

СТАТЬИ

СТАНДАРТНЫЙ МЕТОД ИСПЫТАНИЯ ЙОДНЫХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ АС

Растунов Л.Н., к.х.н., Ломазова Л.А.
(ЗАО «Прогресс - Экология», г. Москва)

Развитие ядерной энергетики требует непрерывного совершенствования всего спектра используемых технологий с точки зрения как экономической эффективности, так и экологической безопасности, включая безопасность самих АС. Очевидно для этого, наряду с другими мерами, необходимо оснащать эти станции эффективным фильтровальным оборудованием, отвечающим современным требованиям и обеспечивающим надёжную защиту окружающей среды и населения от радиоактивных загрязнений.

Неотъемлемой составляющей комплекса мер по решению этой задачи является обеспечение эффективной очистки газообразных радиоактивных отходов (ГРО) АС от радиоиода. Необходимо, чтобы в системах вентиляции и газоочистки, которые относятся к системам, важным для безопасности АС, для улавливания летучих форм радиоиода из ГРО применялись высококачественные сорбенты.

Это определяет необходимость надежного контроля качества сорбентов, их способность эффективно улавливать радиоактивный йод. Поэтому за рубежом разрабатываются и применяются стандартные методы испытания сорбентов. Эти методы основаны на определении величины проскока через слой испытуемого сорбента радиоактивного метилиодида – $\text{CH}_3^{131}\text{I}$, который повсеместно применяется в качестве реперного агента как наиболее трудно улавливаемая форма радиойода, присутствующая в ГРО. По величине проскока вычисляется либо эффективность улавливания $\text{CH}_3^{131}\text{I}$, либо коэффициент очистки ($K_{\text{оч}}$).

Однако необходимо отметить, что эти показатели лишь косвенно характеризуют сорбирующую способность сорбентов в динамических условиях, поскольку величина проскока зависит от многих факторов, важнейшими из которых являются: плотность заполнения сорбентом и конструкция устройства, в котором проводятся испытания, грануляция сорбента, концентрация метилиодида в газовом потоке.

Кроме того, должна быть уверенность в том, что весь радиоактивный йод, прошедший через слой сорбента, полностью уловлен в контролирующем устройстве. В противном случае существует некая неопределенность при вычислении эффективности улавливания либо коэффициента очистки.

Проскок зависит также от длины слоя сорбента, линейной скорости газового потока, времени проведения испытания и удельной активности применяемого для испытаний радиоактивного метилиодида – $\text{CH}_3^{131}\text{I}$. Последнее связано с погрешностью измерения количества $\text{CH}_3^{131}\text{I}$, прошедшего через испытуемый слой.

Фактически количество вещества, в том числе и радиоактивного метилиодида, которое поглощено сорбентом, в основном, определяется временем пребывания объема газового потока в объеме сорбента, т.е. временем контакта газового потока с сорбентом. Именно через этот параметр целесообразно устанавливать критерий, характеризующий сорбционную способность сорбента.

Что касается коэффициента очистки, то он служит хорошим критерием контроля эффективности работы очистных аппаратов. Однако, в зависимости от условий эксплуатации этих аппаратов в системах газоочистки и вентиляции на предприятиях атомной энергетики, коэффициенты очистки для одинаковых аппаратов будут различаться.

Следует отметить, что существует опасность автоматического переноса результатов испытаний сорбентов на аппараты газоочистки, что не всегда совпадает на практике.

В связи с этим, на ЗАО «Прогресс-Экология» при поддержке Технического комитета 322 «Атомная техника» Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии, а также при участии РХТУ им. Д.И. Менделеева разработан отечественный стандарт: ГОСТ Р 54443-2011 «Сорбенты йодные для атомных электростанций. Метод определения индекса сорбционной способности».

В данном стандарте использован новый подход к установлению критерия, по которому оценивается пригодность йодного сорбента для использования его в аппаратах газоочистки на АС, – определение индекса сорбционной способности (α).

В основе метода лежат следующие положения.

