

УДК 621.039.7

Лысковцева Е.О., Власенкова А.А., Обручиков А.В.

СОРБЦИЯ РАДИОИОДА НА СЕРЕБРОСОДЕРЖАЩЕМ УГЛЕРОДНОМ МАТЕРИАЛЕ «УВИС»

Лысковцева Екатерина Олеговна, студент 5 курса Института материалов современной энергетики и нанотехнологии;**Власенкова Анна Андреевна**, студент 5 курса Института материалов современной энергетики и нанотехнологии;**Обручиков Александр Валерьевич**, к.т.н., доцент кафедры химии высоких энергий и радиоэкологии, e-mail: alexobruich@mail.ru;

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

125047, Москва, Миусская площадь, д. 9

В работе изучена сорбционная способность углеродоволокнистых материалов, импрегнированных нитратом серебра, по отношению к радиоактивному метилиодида. Определена емкость лобового слоя исследуемого материала, а также рассчитана степень очистки паровоздушного потока от радиоиода. Установлено, что исследуемый серебросодержащий сорбент может быть использован в системах очистки вентиляционного воздуха атомных станций вплоть до 6 мг количества радиоактивного метилиодида, поданного в газовый адсорбер.

Ключевые слова: радиоактивный метилиодид; серебросодержащие сорбенты; иод-131; углеродные волокнистые сорбенты; газообразные радиоактивные отходы.

SORPTION OF RADIOIODE ON SILVER CONTAINING CARBON MATERIAL "UVIS"

Lyskovtseva E.O., Vlasenkova A.A., Obruchikov A.V.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

The sorption capacity of carbon-fiber materials impregnated with silver nitrate with respect to radioactive methyl iodide was studied. The capacity of the frontal layer of the material under study is determined, and the degree of purification of the vapor-air flow from the radioiod has been calculated. It has been established that the silver-containing sorbent under study can be used in the cleaning systems of the ventilation air of nuclear power plants up to 6 mg of the amount of radioactive methyl iodide supplied to the gas adsorber.

Keywords: radioactive methyl iodide; silver-containing sorbents; iodine-131; carbon fiber sorbents; gaseous radioactive waste.

Введение

Эффективная очистка воздуха рабочих помещений предприятий атомной отрасли представляет актуальную задачу из-за все более строгих требований к нормам газоаэрозольных выбросов. Удаление радиоактивных форм иода проводится, как правило, в две ступени. На первой – улавливается аэрозольная составляющая выбросов, на второй – газообразные соединения иода, которые поглощаются импрегнированными сорбентами с развитой удельной поверхностью. В ряде случаев очистку воздушных потоков от радиоиода проводят на комбинированных фильтрах, включающих слои фильтрующих материалов для грубой и тонкой очистки от аэрозолей и поглощательные слои из угольного или других адсорбентов [1]. Одним из таких материалов может служить углеродная ткань на основе гидратцеллюлозных волокон – УВИС.

В настоящей работе исследована сорбция радиоактивного метилиодида на импрегнированном различными количествами нитрата серебра материале УВИС. Целью исследования являлась оценка пригодности такого рода сорбентов для использования их в промышленных аппаратах иодной очистки типа ФАИ-3000 и его аналогов.

Методика работы

Импрегнирование углеродной ткани осуществляли путем пропитки ее водно-спиртовыми растворами азотнокислого серебра с последующей сушкой. Конечная концентрация AgNO_3 в сорбентах составляла от 1 до 8% масс.

Сорбционную способность полученных образцов оценивали на контрольном иодном стенде РХТУ им. Д.И. Менделеева [2] при следующих условиях: температура газового потока – $30.0 \pm 0.1^\circ\text{C}$; относительная влажность – $90.0 \pm 1.5\%$. Образцы углеткани диаметром 50 ± 1 мм и толщиной 0.5 мм последовательно друг за другом устанавливались в колонку стенда, в которую совместно с паровоздушным потоком поступали пары метилиодида, меченного изотопом иод-131. Концентрация радиоиода в потоке воздуха составляла 60–80 мг/м³. Скорость газового потока, отнесенная к сечению колонки, составляла 2.3 см/с, что соответствует линейной скорости в промышленном газоочистном аппарате. По окончании испытания колонку с сорбентом демонтировали и устанавливали распределение активности $\text{CH}_3^{131}\text{I}$ по слоям сорбента на гамма-рентгеновском спектрометре по энергетической линии 364 кэВ. На основании распределения активности были рассчитаны степени очистки газового потока от радиоиода:

