

*О.Ю. Яцишина, А.Е. Бураков, Я.Е. Гурьев, А.Е. Кучерова**

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ГИДРОАДСОРБЕНТ – НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫЙ АКТИВИРОВАННЫЙ УГОЛЬ

Активированный уголь (АУ) – наиболее распространенный сорбент, способный эффективно очищать различные жидкие смеси от примесей и вредных соединений. Он используется в фармакологической, химической, пищевой и других областях.

АУ имеет огромное количество пор и поэтому обладает очень развитой удельной поверхностью (1 г активного угля, в зависимости от технологии изготовления, имеет поверхность от 500 до 1500 м²), вследствие чего обладает высокой гидроадсорбцией и широко применяется для высококачественной очистки водных сред.

Известно множество работ, связанных с повышением эффективности сорбционной способности АУ, в частности, для этого используют модификаторы различной природы.

В данной работе предложено модифицировать АУ углеродными нанотрубками (УНТ).

Синтез углеродных фуллереноподобных структур – нанотрубок – перспективное направление развития коммерческого использования нанотехнологий, декларированного в решении Правительства Российской Федерации, а комплекс уникальных свойств, которыми обладают данные материалы, способен существенно улучшить эксплуатационные характеристики современных функциональных материалов.

Целью работы является разработка технологии получения высокоэффективного наномодифицированного АУ для сферы тонкой очистки водных сред.

Авторами данной работы процесс наномодификации АУ предложено осуществлять методом пиролитического синтеза высокопористой структуры УНТ.

Представленная в работе технология – сложный химический процесс, во время которого на поверхности АУ под действием высоких температур из частиц катализатора вырастают УНТ. Она включает в себя следующие этапы:

– приготовление исходного раствора гетерогенной металл-оксидной каталитической системы (основные компоненты: Ni, Co, Y, Mo, Mg, Al) [1];

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2012 г. в рамках Седьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В.И. Вернадского» и выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А.Г. Ткачева.

- подбор и предварительная обработка материала-носителя (механическая, химическая и т.д.);
- процесс пропитки образца АУ исходным раствором веществ-прекурсоров катализатора синтеза УНТ;
- процесс термической обработки пропитанного образца на воздухе при температуре 160...220 °С;
- процесс газофазного химического осаждения УНТ на подготовленном образце в промышленном реакторе ($t_{\text{пр}} = 650 \text{ } ^\circ\text{C}$);
- процесс финишной обработки полученного материала (механическое и химическое удаление примесей и агломератов УНТ, не зафиксированных на материале).

Авторами получены экспериментальные образцы наномодифицированного АУ, сравнительные СЭМ-изображения структуры которого представлены на рис. 1.

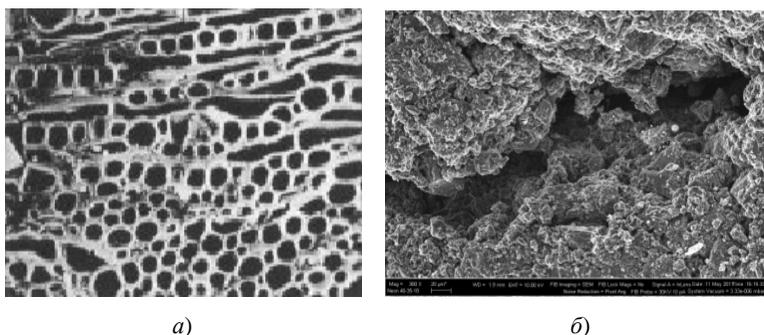


Рис. 1. Структура АУ:
a – стандартная; *б* – модифицированная УНТ

Фотографии различной структуры УНТ на поверхности носителя (АУ) представлены на рис. 2.

