



**Цели работы:** определение адсорбционной активности углей марок БАУ-А и КАУ по отношению к ионам  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$ , а также минеральных сорбентов – вермикулита и клиноптилолита, и композитов на их основе.

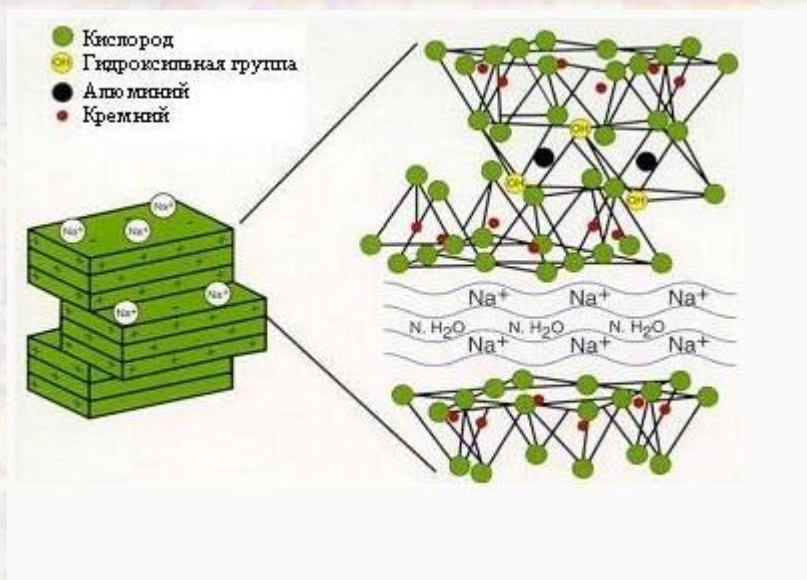
**Задачи работы:**

- исследование применимости моделей адсорбции Ленгмюра, Фрейндлиха, Ленгмюра-Фрейндлиха;
- установление механизма адсорбции ионов  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$  на указанных системах;
- определение равновесных характеристик процесса адсорбции;
- определение влияния углей КАУ и БАУ на эффективность адсорбции  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$  вермикулитом и клиноптилолитом.

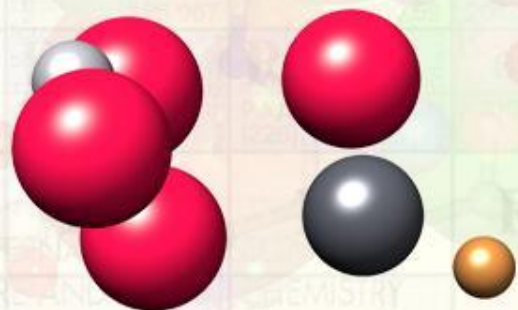


# СТРУКТУРА АДСОРБЕНТОВ

## Алюмосиликаты (вермикулит и клиноптилолит)



## Активированные угли (КАУ и БАУ)



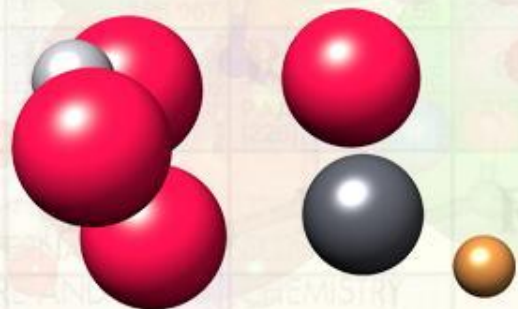
# МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Содержание ионов  $\text{Co}^{2+}$  определялось фотометрическим методом с помощью реагента нитрозо-R-соли (длина волны  $\lambda=520$  нм)

Содержание ионов  $\text{Cu}^{2+}$  определялось фотометрическим методом с помощью диэтилдитиокарбаматом натрия (длина волны  $\lambda=430$  нм)



Спектрофотометр КФК-3-01



# Модели адсорбции Ленгмюра и Фрейндлиха

Изотерма адсорбции Ленгмюра в линеаризованном виде может быть представлена так:

$$\frac{1}{\Gamma} = \frac{1}{\Gamma_{\infty} K C} + \frac{1}{\Gamma_{\infty}},$$

где  $\Gamma$ -это значение величины адсорбции, отвечающее данной равновесной концентрации  $C$  в растворе;(моль/г)

$\Gamma_{\infty}$  - предельная адсорбционная ёмкость;

$K$ -константа равновесия адсорбционного процесса.

