

Медяк Г.В., Шункевич А.А., Поликарпов А.П.,  
Пансевич В.В., Акулич З.И.  
(ИФОХ НАН Беларуси)

## **ОЧИСТКА ВОЗДУХА ОТ ДИОКСИДА СЕРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЛОКНИСТЫХ АНИОНИТОВ ФИБАН**

Диоксид серы является одним из наиболее распространенных и опасных веществ, загрязняющих атмосферу. Конденсируясь в сернистую и серную кислоты, он участвует в образовании кислотных дождей, туманов и аэрозолей, оказывая разрушительное действие на флору и фауну Земли. Основными источниками диоксида серы в атмосферном воздухе служат дымовые газы тепловых электростанций, а также химических, нефтехимических и металлургических производств. Наиболее эффективными методами очистки больших объемов воздуха от сравнительно небольшого количества газообразных примесей кислого характера являются хемосорбционные методы с использованием волокнистых анионообменных материалов [1]. Материалы ФИБАН АК-22, ПАНИОН, МИОН сегодня работают в промышленных фильтрах санитарной очистки воздуха, а нетканый материал ФИБАН А-5 используется в системах вентиляции для глубокой очистки воздуха «чистых комнат» [2]. Разработаны новые волокнистые аниониты ФИБАН с повышенной сорбционной емкостью и работоспособностью в условиях низкой относительной влажности воздуха [3].

Цель настоящей работы заключалась в сравнительном анализе новых и уже используемых по другим назначениям волокнистых материалов ФИБАН для очистки воздуха от диоксида серы. Одновременно на этих ионитах проведен анализ сорбции паров воды, как одного из основных факторов их эффективной работы в газовой среде. В качестве объектов исследования использованы образцы анионитов ФИБАН с третичными аминогруппами: ФИБАН А-5, А-5N, А-5W, А-11, А-11N, А-11ЭГ где ЭГ означает, что процесс аминирования проводили из раствора этиленгликоля, а N служит указанием на то, что ионит синтезирован по усовершенствованной методике с использованием катализатора (табл. 1).

Влагоемкость ионитов определяли изопиестическим методом. Исследование процесса сорбции осуществляли в динамических условиях при скорости газо-воздушного потока  $v = 0,065$  м/сек, характерной для систем газоочистки, начальной концентрации диоксида серы

$C_0$  31-32 мг/м<sup>3</sup>, в 3 раза превышающей величину ПДК, и температуре 18-20<sup>0</sup>С [4]. Сорбенты испытывали в виде штапеля и нетканых материалов, предварительно переведенных в бикарбонатно-основную форму. Высота сорбционного слоя составляла 6-7 мм.

**Таблица 1 – Физико-химические характеристики анионитов ФИБАН**

Тип анионита	ОЕ, мг-экв/г		W, г H <sub>2</sub> O/г ионита
	по аминогр.	по COOH	
А-5 штапель	4,06	0,20	1,16
А-5N штапель	4,28	0,28	1,22
А-5W нетканый	3,7-3,9	0,5-0,6	1,35-1,40
А-11 штапель	5,11	0	0,87
А-11N штапель	5,54	0,04	1,65
А-11ЭГ штапель	5,97	0	1,78

ОЕ – обменная емкость, W – набухание.

Анализ сорбции паров воды (табл. 2) анионитами ФИБАН показал высокие значения как абсолютной величины поглощения паров воды Q, так и эквивалентного коэффициента влагоемкости K<sup>э</sup> для ионита ФИБАН А-5W во всем исследованном интервале относительных влажностей воздуха. Этот ионит был разработан специально для сорбции ионогенных органических веществ из природной воды и отличался пониженным содержанием сшивающего агента. Так что при одинаковом строении функциональных групп количество свободной воды в составе ФИБАН А-5W выше, чем у его аналогов.

