

## ТРЕТЬЯ ПРЕМИЯ

### ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ СУЛЬФОЭТИЛИРОВАНИЯ ПОЛИАЛЛИЛАМИНА НА СЕЛЕКТИВНОСТЬ СОРБЦИИ ИОНОВ СЕРЕБРА (I) ИЗ АММИАЧНО-АЦЕТАТНОГО БУФЕРНОГО РАСТВОРА

*Лопунова К. Я., Алифханова Л. М. к., Петрова Ю. С., Неудачина Л. К.*  
Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия  
[lopunova.97@mail.ru](mailto:lopunova.97@mail.ru)

**Аннотация.** Определены значения статической и динамической обменной емкости сульфэтилированного полиаллиламина по гидроксид-ионам. Исследовано влияние кислотности среды раствора на сорбцию ионов переходных и щелочноземельных металлов сульфэтилированным полиаллиламином при их совместном присутствии в аммиачно-ацетатном буферном растворе в статических условиях. Установлено, что увеличение степени сульфэтирования приводит к увеличению селективности концентрирования ионов серебра (I) по сравнению с ионами меди (II) из растворов сложного состава.

**Ключевые слова:** сорбция, селективность, сульфэтилированный полиаллиламин, ионы металлов.

### INFLUENCE OF SULFOETHYLATION DEGREE OF POLYALLYLAMINE ON SELECTIVITY SORPTION OF SILVER (I) IONS IN AMMONIUM- ACETATE BUFFER SOLUTION

*Lopunova K., Alifkhanova L., Petrova Yu., Neudachina L.*

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia  
[lopunova.97@mail.ru](mailto:lopunova.97@mail.ru)

**Abstract.** The values of the static and dynamic exchange capacity sulfoethylated polyallylamine by hydroxide ions. The effect of the acidity of the solution on the sorption medium ions of transition and alkaline earth metals by sulfoethylated polyallylamine at their joint presence in ammonium-acetate buffer solution under static conditions. It is found that increasing the degree sulfoethylation increases the selectivity of the concentration of silver ions (I) in comparison with copper ions (II) from solutions of complex composition.

**Key words:** sorption, selectivity, sulfoethylated polyallylamine, metal ions.

Серебро и его соединения широко применяются в различных отраслях промышленности, медицине, фотографии, для изготовления ювелирных изделий. С другой стороны, серебро является потенциально токсичным и канцерогенным элементом [1] и может накапливаться в организме человека, попадая туда с водой или пищей. Современные спектральные методы не всегда обеспечивают необходимую чувствительность определения серебра, что определяет необходимость использования методов разделения и концентрирования на стадии пробоподготовки. Наиболее перспективным в этом отношении является применение комплексообразующих сорбентов, позволяющее в ряде случаев добиться высоких значений коэффициентов концентрирования и селективного извлечения отдельных ионов металлов, а следовательно, значительно упростить состав элюата по сравнению с исходной пробой.

Для сорбционного концентрирования различных аналитов применяются материалы как природного, так и синтетического происхождения на органической и неорганической матрице. Среди всех синтетических органических сорбентов относительно малоизученными являются материалы на основе полиаллиламина, что связано с относительно высокой стоимостью данного полимера. Тем не менее высокое содержание аминогрупп в его составе (низкая молекулярная масса звена полимера) создает хорошие предпосылки для синтеза материалов на основе ПАА, потенциально обладающих высокой емкостью.

Объектом настоящего исследования является сульфэтилированный полиаллиламин, сшитый эпихлоргидрином, со степенями модифицирования, равными 0.5 и 1.0. Сорбент синтезирован в лаборатории органических материалов Института органического синтеза УрО РАН под руководством к.х.н. Пестова А. В. путем полимераналогичных превращений полиаллиламина.

