INDEX COPERNICUS
INTERNATIONAL

№50
MARCH, 2025

The issue of journal contains:

Proceedings of the IX Correspondence International Scientific and Practical Conference

AN INTEGRATED APPROACH TO SCIENCE MODERNIZATION: METHODS, MODELS AND MULTIDISCIPLINARITY

held on March 21st, 2025 by

NGO European Scientific Platform (Vinnytsia, Ukraine)
LLC International Centre Corporative Management (Vienna, Austria)

ISSN 2710-3056

GRAIL OF SCIENCE
PERIODICAL SCIENTIFIC JOURNAL

WORLD of PAPERS

ISSN 2710–3056

INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL

GRAIL OF SCIENCE

№ 50 (March, 2025)

with the proceedings of the:

IX Correspondence International Scientific and Practical Conference

AN INTEGRATED APPROACH TO SCIENCE MODERNIZATION: METHODS, MODELS AND MULTIDISCIPLINARITY

held on March 21st, 2025 by

NGO European Scientific Platform (Vinnytsia, Ukraine)
LLC International Centre Corporative Management (Vienna, Austria)

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

ГРААЛЬ НАУКИ

№ 50 (березень, 2025)

за матеріалами:

IX Міжнародної науково-практичної конференції

AN INTEGRATED APPROACH TO SCIENCE MODERNIZATION: METHODS, MODELS AND MULTIDISCIPLINARITY

що проводилася 21.03.2025

ГО «Європейська наукова платформа» (Вінниця, Україна)
ТОВ «International Centre Corporative Management» (Відень, Австрія)

Вінниця – Відень, 2025

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

RESISTANCE INDICATORS OF FINE-FIBERED "GOSSYPIUM BARBADENSE L." COTTON VARIETIES UNDER STRESS CONDITIONS
Nazarova F.I., Kholliev A.E. 446

РОЗДІЛ XIV.
ХАРЧОВЕ ВИРОБНИЦТВО ТА ТЕХНОЛОГІЇ

СТАТТІ

ВИВЧЕННЯ МЕХАНІЗМУ ЗВ'ЯЗУВАННЯ РАДІОІЗОТОПУ СТРОНЦІЮ-90 ОРГАНІЧНИМИ КИСЛОТАМИ СУБЛІМОВАНИХ ПОРОШКІВ
Сімахіна Г.О. 450

РОЗДІЛ XV.
ГІРНИЦТВО ТА НАФТОГАЗОВА ІНЖЕНЕРІЯ

СТАТТІ

BASIS OF THE BUFFER FLUID FORMULATION FOR PACKING CASE COLUMNS
Scientific research group:
Beizyk O., Vasko A., Koverdiy B., Kovbasyuk I. 456

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

ВИБІР ТИПУ ТАМПОНАЖНОГО РОЗЧИНУ ДЛЯ ПЕРЕКРИТТЯ МІЖТРУБНОГО ПРОСТОРУ В ІНТЕРВАЛАХ ЗАЛЯГАННЯ ВИСОКОПЛАСТИЧНИХ ПОРІД
Ковбасюк І.М., Васько А.І. 462

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ГАЗОТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ
Григорський С., Семеген В. 465

РОЗДІЛ XVI.
ЗАГАЛЬНА МЕХАНІКА ТА МЕХАНІЧНА ІНЖЕНЕРІЯ

СТАТТІ

ENHANCEMENT OF 30KHGSA STEEL COMPONENTS THROUGH COMBINED LASER THERMOMECHANICAL SURFACE HARDENING
Danyleiko O., Bernatskyi A., Lesyk D. 468

ДО ПИТАННЯ РОЗРАХУНКУ АПАРАТА ТОЧНОГО ВИСІВУ НАСІННЯ З ГАСНИКОМ ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ ШВИДКОСТІ
Чвартацький І.І., Чвартацький Р.І. 473

