючі речовини цього лікарського препарату є слабкими електролітами, вони володіють здатністю добре проникати крізь біологічні мембрани і в недисоційованому стані [12].

Вдала комбінація іонів калію і магнію в одному препараті пояснюється тим, що нестача калію в організмі людини часто супроводжується дефіцитом магнію. Це потребує коригування вмісту в організмі людини цих іонів одночасно, оскільки для них спостерігається адитивний ефект. Крім того, калій і магній знижують токсичну дію таких лікарських препаратів, як серцеві глікозиди: вони не впливають на їхній позитивний інотропний ефект, але водночас здійснюють протишемічний та вазодилаторний впливи [14].

Для кращого розуміння виникнення патологічних хвороб серцевої системи розглянемо певні фізіологічні процеси більш детально. Так, на мембрані атипичного кардіоміоциту, що є структурною одиницею провідної системи серця, відбувається формування потенціалу спокою та потенціалу дії за рахунок балансу між електролітами - іонами Na^+ і K^+ . При цьому заряд мембрани клітин провідної системи безпосередньо пов'язаний з градієнтом концентрації іонів Na^+ і K^+ . Натрій-калієвий насос, що являє собою Na^+/K^+ -АТФ-азу, міститься в структурі клітинних мембран і сприяє надходженню натрію до клітини за концентраційним та електричним градіє-

нтом за участю іонів магнію. Після того, як клітини достатньо наповняться іонами натрію і відбудеться досягнення критичного рівню заряду (45 мВ), на поверхні клітинної мембрани виникає фаза спонтанної деполяризації, що обумовлює виникнення скорочення. Після цього настає фаза реполяризації: за концентраційним та електричним градієнтом іони K^+ виходять з клітини та знову змінюють її заряд на мембрані. Від зазначеного процесу залежить робота всієї провідної системи серця, він є автоматичним [7, 15]. Калій має також деяку самостійну протективну дію, пригнічуючи проліферацію клітин гладеньких м'язів у стінці судин, артеріальний тромбоз, синтез вільних радикалів при окиснювальному стресі, крім того, калій зменшує адгезію макрофагів до стінки судин [11].

В організмі дорослої людини в нормі концентрація внутрішньоклітинного K^+ становить 150-160 ммоль/л, а в плазмі крові це значення складає лише 3,5-5,5 ммоль/л [1]. Зниження концентрації іонів K^+ в плазмі крові на 1

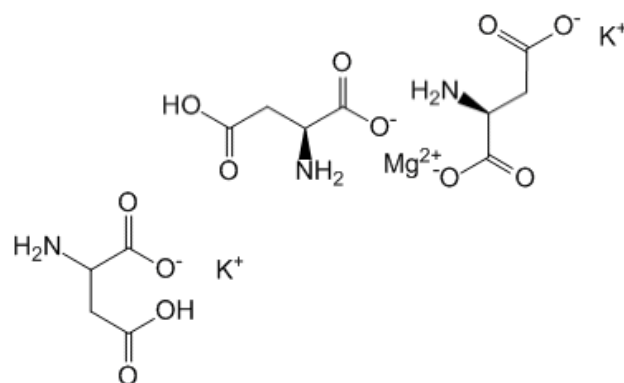


Рис. 1. Калію та магнію аспарагінат.

ммоль/л свідчить про зниження його вмісту всередині клітини на 100-200 ммоль/л [1].

Калій є мікроелементом, який знижує артеріальний тиск [3, 6, 18, 25] та має позитивний метаболічний вазопротективний та кардіопротективний вплив [25-27].

Для визначення вмісту іонів калію в біологічних об'єктах у клінічній діагностиці використовують ферментативні [11], хімічні, хроматографічні, електрохімічні та спектроскопічні методи [6, 10, 13].

Проточні системи з колориметричним детектуванням використовуються для визначення в нанолітрових об'єктах, але дозволяють визначати тільки один іон металу [10, 19]. Іонна хроматографія в поєднанні з кондуктометричним детектуванням використовувалася для визначення калію в зразках сироватки крові [10, 17]. Для одночасного визначення катіонів калію та натрію застосовано капілярний електрофорез з фотометричним або кондуктометричним детектуванням [10]. Перевагою методу вважають можливість аналізу малих об'ємів проби (декілька нанолітрів) з межами виявлення на рівні 0,2 ммоль для натрію та 30 ммоль для калію. Іон-селективні електроди використовують у медицині та клінічній діагностиці при визначенні натрію та калію в цілісній крові, сироватці, плазмі крові, сечі [16, 21]. Застосування ультрамікроелектродів для потенціометричного визначення калію дає можливість аналізу малих об'ємів проби [5, 10]. Для визначення калію відоме застосування проточних систем з іон-селективними електродами [8, 10, 24]. Перевагами атомно-спектроскопічних методів - атомно-емісійного та атомно-абсорбційного - є універсальність та експресність, що особливо важливо при аналізі великої кількості зразків. Метод полум'яної фотометрії досить широко використовується в практиці клінічних лабораторій під час визначення лужних металів у біологічних рідинах через простоту виконання та експресність [10, 22]. Проте висока вартість такого обладнання робить метод атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно пов'язаною плазмою досить обмеженим у проведенні багатоелементних досліджень [4].

