

рив их оптическую плотность на фотоколориметре КФК-2МП, был построен калибровочный график (рис. 2) зависимости оптической плотности (А) от концентрации фенола в растворе.

Таблетки сорбента массой 2 г помещали в раствор с фенолом заданной концентрации, выдерживали в течение 1–12 минут, после чего по калибровочной кривой определяли оптическую плотность (рис. 3) и рассчитывали остаточную

концентрацию фенола в растворе (табл. 1).

Исходя из опытных данных, определена степень извлечения фенола из раствора и построен график зависимости степени адсорбции от времени выдержки сорбента (рис. 4). Из графика видно, что предельное извлечение фенола из раствора на таблетированном сорбенте составляет 57,7% в течение 10 минут.

## РАСЧЁТ ТЕПЛОВЫХ ЭФФЕКТОВ ДЛЯ РЕАКЦИЙ НИТРАТОВ МЕТАЛЛОВ С ИЗБЫТКОМ ГРАФИТА

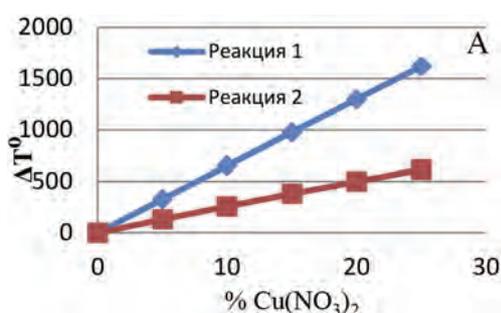
Н.В. Виноградов

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.В. Коробочкин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, izjumov.nikolay@rambler.ru

Ранее автором были проведены эксперименты и рассчитаны тепловые эффекты для реакций нитрата серебра с избытком графита [1]. В данной работе изучена возможность получения композитных металл-графитовых материалов путем пропитки растворами нитратов металлов с последующей термообработкой на примере нитрата меди. Для определения оптимальных температурных интервалов взаимодействия графита с нитратами меди рассчитаны тепловые эффекты возможных реакций. Безводные нитраты металлов имеют свойство разлагаться при умеренных температурах (150–300 °С) с выделением кислорода и оксидов азота [2]. Выделяющиеся газы в момент разложения могут взаимодействовать с графитом, окисляя его до диоксида или монооксида углерода. Образующийся при этом оксид металла, в нашем случае меди, восстанавливается угарным газом или углеродом до металлической формы. Тепловой эффект реакции рассчитывали по формуле [3]:

$$\Delta H_{\text{реакц}} = \sum \Delta H_{\text{прод.}} - \sum \Delta H_{\text{исход.}}$$



Расчет прироста температуры определяли по формуле:

$$\Delta T = \frac{\Delta H_{\text{реак}}}{\sum C p_{\text{реак}} + \frac{C p_{\text{граф}} m_{\text{граф}}}{12}}$$

где  $m_{\text{граф}}$  – остаточное количество графита после реакции, определенное по формуле:

$$m_{\text{граф}} = \frac{n \cdot M_{\text{в Cu(NO}_3)_2} \cdot \%_{\text{граф}}}{\%_{\text{Cu(NO}_3)_2}} - 12n_1$$

где  $n$  – количество молей  $\text{Cu(NO}_3)_2$  в реакции,  $M_{\text{в (NO}_3)_2}$  – молекулярный вес нитрата,  $\%_{\text{граф}}$  – процент исходного графита,  $\%_{\text{Cu(NO}_3)_2}$  – процент нитрата,  $n_1$  – количество молей графита по реакции.

Процесс взаимодействия безводного нитрата меди с графитом, в результате которого получается металлическая медь, можно описать двумя реакциями:

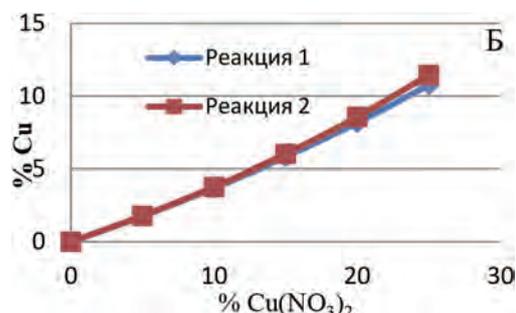
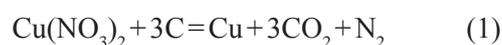
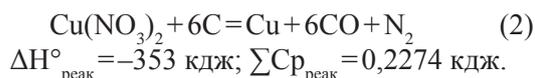