Изотерма адсорбции Фрейндлиха в линеаризованном виде может быть представлена так:

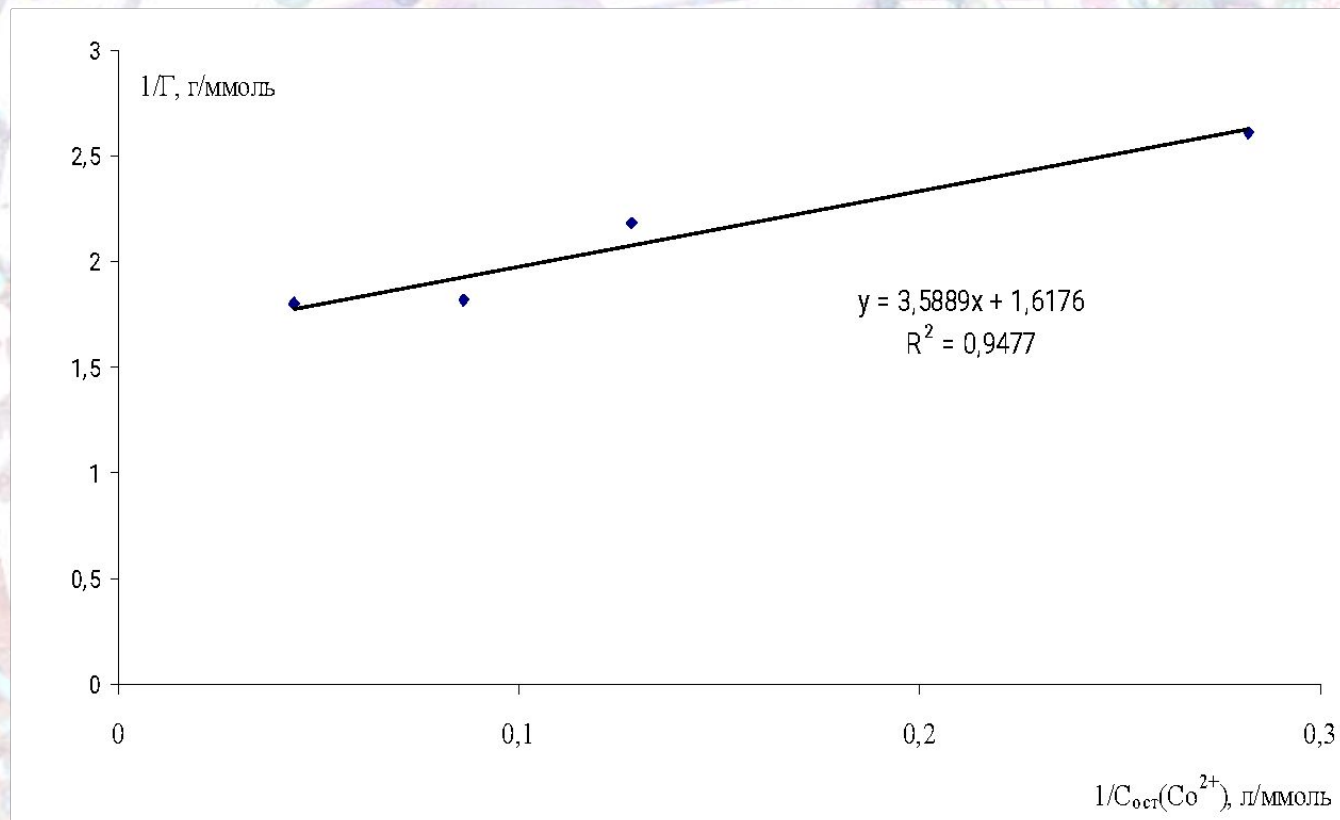
$$\lg \Gamma = \frac{1}{n} \lg C + \lg K,$$

где  $n$ - степенной показатель, характеризующий интенсивность адсорбции;