Атомно-абсорбційна спектрометрія для визначення калію в біологічних об'єктах, зокрема в клінічних дослідженнях, використовується досить рідко. Як і в полум'яній фотометрії, в атомній абсорбції проявляється ефект взаємного впливу лужних металів [2, 23]. З іншого боку, сучасні атомно-абсорбційні спектрофотометри дозволяють реєструвати як поглинання, так і емісію атомів.

У роботі [20] досліджено взаємний вплив іонів калію та натрію за їхньої сумісної присутності в різних співвідношеннях методами атомно-абсорбційної та атомно-емісійної спектроскопії. Продемонстровано, що іонізаційні перешкоди, які заважають атомно-абсорбційному визначенню лужних металів, усуваються запровадженням спектроскопічного буфера - цезію хлориду. Незважаючи на більш високі межі виявлення, що досягаються атомно-абсорбційним методом, розроб-

Таблиця 1. Компоненти газової суміші та температури полум'я [10].

Паливо	Окислювач	Температура, °C
Природний газ	Повітря	1700-1900
Природний газ	Кисень	2700-2800
Азот	Повітря	2000-2100
Азот	Кисень	2550-2700
Ацетилен	Повітря	2100-2400
Ацетилен	Кисень	3050-3150
Ацетилен	Нітроген оксид	2600-2800

лена методика може бути успішно використана для визначення калію та натрію, які є макрокомпонентами біологічних об'єктів.

Для кількісного визначення калію використовують метод полум'яної атомно-емісійної фотометрії безпосередньо водного об'єкта. Цей метод є одним з різновидів спектрального аналізу, який засновано на поглинанні (абсорбція) або випромінюванні (емісія) світлової енергії атомами хімічних елементів при внесенні їх у полум'я. Поглинання і випромінювання світлової енергії пов'язане з процесами переходу атомів елементів з одного енергетичного стану в інший. Під час переходу атомів хімічних елементів з низького на більш високий енергетичний рівень світлопоглинання завжди відбувається вимушено під впливом прикладеного зовнішнього випромінювання з певною заданою частотою [28].

Аналіз методом фотометрії полум'я проводять за допомогою приладів, які називаються полум'яними фотометрами. У цьому приладі аналізований розчин за допомогою розпилювача перетворюється в аерозоль, яка впорскується в полум'я газового пальника (світільний газ, ацетилен, водень, пропан тощо), цей процес називається небулізацією.

У полум'ї відбувається випаровування розчину, іонізація розчинених речовин. За достатньої температури полум'я атоми елементів легко збуджуються і переходять у збуджений стан, що характеризується переміщенням зовнішніх (валентних) електронів на більш високі енергетичні рівні. У збудженому стані атом може перебувати лише частки секунди (10^{-7} - 10^{-8} с), після чого електрони повертаються на вихідні або близькі до них енергетичні рівні. Останній процес супроводжується виділенням порцій енергії (квантів світла), сукупність яких утворює світловий потік (випромінювання) з певною довжиною хвилі для кожного елемента. Випромінювання забарвлює полум'я, а інтенсивність його забарвлення пропорційне вмісту хімічного елемента в розчині, що використовується для цілей кількісного аналізу [9, 19].

Полум'я утворюється двома компонентами: паливом і окислювачем. Змінюється температура полум'я залежно від видів палива та окислювача та їх співвідношення. У полум'яному фотометрі природний газ використовується як паливо, а повітря є окислювачем. У таблиці 1 наведено різні види палива, окислювач і температура

полум'я.

Метою пропонуваної роботи було визначення кількісного вмісту іонів калію методом полум'яної фотометрії в лікарському препараті "Панангін"® та дослідження межі точності цього методу шляхом розрахунку похибки вимірювання.

