

УДК 661.856.532

ОЧИСТКА МЕДНОГО КУПОРОСА МЕТОДОМ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ

К.О. Белоусова, студент гр. ТХТ-181, II курс

В.Э. Суровая, к.х.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Сегодня медный купорос применяют во многих отраслях жизни человека. Это очень важная техническая соль, используемая в металлургии, в пищевой промышленности, без него не обходятся и в сельском хозяйстве. Часто кристаллы медного купороса загрязняются разными веществами, что приводит к ухудшению качества самой продукции. Это затрудняет его использование. Даже в хозяйственных магазинах медный купорос часто продается с различными примесями.

Поэтому данную соль необходимо очищать. Для этого используют разные методы очистки твердых веществ, одним из которых является перекристаллизация.

Целью работы является очистка медного купороса методом перекристаллизации.

Существуют различные методы очистки веществ от примесей: перекристаллизация, возгонка, перегонка и поглощение. Способ очистки веществ зависит от агрегатного состояния очищаемого вещества. Для газов используют поглощение газов-примесей различными веществами, для жидкостей - фильтрование и перегонку, а для твердых веществ - перекристаллизация и возгонка [1-3].

Перекристаллизация – один из самых эффективных и один из самых известных, широко применяемых методов очищения твердых веществ от каких-либо примесей. Основан данный метод на изменении кристаллического строения вещества при различных температурах.

Данный метод сводится к тому, что вначале твердое вещество растворяют (например, в воде) при одной температуре и к выпадению осадка в виде кристаллов при другой температуре (меньшей, чем при растворении) от перенасыщения раствора [2].

Чтобы получить почти полностью чистое вещество необходимо повторно проводить перекристаллизацию, так как некая часть примесей остается с очищаемым веществом. Также, чем меньше размер выпавших в осадок кристаллы, тем более чистыми они получаются.

Плюсом данного метода является высокая степень очистки твердых веществ. Минус – потеря большого количества исходного вещества, так как

не всё вещество кристаллизуется и выпадет в осадок, потеря в среднем составляет около 40-50%.

Медный купорос - сине - голубое кристаллическое вещество, без запаха и вкуса, хорошо растворимое в воде. Данная соль очень гигроскопична, то есть хорошо впитывает влагу из воздуха. При этом, чем выше температура воздуха, тем быстрее данное вещество будет поглощать влагу.

Медный купорос - это негорючее, взрывоопасное вещество, а также и ядовитое. Его относят к третьему классу опасности. При попадании внутрь организма вызывает отравление (например, желудочно-кишечное расстройство). Также опасен и при вдыхании (может вызвать кашель, затруднение дыхания).

Медный купорос встречается в природе в виде минерала хальконтита (пентагидрат $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$); известны также минералы с другим содержанием воды: бонаттит (тригидрат $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), бутит (гептагидрат $\text{CuSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), халькокианит (безводный сульфат) [2-3].

Хальконтит – редкий минерал, являющийся природным аналогом медного купороса, сине-голубого или даже зеленоватого цвета, который был открыт в Чили в середине XIX в. Этот минерал в природе встречается в виде отдельных кристаллов, зернистых агрегатов и также в виде плотно сформированных масс.

Залежи хальконтита есть в России: близ Нижнего Тагила, на Северном Урале, в Закавказье. За рубежом минерал добывают в Испании, США (Аризона, Орегон и Юта) [2].

Данный минерал не используется в ювелирных украшениях из-за того, что очень ядовит. Опасность заключается в том, что медь в таком виде очень быстро растворяется в воде и легко проникает в любое биологическое тело. И в результате большое количество меди, попавшее в организм, за короткое время (за несколько минут) может привести к остановке работы внутренних органов или даже к летальному исходу. Поэтому данный минерал нельзя брать в руки, а тем более пробовать «на язык».

Так же осуществлялись попытки промышленной добычи этой породы и её разработки, но они заканчивались печально, так как вблизи добычи резко ухудшалась экологическая обстановка. А при добычи этого минерала в водоемах - всё живое погибает.

Медный купорос имеет широкий спектр своего применения. Это универсальное вещество используемое в:

1. Сельском хозяйстве для уничтожения вредителей и грибков, а также в качестве подкормки для почвы и растений при недостатке меди;
2. Металлургии, который является исходным сырьем для получения других соединений меди. Из него получают медные катоды, растворы для гальванических ванн [3];
3. Медицине. Медный купорос - это сильный антисептик, который уничтожает грибковые заболевания, а также помогает при остром отравлении белым фосфором.

4. Качестве опрыскивателя от избавления комаров и блох;

5. Пищевой промышленности является подкормкой для сельскохозяйственных животных, а также используется в качестве консерванта (индекс данного продукта E519) и так далее.

Экспериментальная часть.