$K$ -константа Фрейндлиха

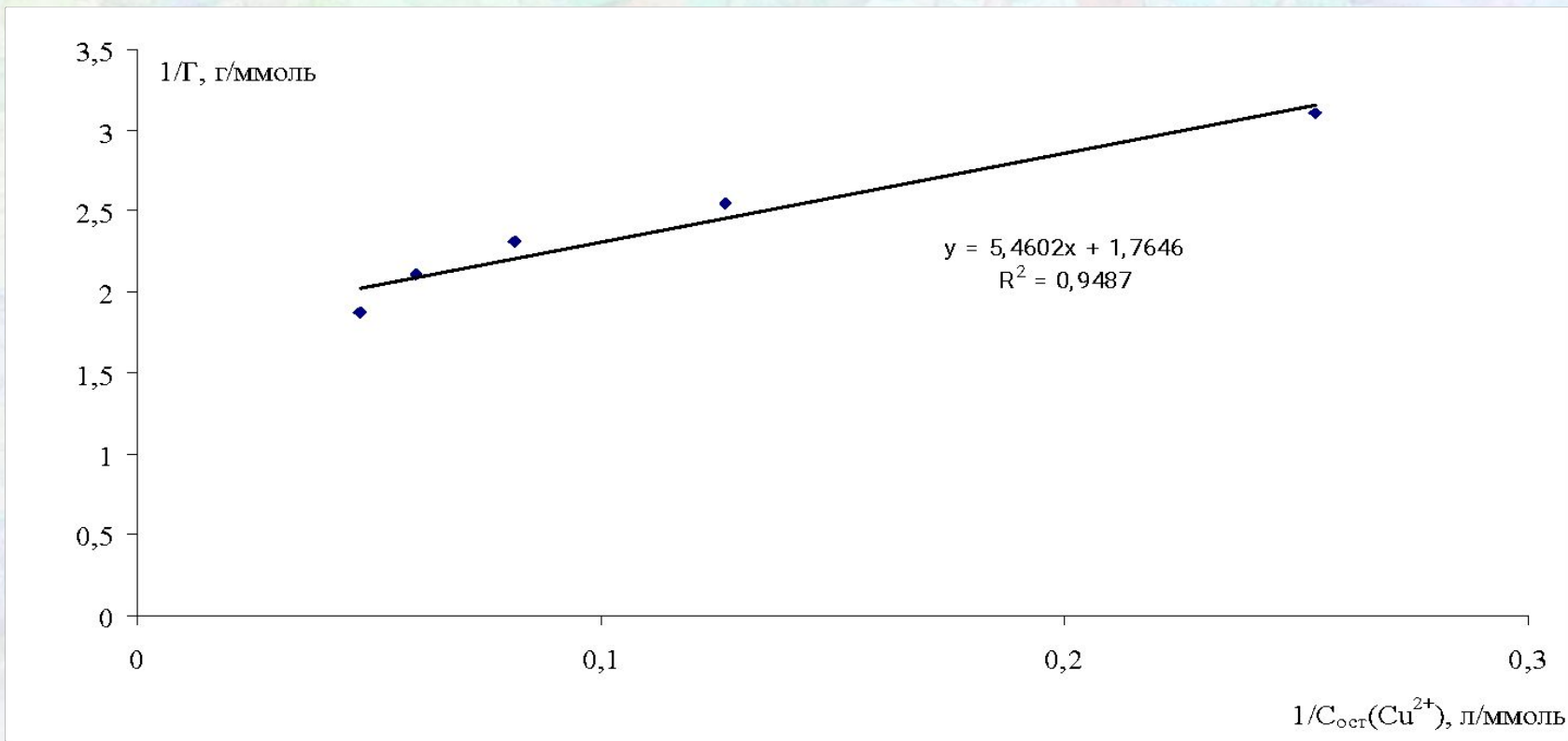


# Интерпретация полученных результатов в рамках изотермы адсорбции Ленгмюра

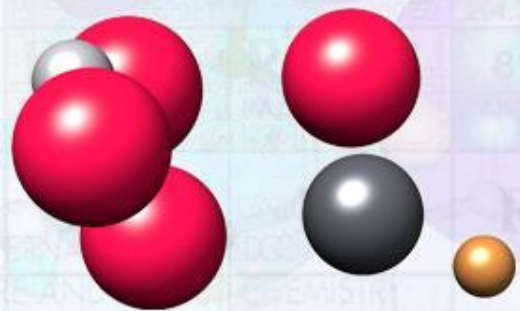


