

In this situation it is necessary to provide principal changes of the water supply systems, the population transfer to the underground water supply, wide introduction of distillers, local systems of water purification and potable water

conditioning directly at the water-consumers, and also wide use of traditional sources of water supply - springs and wells is necessary.

*Впервые поступила в редакцию 14.07.2008 г.  
Рекомендована к печати на заседании ученого совета НИИ медицины транспорта  
(протокол № 1 от 20.01.2009 г.).*

УДК 66.081.2(045)

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ АДсорбЕНТОВ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СРЕД

**Заславский А.М., Кустовская А.Д., Кабулей О.П.**

*Национальный авиационный университет, Киев*

### Введение

В системе мероприятий, обеспечивающих экологическую безопасность жизнедеятельности человека, очистка водных сред занимает важнейшее место. В последнее время спектр загрязнителей воды существенным образом расширился. Это связано с активным развитием промышленности, увеличением объемов стоков крупных городов, применением удобрений и пестицидов в сельском хозяйстве, расширением ассортимента продукции бытовой химии, мутациями патогенных микроорганизмов. Химическая природа загрязнителей чрезвычайно разнообразна, поэтому весьма затруднительно подобрать универсальный способ борьбы с ними.

В арсенале методов, использующихся для комплексной очистки водных сред, одно из лидирующих мест занимает процесс адсорбции [1].

Использование природных или синтетических адсорбентов позволяет иммобилизовать большинство из известных типов загрязнителей. Природные адсорбенты широко доступны, дешевы и обладают высокой сорбционной емкостью по отношению к веществам различной природы. Процесс адсорбции осуществляется на поверхности адсорбента под действием ван дер Ваальсовских сил в порах с размерами, соответствующих размерам адсорбирующихся молекул,

или за счет сил химического взаимодействия с поверхностными функциональными группами, а также в результате реакций ионного обмена.

Адсорбционные характеристики синтетических углей зависят от сырья, из которого они производятся, и режимов получения. Эти параметры определяют удельный объем поверхности и пористую структуру адсорбентов [2,3]. Традиционное применение углей состоит в адсорбции патогенных микроорганизмов и органических молекул. Для повышения адсорбционной емкости и расширения спектра иммобилизуемых ими веществ поверхность углей модифицируют. Чаще всего это достигается путем ее частичного окисления, которое ведет к созданию слабо и сильно кислых поверхностных функциональных групп [4]. Создание функциональных групп на поверхности делает угли еще более универсальными адсорбентами, поскольку они могут связывать загрязнители путем образования с ними устойчивых химических связей, а также оказывать дезинфицирующее действие на воду за счет выделения в среду различных ионов.

При получении из скорлупы кокосового ореха углей специального назначения в них образуется большое количество супермикропор размерами 0,5-1,5 нм. Диаметры пор соизмеримы с размерами ионов и поэтому есть основания предположить, что угли специального назначе-

ния могут быть использованы для очистки водных сред не только от органических и биологических загрязнителей, но и от катионов тяжелых металлов.

**Целью настоящей работы** было изучение возможности адсорбции на угле специального назначения катионов тяжелых металлов и установление влияния на этот процесс модифицирования поверхности, определение адсорбционной емкости углей по отношению к различным катионам и подбор оптимальных режимов адсорбции.

**Объектом исследования** выступал активированный уголь специального назначения, полученный из скорлупы кокосовых орехов.

Для определения влияния модифицирования поверхности на адсорбционную емкость углей, они подверглись частичному окислению. Окисление проводилось путем нагревания угля на водяной бане в растворе 25% азотной кислоты в течение 4 часов. Остатки азотной кислоты нейтрализовались 1% раствором NaOH, а затем промывались водой до нейтральной реакции. В дальнейшем уголь заливался на 10 часов 1 нормальным раствором соляной кислоты в соотношении 1:11, а затем повторно промывался горячей водой.

Количество образовавшихся на поверхности угля в результате его окисления слабо и сильно кислых функциональных групп определяли путем селективного титрования соляной кислотой образцов угля, предварительно нейтрализованных NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> и NaHCO<sub>3</sub>.

Начальную и равновесную концентрацию катионов меди и свинца определяли путем титрования растворов нитратов этих металлов 0,05 нормальным раствором трилона Б в присутствии индикаторов. При определении катионов Pb<sup>2+</sup> - ксиленолового оранжевого при pH = 5, при определении Cu<sup>2+</sup> - мурексида в буферном растворе NH<sub>4</sub>OH, NH<sub>4</sub>Cl.