Матеріали та методи

Об'єктом дослідження була обрана лікарська форма - таблетки "Панангін"® №50, вкриті плівковою оболонкою виробника ВАТ "Гедеон Ріхтер" (Угорщина). Склад лікарського препарату "Панангін"® у розрахунку на 1 таблетку наступний:

140 мг магнію аспарагінату (еквівалентно 11,8 мг Mg²⁺);
158 мг калію аспарагінату (еквівалентно 36,2 мг K⁺).

Методика проведення експерименту. Точну наважку препарату (одну таблетку) розтирають у фарфоровій ступці в порошок, розчиняють у воді в мірній колбі на 100,00 мл. Розчин фільтрують крізь паперовий фільтр для видалення допоміжних речовин та речовин оболонки таблеток. В одержаному фільтраті визначають кількісний вміст іонів калію на полум'яному фотометрі BWB-XP виробництва BWB Technologies (Великобританія) з використанням пропан-бутанової суміші. Даний фотометр BWB-XP використовує сучасні технології для кількісного визначення з високою точністю 5 елементів (Na, K, Li, Ca і Ba), не містить джерела іонізуючого випромінювання.

Розчин, що містить катіони калію, розбризкується в полум'я, розчинник випаровується, а іони перетворюються в атомарний стан. У полум'ї (температура близько 1800°C) збуджується невелика частка атомів. Релаксація збуджених атомів на нижчий енергетичний рівень супроводжується випромінюванням світла (фотонів) з характерною довжиною хвилі (для калію 766 нм). Інтенсивність випромінюваного світла залежить від концентрації окремих атомів у полум'ї. Очікується, що відносна точність буде в межах ±1-5% через характеристичні лінії випромінювання атомів газової фази в полум'ї, що усуває перешкоди від більшості інших елементів. Оскільки існують експериментальні змінні, що впливають на інтенсивність світла, випромінюваного полум'ям, результат необхідно відкалібрувати.

Таблиця 2. Приготування стандартних розчинів для аналізу.

Номер колби	Об'єм стандартного розчину 100 ppm K ⁺ (мл)	Об'єм дистильованої води (мл)	Концентрація стандартного розчину K ⁺ (ppm)
1	0,00	50,00	0,00
2	5,00	45,00	10,00
3	10,00	40,00	20,00
4	15,00	35,00	30,00
5	20,00	30,00	40,00
6	25,00	25,00	50,00

Базовий розчин KCl (1000 ppm K⁺). Точну наважку 1,9080 г KCl розчиняють в приблизно 200 мл дистильованої води в мірній колбі на 1,00 л, і доводять розчинником до мітки.

Базовий розчин KCl (100 ppm K⁺). 10,00 мл основного розчину KCl (1000 ppm) поміщають у мірну колбу на 100,00 мл і доводять об'єм розчину до мітки дистильованою водою.

Стандартний розчин іонів K⁺ 100 ppm об'ємом 0,0, 5,0, 10,0, 15,0, 20,0 і 25,0 мл відповідно поміщають у серію мірних колб на 50,00 мл, позначених номерами від 1 до 6. Об'єм розчину доводять до мітки дистильованою водою для отримання стандартних розчинів з концентраціями 0, 10, 20, 30, 40 і 50 ppm K⁺ (табл. 2). Прилад калібрують шляхом аспірації цих розчинів у полум'я. Стандартні розчини, а також розчини із зразками, аспірують один за одним в прилад тричі в порядку зниження концентрації та записують показники приладу.

Дослідження виконано авторами як власна ініціативна робота.

Результати. Обговорення

Для проведення визначення кількісного вмісту калію проведено дослідження 5 серій дослідів, в межах однієї серії підготовлено 5 зразків досліджуваної лікарської форми.

Рандомно результати визначення вмісту калію в таблетках однієї із серій дослідів наведені в таблиці 3.

Таблиця 3. Кількісний вміст калію, мг у таблетках "Панангін".

№ зразка п/п	Об'єм досліджуваного розчину, мл	Концентрація K ⁺ , мг/л	Кількісний вміст K ⁺ в перерахунку на одну таблетку, мг	
			Експериментальне значення	Істинне значення
1	100,00	3,48	35,40±0,15	36,20
2	100,00	3,36		
3	100,00	3,66		
4	100,00	3,58		
5	100,00	3,60		