**Система «Co<sup>2+</sup> - клиноптилолит»**

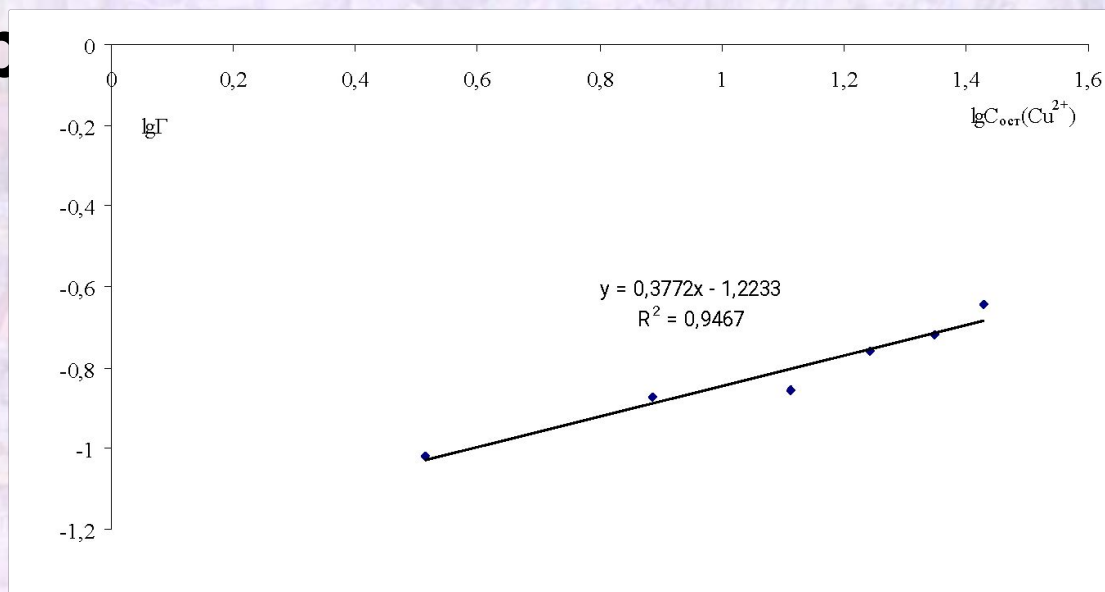




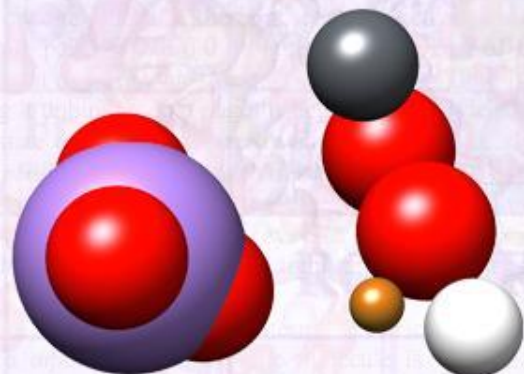
### Система «Cu<sup>2+</sup> - КАУ»



