

## Сорбция радионуклидов стронция и цезия из водных сред полимерными сорбентами

А. Ю. Кузнецов<sup>\*1</sup>, С. С. Янченко<sup>\*\*</sup>, А. А. Лысенко<sup>\*</sup>

*\* Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Санкт-Петербург, Россия*

*\*\* «Центр по ядерной и радиационной безопасности» МЧС Республики Беларусь, Минск, Республика Беларусь*

---

### Аннотация

Изучена кинетика сорбции радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  из водных сред пористыми пленочными полимерными сорбентами на основе сверхвысокомолекулярного полимера, наполненного дисперсными сорбентами — ферритом стронция, ферроцианидом никеля и цеолитом Na-A, а также сорбентом сравнения катионитом КУ-2-8. Показано увеличение эффективности сорбции радионуклидов сорбентами, содержащими феррит стронция и цеолит Na-A, на порядок и сорбентами, содержащими ферроцианид никеля, на 3 порядка, по сравнению с катионитом КУ-2-8.

### Ключевые слова

Пористые полимерные сорбенты, радионуклиды, стронций-90, цезий-137, сверхвысокомолекулярный полиэтилен, ферроцианид никеля, феррит стронция, цеолит Na-A.

---

### Введение

Техногенные радионуклиды в наибольшей степени определяют потенциальную опасность жидкостей, содержащих радиоактивные отходы (ЖСРО), образующихся и накапливающихся на предприятиях ядерного топливного цикла, к числу которых относятся атомные электростанции и радиохимические производства по переработке (регенерации) отработавшего ядерного топлива.

Переработка ЖСРО с использованием осадительных технологий или методом цементирования является весьма дорогостоящим и трудоемким процессом. Одним из путей решения рассматриваемой проблемы может быть очистка радиоактивно

загрязненных водных сред с использованием селективных сорбентов. Целесообразным является внесение сорбирующего материала непосредственно в очищаемую среду, например внесение плавающего сорбента в емкости с ЖСРО или в водоемы, в которых находится радиоактивно загрязненная вода. Последняя ситуация может возникнуть, например, в случае радиационной аварии и при несанкционированном поступлении радионуклидов в водоем [1].

Использование сорбентов, селективных к долгоживущим радионуклидам, позволяет в значительной мере решить многие вопросы обращения с ЖСРО [2, 3, 4]. Для очистки ЖСРО от радионуклидов

---

<sup>1</sup> Для переписки:

Email: [aky3@yandex.ru](mailto:aky3@yandex.ru)

цезия, стронция, кобальта и трансураниевых элементов используются различные типы селективных сорбентов. Это могут быть неорганические сорбенты, фитосорбенты, металлы, оксиды металлов, ионообменные смолы и волокна [1-3, 6-10]. При этом некоторые селективные сорбенты обеспечивают очистку отдельных типов жидкостей эффективней ионообменных смол в десятки и сотни раз [5]. Однако селективность тех или иных сорбентов в значительной степени зависит от химического состава ЖСРО. Присутствие солевых примесей в жидкостях значительно снижает эффективность применения селективных сорбентов, а в некоторых случаях делает очистку практически невозможной. При этом, если удаление радионуклидов цезия из высокосолёных растворов достаточно эффективно можно провести целым набором различных сорбентов [1, 6, 7, 8], то удаление стронция из растворов с высоким содержанием солей жесткости до сих пор остается нерешенной проблемой [9]. Практически те же вопросы возникают и при удалении из ЖСРО радионуклидов цезия и стронция в присутствии ионов натрия [10].

Наиболее часто для сорбции радионуклидов цезия и стронция из водных сред применяют синтетические ионообменные смолы, кроме того, в литературе описаны результаты использования в качестве сорбентов природных или синтетических алюмосиликатов, углей и ферроцианидов [2-10].

