

УДК 544.723.2

## АДСОРБЦИЯ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ ОТХОДАМИ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Сазонова Анна Владимировна**

канд. хим. наук

**Голощопова Светлана Эдуардовна**

студент

Юго-Западный государственный университет, Курск

*author@apriori-journal.ru*

**Аннотация.** Исследована адсорбция ионов металлов отходами деревообрабатывающей промышленности из водных растворов в статических условиях. Установлено влияние размера частиц осиновых древесных опилок на степень адсорбции ионов  $Zn^{2+}$  и  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ . Получены изотермы адсорбции и рассчитаны параметры адсорбции по уравнению Фрейндлиха и Ленгмюра.

**Ключевые слова:** адсорбция; промышленные отходы; древесные опилки; ионы металлов; размер частиц.

# ADSORPTION OF METAL IONS BY WOODWORKING INDUSTRY WASTE

**Sazonova Anna Vladimirovna**

candidate of chemical sciences

**Goloshchapova Svetlana Eduardovna**

student

Southwest State University, Kursk

**Abstract.** Studied the adsorption of metal ions from waste wood industry aqueous solutions under static conditions. The influence of particle size of aspen sawdust on the degree of adsorption of ions  $Zn^{2+}$  and  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ . Isotherms of adsorption and adsorption parameters were calculated according to the equation of Freundlich and Langmuir.

**Key words:** adsorption; industrial waste; sawdust; metal ions; particle size.

## Введение

Состояние окружающей среды в настоящее время оценивается специалистами как критическое. Вследствие интенсивной антропогенной деятельности природная среда загрязняется огромными массами твердых, жидких и газообразных отходов. Экологическая проблема переросла в проблему национальной безопасности.

Количество загрязненных вод, сбрасываемых в водоёмы во всем мире, достигает 250-300 млрд м<sup>3</sup> в год. Основными поставщиками сточных вод, загрязняющих водные объекты России, являются предприятия перерабатывающей промышленности [1].

По оценкам ряда специалистов глобальное загрязнение окружающей среды химическими веществами, в том числе и катионов металлов,

уже сейчас привело к снижению естественной продуктивности водных экосистем не менее чем на 10 % в Мировом океане и на 30 % – во внутренних водоёмах [2].

Одним из эффективных методов очистки природных и сточных вод является адсорбция. Особый интерес представляют адсорбенты на основе природных материалов, содержащих целлюлозу. Преимущества таких адсорбентов по сравнению с синтетическими катионитами определяются химической природой полимерной матрицы, наличием функциональных групп, физико-химическими характеристиками. Большие запасы, возобновляемость, низкая стоимость, возможность утилизации определяют экономическую целесообразность использования в промышленности [3].

Целью рассматриваемой работы явилось изучение адсорбции ионов  $Zn^{2+}$  и  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  из водных растворов отходами деревообрабатывающей промышленности – осиновыми древесными опилками (ОДО).

### **Материалы и методы**

В работе использован метод одноступенчатой статической сорбции из модельных водных растворов при температуре  $T=298$  К и оптимальном соотношении фаз:  $m_{Fe^{2+}, Fe^{3+}} : m_{сорбента} - 1:50$ ;  $m_{Zn^{2+}} : m_{сорбента} - 1:40$ , время сорбции  $t = 20$  мин, интенсивность перемешивания 500 об/мин.

Для установления влияния размера частиц ( $r$ , мм) на адсорбцию ионов металлов, в работе использовали сорбент ОДО-I (осиновые древесные опилки с размером частиц  $r < 1,2$  мм) и ОДО-II (осиновые древесные опилки с размером частиц  $1,2 < r < 3,25$  мм).

Концентрацию ионов  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  определяли фотометрическим сульфосалицилатным методом [4]. Концентрацию ионов  $Zn^{2+}$  определяли фотометрическим методом с сульфарсазеном по стандартной методике [5]. Оптическую плотность растворов определяли на спектрофотометре ПромЭколаб ПЭ-5400УФ.

## Результаты и их обсуждение

По экспериментальным данным была рассчитана степень сорбции ( $S$ , %), показывающая долю абсолютного количества вещества, которое улавливается сорбентом. Влияние размера частиц осинового древесного опилок на степень сорбции ионов  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  и  $Zn^{2+}$  представлено в табл. 1.