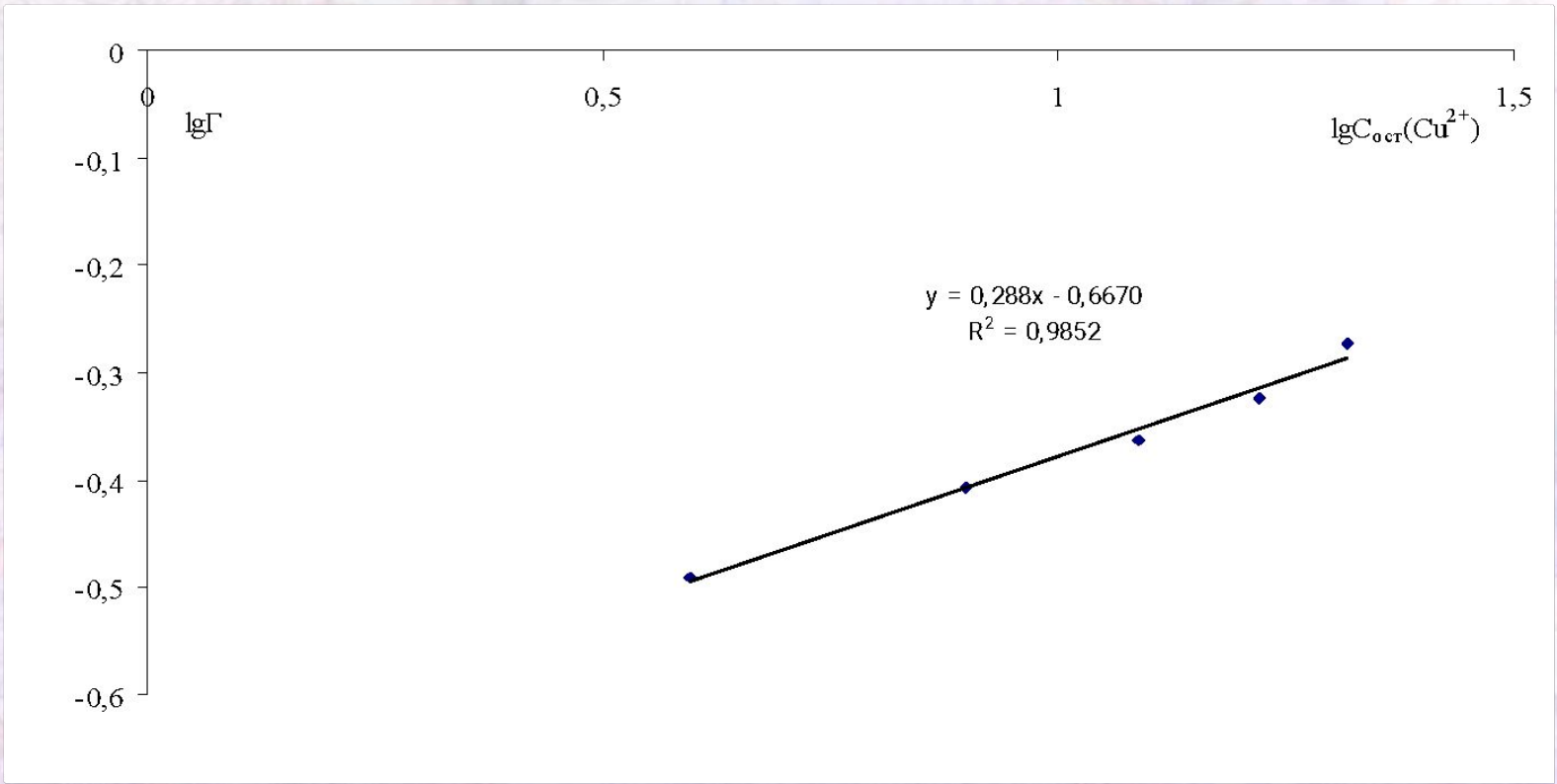
- **Интерпретация полученных результатов в рамках изотермы адсор**



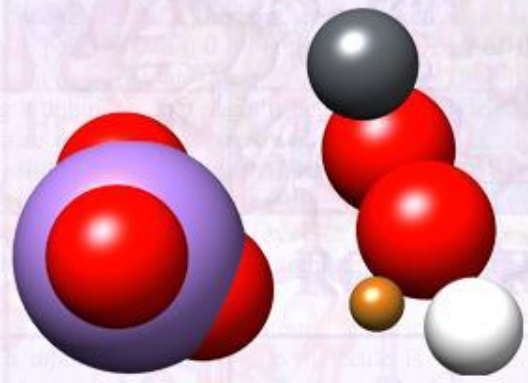
Система « $Cu^{2+}$  - клиноптилолит»







Система «Cu<sup>2+</sup> - КАУ»