Рис. 1. Зависимость расчетного прироста температуры (а) и содержания металлической меди в графите (б) от содержания  $\text{Cu(NO}_3)_2$  в исходной пропитке графита

$$\Delta H_{\text{реак}}^{\circ} = -870,5 \text{ кДж}; \sum C p_{\text{реак}} = 0,1644 \text{ кДж};$$



Графическая зависимость прироста температуры от концентрации нитрата меди в графите представлена на рис. 1.

Согласно вычисленным энтальпиям реакций, наиболее выгодна реакция с выделением диоксида углерода и молекулярного азота. Реакция восстановления оксидов меди углеродом возможна только при 350 °С, а восстановление монооксидом углерода начинается уже при 200 °С. Следовательно, образование металли-

ческой меди вполне вероятно в тех температурных интервалах, при которых идут процессы разложения нитратов. Уже при 5% содержании нитрата в исходной пропитке графита самопроизвольный подъем температуры при адиабатическом течении процесса может достигать 130–300 °С сверх исходного прогрева образца. Этого вполне достаточно для получения металлической меди путем восстановления образующегося в промежуточной стадии реакции оксида меди графитом. Количество образующейся меди ограничено пористостью исходного графита и в эксперименте не будет превышать 4–5%.

### Список литературы

1. Виноградов Н.В., Виноградов В.В., Тузова О.Л. Calculation of thermal effects for the reaction of graphite excess with silver nitrate. Наука и мир. Научный журнал, 2015.– №10(26).– Т.1.– С.10–12.
2. Джолли У.Л. Синтезы неорганических соединений.– М.: Мир, 1966.– Т.1.– 277с.
3. Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник. 3-е изд., перераб. и доп.– Л.: Химия, 1991.– 432с.

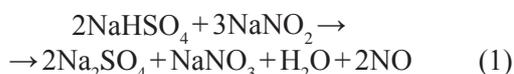
## ПЕРЕРАБОТКА СОЛЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В ПРОЦЕССАХ НИТРОВАНИЯ И НИТРОЗИРОВАНИЯ

О.Н. Вознюк, П.С. Камбур, И.А. Блинов  
 Научный руководитель – д.т.н., нач. лаб., Б.М. Ласкин

Российский научный центр «Прикладная химия»  
 193232, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Крыленко 26А, [voznuk.olesia@yandex.ru](mailto:voznuk.olesia@yandex.ru)

В ряде промышленных процессов в производстве различных органических нитро-, нитрозо- и аминопроизводных образуются жидкие отходы, представляющих собой водный раствор сульфата натрия с примесями нитрата и нитрита натрия.

Для получения качественного сульфата натрия из жидких отходов химических производств нами разработан способ очистки сульфата натрия от нитрита и нитрата натрия введением в растворы бисульфата натрия, с последующей сушкой и нагреванием образующейся сухой смеси солей до 230 °С. Примесь нитрита натрия полностью разлагается при добавлении в раствор бисульфата натрия на стадии концентрирования и выпарки растворов солей (1).



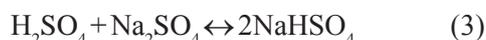
Выделение азотной кислоты из водных растворов солей в присутствии бисульфата на-

трия не значительно, т.к. равновесие (2) сильно смещено в сторону образования нитрата натрия из-за разности кислотностей азотной кислоты ( $\text{p}K_{\text{HNO}_3} = -1,64$ ) и бисульфат-аниона ( $\text{p}K_{\text{NaHSO}_4} = 2,00$ ), более чем на 3 порядка. При полной сушке растворов при 120 °С с парами воды удаляется из системы только 20–30%.



Основное количество азотной кислоты удаляется при температуре выше 200 °С, благодаря смещению равновесия при удалении паров азотной кислоты.

Основной реагент для очистки сульфатных растворов – бисульфат натрия образуется в реакционной среде при добавлении в исходный раствор расчетного количества серной кислоты (3).



Количество серной кислоты рассчитывается, исходя из содержания в исходном растворе