

Е.А. Фарберова, Е.А. Тиньгаева, А.С. Максимов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

**ПОЛУЧЕНИЕ СОРБЦИОННОГО МАТЕРИАЛА
С БАКТЕРИЦИДНЫМИ СВОЙСТВАМИ
ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ВОДОПОДГОТОВКЕ**

Путем модифицирования активной угольной ткани активными компонентами получен сорбционный материал, обладающий высокой бактерицидной активностью и позволяющий повысить качество водоподготовки.

Современные системы водоподготовки должны поддерживать высокий уровень экологической безопасности и обеспечивать получение воды, полностью соответствующей гигиеническим и санитарным нормам [1]. Наиболее универсальными и широко применяемыми сегодня являются фильтрующие элементы на основе активных углей. Однако по ряду свойств они уступают волокнистым формам, в частности, активированным углеродным волокнистым материалам и тканям (АУВМ и АУТ).

Активная угольная ткань (АУТ) обладает развитой системой сорбционных пор, высоким значением удельной поверхности [2]. Известно, что на поверхности активных углеродных материалов могут сорбироваться клетки живых микроорганизмов и продукты их метаболизма. В то же время углеродные материалы являются питательной средой для многих микроорганизмов и могут обеспечивать лишь неустойчивый бактериостатический эффект. В данной работе исследована возможность придания антимикробных свойств АУТ путем ее модифицирования различными способами. Поверхность АУТ имеет основной характер, рН ее водной вытяжки находится в пределах 8–10. Так как большинство микроорганизмов снижают свою жизнедеятельность в кислой среде, то увеличение содержания кислородсодержащих функциональных групп кислотного характера на поверхности АУТ может привести к повышению антимикробной активности материала. При обработке АУТ окислителями в жидкой и газовой фазах окислению подвергаются поверхностные кислородсодержащие группы. С этой

целью проведено окисление поверхности материала растворами азотной кислоты и пероксида водорода с различной концентрацией и исследована антимикробная активность образцов методом зон [3] по отношению к *Escherichia coli* (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики образцов модифицированной АУТ

Модификация АУТ	Емкость поглощения, мг-экв/г				Антимикробная активность по <i>Escherichia coli</i>
	NaOH	NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃	HCl	
–	0,6	0,29	0,32	1,1	–
30 % H ₂ O ₂	0,4	0,23	0,20	0,85	–
Озон	0,65	–	0,45	1,3	+
10 % HNO ₃	1,85	1,15	0,7	1,1	+
15 % HNO ₃	1,55	1,28	1,20	0,65	+

Анализ кислородсодержащих функциональных групп на поверхности модифицированных образцов АУТ показал, что только в процессе окисления раствором HNO₃ наблюдается существенное увеличение функциональных групп кислотного характера и при этом не существенно изменяется содержание групп основного характера. Модифицированные таким образом АУТ не обладают антисептическими свойствами по отношению к болезнетворным микроорганизмам – возбудителям гнойной инфекции (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*), но обеспечивает бактериостатический эффект по отношению к *Escherichia coli*, что недостаточно для сорбента, предназначенного для подготовки питьевой воды.

Следующим этапом работы было осуществление выбора активных бактерицидных компонентов, совместимых с углеродным пористым носителем (АУТ). Активные компоненты выбирали на основании анализа бактерицидных свойств неорганических веществ, которые используются для этих целей в медицине. К ним относятся борная кислота (H₃BO₃), ионы Ag⁺ и Cu²⁺, оксиды меди (II), металлическая медь. АУТ модифицировали антимикробными компонентами и изучали их бактерицидные свойства по отношению к возбудителям гнойной инфекции (табл. 2).

АУТ и АУТ, модифицированная ионами Cu²⁺, не обладают антимикробной активностью по изученным тест-культурам. Высокую антимикробную активность АУТ придает модифицирование ее поверхности раствором борной кислоты, при ее содержании в сорбенте

Изучение антимикробных свойств АУТ, модифицированных
активным компонентом

Активный компонент	Содержание, %	Антимикробная активность, мм		
		<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
H ₃ BO ₃	9,4	11	11	0
	14,5	22,5	20	27,5
	17,6	25	28	27,5
	28,0	22	26	15,5
AgNO ₃	0,58	15,5	0	0
CuO из [Cu(NH ₃) ₄]CO ₃	6,9	20	0	20
	8,8	12,5	22	18,5
	12,0	17,5	0	20
Cu металлическая	15	26	28	25
Смесь H ₃ BO ₃ }CuO	9,0	19,0	22,5	18,5
	7,0			

14–19 %. Модифицирование АУТ ионами Ag⁺ обеспечивает подавление роста только *Escherichia coli*. Сорбент, полученный путем термического модифицирования поверхности АУТ углекислым аммиаком меди (II) с образованием CuO, обладает хорошей чувствительностью по отношению к *Escherichia coli* и *Pseudomonas aeruginosa*, но в меньшей степени подавляет рост *Staphylococcus aureus*. Однако при модифицировании ткани оксидом меди существенно снижается пластичность материала. Высокую чувствительность к выбранным тест-культурам показали сорбенты, модифицированные смесью H₃BO₃ и CuO.

