

приятными керамической промышленности, а также для окраски изделий в массу (строительные материалы, пластмассы, резина и др.).

На сегодняшний день в Республике Беларусь при производстве пигментов используется дорогое химически чистое сырье, которое ввозится из-за рубежа, то производство пигментов из отходов очень актуально. Поэтому данный способ обращения с железосодержащим отходом, образующимся при регенерации флюса, позволяет решить эту проблему и получить готовый ценный продукт – пигмент.

В ходе исследований показано, что железосодержащие отходы могут быть использованы в качестве сырьевых ресурсов для получения железосодержащих пигментов. Это компенсирует проблему отсутствия в стране природных сырьевых ресурсов, которая сдерживает производство пигментов.

Поэтому проводимые исследования очень актуальны, так как они направлены на получение импортозамещающей продукции и на переработку отходов в готовый продукт – пигмент.

УДК 661.185.4

Учащ. Е. А. Клындюк  
(ГУО «Средняя школа № 4 г. Минска», г. Минск)

Науч. рук. доц. Е. А. Чижова  
(кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)

### **МИЦЕЛЛООБРАЗОВАНИЕ НПАВ ТВИН–80 В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ**

ТВИН–80 (полисорбат 80, сорбитанполиоксиэтиленмоноолеат) – это неионогенное поверхностно-активное вещество (НПАВ), которое широко применяется в косметической, фармацевтической и пищевой промышленности. Он представляет собой вязкую жидкость янтарного цвета, хорошо растворим в воде, стабилизирует образование пены, может использоваться в качестве загустителя и эмульгатора. В косметической промышленности используется способность ТВИН–80 делать эфирные масла водорастворимыми (способность к солюбилизации), при этом все полезные свойства масел в смеси сохраняются. В пищевой промышленности полисорбат–80 зарегистрирован как пищевая добавка Е 433, его можно встретить в составе кексов и йогуртов, мороженого, маргарина и сливочного масла, сливок и жиров для выпечки, жевательной резинки. В фармацевтической промышленности ТВИН–80 используется для инкапсулирования лекарственных препаратов [1], а также компонента вакцин. Так, данное вещество входит в состав первой и второй

дозы Гам-КОВИД-Вак комбинированной векторной вакцины для профилактики коронавирусной инфекции, вызываемой SARS-CoV-2 (Спутник V) [2].

В связи с широкой применимостью данного ПАВ актуальным и востребованным представляется исследование свойств ТВИН–80, в том числе и критической концентрации мицеллообразования (ККМ), поскольку при достижении ККМ коллоидные ПАВ становятся способными к солюбилизации (растворению в мицеллах коллоидных (мицеллярных) растворов ПАВ веществ, которые нерастворимы в жидкости, представляющей собой дисперсионную среду коллоидного раствора [3]).

Цель настоящей работы – различными методами определить критическую концентрацию мицеллообразования неионогенного коллоидного ПАВ ТВИН–80 в водных растворах.

В области ККМ резко изменяются физико-химические свойства растворов коллоидных ПАВ. Поэтому методы определения ККМ основаны на регистрации точки (области) перегиба на кривой «физико-химическое свойство – концентрация ПАВ» (оптическая плотность, поверхностное натяжение, удельная или эквивалентная электропроводность и т.д.) [3]. Поскольку исследуемое ПАВ является неионогенным, определить ККМ по излому на концентрационной зависимости электропроводности невозможно. Поэтому были выбраны следующие методы: рефрактометрический, турбидиметрический и определение ККМ по излому на концентрационной зависимости поверхностного натяжения растворов ПАВ.

Для достижения поставленной цели методом последовательных разбавлений на основе дистиллированной воды были приготовлены растворы ТВИН–80 с концентрациями от  $9,98 \cdot 10^{-5}$  до 80 г/л, измерен их показатель преломления, оптическая плотность, коэффициент пропускания и поверхностное натяжение. При приготовлении растворов ТВИН–80 взвешивали при помощи лабораторных электронных весов RADVAG AS 200/C/2/N.

Величину коэффициента преломления определяли при помощи рефрактометра ИРФ-454 БМ. В области ККМ показатель преломления растворов резко возрастал. Критическая концентрация мицеллообразования, определенная по двум сериям растворов, составила 0,4 и 0,8 г/л ( $3,09 \cdot 10^{-4}$  и  $6,17 \cdot 10^{-4}$  моль/л).