К сожалению, многие неорганические сорбенты недостаточно механически устойчивы, их сложно использовать в динамических условиях в сорбционных колонках. Кроме того, происходит разрушение цеолитов при использовании их в качестве гранулированных частиц. Неорганические сорбенты тяжелее воды и их сложно извлекать из очищаемых водных

сред. Также так называемые гибридные сорбенты-композиты, состоящие из органических и неорганических компонентов, радиационно неустойчивы, что и описано в ряде исследований [2, 5, 11]. Учитывая все вышесказанное, целесообразно использовать не «чистый» сорбент, а композиционный материал, где пористая матрица будет с одной стороны удерживать дисперсный сорбент-наполнитель, а с другой обеспечивать доступ сорбата к сорбенту-наполнителю.

### **Материалы, объекты и методы исследования**

Нами получены композиционные материалы для сорбции радионуклидов из водных сред по методу гель-технологии, которая позволяет создавать пористые высоконаполненные пленочные материалы. В работе в качестве матрицы использован СВМПЭ с молекулярной массой  $4 \cdot 10^6$  г/моль, в качестве растворителя парафин твердый с количеством атомов углерода от 24 до 40. В качестве наполнителей использовались цеолит Na-A (Ц), феррит стронция (ФС) и ферроцианид никеля (ФЦН). Получение композиционного материала можно условно разделить на несколько стадий. Первая стадия — набухание полимера в растворителе при  $80^\circ\text{C}$ , затем растворение при температуре от  $140^\circ\text{C}$  до  $160^\circ\text{C}$ . Далее наполнитель загружали порциями в гомогенный раствор СВМПЭ при температуре  $160^\circ\text{C}$ . Частицы предварительно не прогревали. После этого производили формование пленки. В процессе охлаждения полученного раствора наступает разделение на фазы и образуется гель. Третьей, заключительной стадией гель-технологии, в результате которой образуется ксерогель, является удаление растворителя из исходного геля путем экстракции гептаном при  $70\text{--}75^\circ\text{C}$ . Затем экстрагированные пленки сушили при комнатной температуре до постоянной массы.

Эффективность очистки воды от радионуклидов стронция-90 оценивали по извлечению этого радионуклида разработанными сорбентами с разной степенью наполнения ферритом стронция и сорбентом сравнения. Рабочий раствор содержал 1 моль/л хлорида натрия с удельной активностью радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$  на уровне  $(5-7) \cdot 10^5$  Бк/л. В качестве сорбента сравнения использовали широко применяемый в практике водоочистки катионит КУ-2-8 в натриевой форме.

В герметично закрывающиеся стеклянные бюксы вносили по 50 см<sup>3</sup> указанных растворов и по 50 мг сорбентов. Сорбцию осуществляли при периодическом перемешивании (один раз в 12–14 часов). По истечении 1, 3, 7, 14 и 30 суток отбирали пробы раствора для радиометрического определения активности раствора — содержания радионуклидов в растворе.

Изменение активности проводили с применением гамма-спектрометрической установки с Ge(Li)-детектором объемом 100 см<sup>3</sup> путем измерения интенсивности гамма-линии 661 кэВ, характерной для распада данного радионуклида.

По найденным значениям активности исходного ( $I_{\text{исх}}$ ) и равновесного ( $I_{\text{кон}}$ ) растворов рассчитывали коэффициент распределения радионуклидов ( $K_d$ , см<sup>3</sup>/г) по формуле:

$$K_d = \frac{(I_{\text{исх}} - I_{\text{кон}}) V}{I_{\text{кон}} m},$$

где  $I_{\text{исх}}$  — удельная объемная активность исходного раствора, Бк/л;  $I_{\text{кон}}$  — удельная объемная активность раствора в момент взятия пробы, Бк/л;  $V$  — объем раствора, см<sup>3</sup>;  $m$  — масса сорбента, контактирующая с раствором, г.

### Результаты и их обсуждение

Результаты экспериментов по сорбции радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$  представлены в таблице 1.

