

крайне быстрой скорости, распространяются на огромные территории. В результате верховых пожаров существенным образом теряется ценная деловая древесина, поскольку дерево выгорает целиком и не подлежит продаже.

3) Горению наиболее подвержены хвойные породы деревьев (сосна, кедр). Однако данные породы деревьев являются одними из самых распространенных в Томской области. Это также влияет на скорость распространения лесных пожаров и, как следствие, на увеличение эколого-экономического ущерба.

4) Ситуация с лесными пожарами ухудшена изменениями в лесном хозяйстве. В последнее время сокращено количество работ по мониторингу и авиапатрулированию лесов, истощена материально-техническая база и сокращен кадровый состав лесопожарных служб. Все это ведет к невозможности своевременного и эффективного прогнозирования, локализации и тушения лесных пожаров что, как следствие, влияет на увеличение эколого-экономического ущерба.

### **Список информационных источников**

1. Департамент лесного хозяйства Томской области [электронный ресурс].

Режим доступа: <http://www.green.tsu.ru/dep/quality%20of%20the%20environment/kachestva/>.

2. Инструкция по определению ущерба, причиняемого лесными пожарами. Утверждена приказом Рослесхоза от 3 апреля 1998 года №53.

3. РИА Новости [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ria.ru/society/20130131/920679337.html>.

### **РЕГЕНЕРАЦИЯ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ИМПУЛЬСНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАЗРЯДАХ**

*Буторина Д., Немцова О. А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Корнев Я. И., к.т.н., старший научный  
сотрудник лаборатории 12 ИФВТ*

Сорбционные материалы находят широкое применение в технологиях очистки воды. При этом, наиболее распространенными сорбентами являются активированные угли, обладающие развитой удельной поверхностью, высокой адсорбционной способностью и

селективностью к полярным компонентам, которые являются широко распространенными загрязнителями окружающей среды. Использование активированных углей позволяет очищать сточные воды солей тяжелых металлов, хлора и других веществ. Однако, высококачественные сорбенты дороги, поэтому их применение зачастую экономически целесообразно только при условии многократного использования.

Для восстановления природных сорбентов используются термическая регенерация, обработка кислотами и щелочами, неорганическими и органическими веществами, а также гидротермальная обработка [1, 2]. Классическая термическая регенерация, являясь универсальным методом восстановления активности углей, довольно сложна и энергоемка [3]. Применение гидротермальной обработки сопровождается высокими температурами и давлениями, что небезопасно и требует сложного аппаратного оформления [2]. Регенерация угля кислотами приводит к потере механической прочности сорбента, а использование щелочей является причиной разрушения структуры и уменьшения адсорбционной емкости [2, 4].

Таким образом, поиск безреагентных способов регенерации сорбентов при низкой температуре и атмосферном давлении является актуальной задачей. Перспективным направлением исследований является регенерация сорбентов под воздействием электрических разрядов, благодаря возможности получения в обрабатываемой среде сильных окислителей, таких как гидроксильные радикалы (ОН), озон (O<sub>3</sub>) и атомарный кислород (O) [5].

В работе [6] показана высокая эффективность регенерации активированного угля (>90%) барьерным разрядом. Показано, что в результате активации происходит увеличение площади поверхности и объема пор активированного угля и наблюдается уменьшение поверхностной концентрации загрязняющих веществ.

Целью настоящей работы является изучение возможностей регенерации сорбентов в электрических разрядах. Для обработки сорбентов использовали искровой разряд в воде и барьерный разряд в газе, существенно различающиеся по своим свойствам.

### **Экспериментальная установка и методики измерений**

В качестве объекта исследования использовали уголь марки СКД-515 (Россия). Насыщение угля проводили в модельных растворах метиленового голубого (C<sub>16</sub>H<sub>18</sub>ClN<sub>3</sub>S). Методика эксперимента

включала две стадии. На первой стадии проводили сорбцию метиленового голубого из раствора в статических условиях. На второй стадии выполняли обработку насыщенного сорбента в электрическом разряде.

Для обработки проб угля использовались импульсный барьерный и искровой разряды. Электродная система барьерного разряда представляла собой ряд из 16 высоковольтных цилиндрических электродов размещенных над заземленной пластиной размерами 200x200 мм. На пластине тонким слоем размещался образец угля массой 10 г. Высоковольтные электроды, выполненные в виде стальных стержней длиной 200 мм и диаметром 2 мм, изолировались при помощи диэлектрических барьеров – кварцевых трубок внешним диаметром 5 мм. Расстояние между изолированными высоковольтными электродами и заземленной пластиной составляло 5 мм. Система электродов размещалась в реакторе из нержавеющей стали размерами 200x400x200 мм. Перед обработкой реактор продувался воздухом.

Обработку искровым разрядом проводили в цилиндрическом полиэтиленовом реакторе диаметром 100 мм. На дне реактора установлена заземленная пластина, на которую помещалась навеска активированного угля массой 10 г. На расстоянии 5 мм от пластины размещался высоковольтный электрод, выполненный в виде заостренного стержня диаметром 3 мм. Перед обработкой реактор заполнялся дистиллированной водой.

Время обработки образцов, в искровом и импульсном барьерном разряде составляло 15 минут. Напряжение подавалось на электроды от высоковольтного генератора импульсов. Амплитуда напряжения составляла 18-20 кВ, энергия импульса 0,3 Дж, частота следования импульсов 300 с<sup>-1</sup>.

