

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ  
СИНТЕЗИРОВАННЫХ ИОНИТОВ**

***Бердиева Малика Ибодуллоевна***

*с.н.с-соискатель Ташкентского химико-технологического института,  
100011, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул.Навои, д. 36  
E-mail: [salomov34@gmail.com](mailto:salomov34@gmail.com)*

***Туробжонов Садриддин Махаматдинович***

*д-р техн. наук, профессор,  
ректор Ташкентского химико-технологического института  
100011, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул.Навои, д. 36  
E-mail: [tur\\_sad@mail.ru](mailto:tur_sad@mail.ru)*

***Назирова Рано Агзамовна***

*д-р тех. наук, профессор, Ташкентского химико-технологического института  
100011, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Навои, д. 36*

**RESEARCH OF THERMAL STABILITY OF SYNTHESIZED IONITES**

***Malika Berdieva***

*Senior research scientist, Applicant of Tashkent Institute of Chemical Technology,  
100011, Uzbekistan, Tashkent, Navoi Str., 36*

***Sadriddin Turobjonov***

*Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
Rector of Tashkent Institute of Chemical Technology,  
100011, Uzbekistan, Tashkent, Navoi Str., 36*

***Rano Nazirova***

*Doctor of Engineering Sciences,  
Professor of Tashkent Institute of Chemical Technology,  
100011, Uzbekistan, Tashkent, Navoi Str., 36*

## **АННОТАЦИЯ**

Внедрение ионитов в высокотемпературные производственные процессы лимитируется недостаточной термостойкостью многих марок ионитов, выпускаемых промышленностью. Поэтому всестороннее изучение термической устойчивости ионитов имеет важное теоретическое и практическое значение. Химическая устойчивость ионитов является одним из важных показателей при оценке их важных показателей физико-химических свойств и имеет практическое значение, так как дает возможность заранее определить области применения ионитов, условия их эксплуатации и хранения. Методом дифференциально-термического анализа исследована и изучена термостойкость полученных ионитов на воздухе, в воде, в водных растворах щелочей и кислот. Термическую устойчивость характеризовали по изменению обменной емкости, набухаемости, потери веса катионита. Для исследования термической устойчивости в воде полученных сульфо- и фосфорнокислых катионитов определенная навеска ионита подвергалась термообработке при температуре кипения воды в течение 30 часов. Данные приведенные в таблице 3 позволяют судить о достаточно высокой химической, устойчивости полученного фосфорнокислого катионита в растворах кислот и щелочей.

## **ABSTRACT**

The introduction of ionites into high temperature manufacturing processes is limited by the lack of heat resistance of many types of ionites produced by the industry. Therefore, a comprehensive study of ionites thermal stability has important theoretical and practical significance. Ionites chemical resistance is one of the important indicators in evaluation of their important indicators of physical and chemical properties and has practical value as it makes possible to determine ionites application fields, conditions of their use and storage. Thermal stability of obtained ionites in the air, in water, in aqueous solutions of alkalis and acids is investigated and studied by the method of differential and thermal analysis. Thermal stability is characterized according to the modification of the exchange capacity, swelling ability and weight loss of the cationite. To study thermal stability of

obtained sulfo- and phosphate cationites in water, a specific ionite sample is heat treated at the temperature of boiling water during 30 hours. Data, shown in the table 3, allow us to judge about high chemical stability of the resulting phosphate cationite in the acid and alkaline solutions.

**Ключевые слова:** термостойкость, химическая устойчивость, ионит, дифференциально-термический анализ, набухаемость, обменная емкость, катионит, термическая устойчивость, сульфокатионит, фосфорнокислый катионит, термогравиметрический метод.

**Keywords:** temperature resistance, chemical resistance, ion exchanger, differential thermal analysis, swelling, exchange capacity, cation, thermal stability, sulfonic cationite, phosphate cation exchanger, thermogravimetric method.

