

*А. Н. Тимиргалиев, Н. С. Воронина**

ЕМКОСТНАЯ ДЕИОНИЗАЦИЯ ВОДЫ С ПОМОЩЬЮ ВЫСОКОПОРИСТЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ

Дефицит пресной воды для различных нужд – от питьевой до водопотребления в сельском хозяйстве – является глобальной проблемой, особенно актуальной для стран с засушливым климатом и обширными морскими побережьями. В связи с этим, поиск более эффективных и менее энергоемких способов удаления солей из воды, в том числе морской, приобретает первостепенное значение. Среди существующих традиционных методов, таких как дистилляция, выпарка, мембранные технологии (обратный осмос, ультрафильтрация) и ионообмен, обратный осмос доминирует в мировой практике.

* Работа выполнена под руководством кандидата технических наук, доцента кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов» ФГБОУ ВО «ГГТУ» И. В. Бураковой.

Тем не менее, метод емкостной деионизации демонстрирует значительные преимущества в плане энергоэффективности по сравнению с обратным осмосом. Его ключевые достоинства – отсутствие необходимости в высоком давлении и использование низкого напряжения (не более нескольких вольт), что делает его безопасным и привлекательным для широкого применения. В установке емкостной деионизации поток опресняемой воды проходит между двумя пористыми электродами с высокой площадью удельной поверхности (300...2500 м²/г), между которыми создается разность потенциалов ≤ 1,2 В. В процессе емкостной деионизации происходит разделение и поглощение заряженных ионов загрязнителя.

Лабораторная установка для емкостной деионизации воды (рис. 1) состоит из источника питания, перистальтического насоса, емкостей для исходного и очищенного раствора, ячейки ЕМД и кондуктометра для измерения электропроводности аликвот раствора, которые отбирают после рабочей ячейки.

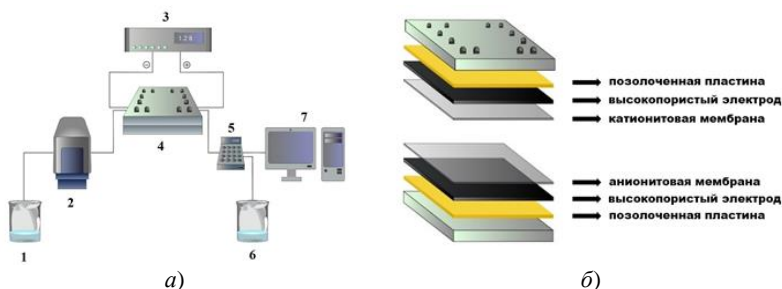


Рис. 1. Схема лабораторной установки:

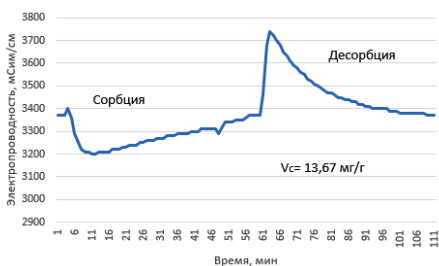
- а*: 1 – раствор соли; 2 – перистальтический насос; 3 – потенциостат;
 4 – ячейка; 5 – кондуктометр; 6 – слив; 7 – компьютер;
б – схема электрохимической ячейки

Разработана методика получения высокопористых электродных углеродных наноконкомпозитов, включающих углеродные нанотрубки. Первый этап – смешение исходных компонентов: сульфата меди; этилендиамина и дистиллированной воды. В результате образуется раствор комплекса меди с этилендиамином. В отдельной емкости растворяют гидроксид натрия в дистиллированной воде, переливали при интенсивном перемешивании к раствору медного комплекса. В качестве связующего использовали целлюлозу. Предварительно измельченную смесь мезопористого углерода (удельная поверхность по БЭТ (по азоту) 3260 м²/г, (удельный объем пор по DFT 1,686 см³/г) с углеродными нанотрубками Таунит-М (наружный диаметр 10...20 нм, производство ООО НаноТехЦентр,

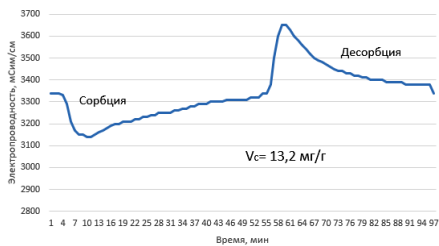
Тамбов, Россия) в массовом соотношении 10:1 тщательно смешивают с раствором целлюлозы. Полученная смесь формируется в прямоугольном шаблоне. Полученный электрод погружают в слабый раствор соляной кислоты, после чего промывают дистиллированной водой до удаления кислоты и солей меди и этилендиамина.

Эффективность полученных электродов оценивалась в процессе емкостной мембранной деионизации модельного солевого раствора (0,3% NaCl в дистиллированной воде).

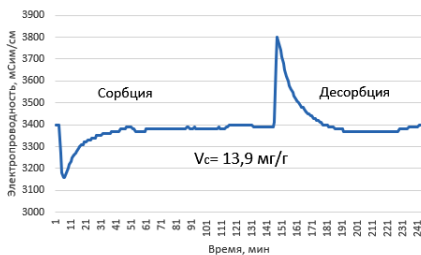
В результате проведенных экспериментов установлена сорбционная емкость электродного нанокompозита, которая варьируется в диапазоне 13...15 мг/г.



а)



б)



в)

Рис. 2. Кинетика сорбции модельного солевого раствора

1. Сравнение сорбционной емкости по модельному солевому раствору разработанного электродного нанокompозита с мировыми аналогами

Наименование материала	Сорбционная емкость (мг/г)
Упорядоченные мезопористые угли (1400 м ² /г) [1]	6...10
Ткань из активированного угля (Zorflex FM-100) (1200 м ² /г) [2]	9
Электроды из активированного угля на основе скорлупы кокосового ореха (2105 м ² /г) [3]	9,72
Высокопористые активированные угли из древесины <i>Leucaena leucosephala</i> (1900...2326 м ² /г) [4]	0,41...2,1
Композит из ультрапористого углерода (на основе подсолнечника и оксида графена), УНТ и целлюлозы	13...14

Сравнение эффективности полученного ультрапористого углеродного нанокompозита с представленными в мировой научной литературе аналогами показано в табл. 1. Установлено, что сорбционная способность по модельному солевому раствору разработанного композитного материала в 1,5 – 3 раза превосходит мировые аналоги.

Список литературы

1. Desalination stability of capacitive deionization using ordered mesoporous carbon: Effect of oxygen-containing surface groups and pore properties. / F. Duan, X. Du, Y. Li, et al. // *Desalination*. – 2015. – V. 376. – P. 17 – 24.

2. Desalination and disinfection of inland brackish ground water in a capacitive deionization cell using nanoporous activated carbon cloth electrodes / K. Laxman, M. T. Z. Myint, M. Al Abri, et al. // *Desalination*. – 2015. – V. 362. – P. 126 – 132.

3. Improved performance in capacitive deionization of activated carbon electrodes with a tunable mesopore and micropore ratio / C. L. Yeh, H.C. Hsi, K. C. Li, C. H. Hou // *Desalination*. – 2015. – V. 367. – P. 60 – 68.

4. Highly porous activated carbons from resource-recovered *Leucaena leucocephala* wood as capacitive deionization electrodes / C. H. Hou, N. L. Liu, H. C. His // *Chemosphere*. – 2015. – V. 141. – P. 71 – 79.

*Кафедра «Техника и технологии производства нанопроductов»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*