Изотермы сорбции метиленового голубого определяли в интервале исходных концентраций  $C_n = 7,3 - 178,09$  мг/л. Для получения изотерм сорбции навески угля массой 0,5 г заливали 50 мл раствора с различной начальной концентрацией адсорбата. Колбы герметично закрывали и оставляли при периодическом перемешивании на 24 ч при 20<sup>0</sup>С. Концентрацию красителя определяли на фотоколориметре ( $\lambda = 590$ нм).

Сорбционную емкость (мг/г) рассчитывали по формуле:

$$A = \frac{(C_0 - C_p) \cdot V}{m}$$

Для оценки структурных характеристик полученных образцов использовали метод тепловой десорбции азота. Площадь удельной поверхности ( $S_{уд}$ ) и удельный объем пор (P) образцов измеряли с использованием анализатора «СОРБОМЕТР М».

## Результаты и обсуждение

В ходе проведения экспериментов были изучены следующие образцы: образец 1 – исходный уголь СКД-515, образец 2 – уголь СКД-515 после насыщения красителем, образец 3 – насыщенный уголь СКД-515, обработанный в искровом разряде, образец 4 – насыщенный уголь СКД-515, обработанный в барьерном разряде.

Результаты исследования структурных характеристик образцов представлены в таблице 1. Насыщение угля метиленовым голубым предсказуемо снижает удельную поверхность и объем пор. В результате обработки насыщенного угля электрическими разрядами, эти характеристики также изменяются. При этом, обработка барьерным разрядом способствует дальнейшему уменьшению удельной поверхности, а обработка искровым разрядом частично восстанавливает удельную поверхность и объем пор.

Таблица 1. Структурные характеристики образцов угля СКД-515

Наименование образца	Удельная поверхность $S_{уд}$ , м <sup>2</sup> /г	Объем пор P, см <sup>3</sup> /г
Образец 1	653	0,28
Образец 2	562	0,23
Образец 3	609	0,26

На рисунке 1 приведены изотермы адсорбции образцов угля по отношению к метиленовому голубому. Кинетическая кривая адсорбции для образцов 1 и 4 имеет ступенчатый характер, что может свидетельствовать о прохождении адсорбции больших ионов метиленового голубого в два этапа [6]. На первом этапе существенную роль играет массоперенос на границе раздела фаз и взаимодействие красителя с поверхностью угля, а на втором – внутренняя диффузия красителя в поры адсорбента, позволяющая красителю вновь адсорбироваться на внешней поверхности адсорбента [6].

Обработка образцов электрическими разрядами приводит к изменениям вида изотерм адсорбции. При этом, некоторое увеличение сорбционной емкости угля после обработки искровым разрядом (образец 3), вероятнее всего, вызвано увеличением удельной поверхности за счет механического и термического воздействия каналов разряда. Снижение сорбционной емкости угля, обработанного барьерным разрядом (образец 4), противоречит результатам, полученным авторами [5], и может быть связано с малой дозой энергии разряда, не позволяющей обеспечить окисление метиленового голубого.

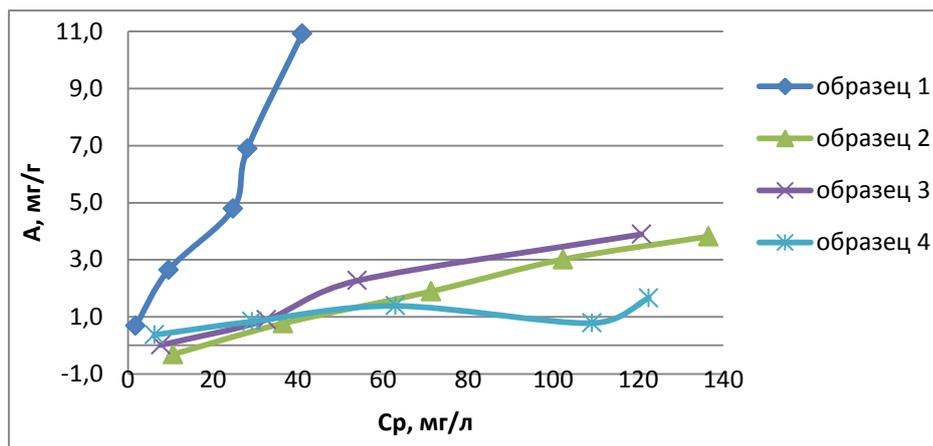


Рисунок 1. Изотермы адсорбции полученных образцов

Таким образом, полученные данные позволяют заключить, что искровой и импульсный барьерный электрический разряд приводят к изменению сорбционной активности и структурных характеристик угля СКД-515. В дальнейшем необходимо провести исследования с увеличением затрат энергии и времени контакта поверхности угля с плазмой электрических разрядов.

### Список информационных источников

1. Дистанов У., Михайлов А. Природные сорбенты СССР. М.: Недра, 1990г. 208 с.
2. Арипов Э. А. Природные минеральные сорбенты, их активирование и модифицирование. Ташкент, 1970. 252 с.
3. Грязев Н.Н. Природные сорбенты Поволжья // Природные минеральные сорбенты. Киев: Изд-во АН УССР, 1960. С. 191-198.
4. Корнев Я. И., Осокин Г.Е., Галанов А.И., Прейс С. В. // Известия Вузов. Физика. – Т. 55. - № 6/2. – 2012. – с. 199 – 207.
5. Jie Chen, Xinchao Pan, Jianwei Chen. // Carbon. – 2013. – № 53. - p. 380 – 390.
6. Солдаткина Л.М., Сагайдак Е.В. // Химия и технология воды. – 2010. – Т. 32. - №4. – с. 380 – 387.