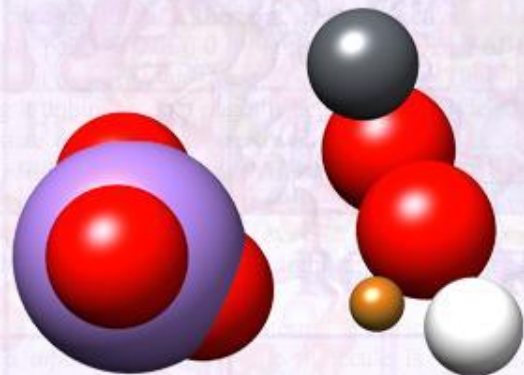


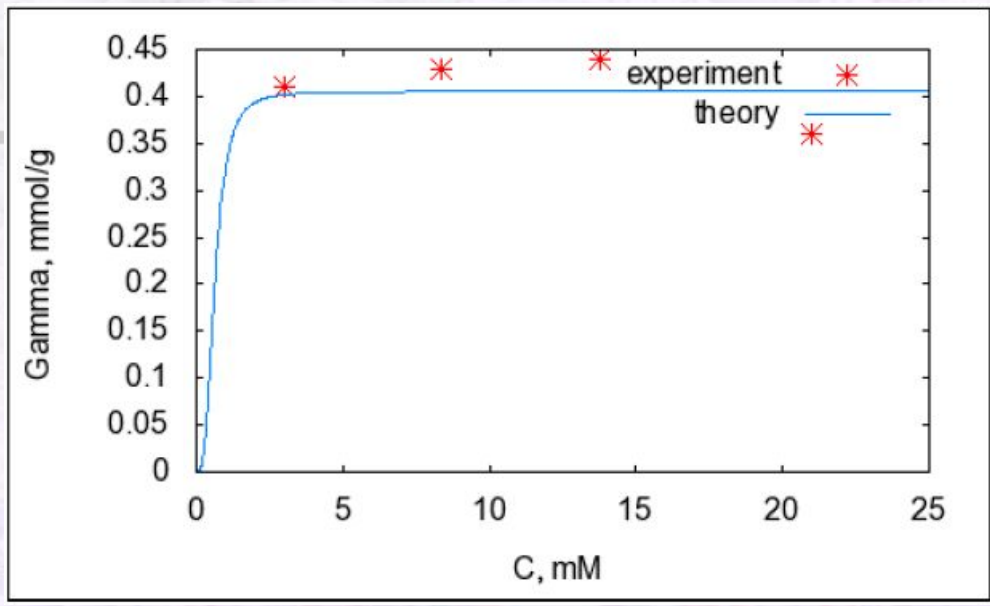
# Интерпретация полученных результатов в рамках обобщенной модели Ленгмюра-Фрейндлиха

- Обобщенная изотерма адсорбции Ленгмюра-Фрейндлиха имеет вид:

$$\frac{\Gamma}{\Gamma_{\infty}} = \frac{KC^n}{1 + KC^n}$$

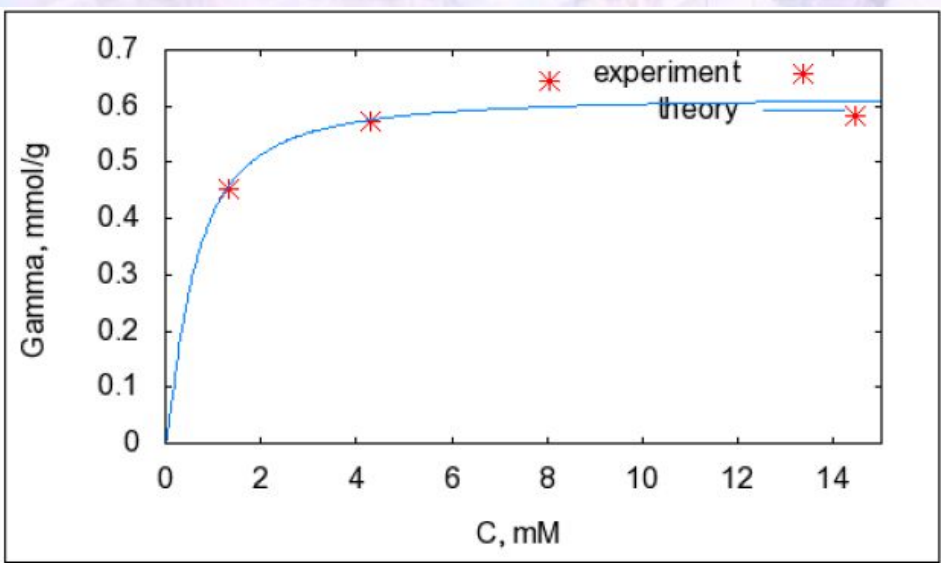
Параметры  $\Gamma_{\infty}$ ,  $K$  и  $n$  данной модели определялись нелинейным методом наименьших квадратов, реализованном в программном продукте «wxMaxima».



