

Таблица 1. Условия сульфирования и результаты исследования полученных катионитов

Сульфорирующий агент	Серная кислота	Хлорсульфоновая кислота
Масса сульфорирующего агента, г	36,7	35,3
Масса сополимера, г	5	5
Условия для набухания сополимера	40 мл хлороформа, 3 ч	40 мл хлороформа, 2 ч
Температура сульфирования, °С	90	80–85
Продолжительность сульфирования, ч	3	3
Статическая обменная ёмкость, мг-экв/г	4,6	5,1

Одной из важнейших эксплуатационных характеристик ионообменной смолы является её обменная ёмкость, которая определяется количеством ионов, поглощенных 1 граммом ионита [3]. На основании данного показателя можно судить, насколько полно было проведено сульфирование. Обменная ёмкость была определена в статических условиях, прямым титрованием фильтрата смеси 0,1N раствора гидроксида натрия и 1 грамма сульфокатионита, выдержанной 24 часа.

В качестве титранта использовался раствор 0,1N соляной кислоты. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Список литературы

1. Ровкина Н. М. *Химия и технология полимеров. Получение полимеров методами поликонденсации и полимераналогичных превращений.* – СПб.: Лань, 2019. – 432 с.
2. Леонова М. В. *Сульфирование: Практикум.* – Самара: Самарский государственный технический университет, 2005. – 57 с.
3. Зубакова Л. Б., Тевлина А. С., Даванков А. Б. *Синтетические ионообменные материалы.* – М.: Химия, 1978. – 184 с.

ПОЛУЧЕНИЕ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДНЫХ ДИЕНОВ

Е. А. Резинкина

Научный руководитель – к.х.н., доцент Л. С. Сорока

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет
г. Томск, проспект Ленина, 43, ear22@tpu.ru*

Поиск альтернативного сырья, обладающего рядом характеристик обеспечивающих низкую стоимость, постоянно является актуальным вопросом в любом производственном процессе. На сегодняшний день быстрое развитие промышленности портативных электронных устройств, электромобилей и накопителей энергии требует увеличение удельной мощности и плотности энергии в литий-ионных батареях. Поэтому методы повышения плотности энергии

Таким образом, синтезированные сульфокатиониты обладают статической обменной ёмкостью, которая соответствует ГОСТ 20298-74 (4,6–5,2 мг-экв/г). В силу высокой стоимости и химической агрессивности хлорсульфоновой кислоты, что может затруднить обеспечение безопасности производства, наиболее оптимальным сульфорирующим агентом является концентрированная серная кислота. Однако стоит учитывать, что при проведении сульфирования серной кислотой температура должна поддерживаться не менее 90 °С из-за её меньшей активности, чем у хлорсульфоновой кислоты, а также более длительное набухание исходного сополимера.

коммерческих литий-ионных аккумуляторов являются важной темой исследований. Ключевым фактором, ограничивающим удельную мощность и удельную энергию аккумуляторов, является эффективность катодного материала.

Среди разных катодных материалов в последнее время все большее внимание производителей привлекает сера из-за более высокой теоретической удельной мощности, в том числе из-за теоретической удельной энергии

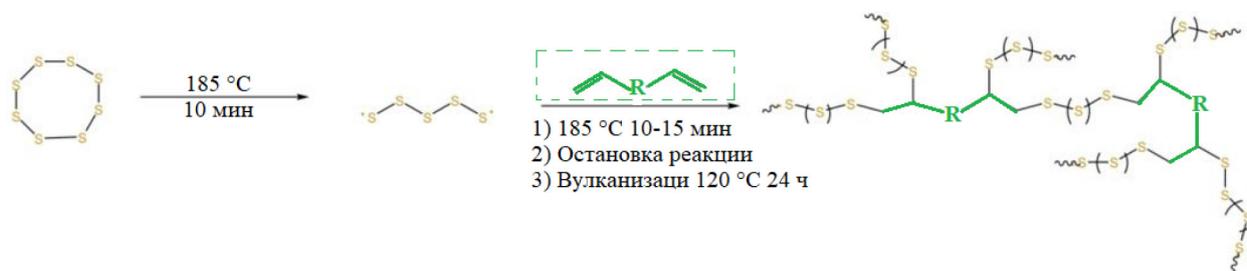


Рис. 1. Схема вулканизации серы с использованием природных мономеров

литий-серных батарей. К тому же, сера также обладает преимуществами: низкая стоимость, высокая безопасность, нетоксичность, широкое распространение в природе, сырьевая доступность. Помимо этих свойств, сера обладает очень низкой проводимостью и сложными электрохимическими свойствами.

Осложняют производственный выпуск литий-серных батарей значительные затраты на извлечение серы, а также её низкое использование при растворении полисульфида, быстрое снижение ёмкости и изменение объема серы во время процесса разряда – заряда.

Изготовление катода в форме композиционного материала серы с другими материалами, которые имеют хорошую проводимость – наиболее популярный метод решения приведенных ранее проблем. В том числе это могут быть пористые серо-углеродные материалы, соединения графена и серы и проводящие полимер, которые содержат серу.

Однако у полученных материалов есть и недостатки, которые связаны с плохим распределением пор по размерам, это влияет на количество содержание серы и, как следствие, на электрохимические характеристики литий-серных батарей. Чтобы решить эту проблему рекомендованно использовать пористый углеродный материалы с многоуровневой структурой микропоры – мезопоры и высокая удельная поверхность считается идеальной для катодных материалов литий-серных аккумуляторов.

В последние годы все большее внимание уделяется ограниченному запасу не возобновля-

емых источников сырья, что все чаще приводит исследователей к использованию возобновляемых источников сырья. В данной работе предлагается в качестве сырья для получения серо-содержащих полимеров использовать терпены. Терпены являются производным изопрена, это позволяет получать из этого сырья полимеры с двойными связями в своем строении. После чего в полученные полимеры вводят серу с образованием трехмерной структуры, содержащей многоуровневые микро- и мезопоры.

В данной работе предлагается получать высокосернистые полимерные материалы с использованием принципа «обратной вулканизации», при этом в качестве диена использовать доступный в природе мирцен. Мирцен (или β-мирцен) – это терпен, часто встречающийся в очень ароматных травах и растениях, таких как тимьян, базилик, лавровый лист, манго, лимонник и хмель.

Для проведения синтеза серу предварительно нагревают до высокой температуры. При этом сера, под действием температуры, образует небольшие полимерные цепочки. Далее, к сере добавляют необходимое количество мирцена, который вступает практически в мгновенное взаимодействие с вулканизированной серой. Процесс останавливают за счет резкого охлаждения и затем помещают реакционную смесь на 24 часа на масляную баню для остаточной сшивки. Полученный полимерный материал извлекают и исследуют.

Список литературы

1. Robert Dominko, Alen Vizintin *Lithium sulfur batteries: Electrochemistry and mechanistic research // Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering*, 2021.
2. Jared J. Griebel, Richard S. Glass, Kookheon Char, Jeffrey Pyuna // *Progress in Polymer Science*. 58, 2016. – P. 90–125.
3. Daohao Lia, Guojing Changa, Lu Zongb, Pan Xuec, Yu Wangd, Yanzhi Xiaa, Chao Laic, Dongjiang Yanga // *Energy Storage Materials*. 17, 2019. – P. 22–30.