

**УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ВИРТУАЛЬНАЯ РАБОТА В ПРАКТИКУМЕ
ПО ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ «ТЕРМОДИНАМИКА ПРОЦЕССОВ ТЕРМИЧЕСКОГО
РАЗЛОЖЕНИЯ ГИДРАТОВ СОЛЕЙ МЕТАЛЛОВ И ОСУШКА ГАЗОВ
БЕЗВОДНЫМИ СОЛЯМИ»**

Е.Н. Дудкина, О.Г. Поляченко

Могилевский государственный университет продовольствия,
г. Могилев, Республика Беларусь

Изучение термической устойчивости низших гидратов солей металлов позволяет, во-первых, определить возможность синтеза соответствующих безводных солей из водных растворов, а во-вторых, дает возможность оценить эффективность использования безводной или частично обезвоженной соли в качестве осушителя газов и органических растворителей. Для расчетов равновесия соответствующих процессов необходимо знать температурную зависимость давления паров воды над этими гидратами и их стандартные термодинамические характеристики.

Возможность точного измерения температурной зависимости давления термического разложения гидратов солей металлов часто ограничивается малой скоростью установления равновесия, возможностью образования метастабильных, высокодисперсных и аморфных фаз, гидролизом солей. Поэтому для получения надежных результатов обычно требуется использование нескольких тензиметрических методов [1–4], что невозможно в лабораторном студенческом практикуме. Использование ЭВМ для моделирования такого сложного эксперимента позволяет студентам освоить необходимые расчеты для определения термической устойчивости гидратов солей и оценки осушающей способности безводных солей. Надо отметить, что даже без соответствующей экспериментальной части такие расчеты требуют хорошей общехимической подготовки и твердых знаний раздела физической химии «Основы химической термодинамики». По этой причине подобные работы предлагаются для реализации в качестве учебно-исследовательской работы, к которой привлекаются наиболее подготовленные студенты. Ценность именно этой работы заключается в ее практической направленности – освоенные расчеты позволяют рассмотреть теоретические основы таких важных технологических процессов, как процессы сушки газов и твердых продуктов, оценить осушающую способность безводной или частично обезвоженной соли и рассчитать остаточную влажность воздуха. Кроме того, эта работа обеспечивает плавный методический переход от темы «Термохимия», в которой рассматриваются тепловые эффекты процессов с участием тех же гидратов, к теме «Химическое равновесие».

При выполнении работы перед студентом ставятся следующие цели:

1. «Измерить» давление термического разложения заданного гидрата в указанном интервале температур (10 – 15 точек).
2. Обработать полученные результаты методом наименьших квадратов на ЭВМ и получить термодинамическое уравнение температурной зависимости давления разложения с двумя эмпирическими коэффициентами.
3. Построить графики температурной зависимости давления разложения в координатах $P-t^\circ$ и $\ln P/P^\circ - 1000/T$ (на миллиметровой бумаге или в Excel).
4. Определить энтальпию и энтропию разложения гидрата при средней температуре измерений.
5. С учетом теплоемкости рассчитать стандартную энтальпию и энтропию разложения гидрата.
6. Сравнить полученные результаты с рассчитанными по теплотам растворения гидрата и продукта его термического разложения [5].

7. Проанализировать возможность конвективной сушки гидрата при заданных условиях и использования продукта его термического разложения для осушки воздуха.

До начала выполнения лабораторной работы каждый студент получает от преподавателя индивидуальное задание. Ему сообщается:

1. Формула гидрата соли металла и продукта его термического разложения.
2. Интервал температур, в котором необходимо произвести «измерения».
3. Количество «экспериментальных» точек.
4. Температура и влажность воздуха, необходимые для расчетов процессов осушки.

Получив задание, студенты, пользуясь справочником [5], вычисляют по теплоте растворения в воде гидратов и продуктов их термического разложения значение стандартной энтальпии ΔH°_{298} процесса обезвоживания заданного гидрата. Эта величина будет затем сравниваться с рассчитанной по «экспериментальным» тензиметрическим данным. Получив стандартную энтальпию ΔH°_{298} процесса обезвоживания заданного гидрата, студенты могут выполнять лабораторную работу на ЭВМ.

На ЭВМ студенты получают «экспериментальные» данные по давлению паров воды над заданным гидратом и проводят их тензиметрическую обработку, в результате которой они могут получить величины ΔH°_{298} и ΔS°_{298} процесса термического разложения гидрата и сравнить величину энтальпии с рассчитанной по теплотам растворения, построить на миллиметровой бумаге или в Excel графики $P - t^{\circ}$ и $\ln P/P^{\circ} - 1/T$.

После определения термодинамических характеристик студенты проводят расчет, который позволяет оценить осушающую способность безводной соли и остаточную влажность осушаемого газа. Для этого выдается следующее задание:

1. Определить возможность использования безводной соли для осушки воздуха при заданных температуре и влажности воздуха.
2. В случае возможности использования рассчитать количество оставшейся в воздухе влаги (в мм рт. ст. и в мг/л) и степень осушки воздуха этим осушителем.
3. Определить температуру, выше которой этот гидрат соли может быть высушен при заданной влажности воздуха.

Выполнив поставленное задание, студент может количественно охарактеризовать процессы сушки газов солями металлов разной степени гидратации.

В изданных методических указаниях к этой лабораторной работе [6] на примере моногидрата хлорида кальция подробно пояснены ход работы на ЭВМ, все расчеты, необходимые для выполнения поставленных задач, даны форма отчета и вопросы, на которые надо обратить внимание при изложении результатов этой работы.

Список литературы

1. Суворов, А.В. Термодинамическая химия парообразного состояния /А.В. Суворов – Л: Химия, 1970. – 208 с.
2. O.G. Polyachenok, E.N. Dudkina, N.V. Branovitskaya, L.D. Polyachenok. *Thermochim. Acta* 467 (2008) 44–53.
3. O.G. Polyachenok, E.N. Dudkina, L.D. Polyachenok. *J. Chem. Thermodyn.* 41 (2009) 74–79.
4. O.G. Polyachenok, E.N. Dudkina, L.D. Polyachenok. *J. Chem. Thermodyn.* 41 (2009) 414–419.
5. Краткий справочник физико-химических величин. 8-е изд., перераб. / Под ред. А. А. Равделя, А. М. Пономаревой. – Л.: Химия, 1983. – 232 с.
6. Поляченко, О.Г. Давление насыщенного пара. Термическое разложение гидратов солей металлов. Методические указания для выполнения лабораторных работ на ЭВМ в практикуме по физической и коллоидной химии для студентов технологических и химико-технологических специальностей. / О. Г. Поляченко, Е. Н. Дудкина, Л. Д. Поляченко. – Могилев: МГУП, 2016 – 28 с.