Таблица 1

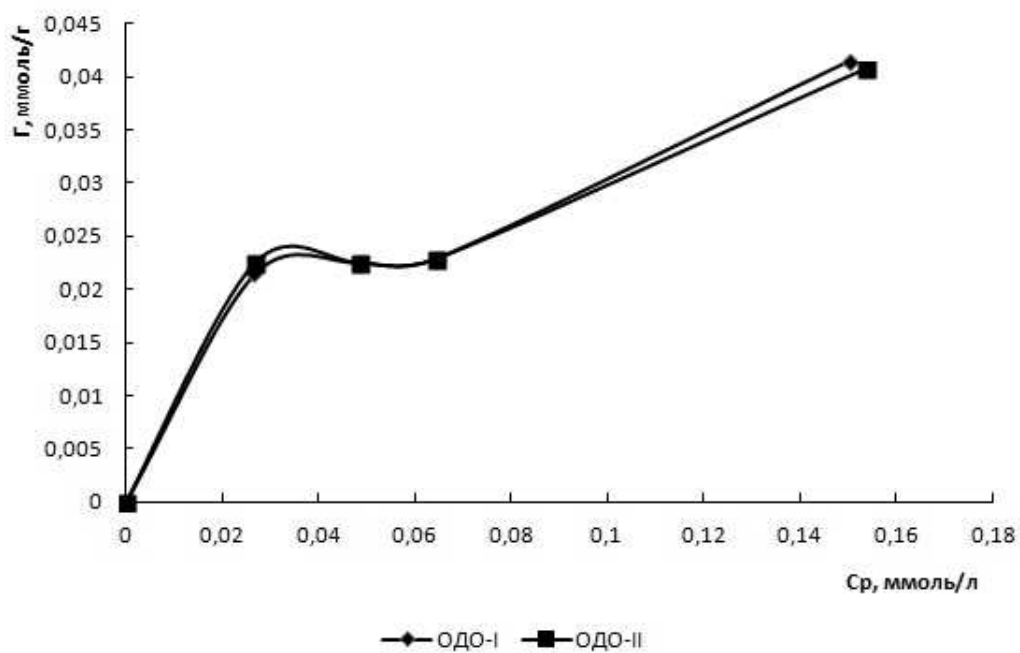
### Степень сорбции ионов металлов в зависимости от размера частиц осинового древесного опилок

$Fe^{2+}, Fe^{3+}$			$Zn^{2+}$		
$C_0$ , мг/л	$S$ , %		$C_0$ , мг/л	$S$ , %	
	ОДО-I	ОДО-II		ОДО-I	ОДО-II
8,0	81,25	78,75	0,02	81,80	81,80
9,0	70,30	69,70	0,04	90,48	66,70
10,0	64,20	64,00	0,10	92,30	85,00
15,0	62,80	62,30	0,20	53,38	53,38
20,0	58,60	57,10	0,50	47,05	42,85

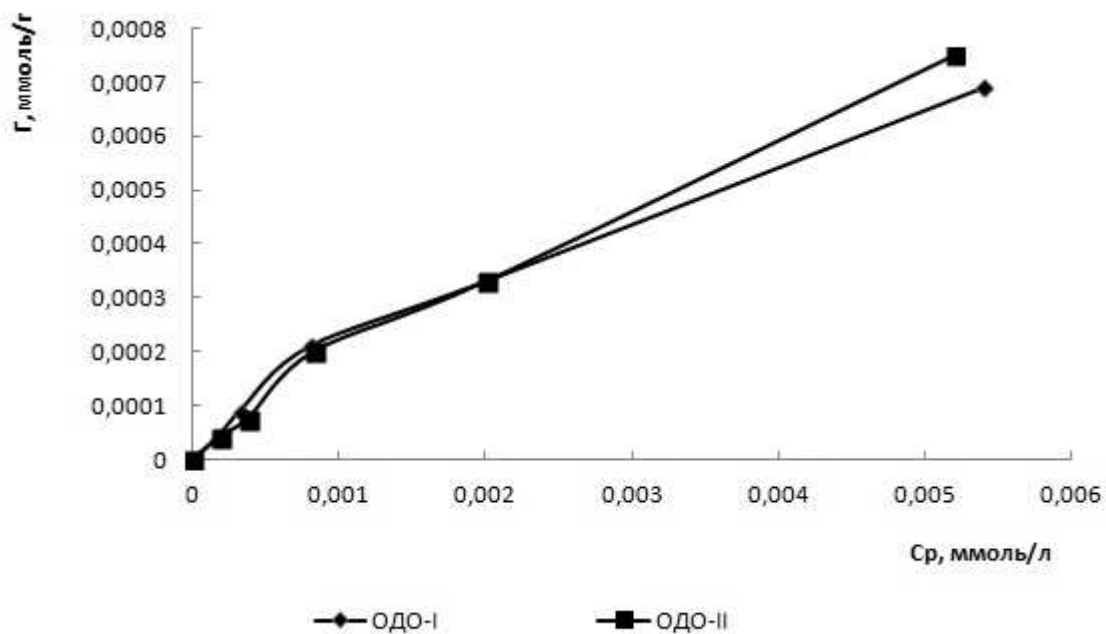
Как видно из табл. 1, степень сорбции ионов  $Zn^{2+}$  и  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  осиновыми древесными опилками имеет близкие значения. С увеличением исходной концентрации растворов данный показатель снижается.

По результатам исследования были построены изотермы адсорбции, представляющие графическую зависимость удельной адсорбции ( $\Gamma$ , ммоль/г) от равновесной концентрации растворов ( $C_p$ , ммоль/л) при постоянной температуре  $T = 298$  К и оптимальном соотношении фаз, представленные на рис. 1, 2.

