

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕЛЕКТИВНЫХ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ЦЕОЛИТА NaX И $Cu_2[Fe(CN)_6]$ ДЛЯ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ ЦЕЗИЯ

© А.С.Панасюгин, Н.Б.Голикова, Н.П.Ильиных, О.В.Струкова

Белорусская государственная политехническая академия, Минск
Институт радиэкологических проблем НАН Белоруссии, Минск – Сосны
Научно-исследовательский институт Белорусского государственного университета, Минск

Поступило в Редакцию 18 сентября 2001 г.; после исправления в январе 2002 г.

Изучены динамические характеристики процесса сорбции ^{137}Cs сорбентом на основе цеолита NaX и $Cu_2[Fe(CN)_6]$.

В результате катастрофы на Чернобыльской АЭС около 23% территории Белоруссии было загрязнено радионуклидами, в том числе и водосборы рек. Водные объекты являются основными артериями транспорта радионуклидов. Данная ситуация привела к необходимости усиления контроля за загрязнением воды радиоактивными элементами, прежде всего ^{137}Cs .

Первым этапом любого метода определения активности воды является концентрирование пробы, которое проводят разными способами: выпариванием, соосаждением, диализом, применением сорбентов.

Наиболее перспективным способом концентрирования радионуклидов является использование сорбентов, особенно высокоселективных. С этой целью был синтезирован сорбент на основе цеолита NaX и $Cu_2[Fe(CN)_6]$, способ получения которого аналогичен описанному в работе [1], и отработаны оптимальные режимы сорбции ^{137}Cs в динамических условиях.

Эксперименты по изучению динамических характеристик процесса сорбции ^{137}Cs проводили на стандартных колонках со следующими параметрами: диаметр 10 мм, высота 50 мм, объем сорбционного материала 5 мл, высота фильтрующего слоя 43–45 мм, размер гранул 1.5–2.2 мм.

Выбор оптимальных режимов работы сорбента проводили при пропускании раствора активностью $2 \cdot 10^5$ Бк·л⁻¹ по ^{137}Cs при разных скоростях. Исходной для приготовления радиоактивных растворов была вода следующего химического состава (мг·л⁻¹): взвешенных веществ – 17.1±1.7, сухого остатка – 349.5±8.3, ионов натрия – 5.8±0.15, кальция – 1.0±0.1, аммония – менее 0.1, кальция – 37.6±3.9, магния – 6.4±0.44, железа общего – 0.2±0.02, хлорид-ионов – 8.1±0.79, сульфат-ионов – 4.1±0.02, нитрат-ионов – 2.2±0.04, гидрокарбонат-ионов – 164.7±12.3, бромид-ионов – 0.1±0.01, фторид-ионов – 0.13±0.01, оксида кремния – 10.77±1.05; общая жесткость – 2.47±0.05, карбонатная жесткость – 2.46±0.06 мг-экв·л⁻¹; рН 8.3±0.06, что соответствует ГОСТ на питьевую воду.

Скорость пропускания раствора через колонки с сорбентом варьировали от 50 до 150 колоночных объемов в 1 ч. Отбор проб проводили после пропускания определенного количества колоночных объемов раствора. После окончания каждой серии экспериментов измеряли активность сорбента в верхних и нижних частях колонок.

Анализ проб проводили на радиометре РУБ-01П4С с блоком детектирования БДЖБ-06П1. Относительная погрешность измерения не превышала ±7%.

На основании экспериментальных значений активности раствора до и после пропускания через сорбент по соответствующим формулам были рассчитаны коэффициент очистки $K_{оч}$ и степень сорбции S (%):

$$K_{оч} = A_0 / A_f, \quad S = \frac{A_0 - A_f}{A_0} \cdot 100,$$

где A_0 и A_f – активности радионуклида в растворе до и после пропускания через сорбент соответственно.

Расчет сорбционных параметров проводили согласно методикам, приведенным в работах [2–5].

Как видно из рис. 1, а, эффективность извлечения ^{137}Cs из высокоактивного раствора на колонке, заполненной цеолитом NaX, модифицированным $Cu_2[Fe(CN)_6]$, сохраняется достаточно высокой при увеличении скорости фильтрации от 50 до 150 колоночных объемов в 1 ч. Хотя коэффициент очистки $K_{оч}$ снижается от 513 до 85, степень сорбции S остается на уровне 98.5–99.8% (рис. 1, б). При этом на начальном этапе в зависимости от скорости фильтрации происходит увеличение или снижение коэффициента очистки, а затем наступает последующая стабилизация работы фильтрующего элемента. Из рис. 1, а, б видно, что оптимальной скоростью для данного фильтрующего элемента является 75 колоночных объемов в 1 ч. Такая тенденция ранее была описана в работах [6–13].