Известно, что медь является биогенным элементом, входит в состав ряда лекарственных препаратов и обладает бактерицидными свойствами. Поэтому особое внимание было уделено созданию обеззараживающего сорбента на основе АУТ, с использованием в качестве активного компонента меди в различных формах. Для нанесения меди на поверхность АУТ использованы различные методы:

- ◆ импрегнирование АУТ растворами сульфата меди;
- ◆ нанесение металлической меди на ткань на высоковакуумной установке низкотемпературной плазмы;
- ◆ нанесение металлической меди путем электролиза из водных растворов различного состава (табл. 3).

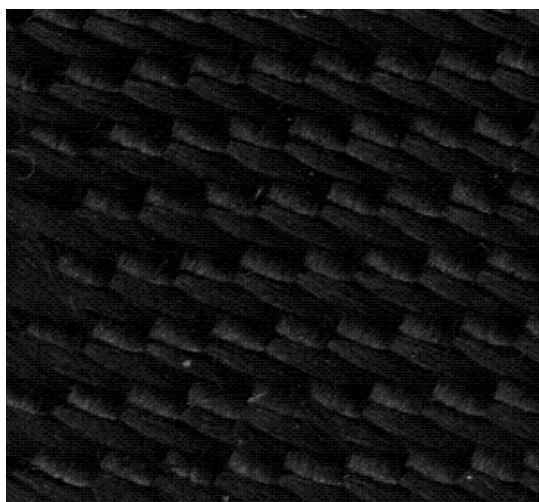
Анализ антимикробной активности исследованной серии образцов сорбентов позволяет сделать вывод, что антимикробными свойствами не

Условия получения образцов АУТ, содержащих медь, и их свойства

№	Условия синтеза	Содержание Cu, мг/г АУТ	Антимикробная актив- ность по <i>Staphylococcus</i> <i>aureus</i> , мм
1	Импрегнирование окисленной АУТ 0,1 Н раствором CuSO ₄		0
2	Низкотемпературная плазма, вакуум, 5 мин	0,04	20
3	Низкотемпературная плазма, вакуум, 10 мин	0,02	20–26
4	Электролиз из 0,1 М раствора CuSO ₄	0,28	0
5	Электролиз из 1 М раствора CuSO ₄	0,50	14–16
6	Электролиз из кислого раствора CuSO ₄ [4]	0,38	18
		0,69	20
7	Электролиз из щелочного раствора медьсодержащего электролита [4]	0,1	14
		0,18	20
		0,22	23

обладают образцы, содержащие ионы Cu²⁺. Нанесение меди методом низкотемпературной плазмы в течение 5–10 мин приводит к появлению у сорбента антимикробных свойств по отношению к *Staphylococcus aureus*.

Электрохимический метод нанесения металлической меди на поверхность АУТ позволяет получить углеродный сорбент, обладающий выраженными бактерицидными свойствами по отношению к исследованной тест-культуре. Металлическая медь равномерно распределяется по поверхности углеродных волокон (рисунок).



а



б

Рис. Активная угольная ткань:
а – немодифицированная; б – модифицированная медью

Таким образом, на основании проведенных исследований выбран активный компонент и метод его нанесения на поверхность АУТ для придания ей антимикробной активности.

Список литературы

1. Руководство по совершенствованию методов санитарно-бактериологического контроля качества сточных вод / ОНТИ АКХ. – М., 1988. – (Согл. М-вом здравоохран. РСФСР; № 07/5–653, 1986.)

2. Ермоленко И.Н., Люблинер И.П., Гулько Н.В. Элементсодержащие угольные волокнистые материалы. – Минск: Наука и техника, 1982. – 272 с.

3. Практикум по микробиологии / под ред. проф. Н.С. Егорова. – М.: Изд-во МГУ, 1976. – 308 с.

4. Беленький М.А., Иванов А.Ф. Электроосаждение металлических покрытий. – М.: Металлургия, 1985. – 288 с.

Получено 20.06.2012