$$E = \frac{A_1}{\Sigma A} 100\%, \quad (1)$$

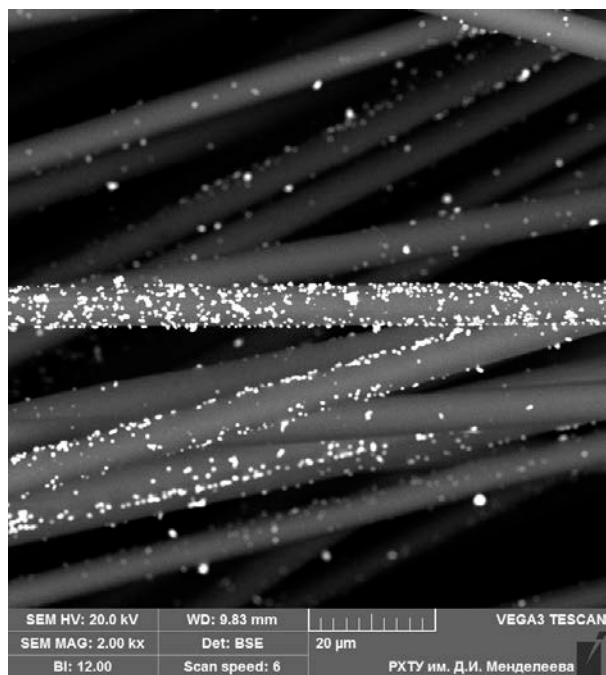
где A_1 – активность $\text{CH}_3^{131}\text{I}$, уловленного 1 мм толщины углеволоконистого материала; ΣA – суммарная активность радиоиода, поданная в систему.

Емкость лобового слоя материала определяли по данным его активности и активности эталонного источника, в котором находилось заданное количество меченного метилиодида. Геометрия измерения образцов была одинаковой. Под лобовым

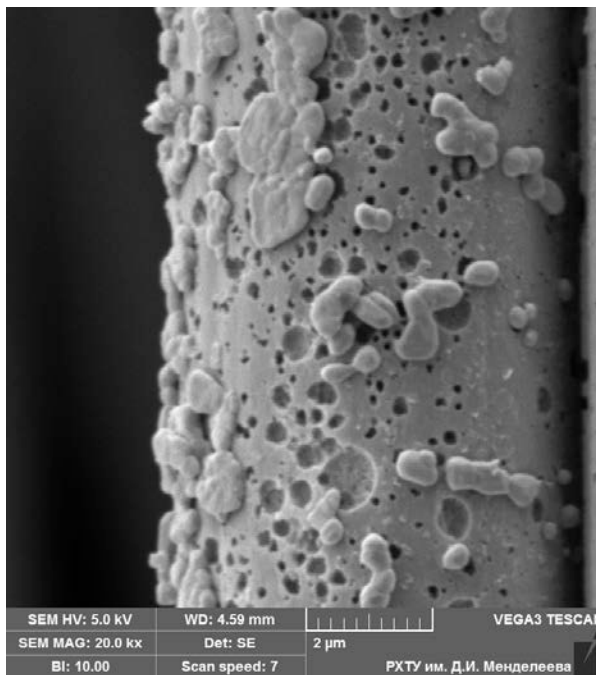
слоем понимается фронтальный (первый по ходу движения газового потока) образец импрегнированной углеткани.

Экспериментальная часть и обсуждение результатов

Можно заметить, что на волокнах углеродной ткани диаметром 5-7 мкм нитрат серебра распределен неравномерно (рис. 1). Наблюдаются отдельные участки, на которых концентрация импреганта повышена. В то же время часть волокон практически не покрыта солью. Размер агломератов AgNO_3 варьируется от 0.4-0.6 мкм до 2-3 мкм.



а



б

Рис. 1. Микрофотографии образцов сорбента, содержащего 4% масс. AgNO_3 : а – увеличение 2000; б – увеличение 20000

На рис. 2 показана кинетика накопления радиоактивного иодистого метила лобовым слоем углеволоконистого материала.