**Введение.** За последнее время круг вопросов, для решения которых используется ионообменные полимеры, расширился. В производственных условиях ионообменные полимеры часто приходится использовать в водных растворах щелочей, кислот при повышенных температурах, в теплоэнергетике и других высокотемпературных режимах [1, с. 38–40; 2, с. 346–350]. Большинство ионитов, особенно поликонденсационного типа, как уже отмечалось в литературном обзоре, отличается пониженной термо-химостойкостью, вследствие чего их применение ограничено. Внедрение ионитов в высокотемпературные производственные процессы лимитируется недостаточной термостойкостью многих марок ионитов, выпускаемых промышленностью, а также малыми сведениями о их термостабильности [2, с. 346–350]. Поэтому всестороннее изучение термической устойчивости ионитов имеет важное теоретическое и практическое значение, так как позволяет определить допустимые пределы температур, а также рекомендовать ионообменные полимеры для работы при повышенных температурах.

**Целью настоящего** исследования является изучение термостойкости полученных ионитов на воздухе, в воде, в водных растворах щелочей и кислот, а также методом дифференциально-термического анализа. Термическую устойчивость характеризовали по изменению обменной емкости, набухаемости, потери веса катионита. **Термостойкость ионитов в воде.** Изменения обменной емкости синтезированных катионитов в водородной форме при термообработке в воде при 100 °С приведены в таблице 1. Из данных таблицы 1 следует, что обменная емкость полученных сульфо- и фосфорнокислых катионитов незначительно после нагревания в воде уменьшается, это связано с процессом термического десульфирования и дефосфорилирования, который представляет собой реакцию гидролиза, в результате чего в водную фазу переходят  $\text{PO}_4^{3-}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  ионы. Таким образом, о термостойкости этих катионитов можно косвенно судить также и по нарастанию кислотности водной вытяжки.

**Экспериментальная часть.** Для исследования термической устойчивости в воде полученных сульфо- и фосфорнокислых катионитов определенная навеска ионита подвергалась термообработке при температуре кипения воды в течение 30 часов. О термостойкости судили по изменению pH водной вытяжки (pH воды=5,8). Водные вытяжки после термообработки имели слабокислотную реакцию (pH фильтрата 3,6-5,8). При этом величина обменной емкости по сильнокислотным группам после термообработки сульфокатионита уменьшается на 0,78 %. Полная обменная емкость фосфорнокислого катионита уменьшилась на 0,65 %. Результаты термообработки синтезированного сульфокатионита в воде в течение 100 часов представлены в таблице 1, где для сравнения приведены данные о термостойкости сульфокатионита на основе фурфурола и промышленных катионитов КУ-1.

Таблица 1.

**Термическая устойчивость катионитов в воде  
(температура прогрева 100°С, время прогрева 100 ч.)**

Тип катионита	СОЕ до обработки по 0,1н. раствору, мг-экв/г		Потери СОЕ, %	Удельный объем набухшего катионита, мг/г	
	NaOH	NaCl		до	после
				термообработки	
Полученный сульфокатионит	5,8	1,8	6,8	2,7	2,7
Сульфокислотный (β-нафталин сульфокислоты и фурфурол)	3,3	2,1	6	3,65	6,5
КУ-1 (фенол-сульфо кислоты и формальдегид)	4,2	2,1	14	3,5	3

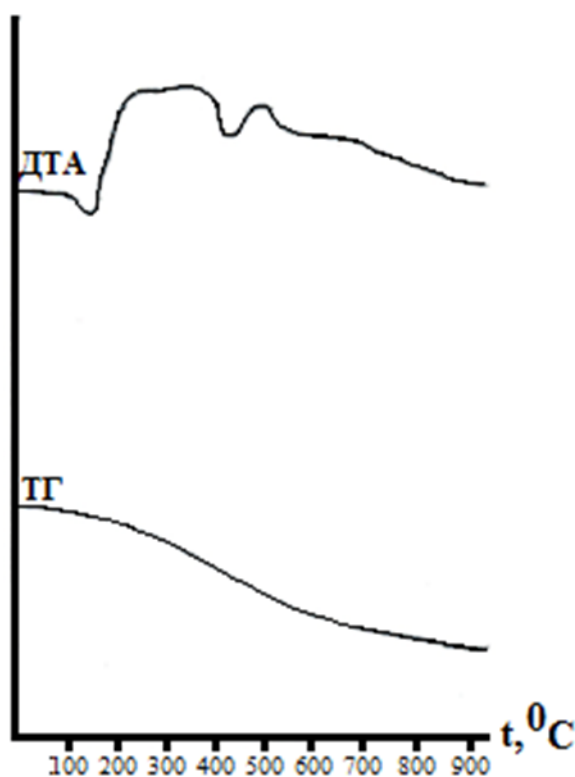
Данные таблицы 1 свидетельствуют о высокой термической устойчивости в воде синтезированного сульфокатионита. Результаты исследований по изучению термостабильности синтезированного фосфорнокислого катионита при 100°С, 150°С, 180°С представлены в таблице 2, где для сравнения приведены свойства фосфорнокислого катионита РФ поликонденсационного и СФ полимеризационного типа, взятые из литературы [2, с. 346–350].