ARTICLE

DOI 10.36074/grail-of-science.21.03.2025.055

ВИВЧЕННЯ МЕХАНІЗМУ ЗВ'ЯЗУВАННЯ РАДІОІЗОТОПУ СТРОНЦІЮ-90 ОРГАНІЧНИМИ КИСЛОТАМИ СУБЛІМОВАНИХ ПОРОШКІВ

Сімахіна Галина Олександрівна
д-р техн. наук, професор,
завідувач кафедри технології оздоровчих продуктів
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Анотація. *За останні 30 років загальний фон радіоактивності довкілля значно зріс. Подальшому його підвищенню сприяє дифузія радіоактивних речовин з місць захоронення відходів атомних станцій, особливо аварія на Чорнобильській АЕС 1986 року та результати бойових дій, зокрема атаки на станцію російськими дронами у 2025 році.*
В умовах впливу іонізуючої радіації складаються ефекти онкогенних чинників, таких як джерела гепатотоксичних нітросполук, поліциклічні ароматичні вуглеводні, різноманітні забруднювачі харчових продуктів, що утворюються при технологічному та кулінарному обробленні сировини і напівфабрикатів. Небезпека виникнення злоякісних новоутворень різко підвищується в разі сумісної дії іонізуючої радіації та названих онкогенних чинників.
Аналіз сучасного стану проблеми не залишає сумнівів у тому, що на випадок ураження організму радіоактивними речовинами основний акцент має бути зроблено на причинний, каузальний захист, тобто на запобігання інкорпорації та видалення радіоактивних речовин з організму, в результаті чого досягається зниження поглинутої дози і, як наслідок, ослаблення, а то і знешкодження біологічних ефектів опромінення. Найбільш реальним шляхом досягнення поставленої мети є створення радіозахисних комбінованих рецептур на основі певних біологічно активних речовин, що входять до складу харчових продуктів, і це є метою даної роботи.
Ключові слова: *радіонукліди; опромінення; іонізуюча радіація; інкорпорація; плодоовочева сировина; сублімовані порошки.*

Постановка проблеми. Відомо, що обмін одновалентного цезію, який знаходиться в організмі у вигляді досить лабільних іонів, відносно швидко відбувається в часі, тому його декорпорація не викликає особливих труднощів при використанні відповідних сорбентів: берлінської лазурі, оксиферозину, фероціанової смоли, тобто антидотів групи фероціанідів.

Поділ ядер важких елементів при випробуванні ядерної зброї, аваріях на АЕС тощо супроводжується також високим виходом в біосистему ^{90}Sr, котрий є одним із найшкідливіших в екологічному відношенні радіоізотопів.

Із зовнішнього середовища по харчових ланцюгах ^{90}Sr мігрує в організм людини і тривало фіксується у кістковій тканині, стаючи активним канцерогенним агентом [1]. Особливо небезпечне це явище для дитячого

All rights reserved | Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

організму, коли йде ріст кісткової тканини з активним використанням кальцію, а при його недостатній кількості – стронцію. Тому важливим є пошук сполук радіопротекторної дії, переважно з природних джерел, які можуть надходити в організм людини постійно разом із харчовими продуктами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Стронцій і кальцій – двовалентні катіони, що належать до однієї групи періодичної системи. Їхні іонні радіуси досить близькі (2,18 і 2,24 А), подібні також багато інших фізико-хімічних властивостей. Це й визначає аналогію в асиміляції і обміні Са і Sr в організмі тварин і людини. І якщо в живий організм надходить мало кальцію, то починається інтенсивне поглинання стронцію [4]. І лише при достатній концентрації кальцію відзначається переважне його використання і дискримінація Sr стосовно Са в ряді біохімічних процесів.

Цілком очевидно: для зменшення концентрації цезію та стронцію в організмі необхідно як знизити надходження його ізотопів, так і витіснити вже інкорпоровані. Обидва завдання можуть бути вирішені завдяки харчовим продуктам, збагаченим калієм і кальцієм [5]. Разом з тим, перевагу слід віддавати композиціям, що містять компоненти, здатні зв'язувати цезій та стронцій і в результаті не тільки перешкоджати їх всмоктуванню в шлунково-кишковому тракті, а й виводити радіонукліди, що циркулюють у кровотоку [3].

Таким чином, актуальним є створення композицій радіопротекторної дії фармакологічної та фармакотерапевтичної властивості [2, 7].

Мета роботи. Дослідити і створити композиції нутрієнтів, які можна було б тривало використовувати на фоні постійного опромінення для підтримання в організмі ефективно діючої концентрації компонентів радіопротекторної дії.

У якості матеріалів дослідження взято сублімовані порошки плодоовочевих культур: моркви, яблук, апельсинів, буряку, топінамбуру, картоплі, ягід смородини.