**Таблица 1** — Изменение радиационной активности растворов, содержащих радионуклиды  $^{90}\text{Sr}$ , при его сорбции композиционными сорбентами на основе феррита стронция и смолой КУ-2-8

Сорбент	Коэффициент распределения радионуклидов $^{90}\text{Sr}$ (см <sup>3</sup> /г) при разном времени контакта сорбента с раствором, сут				
	1	3	7	14	30
СВМПЭ — 10% ФС	$2.6 \times 10^1$	$8.9 \times 10^1$	$2.6 \times 10^2$	$3.2 \times 10^2$	$3.5 \times 10^2$
СВМПЭ — 50% ФС	$5.1 \times 10^1$	$1.9 \times 10^2$	$2.9 \times 10^2$	$4.3 \times 10^2$	$4.3 \times 10^2$
СВМПЭ — 70% ФС	$6.1 \times 10^1$	$3.8 \times 10^2$	$5.5 \times 10^2$	$7.7 \times 10^2$	$7.9 \times 10^2$
СВМПЭ — 90% ФС	$5.0 \times 10^1$	$4.5 \times 10^2$	$7.5 \times 10^2$	$8.8 \times 10^2$	$8.9 \times 10^2$
Катионит КУ-2-8	$2.8 \times 10^1$	$5.1 \times 10^1$	$7.1 \times 10^1$	$8.6 \times 10^1$	$9.6 \times 10^1$

В ходе эксперимента установлено, что пленки, содержащие 70 и 90 % феррита стронция, сорбируют радионуклиды стронция-90 в два раза эффективнее, чем образец сравнения — синтетическая ионообменная смола. Положительным моментом является и то, что эти композиты способны работать, покрывая очищаемые поверхности, тем самым экранируя загрязненные водоемы от окружающей среды и эффективно извлекая радионуклиды, так как содержат открытые и закрытые поры мезо- и макро размера [12], обеспечивающие положительную плавучесть пленок.

Также известно, что некоторые алюмосиликаты, а также ферроцианиды, имеют высокую сорбционную способность не только к радионуклиду стронция-90, но и к другим радионуклидам [6]. В качестве сорбентов использовали наполненные

пористые пленки СВМПЭ, содержащие ферроцианид никеля и цеолит Na-A с разной степенью наполнения.

Результаты экспериментов по сорбции радионуклидов стронция-90 приведены в таблице 2.

Результаты экспериментов по сорбции радионуклидов цезия-137 приведены в таблице 3.

**Таблица 2** — Изменение радиационной активности растворов, содержащих радионуклиды  $^{90}\text{Sr}$ , при его сорбции композиционными сорбентами на основе ферроцианида никеля и цеолита Na-A и смолой КУ-2-8

Сорбент	Коэффициент распределения радионуклидов $^{90}\text{Sr}$ ( $\text{см}^3 / \text{г}$ ) при разном времени контакта сорбента с раствором, сут				
	1	3	7	14	30
СВМПЭ — 10% ФЦН	$7.9 \times 10^2$	$1.7 \times 10^3$	$3.6 \times 10^3$	$8.1 \times 10^3$	$8.2 \times 10^3$
СВМПЭ — 30% ФЦН	$8.7 \times 10^2$	$5.3 \times 10^3$	$1.3 \times 10^4$	$2.0 \times 10^4$	$2.1 \times 10^4$
СВМПЭ — 50% ФЦН	$9.4 \times 10^2$	$8.2 \times 10^3$	$2.3 \times 10^4$	$2.9 \times 10^4$	$3.1 \times 10^4$
СВМПЭ — 70% ФЦН	$1.2 \times 10^3$	$9.5 \times 10^3$	$2.6 \times 10^4$	$3.1 \times 10^4$	$3.2 \times 10^4$
СВМПЭ — 10% Ц	$1.9 \times 10^1$	$2.7 \times 10^1$	$3.6 \times 10^1$	$8.1 \times 10^1$	$8.1 \times 10^1$
СВМПЭ — 30% Ц	$8.7 \times 10^1$	$5.3 \times 10^1$	$1.3 \times 10^2$	$2.0 \times 10^2$	$2.2 \times 10^2$
СВМПЭ — 50% Ц	$9.4 \times 10^1$	$8.2 \times 10^1$	$2.3 \times 10^2$	$4.4 \times 10^2$	$4.6 \times 10^2$
СВМПЭ — 70% Ц	$1.2 \times 10^1$	$9.5 \times 10^1$	$2.6 \times 10^2$	$5.0 \times 10^2$	$5.2 \times 10^2$
Катионит КУ-2-8	$2.8 \times 10^1$	$5.1 \times 10^1$	$7.1 \times 10^1$	$8.6 \times 10^1$	$9.6 \times 10^1$