1. Распределение активности радиойода $\left(\frac{A}{A-A_x}\right)$ вдоль слоя сорбента подчиняется экспоненциальной зависимости:

$$\ln \frac{A}{A-A_x} = \alpha \cdot \chi \frac{L}{U}, \quad (1)$$

где: A – суммарная активность йода-131 во всем объеме сорбента;

A_x – активность йода-131 в объеме сорбента с высотой слоя χ .

2. В слое сорбента, согласно теории Шилова, существует работающая зона или зона массопередачи.

3. Высота слоя (L , см) испытуемого сорбента должна быть достаточной для формирования работающей зоны.

4. Необходимо учитывать влияние размера и формы гранул сорбента, исходя из доли свободного объема (χ), равной отношению свободного объема ($V_{св}$, см³) к полному объему, занятому сорбентом ($V_{сорб}$, см³): ($\chi = V_{св} / V_{сорб}$).

Для активированных углей, применяемых на АС, χ экспериментально определены и представлены в ГОСТ Р 54443-2011 в виде номограммы.

5. Время контакта объема газового потока (Q , см³/с) выбирается на основании линейной скорости газа (U , см/с) в аппарате с испытуемым сорбентом и вычисляется по формуле:

$$\tau = \chi \frac{L}{U} = \frac{V_{св}}{Q} \quad (2)$$

6. Наиболее трудно улавливаемой формой радиойода в ГРО является радиоактивный метилиодид $\text{CH}_3^{131}\text{I}$.

Условия испытаний йодных сорбентов установлены на основании результатов исследований, выполненных при разработке отечественного метода испытаний, а также данных, приведенных в зарубежных стандартах.

В соответствии с ГОСТ Р 54443, испытания йодных сорбентов проводят при следующих условиях:

- температура – $(30,0 \pm 0,2)$ °C;
- относительная влажность газового потока – $(90,0 \pm 1,5)$ %;
- время прохождения газовым потоком свободного объема в слое сорбента (время контакта) – от 0,20 до 0,30 с;
- объемная активность $\text{CH}_3^{131}\text{I}$ в газе – от 10^3 до 10^5 Бк/м³;
- массовая концентрация CH_3I в газе – от 1,0 до 20 мг/м³;
- длина слоя сорбента в колонке для испытаний – 15 см.

