

К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИКСАЦИИ ИОНОВ ЦЕЗИЯ-137 ПРЕПАРАТАМИ БЕРЛИНСКОЙ ЛАЗУРИ

Шумилин В.А., Корытко О.В., Бакшаева М.А., Собченко В.А.

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,
г. Гомель, Республика Беларусь, shumilin@gsu.unibel.by*

Анализируются значения коэффициентов распределения ионов цезия-137 в условиях статического контакта препаратов берлинской лазури с модельным водно-солевым раствором.

Наиболее известным веществом для фиксации ионов цезия-137 в водных и биологических средах является препарат «Ферроцин», относящийся к группе соединений берлинской лазури в виде смешанной формы среднего ферроцианида железа $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ и ферроцианида калия-железа $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (соль Нигровича) с соотношением компонентов 95% и 5%, соответственно. Указанный препарат, как и чистая соль Нигровича, широко использовались после аварии на ЧАЭС в качестве действующего вещества в болюсах, комбикорме, древесных опилках и солилизунце для связывания ионов радиоактивного цезия в ЖКТ крупного рогатого скота [1].

Эффективность тех или иных методов и технологий с целью связывания ионов радиоактивного цезия (очистка контурных вод ядерного реактора, водных сред после дезактивации загрязненных поверхностей, снижение всасывания в ЖКТ человека и животных и др.) весьма существенно ограничивается относительно не высокими целевыми свойствами данных препаратов [2].

Целью настоящих исследований явился поиск методов синтеза новых, более эффективных форм препаратов на основе смешанных ферроцианидов железа (III).

Материалы и методы. Область изучаемых смешанных препаратов включала образцы с содержанием компонентов от 100% $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ до 100% $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Использовали железистосинеродистую кислоту $\text{H}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, полученную путем пропускания водного раствора $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ через катионообменную смолу Dowex 50 x 8 в H^+ – форме [3]. Образцы синтезировали в процессе смешения в стехиометрических количествах титрованных растворов $\text{H}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, FeCl_3 и KCl , последующего старения осадков в течении 24 часов, центрифугирования, сушки и тонкого однородного измельчения на вибрационной шариковой мельнице. В качестве рабочего использовался водно – солевой раствор, имитирующий среднее содержание ионов калия, аммония, натрия, магния и кальция, а также $\text{pH} = 1,3-1,5$ в желудочном соке человека [4]. Раствор метили изотопом цезия – 137 до необходимого уровня удельной активности. Эффективность блокирования изучали при статическом контакте навесок образцов (8 мг) с водно-солевым раствором (40 мл) в течение 10 минут в колбах с магнитной мешалкой. После разделения фаз измеряли уровни удельной активности растворов на отечественном гамма-спектрометре МКС-АТ1315 в геометрии «сосуд Маринелли» с последующим расчетом коэффициента распределения ($K_{\text{расп.}}^{137}\text{Cs}$), согласно [2]. Погрешность измерений (не более 10%) обеспечивали необходимым временем экспозиции. В качестве препарата «Ферроцин» изучался товарный продукт Курского завода химвпрепаратов.

Результаты и обсуждение. Анализ полученных экспериментальных данных выявил наличие нескольких областей состава смешанных препаратов ферроцианидов железа по величинам коэффициентов распределения ионов цезия-137 (табл. 1).

Таблица 1

| Моделируемый состав препаратов | | Область состава | K _{расп.} ¹³⁷ Cs, см ³ /г |
|---|--|-----------------|--|
| От | До | | |
| Fe ₄ [Fe(CN) ₆] ₃ | - | 1 | 523 ± 69 |
| 0,95Fe ₄ [Fe(CN) ₆] ₃ + 0,05K Fe[Fe(CN) ₆] | 0,4Fe ₄ [Fe(CN) ₆] ₃ + 0,6K Fe[Fe(CN) ₆] | 2 | 2395 ± 942 |
| 0,35 Fe ₄ [Fe(CN) ₆] ₃ + 0,65K Fe[Fe(CN) ₆] | 0,05Fe ₄ [Fe(CN) ₆] ₃ + 0,95K Fe[Fe(CN) ₆] | 3 | 16500 ± 4853 |
| K Fe[Fe(CN) ₆] | - | 4 | 7889 ± 109 |
| Ферроцин | - | | 3406 ± 408 |

Наименьшей фиксирующей способностью ионов радиоактивного цезия обладает препарат среднего ферроцианида Fe₄[Fe(CN)₆]₃, что указывает на значительно большую скорость ионообменного процесса, характерного для калиевой формы в сравнении с процессом цеолитного внедрения в каналах кубической гранцентрированной решетки Fe₄[Fe(CN)₆]₃ [3]. При введении 5% калиевой формы вплоть до 60% ее содержания в составе препаратов (область 2) наблюдается достоверное повышение значений коэффициентов распределения, которые близки к величинам, полученным для ферроцина. Наибольшая степень блокирования получена для области 3 с содержанием обменной формы в пределах 65-95%. Эффективность данных препаратов в 3-5 раз превышает таковую в сравнении с ферроцином. Чисто обменная калиевая форма (область 4) проявляла склонность к пептизации, что обусловило снижение значений коэффициента распределения. Важно отметить, что препарат даже с 95% содержанием KFe[Fe(CN)₆] в контакте с водно-солевым раствором не пептизировал.

На основании анализа полученных результатов можно сделать предположение о том, что в наиболее эффективной области состава препаратов (область 3) формируются структуры KFe[Fe(CN)₆] на малорастворимой матрице Fe₄[Fe(CN)₆]₃ с локальными дефектами, обеспечивающими высокую скорость ионообменного процесса связывания ионов радиоактивного цезия из водно-солевого раствора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эффективность применения ферроцианидов для снижения поступления ¹³⁷Cs в продукты животноводства / Р.Г. Ильязов, В.С. Аверин, В.А. Шумилин и др. // Проблемы радиологии загрязненных территорий. – Выпуск 1. – Минск, 2001. – С. 83-92.
2. Шумилин В.А., Пехота Р.В. Синтез и ионообменные свойства комбинированных типов смешанных ферроцианидов переходных металлов // Известия ГГУ им.Ф.Скорины.– 2002.– №4(13).– С.104-111.
3. Химия ферроцианидов / И.В. Тананаев, Г.Б. Сейфер, Ю.Я. Харитонов и др. – М.: Наука, 1971. – 320 с.
4. Киеня А.И., Бандажевский Ю.И. Физиологические и биохимические константы здорового человека. – Гомель, 1996. – 139 с.

ABOUT EFFECT OF ¹³⁷Cs IONS FIXATION USING THE PRUSSIAN BLUE BINDERS

Shumilin V.A., Corytko O.V., Bakshaeva M.A., Sobchenko V.A.

Values of the ¹³⁷Cs ions factors distribution in conditions of static contact of the Prussian Blue preparations with a modeling water-salt solution are analyzed.