Для приготовления 30 г 37,9% раствора медного купороса, взвешиваем массу кристаллогидрата, рассчитанного по формулам [4]:

Дано:

$$m_{p-ра} = 30г$$

$$\omega(CuSO_4)_{80^{\circ}C} = 34,9\% = 0,349$$

$$m(CuSO_4 \cdot 5H_2O) - ?$$

$$m(H_2O) - ?$$

Решение:

$$\omega = \frac{m_e}{m_p} \cdot 100\%$$

$$m_e = \omega \cdot m_p \cdot 100\% = 0,349 \cdot 30г = 10,47г$$

$$M(CuSO_4 \cdot 5H_2O) = 160 + 5 \cdot 18 = 250г / моль$$

$$M(CuSO_4) = 160г / моль$$

$$\frac{m_{кр}}{250} = \frac{10,47}{160}$$

$$m_{кр} = \frac{10,47 \cdot 250}{160} = 16,36г$$

$$m_{H_2O} = m_p - m_e = 30 - 16,36 = 13,64г$$

$$V_{H_2O} = \frac{m}{V} = \frac{13,64}{1} = 13,64г/мл$$

$$Отвeт : m_{кр} = 16,36г; V_{H_2O} = 13,64г/мл.$$

Взвешиваем 16,36 г и предварительно растертый в ступке для ускорения растворения. В термостойкий химический стакан градуированной пипеткой наливаем 13,64 мл дистиллированной воды и нагреваем на электрической плитке, покрытой асбестовой сеткой до 80°C (температуру контролируем термометром). Вносим в стакан 16,34 г медного купороса и размешиваем стеклянной палочкой до полного растворения соли.

Охлаждаем раствор до 20°C в кристаллизационной чаше и наблюдаем выпадение осадка под вакуумом, используя колбу Бунзена и воронку Бюнхера.

Для воронки Бюнхера вырезаем по краям фильтровальную бумагу и смачиваем по краям дистиллированной водой для плотного прилегания.

Осадок на фильтровальной бумаге просушиваем между листами фильтровальной бумаги и оставляем на просушку в вакуумно - сушильном шкафу. Взвешиваем осадок медного купороса несколько раз до постоянного веса.

Результаты эксперимента.

Согласно расчетам (1), масса осадка медного купороса при 20°C равен 8,3 г. Следовательно, масса осадка кристаллогидрата равна: $m_{осадка} = m_{80^{\circ}} - m_{20^{\circ}} = 16,36 - 8,06 = 8,3г$.

По результатам эксперимента раздела 2.3 масса осадка медного купороса (голубого цвета) составляет 7,8 г. Ошибка в количестве соли обусловлена потерями при фильтровании. Относительная ошибка рассчитывается по формуле: $m_{\text{ср}} = m_{\text{T}} - m_{\text{э}} / m_{\text{T}} \cdot 100\%$. И составляет $8,3 - \frac{7,8}{8,3} \cdot 100\% = 6\%$.

Для доказательства того, что образовался кристаллогидрат, небольшую порцию соли (5 г) нагрели в выпарительной чашке, предварительно накрыв стеклянной пластинкой. Выпаривали медный купорос до белого цвета. На стекле наблюдали капельки воды. Расчеты [4].

Решение:

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 160 + 5 \cdot 18 = 250 \text{ г / моль}$$

$$M(\text{CuSO}_4) = 160 \text{ г / моль}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \cdot 5 = 90 \text{ г / моль}$$

Из этого следует, что в 250 г медного купороса: 160 г - CuSO_4 и 90 г - H_2O .

Найдем сколько процентное содержание сульфата меди и воды в кристаллогидрате:

$$\frac{\text{CuSO}_4}{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} \quad \text{CuSO}_4 = \frac{160}{250} = 0,64 = 64\%$$

$$5\text{H}_2\text{O} = \frac{90}{250} = 0,36 = 36\%$$

Найдем сколько воды содержится в 5 г медного купороса:

$$\text{CuSO}_4 = 0,64 \cdot 5 = 3,2 \text{ г}$$

$$5\text{H}_2\text{O} = 0,36 \cdot 5 = 1,8 \text{ г}$$

Следовательно, при выпаривании медного купороса испарилось 1,8 г воды.

Список литературы:

1. Кузнецова И. М., Харлампики Х. Э., Иванов В. Г., Чиркунов Э. В. Общая химическая технология. Основные концепции проектирования химикотехнологических систем: Учебник / Под ред. Х. Э. Харлампики. – СПб.: Издательство «Лань», 2014. – 384 с.:
2. Мифтахова Н. Ш. Общая и неорганическая химия: учебное пособие / Н. Ш. Мифтахова, Т. П. Петрова; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2017. – 408 с.
3. Блинов Л. Н., Перфилова И. Л., Соколова Т. В., Юмашева Л. В. Химия: Учебник / Под ред. И. Л. Перфиловой, Т. В. Соколовой. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 272 с.
4. Черникова Н. Ю., Мещерякова Е. В. Задачи по основам общей химии для самостоятельной работы с ответами и решениями: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2017. – 304 с