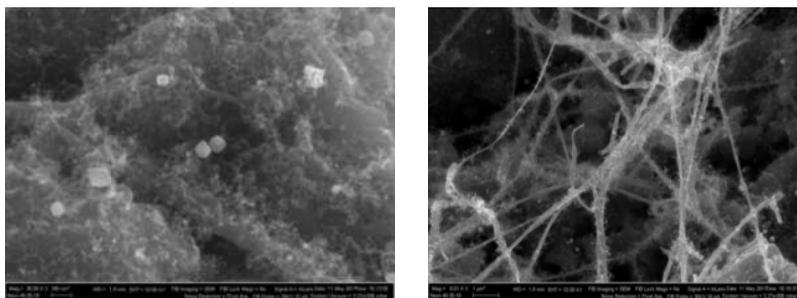


Рис. 2. Структура АУ, модифицированного УНТ

Удельная поверхность исследуемых образцов АУ составляла порядка 700 м²/г, модифицированного УНТ – составила около 870 м²/г.

При равномерном распределении катализатора на поверхности АУ происходит формирование сплошного нановолокнистого слоя углерода. Зарождение УНТ происходит непосредственно на поверхности АУ, что обеспечивает хорошую адгезию между выращенным слоем УНТ и основой.

Качество и характеристики структуры УНТ могут меняться в зависимости от выбранной технологии приготовления катализатора, путем варьирования рецептуры и параметров процесса пропитки катализатором образцов модифицируемого АУ. Немаловажную роль играет процесс синтеза, его технологические параметры.

По заключению Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН (ИОНХ РАН) экспериментальные образцы АУ, поверхность которых модифицирована УНТ, эффективно удаляют медь (II) и хлороформ из водного раствора (табл. 1).

1. Результаты сравнительных испытаний АУ

Объем раствора, л	Загрязнитель	Эффективность удаления с помощью угля, %	Эффективность удаления с помощью угля, модифицированного нанотрубками, %
10	Сульфат меди(II) (Cu ²⁺)	0	5
10	Хлороформ (CHCl ₃)	0	13

Данные таблицы подтверждают эффективность удаления примесей из водных растворов наномодифицированным АУ, что доказывает целесообразность использования УНТ в структуре угля.

Осуществлена сравнительная диагностика водно-спиртовых смесей, обработанных наномодифицированным АУ, в лаборатории Всероссийского научно-исследовательского института пищевой биотехнологии (ВНИИПБТ). Для образцов до и после очистки проводили газохроматографический анализ, определяли щелочность, жесткость, величину рН, содержание микроэлементов и окисляемость (табл. 2).

2. Результаты физико-химического, микроэлементного анализа водно-спиртовых смесей

Определяемый показатель	Исходная сортировка	Сортировка после наномодифицированного материала
Щелочность (HCL)	0,1	0,3...0,55
Водородный показатель, pH	6,2	7,2...8,2
Жесткость, ° Ж	0,04	0.25...1,0
Окисляемость по Лангу, мин	10,5	11,4...15,2
Прозрачность, Т	95	96...100

Наномодифицированный АУ удаляет запах, цвет, снижает содержание органических веществ и позволяет улучшить органолептические свойства водно-спиртовых смесей.

Представленные данные в таблицах показывают, что применение наномодифицированного АУ существенно улучшает качество водных растворов и водно-спиртовых смесей.

АУ, модифицированный УНТ, – высокотехнологичный продукт для сферы экологического мониторинга и здоровья человека, способный сформировать новый сектор рынка сорбентов.

Российский рынок сорбентов достаточно велик (емкость на 2011 г. – \$1,5 млрд.), следовательно, продукт, имеющий более высокие значения показателей качества, чем существующие аналоги, способен привлечь новых потребителей и в перспективе стать импортозамещающим.

Потребителями данной продукции будет широкий круг промышленных организаций, а также НИИ и специализированных центров, работающих в высокотехнологичных и техногенных областях деятельности, связанных с производством и потреблением значительных объемов сверхчистых жидких сред.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование активации металлоксидных катализаторов для синтеза многослойных углеродных нанотрубок / Е.А. Буракова, А.Е. Бураков, И.В. Иванова и др. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 337 – 341.

*Кафедра «Техника и технологии производства нанопродуктов»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*