Турбидиметрический метод анализа основан на измерении интенсивности света, прошедшего через систему, при условии, что интенсивность падающего светового потока ослабляется в результате его рассеяния дисперсной системой [4]. До достижения ККМ раствор является истинным и свет не рассеивает. Поскольку раствор не окра-

шен, то и поглощения света не происходит и оптическая плотность близка к нулю (коэффициент пропускания  $\tau \approx 100\%$ ). При появлении мицелл система становится дисперсной и начинает рассеивать свет, поэтому оптическая плотность растет, а коэффициент пропускания падает. Поскольку интенсивнее всего рассеивается свет с наименьшей длиной волны [3], для определения ККМ было выбрано излучение с  $\lambda = 400$  нм. Оптическую плотность и коэффициент пропускания определяли с помощью фотометра КФК-3-01 «ЗОМЗ» на кювете, толщиной 50,110 мм. ККМ, определенная по двум сериям растворов, составила 0,10 г/л ( $7,71 \cdot 10^{-5}$  моль/л), что близко к значениям ККМ, полученным автором [5] по излому на зависимости поверхностного натяжения, измеренного тензиометрическим методом, от концентрации ( $9,6 \cdot 10^{-5}$  моль/л). ККМ, определенная по концентрации, при которой начинается падение коэффициента пропускания, составила 0,09 г/л ( $6,94 \cdot 10^{-5}$  моль/л).

Поверхностное натяжение определяли сталагмометрическим методом [4]. Для экспериментального определения ККМ часто используют изотерму поверхностного натяжения в координатах  $\sigma = f(\ln C)$ . При достижении ККМ поверхностное натяжение перестает зависеть от концентрации раствора ПАВ и на зависимости появляется излом. Проекция на ось абсцисс дает значение  $\ln(\text{ККМ})$ , из которого рассчитывают величину критической концентрации мицеллообразования. ККМ, определенная по излому на концентрационной зависимости поверхностного натяжения, составила 1,06 г/л, что соответствует молярной концентрации  $0,818 \cdot 10^{-3}$  моль/л. Плотность растворов определяли при помощи денсиметров КЛП.

Таким образом, в настоящей работе тремя методами определена критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) неионогенного коллоидного ПАВ ТВИН-80, которая составила  $6,94 \cdot 10^{-5}$ – $8,18 \cdot 10^{-4}$  моль/л. Указанное расхождение в результатах определения ККМ различными методами связано с точностью этих методов и часто наблюдается при определении ККМ различных коллоидных ПАВ.

Работа выполнена на лабораторном оборудовании УО «Белорусский государственный технологический университет».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Наговицына, Т.Ю. Прямые наноэмульсии, стабилизированные неионогенными ПАВ, для инкапсулирования лекарственных веществ: диссертация ... канд. хим. наук: 02.00.11 / Т.Ю. Наговицына. – Москва, 2016. – 132 с.
2. Инструкция по медицинскому применению лекарственного препарата Гам-КОВИД-Вак, Комбинированная векторная вакцина для

профилактики коронавирусной инфекции, вызываемой SARS-CoV-2 [Электронный ресурс], - Режим доступа: <https://roszdravnadzor.gov.ru/i/upload/files/Новости/Файлы/28.12.2020/инструкция%20по%20применению%20ЛС.pdf>

3. Клындюк, А.И. Поверхностные явления и дисперсные системы: учеб. пособие для студентов химико-технологических специальностей / А.И. Клындюк. Мн: БГТУ, 2011.– 315 с.

4. Поверхностные явления и дисперсные системы. Лабораторный практикум для студентов химико-технологических специальностей / А.А. Шершавина [и др.]. Мн.: БГТУ, 2005.– 106 с.

5. Иванова, И.И. Мицеллообразование и поверхностные свойства водных растворов бинарных смесей ТВИН-80 и бромида цетилтриметиламмония / И.И. Иванова // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия.– 2012. – Т.53, №1.– С. 44–49.

УДК 548.3

Учащ. Н. Д.Князев

Науч. рук. Т. А. Лебёдко, учитель химии  
(ГУО «Гимназия №1 г. Воложина»)

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛООВОГО ЭФФЕКТА ОБРАЗОВАНИЯ КРИСТАЛЛОГИДРАТОВ ИЗ БЕЗВОДНЫХ СОЛЕЙ**

Химические реакции протекают с выделением или с поглощением энергии. Обычно эта энергия выделяется или поглощается в виде тепла. При изучении химии я узнал о возможности солей образовывать кристаллогидраты.

*Гипотеза:* сопровождается ли эта реакция выделением (поглощением) теплоты, можно ли установить это экспериментальным путем.

*Целью* проведенного исследования является определение теплового эффекта образования кристаллогидратов из безводных солей.

Для этого нужно: 1 – определить тепловой эффект растворения в воде безводной соли; 2 – определить тепловой эффект растворения в воде соответствующего кристаллогидрата; 3 – вычислить тепловой эффект реакции образования кристаллогидрата из безводной соли.

Для решения поставленной цели и задач были использованы следующие *методы исследования*: 1 – анализ научной литературы; 2 – конструирование прибора для калориметрического метода определения гидратации солей; 3 – математическая обработка полученных результатов.