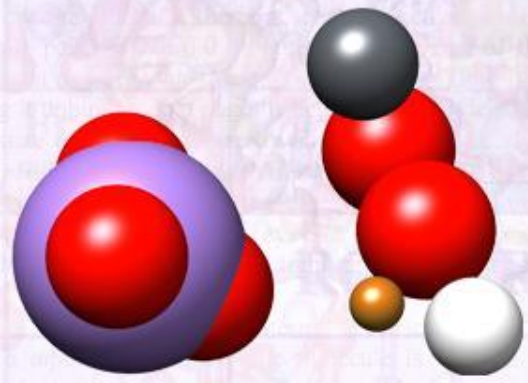


**Результаты численного моделирования адсорбции в рамках обобщенной модели Ленгмюра-Фрейндлиха**

**система «БАУ-А-вермикулит»**

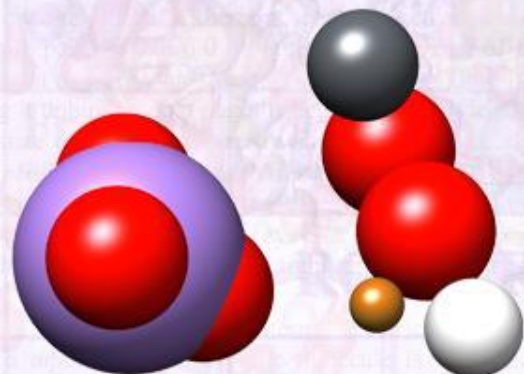


**система «Cu<sup>2+</sup> - «КАУ-вермикулит»**



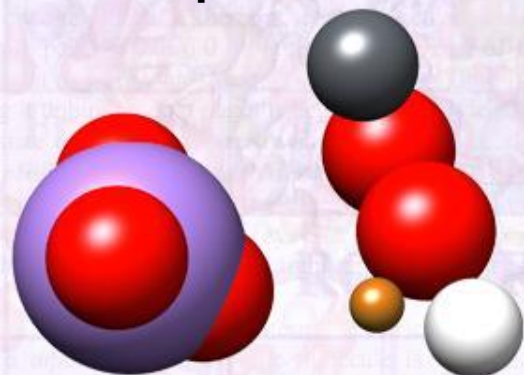
# Результаты экспериментов

Система	По Ленгмюру			По Фрейндлиху			По Ленгмюру-Фрейндлиху			
	$\Gamma_{\infty}$ , моль/г	К л/моль	$R^2$	К	n	$R^2$	$\Gamma_{\infty}$	К	n	$S^2$
вермикулит-Cu <sup>2+</sup>	0,694	0,641	0,9971	0,356	4,631	0,9639	0,706	0,647	0,937	0,00010
вермикулит-Co <sup>2+</sup>	0,713	0,448	0,8514	0,448	4,049	0,8286	0,775	3,140	0,892	0,00202
клиноптилолит-Cu <sup>2+</sup>	0,218	0,231	0,9057	0,061	2,653	0,9467	0,200	0,291	0,966	0,00815
клиноптилолит-Co <sup>2+</sup>	0,618	0,451	0,9477	0,218	2,451	0,9477	0,603	0,443	1,070	0,00217
БАУ-Cu <sup>2+</sup>	$\Gamma_{\infty} = 0,0738$ ( по критерию Граббса), $S^2=0,00037$									
БАУ-Co <sup>2+</sup>	$\Gamma_{\infty} = 0,256$ ( по критерию Граббса), $S^2=0,36784$									
КАУ-Cu <sup>2+</sup>	0,567	0,323	0,9487	0,216	3,472	0,9852	0,656	0,355	0,718	0,00248
КАУ-Co <sup>2+</sup>	0,405	0,211	0,9742	0,112	2,833	0,8403	0,321	0,067	2,520	0,00194
БАУ-вермикулит-Co <sup>2+</sup>	-	-	-	-	-	-	0,348	1,730	0,518	0,00527
БАУ-вермикулит-Cu <sup>2+</sup>	-	-	-	-	-	-	0,405	3,980	3,090	0,00813
КАУ-вермикулит-Cu <sup>2+</sup>	-	-	-	-	-	-	0,618	1,960	1,330	0,00592



# Выводы

- формирование адсорбционных слоёв для систем « $\text{Cu}^{2+}$  ( $\text{Co}^{2+}$ ) - вермикулит и клиноптилолит» происходит с формированием преимущественно мономолекулярных слоёв и описывается изотермой адсорбции Ленгмюра;
- достижение предельной адсорбционной емкости для систем « $\text{Cu}^{2+}$  ( $\text{Co}^{2+}$ ) - КАУ и БАУ-А» достигается раньше установления межфазного распределения ионов металла между объемом раствора и адсорбента;
- добавление указанных углей к вермикулиту и клиноптилолиту приводит к формированию смешанных слоев «адсорбент-адсорбат», что удачно описывается изотермой адсорбции Ленгмюра-Фрейндлиха;
- формирование композиционных угле-минеральных адсорбентов на основе изученных компонентов отвечает формированию композиционного адсорбента, активность которого в отношении ионов  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$  отличается от таковой для отдельных составляющих адсорбента.



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