Набор экспериментальных точек описывали функциями вида $f = A \cdot (1 - e^{-km})$, полученными методом наименьших квадратов, где A – рабочая емкость сорбента; m – количество поданного радиоиода. В результате установлено, что динамическая емкость по радиоиоду не аддитивна. Предельное количество, определенное таким методом составило для образцов, содержащих 1%, 2%, 4%, 8% нитрата серебра, – 0.25, 0.30, 0.31, 0.49 мг/см^2 метилиодида. Характер кривых позволяет сделать предположение о том, что в начальный момент скорость химического взаимодействия выше в образцах, импрегнированных меньшим количеством нитрата серебра (1% и 2%). По всей видимости, это обусловлено распределением кристаллов на поверхности материала, а также их размерами. Полученные данные о кинетике накопления радиоиода обуславливают в дальнейшем разработку методики более равномерного нанесения нитрата серебра на углеволоконистый материал.

В табл. 1 представлены результаты расчета степени очистки газового потока от радиоиода

углеволоконистым материалом, толщиной 1 мм в зависимости от количества поданного $\text{CH}_3^{131}\text{I}$ в систему. Очевидна тенденция к снижению степени очистки по мере химического взаимодействия импреганта в сорбенте.

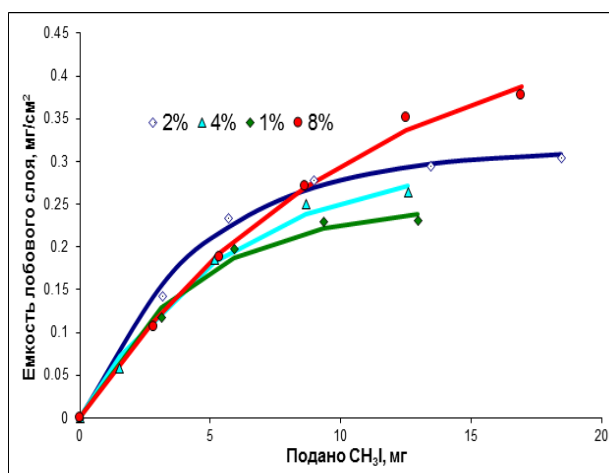


Рис.2. Зависимость емкости лобового слоя импрегнированного углеволокна от количества поданного $\text{CH}_3^{131}\text{I}$

Стандартные требования, предъявляемые к сорбционно-фильтрующим материалам, применяемым в аппаратах иодной очистки следующие: динамическая емкость по радиоiodу – не менее 0.7 мг/м²; степень очистки газового потока

– не менее 90%. По данным табл. 1 видно, что все серебросодержащие образцы углеволокнутого материала соответствуют второму требованию вплоть до ~6 мг поданного в систему метилиодид.

Таблица 1. Расчетные значения степени очистки

Содержание нитрата серебра с образце							
1%		2%		4%		8%	
Подано в систему $\text{CH}_3^{131}\text{I}$, мг	E, %	Подано в систему $\text{CH}_3^{131}\text{I}$, мг	E, %	Подано в систему $\text{CH}_3^{131}\text{I}$, мг	E, %	Подано в систему $\text{CH}_3^{131}\text{I}$, мг	E, %
3.1	95.44	3.2	95.70	1.5	97.02	2.8	95.29
5.9	90.04	5.7	93.86	5.2	91.24	5.4	91.27
9.3	76.91	9.0	82.22	8.7	83.69	8.6	87.94
13.0	63.10	13.5	68.72	12.6	73.32	12.5	80.89
-	-	18.4	52.45	-	-	16.9	73.25

Задача по выполнению первого требования решается путем соответственного увеличения количества слоев сорбционно-фильтрующего материала. Очевидно, что при этом суммарная степень очистки не уменьшится. Тем не менее, при таком подходе необходимо контролировать общее гидравлическое сопротивление полученной сорбционной сборки, т.к. затраты на прокачку вентилируемого воздуха играют большую роль в работе всей газоочистной системы атомной станции.

Выводы: По результатам работы установлено, что с ростом концентрации AgNO_3 предельная емкость сорбционно-фильтрующих материалов по радиоактивному иодистому метилу не аддитивна, а также то, что все испытываемые материалы удаляют радиоактивный метилиодид из газового потока с

эффективностью выше 90% вплоть до 6 мг общего количества поданного $\text{CH}_3^{131}\text{I}$.

Работа выполнена при поддержке Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева. Проект № 022-2018.

Список литературы

1. Ampelogova N.I. et al. Carbon-fiber adsorbent materials for removing radioactive iodine from gases // Atomic Energy. 2002. Vol. 92. P. 336-340.
2. Obruchikov A.V., Lebedev S.M. Study on Adsorption Removal of Radioactive Methyl Iodide by Modified Busofit Carbon Fibers // Inorganic Materials: Applied Research. 2012. Vol. 3. No. 5. P. 398-400.