Изотермы сорбции ионов  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  осиновыми древесными опилками имеют сложный ступенчатый характер, в отличие от почти прямолинейных изотерм сорбции ионов  $Zn^{2+}$ .



**Рис. 1. Изотермы адсорбции ионов  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  осиновыми древесными опилками**



**Рис. 2. Изотермы адсорбции ионов  $Zn^{2+}$  осиновыми древесными опилками**

Для расчета сорбционных параметров были использованы уравнение Ленгмюра (теория мономолекулярной адсорбции) и уравнение Фрейндлиха (уравнение параболы) [6].

Рассчитанные по уравнению Фрейндлиха параметры адсорбции ионов металлов ОДО представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Параметры адсорбции ионов металлов осиновыми древесными опилками, рассчитанные по уравнению Фрейндлиха**

Сорбент	Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup>		Zn <sup>2+</sup>	
	<i>K</i>	1/ <i>n</i>	<i>K</i>	1/ <i>n</i>
ОДО-I	1,0964	0,8086	24,0188	1,2511
ОДО-II	1,0950	0,7962	20,9300	1,1638

Известно, что чем больше величина *K*, тем больше удельная адсорбция ионов металлов. Следовательно, величина *K* может быть условной мерой активности сорбента при небольших концентрациях ионов металлов. Степенной показатель 1/*n* определяет прочность связи между ионами металлов и адсорбентом.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы: большие значения константы 1/*n* свидетельствуют о более прочной связи ионов Zn<sup>2+</sup> с поверхностью сорбента, чем для ионов Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, величина *K* больше при адсорбции ионов Zn<sup>2+</sup>, что говорит о высокой скорости адсорбции ионов данных металлов.

Параметры адсорбции ионов металлов ОДО, рассчитанные по уравнению Ленгмюра, представлены в табл. 3.

Полученные значения постоянной величины *k* при сорбции отходами деревообрабатывающей промышленности для ионов Zn<sup>2+</sup> больше, чем для ионов Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>. Вероятно, что адсорбционное взаимодействие между ионами металлов и поверхностью ОДО в первом случае выше.

**Параметры сорбции ионов металлов осиновыми древесными опилками, рассчитанные по уравнению Ленгмюра**

Сорбент	Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup>			Zn <sup>2+</sup>		
	Г <sub>пр</sub> , ммоль/г	k	ΔG, Дж/моль	Г <sub>пр</sub> , ммоль/г	k	ΔG, Дж/моль
ОДО-I	0,0574	15,400	-6623,77	0,001863	663,13	-15738,12
ОДО-II	0,0566	14,204	-6429,95	0,001246	217,12	-13034,34

Величина адсорбции при мономолекулярном заполнении поверхности сорбента Г<sub>пр</sub> значительно больше для ионов Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>.

Для определения термодинамических возможностей адсорбции ионов металлов отходами деревообрабатывающей промышленности по константе равновесия k была рассчитана энергия Гиббса. Вероятность самопроизвольного протекания процесса адсорбции ОДО для ионов Zn<sup>2+</sup> больше, чем для ионов Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>.

### Заключение

В результате исследования установлено, что с увеличением исходной концентрации растворов степень сорбции ионов металлов снижается.

Полученные адсорбционные параметры для сорбентов ОДО-I и ОДО-II имеют почти одинаковые значения, что говорит нам о том, что размер частиц незначительно влияет на процесс сорбции ионов металлов отходами деревообрабатывающей промышленности. Однако для ОДО-I параметры адсорбции немного больше, что, вероятно, связано с большей площадью поверхности сорбента.

Отрицательные значения энергии Гиббса ( $\Delta G < 0$ ) определяет самопроизвольность протекания сорбции ионов изучаемых металлов осиновыми древесными опилками

Полученные результаты имеют практическую значимость, поскольку использование отходов деревообрабатывающей промышленности представляется перспективным для очистки водных объектов от ионов металлов.

## Список использованных источников

1. Григорьян М.Г., Свергузова С.В. Очистка железо- и цинксодержащих сточных вод шлаком // Экология и промышленность России. 2010. № 9. С. 45-47.
2. Luxan M.P., Sotolongo R., Dorrego F., Herrero E. Characteristics of the slags produced in the fusion of scrap steel by electric arc furnace // Cem. And Concr. Res.: An Int. J. 2000. № 4. P. 30.
3. Жукова И.Л., Орехова С.Е., Хмылко Л.И. Сорбенты на основе целлюлозосодержащих материалов и их утилизация // Экология и промышленность России. 2009. № 7. С. 30-33.
4. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. М.: Химия, 1984. 448 с.
5. ПНД Ф14.1:2.195-03 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации ионов цинка в пробах природных и очищенных сточных вод фотометрическим методом с сульфарсазеном. М., 2003. 10 с.
6. Соловьева Ю.В., Краснова Т.А., Юстратов В.П. Использование модифицированного отхода производства капролактама для очистки природной воды от ионов свинца // Экология и промышленность России. 2011. № 3. С. 40-42.