**Таблица 2 – Поглощение паров воды анионитами ФИБАН**

Тип анионита ФИБАН	φ=20%		φ=43%		φ=64%	
	Q,%	K <sup>э</sup> , моль/экв	Q,%	K <sup>э</sup> , моль/экв	Q,%	K <sup>э</sup> , моль/экв
А-5	8,86	1,16	14,2	1,85	21,9	2,86
А-5N	10,2	1,25	14,6	1,78	22,7	2,76
А-5W	22,2	2,84	26,8*	3,42*	36,5	4,67
А-11	13,1	1,42	19,0	2,06	30,7	3,33
А-11N	17,6	1,75	22,2	2,21	38,4	3,83
А-11ЭГ	14,6	1,36	22,0	2,05	35,3	3,29

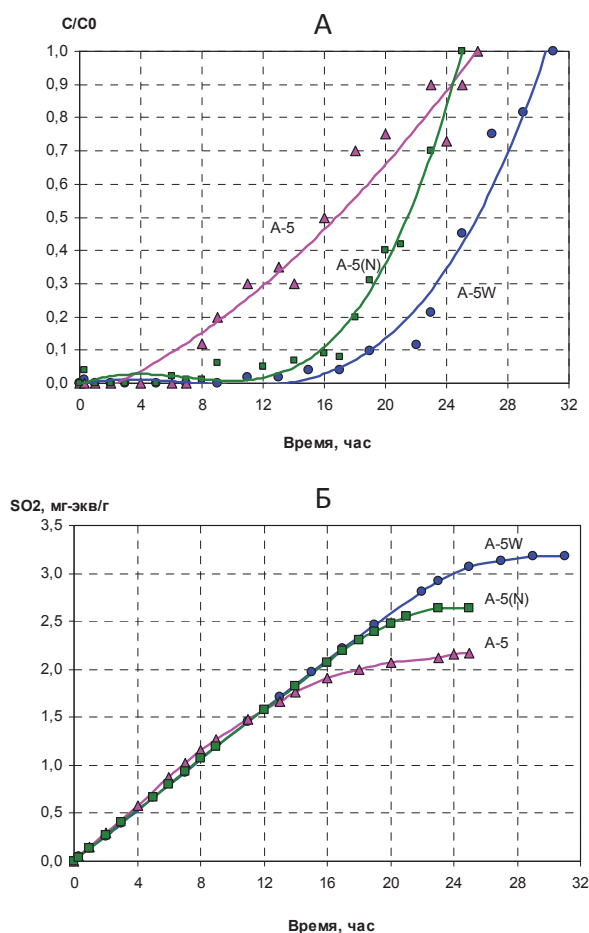
φ – относительная влажность газо-воздушного потока,

Q, – поглощение паров воды, %, \* – поглощение воды при φ = 35%.

Совершенствование методики синтеза анионитов ФИБАН А-5 и А-11 с использованием гидросиламина в качестве катализатора позволило

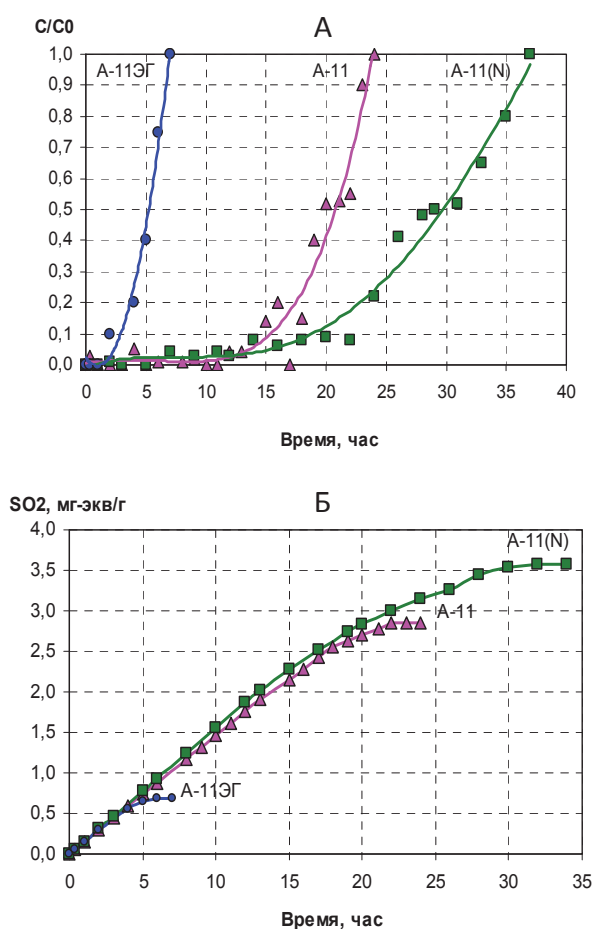
сократить время синтеза и уменьшить энергозатраты, но не оказало существенного влияния на их влагопоглощение (табл. 2). Проведение аминирования в среде этиленгликоля (ФИБАН А-11ЭГ) также не привело к заметным изменениям поглощения паров воды (табл. 2). Ориентируясь на данные сорбции паров воды, можно предположить, что изменение условий синтеза не скажутся на сорбционной активности ионитов ФИБАН А-5 и А-11 по отношению к диоксиду серы. В то же время следует ожидать высокой эффективности сорбции  $SO_2$  нетканым материалом ФИБАН А-5W.