Виклад основного матеріалу. Щоб установити основні закономірності всмоктування, розподілу, накопичення та видалення радіонуклідів з живого організму, необхідно перш за все з'ясувати механізм їх зв'язку з різноманітними біологічними структурами досліджуваних рослинних матеріалів [6].

Відомо, що іони багатьох металів схильні до комплексоутворення. Це стало вихідною передумовою для обґрунтування можливості прямого впливу на обмін деяких радіонуклідів в організмі шляхом використання відповідних біокомпонентів рослинної сировини, що мають виражену комплексоутворюючу здатність. Основними параметрами іона металу, що впливають на стійкість комплексної сполуки, є його радіус, заряд, будова зовнішніх електронних оболонок, потенціал іонізації, електронегативність тощо. Звідси зрозумілою є слабка комплексоутворююча здатність однозарядних іонів металів і зростання її у дво-, тризарядних та полівалентних катіонів. Тому комплексоутворення є одним з імовірних механізмів зв'язування та наступного виведення з живого організму радіонуклідів стронцію.

На ефективність утворення комплексів катіонів стронцію з біокомпонентами кріопорошків впливають різноманітні чинники, зокрема, утворення асоціатів радіоактивних сполук із складовими крові, органів і тканин, pH середовища, наявність «кальцієвого фону» в організмі, проникність клітинних мембран для згаданих сполук тощо.

 Авторські права захищені | Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

Кальцій і стронцій утворюють досить міцні комплексні сполуки з більшістю органічних кислот, до того ж константи їх дисоціації майже не відрізняються. На жаль, опубліковано поодинокі роботи, присвячені вивченню та визначенню стійкості такого роду сполук (табл. 1).

Таблиця 1

Значення pK дисоціації комплексів Ca^{+} та Sr^{2+} з органічними кислотами крові

Кислоти	pK дисоціації Ca^{+}	pK дисоціації Sr^{2+}
Лимонна	3,14	2,92
Молочна	1,42	0,98
Яблучна	1,80	1,45

[А. Терней, 1981]

Органічні кислоти, значна частина яких здатна утворювати комплекси з катіонами металів, входять до складу усіх без винятку досліджуваних кріопорошків, про що свідчать дані, наведені у таблиці 2.

У цій таблиці з-поміж усіх кислот окремо виділено лимонну, оскільки вона утворює найстійкіші комплекси з металами. Найбільш відомі комплексні сполуки лимонної кислоти зі стронцієм такого складу: *SrCit* (pK=3,17); *SrHCit* (pK-3,09); SrH_2Cit (pK=1,1).

У даній частині роботи зроблено спробу змоделювати поведінку стронцію при сумісній присутності органічних кислот, зокрема лимонної, введених до системи у складі досліджуваних кріопорошків (табл. 2).

Таблиця 2

Масова частка органічних кислот у досліджених кріопорошках

Кріопорошок	Вміст органічних кислот, %		Вміст лимонної кислоти, моль/л
	загальний	у тому числі кислот – комплексоутворювачів	
Морква	0,33	0,20	0,01
Яблука	0,70	0,30	0,015
Апельсини	2,50	1,80	0,19
Буряк	0,52	0,30	0,015
Топінамбур	0,18	0,12	0,006
Картопля	0,26	0,15	0,0075
Смородина	2,70	1,70	0,085

[авторська розробка]

Лимонна кислота – триосновна оксикислота, що дисоціює за трьома ступенями при відповідній константі дисоціації:

$H_3Cit = H^+ + H_2Cit^-$ $\quad pK_1 = 3{,}13$

$H_2Cit = H^+ + HCit^{2-}$ $\quad pK_1 = 4{,}76$

$HCit = H^+ + Cit^{3-}$ $\quad pK_1 = 6{,}40$

Рівноваги між окремими формами визначаються значеннями pH середовища та величинами констант дисоціації і можуть бути представлені у вигляді:

$$C_{Cit} = [H_3Cit] + [H_2Cit^-] + [HCit^{2-}] + [Cit^{3-}]$$

$$C_{Cit} = [H_3Cit]\left\{1 + \frac{K_1}{[H^+]} + \frac{K_1K_2}{[H^+]} + \frac{K_1K_2K_3}{[H^+]}\right\} \quad (1)$$

