



## Химия для школьников 7 – 11 класса (отборочный этап) Решение задачи 2. Оксид графена

- Наличие кислородосодержащих групп делает оксид графита гидрофильным. При взаимодействии с водой твердый ОГ полностью распадается на двумерные слои. Продукт растворения ОГ вполне обоснованно называют водным раствором оксида графена. Графит гидрофобен и не растворяется в воде.
- Предположим, что ОГ полностью рассыпался на плоскости. Объем одной частицы порошка:

$$V = 4/3 \cdot \pi R^3 = 4.2 \cdot (1 \cdot 10^{-6})^3 = 4.2 \cdot 10^{-18} \text{ м}^3.$$

Количество сферических кристаллитов находим через общий объем вещества:

$$V_{\text{ОГ}} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ г} / 2 \text{ г/см}^3 = 2.5 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3 = 2.5 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3,$$

$$n_{\text{сф}} = V_{\text{ОГ}} / V = 2.5 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3 / 4.2 \cdot 10^{-18} \text{ м}^3 = 6 \cdot 10^8.$$

Количество 2D-структур в каждом кристаллите:

$$n = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м} / 10^{-9} \text{ м} = 2000$$

Общее число 2D-структур в 10 мл раствора и их концентрация равны:

$$n_{2D} = 2000 \cdot 6 \cdot 10^8 = 1.2 \cdot 10^{12},$$

$$c_{2D} = 1.2 \cdot 10^{12} / 0.01 \text{ л} = 1.2 \cdot 10^{14} \text{ л}^{-1}.$$

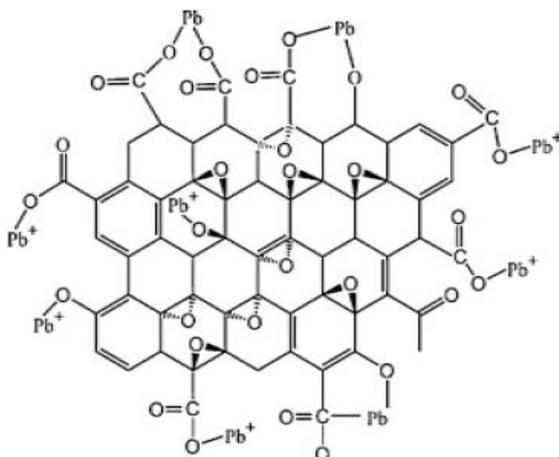
Средняя площадь 2D-структур:

$$S_{\text{ср}} = \pi(R/2)^2 = 7.85 \cdot 10^{-13} \text{ м}^2.$$

Каждый кристаллит при растворении даст две 2D-структуры такого размера. Поэтому концентрация 2D-структур средней площади равна:

$$c_{2D, \text{ср}} = (6 \cdot 10^8) \cdot 2 / 0.01 \text{ л} = 1.2 \cdot 10^{11} \text{ л}^{-1}.$$

- Возможные типы связывания катиона  $\text{Pb}^{2+}$  приведены на рисунке.



Увеличение pH приводит к отрыву  $H^+$  от кислородосодержащих групп, что способствует сорбции. С другой стороны, высокая концентрация  $OH^-$  приводит к образованию  $Pb(OH)^+$  и  $Pb(OH)_2$  в растворе, что затрудняет сорбцию или делает ее невозможной. Для подбора оптимальных условий сорбции нужен расчет равновесного состава раствора с использованием констант равновесия всех возможных химических реакций. pH раствора влияет на сорбцию в условиях равновесия, а не на скорость сорбции. В данном случае, pH – термодинамический фактор.

4. С увеличением концентрации 2D-структур в растворе растет число образований, состоящих из 2-х плоскостей оксида графена. Катион металла сорбируется между двумя плоскостями, образуя более прочные связи. Концентрация подобных «сэндвичевых» структур растет пропорционально квадрату концентрации оксида графена. При низких концентрациях ОГ катион металла сорбируется только на отдельные 2D-структуры. При увеличении концентрации вклад в сорбцию начинает вносить сорбция на «сэндвичи». Зависимость  $\alpha(Fe^{3+}) \sim c_{2D}$  превращается в  $\alpha(Fe^{3+}) \sim c_{2D}^x$ , где  $1 < x < 2$ .