**Таблица 3** — Изменение радиационной активности растворов, содержащих радионуклиды  $^{137}\text{Cs}$ , при его сорбции композиционными сорбентами на основе ферроцианида никеля и цеолита и смолой КУ-2-8

Сорбент	Коэффициент распределения радионуклидов $^{137}\text{Cs}$ ( $\text{см}^3 / \text{г}$ ) при времени контакта сорбента с раствором, сут				
	1	3	7	14	30
СВМПЭ — 10% ФЦН	$9.2 \times 10^2$	$2.4 \times 10^3$	$5.8 \times 10^3$	$8.1 \times 10^3$	$1.2 \times 10^4$
СВМПЭ — 30% ФЦН	$9.7 \times 10^2$	$9.1 \times 10^3$	$1.1 \times 10^4$	$1.9 \times 10^4$	$2.1 \times 10^4$
СВМПЭ — 50% ФЦН	$9.2 \times 10^2$	$7.3 \times 10^3$	$3.6 \times 10^4$	$4.3 \times 10^4$	$4.9 \times 10^4$
СВМПЭ — 70% ФЦН	$1.6 \times 10^3$	$9.2 \times 10^3$	$3.8 \times 10^4$	$4.8 \times 10^4$	$5.2 \times 10^4$
СВМПЭ — 10% Ц	$5.2 \times 10^1$	$4.3 \times 10^1$	$5.5 \times 10^1$	$7.8 \times 10^1$	$8.1 \times 10^1$
СВМПЭ — 30% Ц	$6.3 \times 10^1$	$4.6 \times 10^1$	$1.1 \times 10^2$	$1.9 \times 10^2$	$2.2 \times 10^2$
СВМПЭ — 50% Ц	$7.5 \times 10^1$	$9.3 \times 10^1$	$1.4 \times 10^2$	$2.5 \times 10^2$	$2.7 \times 10^2$
СВМПЭ — 70% Ц	$4.7 \times 10^1$	$8.6 \times 10^1$	$1.2 \times 10^2$	$2.1 \times 10^2$	$2.6 \times 10^2$
Катионит КУ-2-8	$3.2 \times 10^1$	$4.9 \times 10^1$	$7.0 \times 10^1$	$8.2 \times 10^1$	$8.3 \times 10^1$

## Выводы и рекомендации

1. В результате проведенных исследований показана высокая селективность сорбента, содержащего частицы ферроцианида никеля, к радионуклидам цезия-137 и стронция-90 (таблицы 2 и 3).

2. Полученные пленочные материалы, наполненные цеолитом, сорбируют  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  на порядок выше, чем обычно применяемая для этих целей смола КУ-2-8, а композиты, наполненные ферроцианидом никеля, на 4 порядка выше.

