

Б.М. Хучунаев, С.И. Степанова, А.Б. Хучунаев, В.П. Панозтов

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Высокогорный геофизический институт»

УДК 551.524.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЬДООБРАЗУЮЩИХ СВОЙСТВ КРИСТАЛЛОГИДРАТОВ И НАНОТРУБОК ОКСИДА ЦИНКА

В настоящее время с целью управления облачными процессами широко используются различные кристаллизирующие реагенты. Несмотря на это, разработка высокоэффективных реагентов до сих пор остается актуальной задачей. Это связано с тем, что для практики активных воздействий на облачные процессы требуются реагенты с более высоким температурным порогом кристаллизации и большим выходом льдообразующих ядер. Увеличение температурного порога кристаллизации и удельного выхода кристаллов позволяет расширить количество объектов, на которые можно успешно воздействовать, и уменьшить количество средств воздействия не обходимые для успешного воздействия.

Целью данной работы является исследование льдообразующих свойств кристаллогидратов и нанотрубок оксида цинка.

Кристаллогидраты — твердые вещества, образующиеся при гидратации простых веществ, а также солей, кислот, оснований и органических соединений. В них на 1 молекулу вещества может приходиться до 12 молекул воды. Некоторые соли дают несколько кристаллогидратов. Вода, входящая в состав кристаллогидратов, называется кристаллизационной. Кристаллогидраты ведут себя, как химические индивидуальные вещества.

Для исследования льдообразующих свойств кристаллогидратов был использован комплекс специальной аппаратуры: это большая облачная камера, устройство для возгонки кристаллогидратов, устройство для отбора проб и подсчета кристаллов, проточный ультрамикроскоп.

Аппаратура и методика исследования

Некоторая часть аппаратуры, которая использовалась для исследования льдообразующей активности реагентов, описана в ранних работах [1], поэтому здесь на них не будем останавливаться.

Аппаратура для возгонки кристаллогидратов

Для возгонки кристаллогидратов готовился 0,5% водный раствор исследуемого вещества. Капля раствора пипеткой наносилась на спираль из нихрома. Затем производилась сушка спирали при температуре 50°C в течение 20 минут. Массу кристаллогидрата, которая осаждалась на спирали, определяли как разность массы спирали до нанесения капли раствора и после сушки. Для повышения точности определения массы одновременно взвешивалось двадцать спиралей. После сушки спираль присоединяли к источнику тока и вводили в большую облачную камеру, подавалось напряжение, и происходила возгонка вещества из спирали.

Аппаратура для возгонки нанотрубок оксида цинка.

Для синтеза нанотрубок оксида цинка в облачной камере на графитовую лодочку насыпали порошок цинка и подавали напряжение 25-35 В, ток в цепи при этом составлял 50-120 А. Лодочка нагревалась до температуры 1500-2000°C, в результате чего цинк окислялся и выбрасывался из лодочки в виде дыма, основная часть которого состоит из нанотрубок оксида цинка длиной от 2 до 70 мкм и диаметром 30- 150 нм

Проточный ультрамикроскоп

Для определения концентрации частиц реагента был разработан проточный ультрамикроскоп, в котором используются методы, основанные на оптических свойствах среды с частицами.

Отличительной особенностью ультрамикроскопа является осветительная система, которая состоит из мощной вольтовой дуги, щелевой диафрагмы и системы линз. Объект исследования помещают в специальную кювету, которая крепится на предметном столике микроскопа.

В отличие от обычного микроскопа в ультрамикроскопе применяют боковое освещение. При этом свет от осветителя не попадает в объектив микроскопа и в глаз наблюдателя, поэтому фон поля зрения микроскопа темный. При рассмотрении в ультрамикроскоп мелких частиц можно видеть непрерывно движущиеся, переливающиеся всеми цветами радуги, разного размера частицы, из которых наиболее мелкие представляют собой светящиеся точки.

Интенсивность рассеяния света зависит от концентрации частиц, от их размеров и формы.

Современное развитие техники позволило нам усовершенствовать данную методику и установку. Для освещения объекта необходим мощный источник света и Зигмонди использовал дуговой разряд (Вольтова дуга). Этот метод освещения неудобен тем, что при разряде испаряется материал стержней, между которыми возникает дуга, и осаждаются на оптике. В нашей установке (рис 1) используется лазерный луч.



Рисунок 1 Проточный ультрамикроскоп.