All rights reserved | Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

При спільній присутності всіх дисоційованих форм схеми матеріального балансу за лимонною кислотою та стронцієм записуємо таким чином:

$$C_{Cit} = [H_3Cit]\left\{1 + \frac{K_1}{[H^+]} + \frac{K_1K_2}{[H^+]} + \frac{K_1K_2K_3}{[H^+]} + \frac{[Sr^{2+}]K_1}{[H^+]K\alpha_1} + \frac{[Sr^{2+}]K_1K_2}{[H^+]^2K\alpha_2} + \frac{[Sr^{2+}]K_1K_2K_3}{[H^+]^3K\alpha_3}\right\} \quad (2)$$

Виділяючи вирази, що залежать лише від константи дисоціації та pH середовища, і вводячи такі позначення:

$$F_1 = \left\{1 + \frac{K_1}{[H^+]} + \frac{K_1K_2}{[H^+]^2} + \frac{K_1K_2K_3}{[H^+]^3}\right\} \quad (3)$$

$$F_2 = \left\{\frac{K_1}{[H^+]K\alpha_1} + \frac{K_1K_2}{[H^+]K\alpha_2} + \frac{K_1K_2K_3}{[H^+]K\alpha_3}\right\} \quad (4)$$

одержуємо систему рівнянь:

$$[Sr^{2+}] = \frac{C_{Sr}}{(1 + [HCit]F_2)}$$

$$C_{Cit} - [H_3Cit]F_1 - \frac{[H_3Cit]C_{Sr}F_2}{(1 + [H_3Cit]F_2)} = 0 \quad (5)$$

Дана система рівнянь розраховується для умов тонкого кишечнику (pH близько 8,0) в широкому діапазоні концентрацій лимонної кислоти та стронцію та їх різному співвідношенні. Концентрації лимонної кислоти для розрахунків вибрали на підставі вмісту цього біокомпоненту в досліджуваних кріопорошках, визначеного, як і інших органічних кислот, за допомогою стандартних методик (табл. 2). Припустімо, що у кишечник об'ємом один літр гіпотетичної людини надійшло 100 г будь-якого з кріопорошків, що містять органічні кислоти, відповідно до даних таблиці 2. Приймаємо рівноважні концентрації стронцію, що відповідають отриманій системі рівнянь, рівними 0,0001; 0,0005 і 0,0010 г-іон/л. Для зручності перераховуємо концентрацію всіх кислот кріопорошків, здатних до комплексоутворення, на лимонну кислоту і одержуємо величини відношення рівноважної концентрації іона стронцію до його вмісту при взаємодії з рослинними кріопорошками (табл. 3).

Таблиця 3

Зв'язування іонів стронцію органічними кислотами кріопорошків

Кріопорошок	Вміст кислот-комплексоутворювачів, %	Концентрація $[Sr^{2+}]$, моль/л	Рівноважна концентрація $[Sr^{2+}]$, % до загальної
Морква	0,20	0,001 0,005	6,41 6,56
Яблука	0,30	0,001 0,005	4,30 4,41
Апельсини	1,80	0,001 0,005	0,75 0,75

 Авторські права захищені | Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

Продовження табл. 3

Кріопорошок	Вміст кислот-комплексоутворювачів, %	Концентрація $[Sr^{2+}]$, моль/л	Рівноважна концентрація $[Sr^{2+}]$, % до загальної
Буряк	0,30	0,001 0,005 0,0010	4,30 4,41 4,62
Топінамбур	0,12	0,001 0,005 0,0010	10,33 10,79 11,28
Картопля	0,15	0,001 0,005 0,0010	8,44 8,83 9,23
Смородина	1,70	0,001 0,005 0,0010	0,75 0,79 0,79

[авторська розробка]

Аналіз даних таблиці 3 дає підстави для наступних висновків. Кожен з досліджуваних кріопорошків завдяки вмісту органічних кислот сприяє зв'язуванню певної кількості стронцію. Повнота зниження рівноважної концентрації іона стронцію в розчині перебуває в прямій залежності від кількості комплексоутворюючих органічних кислот, що містяться в даному порошку.