Такие сорбенты могут быть рекомендованы как для обработки радиоактивных водных сред в емкостях хранения жидких радиоактивных отходов, так и в процессе эксплуатации энергетических установок для концентрирования радионуклидов из технологических вод реактора. Кроме того, сам сорбент выполнен в виде тонкой высоконаполненной пористой пленки (толщина пленок составляет от 20 до 32 мкм), что увеличивает кинетику сорбции радионуклидов. Выход на равновесное содержание радионуклидов наступает примерно через 14 суток.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Савкин А. Е., Дмитриев С. А., Лифанов Ф. А. и др. Возможность применения сорбционного метода для очистки жидких радиоактивных отходов АЭС. *Радиохимия*, 1999, т. 41, № 2, с. 172–176.
- [2]. Милютин В. В., Некрасова Н. А., Козлитин Е. А. Селективные неорганические сорбенты в современной прикладной радиохимии. *Труды Кольского научного центра РАН*, 2015, № 5, с. 418–421.
- [3]. Савкин А. Е. Переработка кубовых остатков АЭС с использованием селективных сорбентов: Автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук, М., 1999, 24 с.
- [4]. Корчагин Ю. П. Исследование и применение селективных неорганических сорбентов для совершенствования систем переработки жидких радиоактивных отходов АЭС: Автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. М., 1999. 24 с.
- [5]. Шарыгин Л. М., Моисеев В. Е., Пышкин В. П., Нежков П. Ф., Кузьмина Р. В., Галкин В. М., Брагин В. Б., Цех А. Р. Дезактивация низкоактивных стоков АЭС селективными неорганическими сорбентами. *Атомная энергия*, 1987, т. 62, № 1. с. 31–33.
- [6]. Пан Л. С., Бахирева О. И., Балабенко Е. А., Аншкенис А. И., Вольхин В. В. Синтез биосорбентов на основе морских водорослей для извлечения цезия из водных сред. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология*, 2010, № 11, с. 143–149.
- [7]. Спасюк С. Д., Корнейков Р. И. Сорбционное извлечение катионов металлов из водных сред гидрофосфатами оксититана(IV) различного состава. *Труды Кольского научного центра РАН*, 2017, № 5, с. 191–198.
- [8]. Зеленин П. Г., Тюпина Е. А., Милютин В. В. Синтез и сорбционные свойства мелкодисперсных ферроцианидных сорбентов. *Успехи в химии и химической технологии*, 2017, т. 31, № 10, с. 7–9.
- [9]. Милютин В. В., Гелис В. М., Пензин Р. А. Сорбционно-селективные характеристики неорганических сорбентов и ионообменных смол по отношению к цезию и стронцию. *Радиохимия*, 1993, т. 35, № 3, с. 76–78.
- [10]. Рыженьков А. П., Егоров Ю. В. Сорбция стронция-90 из пресных вод в процессе сульфатного модифицирования манганита бария. *Радиохимия*, 1995, т. 37, вып. 6, с. 549–553.

[11]. Мясоедова Г. В., Никашина В. А. Сорбционные материалы для извлечения радионуклидов из водных сред. *Российский химический журнал*, 2006, № 5, с. 55–63

[12]. Кузнецов А. Ю. Получение и исследование свойств дисперснонаполненных композиционных материалов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена: Автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук, С-Пб., 2022, 16 с.

**Кузнецов Андрей Юрьевич** — канд. техн. наук, доцент, кафедра наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов им. А. И. Меоса, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна (Российская Федерация, 191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 18).

**Янченко Святослав Степанович** — канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник государственного научного технического учреждения «Центр по ядерной и радиационной безопасности» МЧС Республики Беларусь (Республика Беларусь, 220067, Минск, ул. Шпилевского, д. 59-7Н).

**Лысенко Александр Александрович** — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой, кафедра наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов им. А. И. Меоса, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна (Российская Федерация, 191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 18).