Таблица 2.

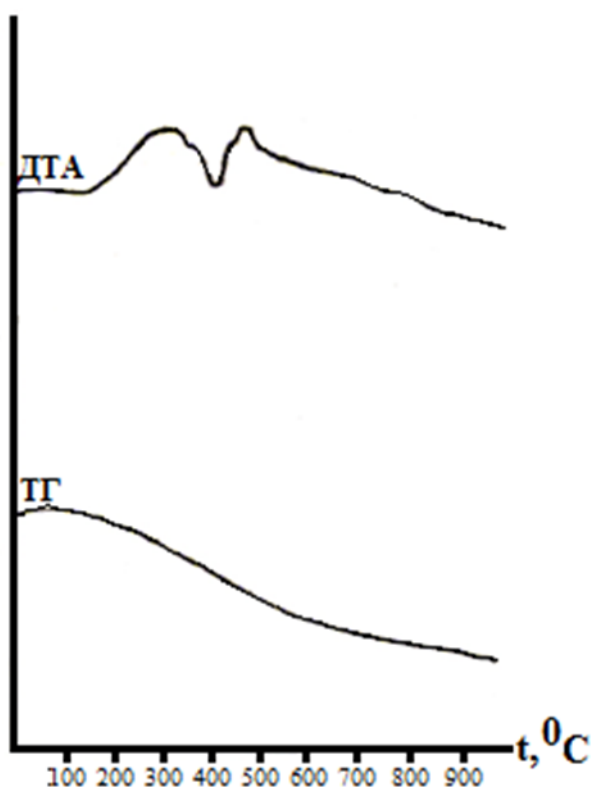
**Термическая устойчивость фосфорнокислых катионитов в воде**

Катиониты	Показатели	Единица измерения	До термообработки	После термообработки				
				100°С			150°С	180°С
				10 часов	24 часа	48 часов	48 часов	48 часов
Полученный фосфорнокислый катионит	Статическая обменная емкость по 0,1 N раствору NaOH	мг-экв/г	6,5	6,5	6,5	6,4	5,9-5,8	5,6
	Насыпной вес	г/мл	0,68	0,68	0,68	0,68	0,55	0,50
	Удельный объем	мл/г	3,5	3,5	3,5	3,5	3,2	3,18
РФ (на основе фенола, резорцина и формальдегида)	Статическая обменная емкость по 0,1 N раствору NaOH	мг-экв/г	4,45	-	-	1,98	0,89	0,54
СФ (полистирол фосфоновокислотный)	Статическая обменная емкость по 0,1 N раствору NaOH	мг-экв/г	6,45	-	-	6,45	6,26	5,93

Из данных таблицы 2 видно, что свойства полученного фосфорнокислого катионита после термообработки при 100 °С в течение 10, 24 и 48 часов почти не изменились. Незначительные изменения величины обменной емкости наблюдаются при термообработки в течение 48 часов при 150 °С и 180 °С, тогда как у катионита РФ величина обменной емкости после термостойкости в тех же условиях уменьшается почти на 65–85 %, а у СФ на 8 %. На основании экспериментальных исследований следует, что полученный фосфорнокислый катионит по устойчивости к термогидролизу превосходит поликонденсационный катионит РФ и приближает к термической устойчивости полистирол-фосфоновокислотного катионита СФ. Термическую устойчивость полученного сульфо- и фосфорнокислых катионитов на воздухе исследовали также термогравиметрическим методом анализа. На рисунках 1 и 2 представлены дифференциально-термические кривые исследуемых катионитов. Кривые нагревания характеризуются двумя эндотермическими пиками. Рис. 1.