Статистична обробка результатів аналізу проведена в межах застосування розподілу Ст'юдента. Задана надійна ймовірність p=0,95. Результати, одержані під час статистичної обробки вибірки, є достовірними, тобто в отриманих результатах аналізу відсутні грубі помилки. Середнє значення результату аналізу $\bar{X} = 3,54 \text{ мг/л}$. Надійний інтервал середнього значення $D\bar{X} = 0,15 \text{ мг/л}$. Надійний інтервал обмежує область, у середині якої при відсутності систематичних помилок знаходиться істинне значення результату аналізу із заданою ймовірністю p:

$$(\bar{X} - D\bar{X}) \leq m \leq (\bar{X} + D\bar{X}) \quad (1)$$

Істинне значення фізичної величини ідеально відображає певну властивість об'єкта та ідеально характери-

зує відповідну фізичну величину в якісному та кількісному відношенні. Оскільки істинне значення концентрації K^+ , що вимірюється, нам не відоме, то значення цієї величини ми прирівняли до значення, вказаного в інструкції до цього препарату, тобто $m = 3,62 \text{ мг/л}$. Отже, результат аналізу:

$$3,54 - 0,15 \leq m \leq 3,54 + 0,15 \quad (2)$$

Оскільки істинне значення $m = 3,62 \text{ мг/л}$ лежить всередині надійного інтервалу середнього значення, то систематична помилка методу відсутня. Відносна помилка середнього результату:

$$\bar{e} = \frac{D\bar{X}}{\bar{X}} = \frac{0,15}{3,54} \times 100\% = 4,24\% \quad (3)$$

Список посилань - References

- [1] Antonov, A. G., Arestova, N. N., & Vaibarina, E. N. (2009). *Неонатология [Neonatology]*. М.: ГОЭТАР-Медиа - М.: GOETAR-Media.
- [2] Bochkov, V. N., Dobrovolskiy, A. B., Kushlynskiy, N. E., & Lohynov, V. A. (2004). *Клиническая биохимия [Clinical Biochemistry]*. М.: ГЭОТАР-МЕД - М.: GEOTAR-MED.
- [3] Escueta, A. V., & Appel, S. H. (1969). Biochemical Studies of Synapses in Vitro. II. *Potassium Transport. Biochemistry*, 8(2), 725-733.
- [4] Fedorova, O. A. (2014). Препараты калия и магния в современной клинической практике [Potassium and magnesium preparations in modern clinical practice]. *Український часопис - Ukrainian magazine*, 1(99), 71-79.
- [5] Garvin, G. L. (1993). A simple method to determine millimolar concentrations of sodium in nanoliter samples. *Kidney Int.*, 44, 875-880.
- [6] Garvin, G. L. (1989). Picomolar quantitation of potassium using a continuous-flow apparatus. *Kidney Int.*, 36, 726-729.
- [7] Huagh, Chou-Long, & Kuo, Elisabet. (2007). Mechanism of Hypokalemia in Magnesium Deficiency. *Journal of the American Society of Nephrology*, 18, 2649-2652.
- [8] Kaufman, J. S., Costello, T. P., & Hamburger, R. J. (1990). Measurement of Na and K in nanoliter droplets by ion-specific microelectrodes. *Kidney Int.*, 38, 525-528.
- [9] Kelner, R., Merme, Zh.-M., Otto, M., & Vydmer, H. M. (2004). *Аналитическая химия. Проблемы и подходы. (Т. 2). [Analytical chemistry. Problems and approaches. (V. 2).]*. М.: Мир - М.: Peace.
- [10] Khavezov, Y., & Tsalev, D. (1983). *Атомно-абсорбционный анализ [Atomic absorption analysis]*. Л.: Химия - L.: Chemistry.
- [11] Kheil, V., Kobershtein, R., & Tsavta, B. (2001). *Референтные пределы у взрослых и детей. Преаналитические предосторожности [Reference limits in adults and children. Preanalytical Precautions]*. М.: Лабпресс - М.: Labpress.
- [12] Korneev, M. M., Bogmat, L. F., & Nikonova, V. V. (2009). Влияние добового артериального тиску на формування уражень органів мішеней у підлітків із первинною артеріальною гіпертензією [The influence of daily blood pressure on the formation of lesions of target organs in adolescents with primary arterial hypertension]. *Артеріальна гіпертензія - Arterial hypertension*, 1(3), с. 86-95.
- [13] LaRosa Christopher, J. (2013). *Bartter Syndrome and Gitelman Syndrome*. URL: <http://www.merckmanuals.com>
- [14] Levitin, Ye. Ya., Vedernyukova, I. O., Koval, A. O., & Kryskiv, O. S. (2017). *Біоактивність неорганічних сполук. Навчальний посібник [Bioactivity of inorganic compounds. Tutorial]*. Харків: НФаУ - Kharkiv: NFaU.
- [15] Mazniak, N. V., Verkhuturova, A. P., Losev, V. N., & Zamai, T. N. (2012). Определение натрия и калия в биологических объектах методами атомно-абсорбционной и атомно-эмиссионной спектроскопии [Determination of sodium and potassium in biological objects by atomic absorption and atomic emission spectroscopy]. *Journal of Siberian Federal University. Chemistry*, 3(5), 320-330.
- [16] Moroz, H. Z., & Sedchenko, I. V. (2015). Калій в сучасній медицині: від теорії до клінічної практики [Potassium in modern medicine: from theory to clinical practice]. *Терапія - Therapy*, 1(94), 17.
- [17] Morozova, L. (2021). Control of potassium concentration in fertilizing tomatoes in protected soil. *Sciences of Europe*, 64, 21-26. <http://doi.org/10.24412/3162-2364-2021-64-3-21-26>.
- [18] Murashko, V. V., & Strutynski, A. V. (2007). *Електрокардіографія [Electrocardiography]*. М.: МЕДпресс-информ - М.: MEDpress-inform.
- [19] Reznikov, A. A., Mulykovskaia, E. P., & Sokolov, Y. Iu. (1970). *Методы анализа природных вод [Natural water analysis methods]*. М.: Недра - М.: Bosom.
- [20] Sica, D. A., & Stuthers, A. D. (2002). Importance of Potassium in Cardiovascular Disease. *The Journal of Clinical Hypertension*, 4, 203.
- [21] Stocking, C. J., Slater, J. M., Unwin, R., Walter, S., & Folkard, E. (1999). An automated technique for the simultaneous determination of cations in nanoliter volumes. *Kidney International*, 56, 338-343.
- [22] Subramanya, A. R., & Ellison, D. H. (2014). Distal convoluted tubule. *Clin J Am Soc Nephrol*, 9(12), 2147-63. doi: 10.2215/CJN.05920613
- [23] Terada, Y., & Knepper, M. A. (1989). Continuous-flow quantitation of Na+ and K+ in nanoliter samples using chromogenic macrocyclic ionophores. *Am. J. Physiol.*, 257, 893-898.
- [24] Thienpont, L. M., Van Nuwenborg, J. E., & Stockl, D. (1995). Ion chromatography as potential reference methodology for the determination of total sodium and potassium in human serum. *J. Chromatogr. A.*, 706, 443-450.
- [25] Tkachenko, B. Y. (2005). *Нормальная физиология [Normal physiology]*. М.: Медицина - М.: Medicine. 568-569.
- [26] Tkachenko, N. A. (2010). Роль магнія в ліченні і профілактиці серцево-судинних захворювань [The role of magnesium in the treatment and prevention of cardiovascular diseases]. *Рациональная фармакотерапия - Rational pharmacotherapy*, 2(15), 61-63.
- [27] Tkachenko, V. I., & Vahro, T. O. (2016). Роль калію та магнію при лікуванні серцево-судинних захворювань [The role of potassium and magnesium in the treatment of cardiovascular diseases]. *Ліку України - Medicines of Ukraine*, 3(199), 33-36.