Сорбционная емкость сорбента определяется количеством химически активных групп, содержащихся в его составе, и характеризует максимально возможное количество ионов, способных извлекаться данным материалом из раствора в определенных условиях. Методом обратного кислотно-основного титрования определены значения статической и динамической обменной емкости (СОЕ и ДОЕ) по гидроксид-ионам сульфэтилированного полиаллиламина с различными степенями модифицирования. Установлено, что емкость сорбента уменьшается с увеличением степени его модифицирования, что коррелирует с данными элементного анализа. Равновесная степень

набухания сорбентов составила 0.20 и 0.63 г (H<sub>2</sub>O)/ г (сорбента) для СЭПАА 0.5 и СЭПАА 1.0, соответственно. Из полученных данных видно, что степень набухания исследуемых материалов увеличивается с увеличением содержания гидрофильных сульфогрупп в их составе.

Методом ограниченного объема исследовано влияние кислотности аммиачно-ацетатного буферного раствора на сорбцию ионов серебра (I), меди (II), кадмия (II), никеля (II), кобальта (II), цинка (II), кальция (II), магния (II), бария (II), стронция (II) СЭПАА. Установлено, что исследуемые сорбенты в наибольшей степени извлекают ионы серебра (I) в интервале рН 4.0–7.0. Наибольшее мешающее влияние при этом оказывают ионы меди (II). Сорбция остальных ионов металлов в значительной степени подавляется.

При различных значениях кислотности среды рассчитаны коэффициенты селективности  $K_{Ag(I)/Cu(II)}$  СЭПАА, приведенные в таблице.

Таблица 1. Влияние кислотности среды аммиачно-ацетатного буферного раствора на коэффициенты селективности  $K_{Ag(I)/Cu(II)}$  сорбентов на основе сульфозетилированных аминополимеров со степенями модифицирования 0.5 и 1.0

Сорбент	Степень модифицирования	$K_{Ag(I)/Cu(II)}$ *						Источник
		рН 4.5	рН 5.0	рН 5.5	рН 6.0	рН 6.5	рН 7.0	
СЭПАА	0.5	$\gg 10^3$	443	173	93	79	12	Наст. работа
	1.0	15	$\gg 10^3$	262	130	16	2.9	
СЭПАС	0.5	н.д.	н.д.	34.7	30.8	23.2	26.2	[2]
	1.0	н.д.	н.д.	213	268	11.5	8.3	[3]
СЭХ	0.5	н.д.	н.д.	н.д.	5.4	4.5	2.6	[4]

\*н.д. – нет данных

Сравнение величин коэффициентов селективности  $K_{Ag(I)/Cu(II)}$  для других сульфозетилированных аминополимеров: полисульфозетиламиностирола (СЭПАС) [2, 3] и сульфозетилхитозана (СЭХ) [4] показывает, что сорбент на основе ПАА проявляет наибольшую селективность сорбции серебра (I), а именно позволяет избирательно извлекать данный ион в присутствии ряда сопутствующих ионов металлов. Показано, что с увеличением степени сульфозетилирования СЭПАА коэффициенты селективности  $K_{Ag(I)/Cu(II)}$  увеличиваются в интервале рН 5.0–6.0. В частности понижение основности атома азота аминогруппы приводит к понижению устойчивости комплексных соединений, образующихся в фазе сорбента и, как следствие, дифференцированию свойств по отношению к ионам металлов.

Таким образом, выявлены закономерности влияния степени модифицирования СЭПАА на сорбцию ионов переходных и щелочноземельных

металлов. Показано, что увеличение степени сульфэтилирования приводит к увеличению селективности концентрирования ионов серебра (I) по сравнению с ионами меди (II) из растворов сложного состава.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Скальный А. В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. – М. : Мир, 2004. – 216 с.
2. Петрова Ю. С., Алифханова Л. М. к., Неудачина Л. К. и др. Сульфэтилированный полиаминостирол: синтез в геле и селективность сорбции ионов серебра (I) и меди (II) // Журнал прикладной химии. – 2016. – Т. 89, № 9. – С. 1211–1216.
3. Алифханова Л. М. к. Извлечение ионов металлов сорбентами на основе сульфэтилированного полиаминостирола : маг. дис. / УрФУ. – Екатеринбург, 2017. – 72 с.
4. Petrova Y. S., Pestov A. V., Usoltseva M. K. et al. Selective adsorption of silver (I) ions over copper (II) ions on a sulfoethyl derivative of chitosan // Journal of Hazardous Materials. – 2015. – V. 299. – P. 696–701.