# Sorption of strontium and cesium radionuclides from aqueous solutions with polymer sorbents

A. Yu. Kuznetsov<sup>\*,1</sup>, S. S. Yanchenko<sup>\*\*</sup>, A. A. Lysenko<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup> Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design,  
Saint Petersburg, Russia

<sup>\*\*</sup> «Center for Nuclear and Radiation Safety» of the Ministry of Emergencies of the  
Republic of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

---

## Abstract

The kinetics of <sup>90</sup>Sr and <sup>137</sup>Cs radionuclide sorption from aqueous media by porous film polymeric sorbents based on ultra-high molecular weight polyethylene filled with disperse sorbents — strontium ferrite, nickel ferricyanide and Na-A zeolite and also ion-exchange sorbent KU-2-8 cationic exchange resin was studied. An increase in the efficiency of radionuclide sorption by sorbents containing strontium ferrite and Na-A zeolite exceeds by one order of magnitude and by sorbents containing nickel ferricyanide exceeds by 3 orders of magnitude as compared adsorption activity KU-2-8 cationic exchange resin was shown.

## Keywords

Porous polymeric sorbents, radionuclides, strontium-90, cesium-137, ultra-high molecular weight polyethylene, nickel ferrocyanide, strontium ferrite, Na-A zeolite.

---

## REFERENCES

- [1]. Savkin A. E., Dmitriev S. A., Lifanov F. A. et al. *Vozможnost' primeneniya sorbcionnogo metoda dlya oчитки zhidkih radioaktivnyh othodov AES* [Possibility of Application of the Sorption Method for Liquid Radioactive Waste Treatment], *Radiohimiya [Radiochemistry]*, 1999, vol. 41, No.2, pp. 172–176. (In Russ.)
- [2]. Milyutin V. V., Nekrasova N. A., Kozlitsin E. A. *Selektivnye neorganicheskie sorbenty v sovremennoj prikladnoj radiohimii* [Selective inorganic sorbents in modern applied radiochemistry]. *Trudy Kol'skogo nauchnogo centra RAN [Proceedings of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]*, 2015, No. 5, pp. 418–421. (In Russ.)
- [3]. Savkin A. E. *Pererabotka kubovyh ostatkov AES s ispol'zovaniem selektivnyh sorbentov* [Processing of Nuclear Power Plant Waste Cube Residues Using Selective Sorbents]: Avtoref. dis. na soiskanie uchenoj stepeni kand. tekhn. nauk [Ph.D. in Technical Sciences], Moscow, 1999, 24 p. (In Russ.)
- [4]. Korchagin Yu. P. *Issledovanie i primeneniye selektivnyh neorganicheskikh sorbentov dlya sovershenstvovaniya sistem pererabotki zhidkih radioaktivnyh othodov AES* [Research and Application of Selective

---

<sup>1</sup> Corresponding author:  
Email: aky3@yandex.ru

Inorganic Sorbents to Improve Liquid Radioactive Waste Treatment Systems at NPPs]: Avtoref. dis. na soiskanie uchenoj stepeni kand. tekhn. nauk [Ph.D. in Technical Sciences], Moscow, 1999, 24 p. (In Russ.)

[5]. Sharygin L. M., Moiseev V. E., Pyshkin V. P., Nezhkov P. F., Kuzmina R. V., Galkin V. M., Bragin V. B., Tsekh A. R. Dezaktivaciya nizkoaktivnyh stokov AES selektivnymi neorganichesкими sorbentami [Decontamination of NPP Low Level Waste by Selective Inorganic Sorbents]. *Atomnaya energiya* [Atomic Energy], 1987, vol. 62, pp. 31–33. (In Russ.)

[6]. Pan L. S., Bakhireva O. I., Balabenko E. A., Anshkenis A. I., Volkhin V. V. Sintez biosorbentov na osnove morskih vodoroslej dlya izvlecheniya ceziya iz vodnyh sred [Synthesis of biosorbents based on seaweed for cesium extraction from aqueous media]. *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Himicheskaya tekhnologiya i biotekhnologiya* [Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Chemical Technology and Biotechnology Publ.], 2010, No. 11, pp. 143–149. (In Russ.)