[28] Zhukov, A. F., Kolosova, Y. F., & Kuznetsov, V. V. (2001).
Аналитическая химия. Физические и физико-химические методы анализа [Analytical chemistry. Physical and

physico-chemical methods of analysis]. М.: Химия - М.:
Chemistry.

QUANTITATIVE DETERMINATION OF POTASSIUM IONS BY FLAME PHOTOMETRY IN THE DRUG "PANANGIN"

Yushchenko T. I., Morozova L. P.

Annotation. *Determination of the quantitative content of potassium ions by flame photometry in the drug "Panangin"® produced by "Gedeon Richter" Plc (Hungary) and study the accuracy of this method by calculating the measurement error. The drug "Panangin"® was used in the form of film-coated tablets. The filtrate was quantified with potassium ions on a BWB-XP flame photometer using a propane-butane mixture. Calibration of the device was performed using solutions of potassium chloride of the following concentrations: 1,00, 10,00, 25,00 and 50,00 mg / l, the reference solution was deionized water. The quantitative content of potassium ions was measured using flame photometry. The proposed method of quantitative determination of K⁺ ions in the drug "Panangin"® belongs to the analytical and pharmaceutical chemistry and is intended for quality control of drugs containing potassium. According to the results of the study, we can see that the method of flame photometry gives reproducible results.*

Keywords: *potassium, cardioprotector, vasoprotector, flame photometry, drug analysis, atomic emission, light radiation.*