Дальнейшее изучение сорбции ^{137}Cs на цеолите NaX–Cu при скорости фильтрации 75 колоночных

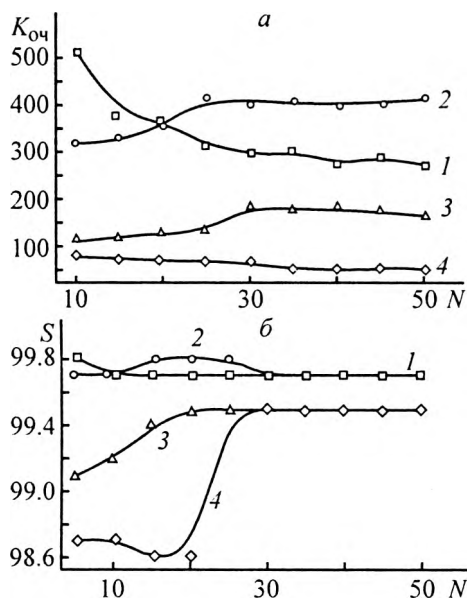


Рис. 1. Зависимости коэффициента очистки $K_{оч}$ (а) и степени сорбции S (%) (б) от количества пропущенных колоночных объемов N для различных скоростей фильтрации воды на образце цеолита NaX–Cu. Скорость фильтрации воды V ($ч^{-1}$): 1 – 50, 2 – 75, 3 – 100, 4 – 150.

объемов в 1 ч проводили при уменьшении удельной активности раствора ^{137}Cs от $2 \cdot 10^5$ до $6.2 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$ и увеличении количества пропущенного раствора от 50 до 6000 колоночных объемов. Сорбция в данном случае составила 96.0–98.0%.

В ходе исследований установлено, что при оптимальной скорости фильтрации исходная активность раствора не оказывает заметного влияния на место локализации цезия-137 в объеме колонки. Как видно из рис. 2, а, соотношение активностей сорбента в верхней и нижней частях колонки Y при изменении исходной активности раствора A_0 от $2.0 \cdot 10^5$ до $6.2 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$ находится в пределах 14.3–14.4.

В процессе работы был проведен эксперимент, в ходе которого через колонку с цеолитом NaX–Cu пропускали раствор активностью $6.2 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$ со скоростью 200 колоночных объемов в 1 ч. Сорбция в данных условиях составила 95.0–96.0%.

Увеличение скорости пропуска раствора от 50 до 200 колоночных объемов в 1 ч приводит к размыванию сорбционного фронта, что выражается в уменьшении соотношения активностей сорбента в верхней и нижней частях колонки от 14.4 до 4 (рис. 2, б).

Выводы

Проведенные исследования показали, что цеолит NaX, модифицированный $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, является носителем сорбента. Скорость пропуска ис-

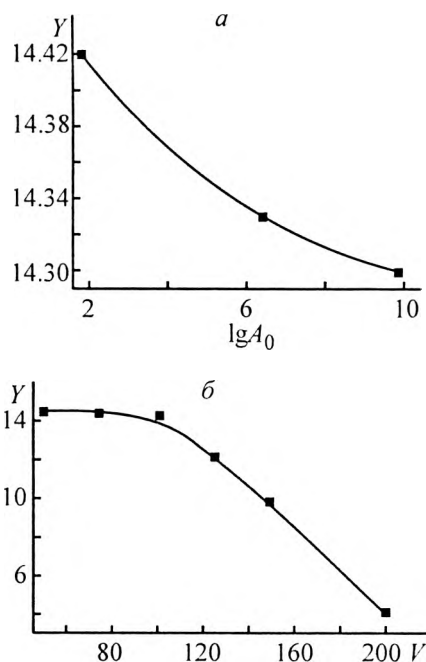


Рис. 2. Зависимости соотношения активностей сорбента в верхней и нижней частях колонки Y от исходной активности раствора A_0 ($\text{Бк} \cdot \text{л}^{-1}$) (а) и объемной скорости пропуска радиоактивного раствора V ($ч^{-1}$) (б).

следуемого раствора 75 колоночных объемов в 1 ч оптимальна для извлечения ^{137}Cs из питьевой воды.

Список литературы

- [1] А.с. 330195 СССР, МКП⁴ В 01 J 20/00. Способ получения композиционного сорбента.
- [2] Иониты в химической технологии / Под ред. Б.П.Никольского и П.Г.Романкова. Л.: Химия, 1982. 415 с.
- [3] Салдадзе К.М., Копылова-Валова В.Д. Комплексообразующие иониты. М.: Химия, 1980. 336 с.
- [4] Когановский А.М. Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод. Киев: Наук. думка, 1983. 240 с.
- [5] Berry J.A. et al. // *Radiochim. Acta*. 1988. V. 44–45. P. 135–141.
- [6] Кудрявцев Г.В., Бернадюк С.З., Лисичкин Г.В. // *Успехи химии*. 1989. Т. 58. № 4. С. 684–709.
- [7] Бетелеков Н.Д., Губанова А.И., Егоров Ю.В. // *Радиохимия*. 1976. Т. 18. № 4. С. 622–627.
- [8] Ampflett C.B., McDonald Z.A., Redman M.I. // *J. Inorg. Nucl. Chem.* 1958. V. 6. N 3. P. 220–235.
- [9] Гельферих Ф. Иониты. М.: ИЛ. 1962. 490 с.
- [10] Кузнецов Ю.В., Щebetковский В.Н., Трусов А.Г. Основы очистки воды от радиоактивных загрязнений. М.: Атомиздат, 1974. 360 с.
- [11] Егоров Ю.В. // Соосаждение и адсорбция радиоактивных элементов. М.; Л.: Наука. 1965. С. 113–117.
- [12] Del Debbio J.A. // *Radiochim. Acta*. 1991. V. 52–53. Pt 1. P. 181–186.
- [13] Никашина В.А., Заборская Е.Ю., Махалов Е.М. и др. // *Радиохимия*. 1974. Т. 16. № 6. С. 753–756.