[7]. Spasyuk S. D., Kornejko R. I. Sorbcionnoe izvlechenie kationov metallov iz vodnyh sred gidrofosfatami oksotitana(IV) razlichnogo sostava. [Sorptions dilution of metal cations from water waters with hydroxathitane (IV) hydrophosphates of separated composition] *Trudy Kol'skogo nauchnogo centra RAN* [Work of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences Publ.], 2017, № 5, pp. 191–198. (In Russ.)

[8]. Zelenin P. G., Tyupina E. A., and Milyutin V. V. Sintez i sorbcionnye svojstva melkdispersnyh ferrocianidnyh sorbentov

[Synthesis and sorption properties of finely dispersed ferrocyanide sorbents]. *Uspekhi v himii i himicheskoy tekhnologii* [Advances in Chemistry and Chemical Technology Publ.], 2017, vol. 31, No. 10, pp. 7–9. (In Russ.)

[9]. Milyutin V. V., Gelis V. M., Penzin R. A. Sorbcionno-selektivnye harakteristiki neorganicheskih sorbentov i ionoobmennyh smol po otnosheniyu k ceziyu i stronciyu [Sorption-selective characteristics of inorganic sorbents and ion-exchange resins in relation to cesium and strontium]. *Radiohimiya* [Radiochemistry], 1993, vol. 35, № 3, pp. 76–78. (In Russ.)

[10]. Ryzhenkov A. P., Egorov Yu. V. Sorbciya stronciya-90 iz presnyh vod v processe sul'fatnogo modificirovaniya manganita bariya [Sorption of strontium-90 from fresh water during sulfate modification of barium manganite]. *Radiohimiya* [Radiochemistry], 1995, vol. 37, is. 6, pp. 549–553. (In Russ.)

[11]. Myasoedova G. V., Nikashina V. A. Sorbcionnye materialy dlya izvlecheniya radionuklidov iz vodnyh sred [Sorption materials for extracting radionuclides from aqueous media]. *Rossijskij himicheskij zhurnal* [Russian Chemical Journal], 2006, № 5, pp. 55–63. (In Russ.)

[12]. Kuznetsov A. Yu. Poluchenie i issledovanie svojstv dispersnonapolnennyh kompozicionnyh materialov na osnove sverhвысокмолекулярного полиэтилена [Preparation and study of the properties of dispersion-filled composite materials based on ultra-high molecular weight polyethylene]: Avtoref. dis. na soiskanie uchenoj stepeni kand. tekhn. nauk [Ph.D. in Technical Sciences], Saint-Petersburg, 2022, 16 p. (In Russ.)

**Kuznetsov A. Yu.** — Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Professor, Department Nanostructural, fiber- and composite materials, Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design (Bolshaya Morskaya st., 18, Saint-Petersburg, 191186, Russian Federation).

**Yanchenko S. S.** — Cand. Sc. (Phys. and Math.), Senior Researcher, State Scientific Technical Institution «Center for Nuclear and Radiation Safety», Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus (Shpilevsky st., 59-7N, Minsk, 220067, Republic of Belarus).

**Lysenko A. A.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Department Nanostructural, fiber- and composite materials, Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design (Bolshaya Morskaya st., 18, Saint-Petersburg, 191186, Russian Federation).

**Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:**

Сорбция радионуклидов стронция и цезия из водных сред полимерными сорбентами / А. Ю. Кузнецов, С. С. Янченко, А. А. Лысенко // Промышленные процессы и технологии. 2022. Т. 2. № 5(7). С. 23 – 31.

DOI: 10.37816/2713-0789-2022-2-5(7)-23-31

**Please cite this article as:**

Kuznetsov A. Y., Yanchenko S. S., Lysenko A. A. Sorption of strontium and cesium radionuclides from aqueous solutions with polymer sorbents. Industrial processes and Technologies, 2022, vol. 2, no. 5(7), pp. 23 – 31.

DOI: 10.37816/2713-0789-2022-2-5(7)-23-31