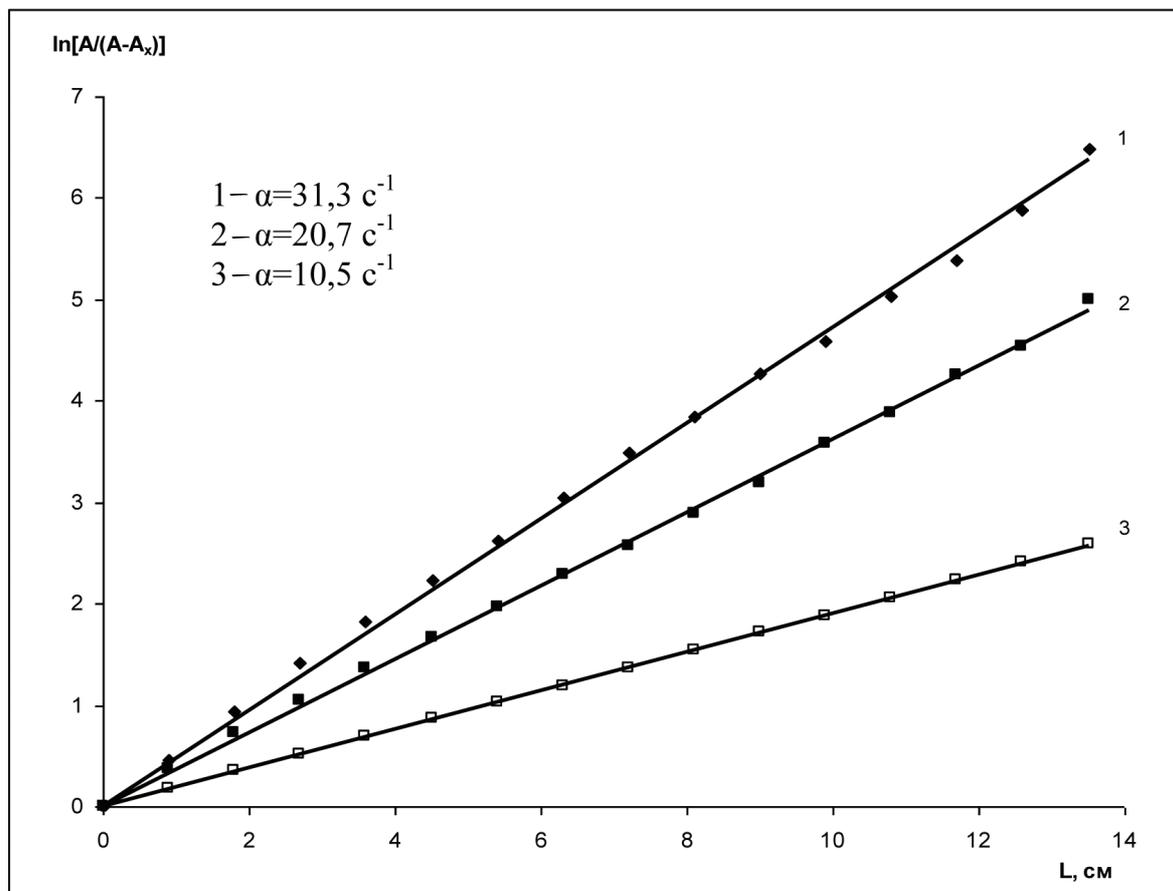
Индексы сорбционной способности, при которых йодный сорбент можно считать пригодным для использования в составе фильтров на АС, установлены исходя из общепринятой концепции, что содержание радиоактивного метилиодида в ГРО должно быть снижено не менее чем в 100 раз. Это соответствует значению логарифма 4,605 в уравнении (1). Следовательно, при времени контакта в адсорбере от 0,2 до 0,4 с минимальная величина индекса сорбционной способности α находится в интервале от 23 с^{-1} до $11,5 \text{ с}^{-1}$, причем она не зависит от температуры.

В РХТУ им. Д.И. Менделеева на аттестованном контрольно-исследовательском йодном стенде, который разработан и изготовлен на ЗАО «Прогресс-Экология», были проведены многочисленные испытания сорбентов, применяемых для улавливания радиойода.

Типичные результаты применимости метода оценки по индексу сорбционной способности (α) представлены на рисунке.

Главным преимуществом практического использования индекса сорбционной способности для оценки работоспособности йодного сорбента является то, что нет необходимости знать величину проскока радиоактивного метилиодида через испытуемый слой. Нужно лишь измерить распределение активности вдоль слоя сорбента и убедиться в том, что это распределение подчиняется экспоненциальной зависимости. Кроме того, зная объем сорбента и долю свободного объема в существующих и применяемых на АС йодных фильтрах, можно определить действительное время контакта и, следовательно, по значениям α выбрать сорбент, который обеспечит требуемую очистку от радиоактивного метилиодида. В случае, когда индекс сорбционной способности йодного сорбента известен, для определенных условий эксплуатации

можно оценить минимально необходимый объем этого сорбента и, следовательно, разработать конструкцию газоочистного аппарата с требуемыми параметрами очистки.



Распределение $\text{CH}_3^{131}\text{I}$ вдоль слоя импрегнированных активированных углей:

1 – NWC 6/12 + ТЭДА; 2 – СКТ-3 ИК; 3 – СКТ-3 + триэтаноламин + BaI_2

Таким образом, индекс сорбционной способности может служить критерием характеристики импрегнированных активированных углей при выполнении экспоненциальной зависимости распределения активности вдоль слоя. На основании индекса сорбционной способности могут быть даны рекомендации о возможности или нецелесообразности применения йодных сорбентов для очистки ГРО от радиоактивного йода. Предложенный метод позволяет проверять работоспособность йодных сорбентов, в том числе находившихся в эксплуатации, и по индексу сорбционной способности оценивать возможность их дальнейшего использования.