Процесс адсорбции проводили в статических условиях, заливая 0,05 г угля

50 мл раствора нитрата свинца или меди, а также их смесью. После завершения процесса адсорбции уголь отделяли от раствора фильтрованием.

При определении содержания катионов меди и свинца в смеси применяли атомно-адсорбционный спектрофотометр С-115 М.

Адсорбционную емкость угля (а, мг-экв/г) определяли, используя формулу:

$$a = \frac{(C_0 - C_p) \times V}{m \times 1000}, \text{ где:}$$

C<sub>0</sub> – начальная концентрация катиона, мг-экв/л;

C<sub>p</sub> – равновесная концентрация катиона, мг-экв/л;

V – объем раствора, мл;

m – масса образца сорбента, г.

Для построения изотерм адсорбции использовали исходные растворы Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> и Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> с исходными концентрациями 10, 30, 50, 70 мг-экв/л для каждого из катионов. Время контакта растворов с углем составляло 72 часа. После определения равновесных концентраций растворов по методике, указанной выше, были построены изотермы адсорбции, представленные на рисунке 1.

Определение максимальной адсорбционной емкости угля было проведено путем линеаризации изотерм адсорбции в лэнгмюровских координатах. Было установлено, что максимальная адсорбционная емкость немодифицированного угля по отношению к катионам Cu<sup>2+</sup> составляет 1,6 мг-экв/л, а по отношению к катионам Pb<sup>2+</sup> – 4,4 мг-экв/л, а модифицированного – 1,8 мг-экв/л и 5,4 мг-экв/л, соответственно.

Из полученных данных следует, что адсорбция катионов свинца протекает втрое эффективнее, чем адсорбция катионов меди. Кроме того, обращает на себя внимание тот факт, что модифицирование поверхности угля, вопреки ожиданиям, лишь очень несущественным образом увеличивает его адсорбционную

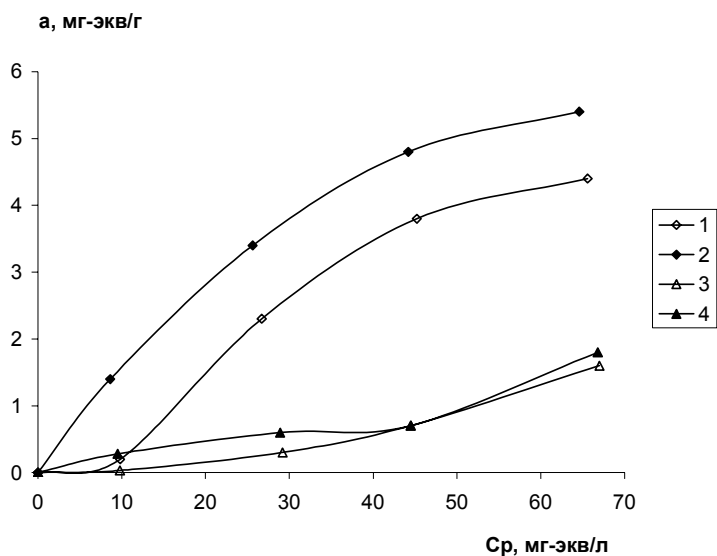


Рис. 1. Изотермы адсорбции при температуре 20 °С при 72 часовой выдержке:  
 1 – нитрата свинца на поверхности немодифицированного угля, pH=4;  
 2 – нитрата свинца на поверхности модифицированного угля, pH=4;  
 3 – нитрата меди на поверхности немодифицированного угля, pH=4;  
 4 – нитрата меди на поверхности модифицированного угля, pH=4.

емкость по отношению к каждому из рассматриваемых катионов.

Изучение кинетики совместной адсорбции свинца и меди было проведено из раствора, содержащего одинаковое (по 70 мг-экв/л) количество их катионов. Изменение величины совместной адсорбции катионов в зависимости от времени контакта угля с раствором приведено

на рисунке 2.

Максимальное извлечение катионов из раствора наблюдается после 24 часового контакта. Дальнейшее увеличение времени контакта угля с раствором не приводит к повышению эффективности процесса адсорбции. В процессе адсорбции не наблюдается конкуренции ионов каждого вида. Модификация поверхности угля очень несущественно увеличивает его адсорбционные

характеристики. Результаты проведенного исследования свидетельствуют о перспективности использования полученного из скорлупы кокосового ореха угля специального назначения для обезвреживания катионов тяжелых металлов в водных средах. Адсорбция катионов из смеси осуществляется за 24 часа и при этом конкуренции между ионами не наблюдается. Максимальная адсорбционная емкость угля по отношению к каждому из катионов в смеси остается практически такой же как и при адсорбции каждого из катионов в отдельности. Модификация поверхности угля путем ее частичного окисления не существенно улучшает его адсорбционные характеристики по отноше-