*Рисунок 1. Дериwатограмма сульфокатионита  
А – температура, °С, Б – потеря веса навески, %.*



*Рисунок 2. Дериватограмма фосфорнокислого катионита  
А – температура, °С, Б – потеря веса навески, %*

Первый эндотермический эффект можно отнести к обезвоживанию ионита, который имеет место при 120–130 °С и при 100–140 °С – для фосфорнокислого катионита. Отщепление функциональных групп катионитов начинается при температурах порядка от 280 °С до 450 °С, которому соответствует второй эндотермический пик. Каркас катионитов на основе фурфурола очень устойчив к действию температур. При нагреве катионитов до 1000 °С в течение 50 минут потеря в весе достигает 40–50 %, при этом внешний вид полимеров не изменяется. **Химическая устойчивость ионитов.** Химическая устойчивость ионитов является одним из важных показателей при оценке их важных показателей физико-химических свойств и имеет практическое значение, так как дает возможность заранее определить области применения ионитов, условия их эксплуатации и хранения. Химическая устойчивость исследуемого катионита определялась по изменению обменной емкости после воздействия 5N растворов серной кислоты, едкого натрия и 10 %-ного раствора перекиси водорода. Обменная емкость после контакта с 5N раствором H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> сульфокатионита уменьшалась на 2,10 %. У фосфорнокислого на 1,45 %. В тех

же условиях при обработке 5 N раствором щелочи потери емкости сульфокатионита составила 1,8 % и 1,04 % для фосфорфорнокислого катионита. Навеска катионита выдерживалась 48 часов, при комнатной температуре в 100 мл 10 %-ного раствора перекиси водорода. Потеря обменной емкости для сульфокатионита составила 3,7 % и 2,03 %, для фосфорнокислого катионита. Известно, что фосфорнокислые катиониты по химической стойкости в кислотных и щелочных средах превосходят сульфо-карбоксильные катиониты [3, с. 328–334]. Для исследования химической устойчивости в зависимости от длительности нагревания фосфорнокислый катионит подвергали термообработке в 0,1N растворе NaOH и 0,1N растворе HCl при 100 °С в течение 10 часов. После термообработки катионит отделяли от раствора кислоты и щелочи тщательно промывали дистиллированной водой, затем обрабатывали последовательно 5 %-ным раствором щелочи, водой и 5 %-ным раствором кислоты и водой, для перевода в H<sup>+</sup>-форму и после этого определяли его физико-химические свойства.

**Резюме.** Свойства катионита после термообработки растворами кислоты и щелочи представлены в таблице 3. Данные приведенные в таблице 3 позволяют судить о достаточно высокой химической устойчивости полученного фосфорнокислого катионита в растворах кислот и щелочей.

**Таблица 3.**

**Химическая устойчивость полученного фосфорнокислого катионита после кипячения в 0,1N растворах NaOH и HCl (t=100 °С)**

Показатели	Единица измерения	До термообработки	После термообработки в растворах			
			0,1N растворе HCl		0,1N растворе NaOH	
			10 часов	48 часов	10 часов	48 часов
Статическая обменная емкость по 0,1 N раствору NaOH	м г-ЭК в/г	6,5	6,5	6,3	6,3	5,8
Насыпной вес	г/мл	0,68	0,68	0,68	0,6	0,62
Удельный объем	мл /г	3,5	3,5	3,5	3,5	3,18



### **Список литературы:**

1. Бердиева М.И., Турсунов Т.Т., Бекмуродова М.Г., Рахматова Н.Ш., Назирова Р.А. Исследование структуры фосфорнокислого катионита поликонденсационного типа Ж // *Kimyo va kimyo texnologiyasi* – 2016. – № 1. – С. 38–40.
2. Иониты и химической технологии / Под ред. Б.П. Никольского и П.Г. Романкова. – Л.: Химия, 1982. – С. 416.
3. Салдадзе К.М., Копылова-Валова В.Д. Комплексообразующие иониты. – М.: Химия, 1980. – С. 336.