В результате исследования процесса сорбции волокнистыми материалами ФИБАН показано (рис. 1), что анионит ФИБАН А-5W действительно проявил себя эффективным сорбентом диоксида серы, обладая более высоким временем защитного действия по сравнению с анионитами ФИБАН А-5 и А-5N. При этом около 90% его обменной емкости задействовано в процессе сорбции, тогда как для анионитов ФИБАН А-5 и А-5N – 50 и 60%.



**Рисунок 1 – Кривые проскока (А) и сорбции (Б) диоксида серы на волокнистых анионитах ФИБАН при  $\varphi=45\%$**

Каталитический способ получения анионитов ФИБАН А-5N и А-11N улучшил их сорбционные характеристики (время удерживания и сорбционную емкость), несмотря на отсутствие значимых различий в поглощении паров воды (рис.2). В то же время анионит ФИБАН А-11ЭГ, полученный с применением этиленгликоля, реализовал для сорбции SO<sub>2</sub> всего 12% обменной емкости и обладал в 5 раз меньшим временем защитного действия по сравнению с ФИБАН А-11, хотя его влагопоглощение находилось на таком же уровне. Такие аномальные свойства анионитов могут быть следствием структурных особенностей материалов, связанных с участием гидроксилamina в обеспечении доступности, а этиленгликоля – в экранировании функциональных групп.



**Рисунок 2 – Кривые проскака (А) и сорбции (Б) диоксида серы на волокнистых анионитах ФИБАН при φ=35%**

В результате проведенных исследований показано, что волокнистые иониты ФИБАН А-5 и А-11, полученные с участием гидроксилamina, превосходят свои аналоги по сорбционным свойствам в отношении диоксида серы. Перспективным сорбентом диоксида серы

из воздуха является также анионит ФИБАН А-5W, который работает при низкой влажности газо-воздушного потока, а по глубине очистки и сорбционной емкости сопоставим со специально разработанным для этой цели анионитом ФИБАН А-11N, одновременно являясь более дешевым и простым в получении.

#### Литература

1. Вулих А.И., Аловяйников А.А., Никандров Г.А. Ионный обмен; под ред. М.М. Сенявина – М, 1981, – С. 214-229.
2. Волокнистые иониты – получение, модификация и применение // А.П. Поликарпов, А.А. Шункевич, В.И. Грачек, Г.В. Медяк // ЖРХО им. Д.И. Менделеева. – 2015. – Т. 59, №3. – С. 102-111.
3. С.Д. Филиппович, З.И. Акулич, А.А. Шункевич, В.И. Грачек // Изв. НАН Беларуси. Сер. хим. наук. – 2014. – №21. – С. 81-85.
4. Волокнистые иониты ФИБАН для очистки воздуха от диоксида серы / А.А. Шункевич, Г.В. Медяк, А.П. Поликарпов, В.В. Паневич, З.И. Акулич // Сборник докладов XII Международной конференции «ПЫЛЕГАЗООЧИСТКА-2019», Москва, 24-25 сентября 2019 г. – С. 62-66.

УДК 504.06

**Ушакова Е. С., Черепова А. Е.**  
(Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева)

### **ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ТЕРМООБРАБОТКИ НА СОЗДАНИЕ МАГНЕТИТОВОГО ЯДРА ДЛЯ МАГНИТНЫХ НЕФТЕСОСОРБЕНТОВ**

По предоставленным данным нефтяных компаний за период 2018 года произошло 8 126 аварийных разливов нефти. **Аварийный разлив нефти [АРН]** – чрезвычайная ситуация антропогенного характера, в результате которой произошло попадание нефти в окружающую среду.

Рекордные цифры по количеству разливов нефти показывают известные компании «РОСНЕФТЬ» и «ЛУКОЙЛ», 4 253 и 1 508 случаев соответственно [1].

Особенно опасно попадание нефти или ее составляющих в водную среду. Как только произошло соприкосновение нефти с водой, она расплзается по ней маслянистой пленкой, достаточно быстро распространяясь на дальние расстояния под действием многих факторов (скорость течения, ветра и т.д.). Пленка вызывает недостаток кислорода в толще воды, вследствие чего неблагоприятно влияет на флору и фауну.