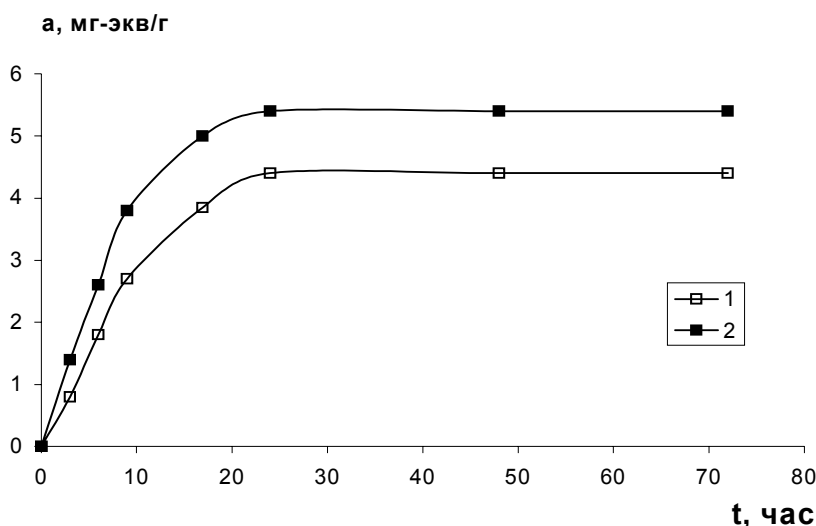


Рис. 2. Кинетическая кривая совместной адсорбции катионов свинца и меди из смеси их нитратов с одинаковым содержанием катионов в растворе.

1 – на немодифицированном угле;  
 2 – на модифицированном угле.

нию к катионам меди и свинца.

Можно предположить, что адсорбция ионов свинца и меди протекает двумя независимыми путями. Большие по размеру катионы свинца (0,126 нм) иммобилизируются в порах угля с соответствующими размерами. При этом пор с такими размерами на поверхности угля втрое больше, чем пор с диаметрами 0,080 нм, способных удерживать меньшие по величине катионы меди. Выводы. Уголь специального назначения остается одним из самых эффективных комплексных адсорбентов. Он может удалять из водных сред не только органические и бактериальные загрязнители, но и катионы тяжелых металлов. При этом наличие в растворе катионов другого типа не ухудшает эффективности адсорбции. 24 часового контакта угля с раствором достаточно для достижения граничных значений адсорбции по каждому из катионов, на их величины модификация поверхности угля путем ее частичного окисления влияет очень несущественным образом.

#### Литература

1. Когановский А.М. Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод. – К.: Наукова думка, 1983. – 240 с.
2. Мухин В.М., Тарасов А.В., Клушин В.М. Активные угли. – М.: Metallurgia, 2000. – 352 с.
3. Бутырин Г.М. Высокопористые углеродные материалы. – М.: Химия, 1986. – 192 с.
4. Тарковская И.А. Окисленный уголь. – К.: Наук. Думка, 1981. – 200 с.

#### Резюме

#### ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВУГЛЕРОДНИХ АДСОРБЕНТІВ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЇ ОЧИСТКИ ВОДНИХ СЕРЕД

*Заславський А.М., Кустовська А.Д., Кабулей О.П.*

Досліджена адсорбція катіонів свинцю та міді, а також їх суміші на поверхні модифікованого і немодифікованого вуглецю протягом різного часу. Визначена максимальна адсорбційна ємність вуглецю по відношенню до кожного з катіонів. Відсутність конкуренції між катіонами в процесі адсорбції із суміші пояснено з позиції відмінностей типів їх взаємодії с поверхнею вуглецю. Показана висока ефективність та перспективність використання вуглецю для знешкодження катіонів важких металів у водному середовищі.

#### Summary

#### PROSPECTS OF APPLICATION OF CARBON ADSORBENTS FOR COMPLEX WATER TREATMENT

*Zaslavskiy A.M., Kustovskaya A.D., Kabuley O.P.*

Adsorption of Pb and Cu cations and their mixture on the surface of modified and non-modified coal through different time intervals have been studied. The maximum adsorption capacity of coal relative to each cations have been determined. Absence of concurrence between cations of Pb and Cu during adsorption from mixture is explained by difference of types of their interaction with coal surface. The high effectiveness and perspectives of application of coal for neutralization of heavy metal cations in aqueous solution was shown.

*Впервые поступила в редакцию 27.08.2008 г.  
Рекомендована к печати на заседании ученого совета НИИ медицины транспорта  
(протокол № 1 от 20.01.2009 г.).*