Кріопорошки апельсинів та смородини сприяють максимальному зв'язуванню, а отже, і виведенню стронцію з середовища – співвідношення рівноважної концентрації іона стронцію до його загального вмісту складає всього 0,75 та 0,79%. Яблука та буряк мають однаковий ефект зв'язування стронцію, а комплексоутворююча здатність топінамбуру складає всього 7 % від відповідного параметру для смородини.

Результати показали також, що при високому вмісту кислот у кріопорошках (смородина, апельсини), ступінь зв'язування іона стронцію не залежить від його початкової концентрації.

Таким чином, за ефективністю зв'язування та виведення стронцію з середовища (наприклад, організму людини) досліджувані кріопорошки розміщуються в такий ряд:

апельсини > смородина > буряки, яблука > морква > картопля > топінамбур.

Висновки і пропозиції. Одним із ефективних і сприятливих для здоров'я людини способів вирішення проблеми зменшення всмоктування радіонуклідів і виведення їх із організму при постійному внутрішньому опроміненні є споживання продуктів та дієтичних добавок, до складу яких входять біокомпоненти, здатні утворювати малорозчинні комплекси з металами, у тому числі радіонуклідами. Перспективами подальших досліджень є вивчення нових рослинних джерел з компонентами радіопротекторної дії і широкого залучення їх до сфери харчових технологій.

All rights reserved | Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

Список використаних джерел:

[1] Узленкова Н.Е. (2014). Радіопротектори: сучасний стан проблеми. *Український радіологічний журнал,* 4, 42-49.

[2] Гладких Ф. (2018). Фармакопрофілактичні та фармакотерапевтичні підходи до послаблення пошкоджуючої дії іонізуючого опромінення. *Traektoria Nauki (Path of Science),* 4, 5001-5022.

[3] Краснов В.П. та ін. (2019). Використання харчових продуктів лісу на територіях, забруднених радіонуклідами. Житомир: Вид. О.О. Євенок.

[4] Базика Л.А. та ін. (2022). Класифікація медичних засобів протирадіаційного захисту. *Проблеми радіаційної медицини та радіобіології,* 27, 84-90.

[5] Скалецький Ю.М. та ін. (2013). Проблеми використання радіозахисних препаратів: організаційні та наукові аспекти. *Довкілля та здоров'я,* 1, 30-33.

[6] Сімахіна Г.О., Науменко Н.В. (2024) Нутриціологічне корегування та захист організму від радіоактивних ушкоджень. *Proc. of the 5th International Scientific Conference "Foundation and Trends in Research" (February 8-9, 2024).* Copenhagen, Denmark, 97-115.

[7] Сімахіна Г.О., Науменко Н.В. (2024). Концептуальні засади формування комбінованого харчового раціону для екстремальних умов життєдіяльності. *Наукові праці НУХТ,* 31(3), 144-155. DOI: https://doi.org/10.24263/2225-2924-2024-30-3-13

THE MECHANISM TO STUDY THE STRONTIUM-90 ISOTOPE BONDING BY ORGANIC ACIDS OF SUBLIMED POWDERS

Simakhina Galyna Oleksandrivna
Doctor of Techniques, Professor,
Head of the Department of Technology of Healthy Foods
National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

Summary. *During the last 30 years, the general environment radioactivity background has dramatically increased. Its further enhancement is conditioned by the diffusion of radioactive substances from APP waste burial locations, in particular by Chornobyl disaster in 1986 and the consequences of russian drone attack on the power plant in 2025.*

Due to the impact of ionizing radiation, the effects of oncogenic factors (for instance, the hepatotoxic substance sources, poly-cyclic aromatic hydrocarbons, and various food contaminants formed during technological and culinary procession of raw materials and half products) emerge and grow. The risk of malignant tumor development would rocket under the combined influence of ionizing radiation and oncogenic factors listed above.

The analysis of the current state of the problem does not leave any doubt that the main accent, should the human body be harmed with radioactive substances, must be done on the causal protection, in other words - on prevention of radionuclide incorporation by the body and otherwise their removal. This would result in the decrease of the radioactive dose absorbed and, thenceforth, in weakening and even neutralization of the radiation's biological impacts. The most realistic way to reach this goal is the design of radioprotective combined recipes based on the certain biologically active substances contained by food products, which became the purpose of this work.

Keywords: *radionuclides; radiation; ionizing radiation; incorporation; fruit and vegetable raw materials; sublimed powders.*

 Авторські права захищені | Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License