Для наблюдения микрочастиц используется оптический микроскоп (2), оборудованный телекамерой с выходом на компьютер (1). Это позволяет значительно облегчить статистическую обработку информации. Предусмотрены различные светофильтры (5), позволяющие выявлять различного размера частицы. Применение стробоскопии (6) значительно по-

высило контрастность и четкость наблюдаемых частиц. Использование системы забора проб позволяет определять концентрацию реагента в камере.

Результаты

Нами была исследована льдообразующая активность кристаллогидратов четырех веществ: это йодид калия, хлористый кальций, лимонная кислота и нанотрубок оксида цинка.

Водные растворы веществ возгонялись в облачной камере, выше описанным способом. Физические процессы, происходящие при возгонке кристаллогидратов, не достаточно изучены. В общем, принято, что при возгонке любого вещества происходит разрушение кристаллической структуры и образование пара, затем происходит обратный процесс: конденсация, коагуляция, образование кристаллов. При исследовании льдообразующих свойств кристаллогидратов важным является выяснение того, что образуется после возгонки. В природе возможны образования кристаллогидратов или кристаллов растворенного вещества, или того и другого вместе. Необходимо отметить, если при возгонке структура кристаллогидратов вещества полностью разрушается, а потом вновь образуется путем присоединения молекул воды, то можно предположить, что возгонка кристаллогидратообразующего вещества в присутствии паров воды приведет к образованию кристаллогидратов. Если эксперимент провести в камере при отрицательных температурах, то на кристаллогидратах будут расти кристаллы льда, их можно измерять выше описанной аппаратурой. На первом этапе нами были проведены эксперименты по возгонке йодида калия, хлористого кальция и лимонной кислоты в облачной камере с водяным паром с водностью $0,6\text{г/м}^3$ и температурой -10°C . Концентрация кристаллов льда на подложках не превышала фоновых значений. Следовательно, при возгонке кристаллогидратообразующих веществ в водяной пар образование кристаллогидратов не происходит.

Выше приведенное справедливо для кристаллообразующих веществ.

Концентрация кристаллогидратов оценивалась при помощи проточного ультрамикроскопа (рис 1) и составила для йодида калия и хлористого кальция 10^{15} - 10^{16} частиц с грамма вещества. Для лимонной кислоты 10^{14} - 10^{15} частиц с грамма вещества

Исследование льдообразующей активности показало, что температурный порог кристаллизации у всех исследованных кристаллогидратов находятся в пределах -2°C – -3°C . У нанотрубок оксида цинка около минус 5°C . Удельный выход льдообразующих ядер при температурах -3°C - -10°C изменялся для кристаллогидратов: йодида калия с 2×10^{13} до 8×10^{13} , хлористого кальция 10^{12} до 7×10^{13} , лимонной кислоты 10^{11} до 3×10^{11} , нанотрубок оксида цинка 10^{11} - 10^{12} с грамма реагента.

На рис 2 приведен удельный выход кристаллов из пиротехнических составов с различным содержанием AgJ 1,2,3,4,5 (данным [2]) и из кристаллогидратов KJ 6 (по нашим данным). Как видно из рисунка при температурах -5°C удельный выход льдообразующих ядер с кристаллогидратов KJ на три порядка выше, чем у пиротехнического состава с содержанием AgJ - 4%.

Результаты проведенных исследований показали, что кристаллогидраты обладают высокими льдообразующими свойствами. Отличительной особенностью их являются: высокий порог льдообразования, слабая температурная зависимость удельного выхода льдообразующих ядер. Очевидно, кристаллообразующими свойствами обладают не все кристаллогидраты. Не обладают такими свойствами кристаллогидраты медного купороса, карбоната натрия и т.д.

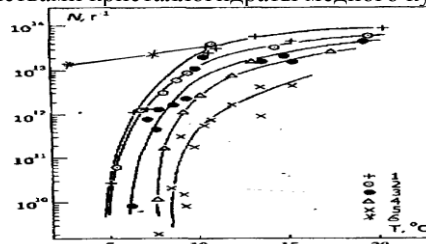


Рисунок 2 Удельный выход кристаллов 1,2,3,4,5, по данным [2] (для пиротехнического состава с содержанием AgJ 1-4%, 2-2%, 3-0,4%, 4-1%, 5-0,2%), 6- по нашим данным (для кристаллогидратов KJ)

Вопросы, связанные с физическими процессами при возгонке кристаллогидратов не до конца понятны, скорее всего, полное разрушение кристаллогидратов при возгонке не происходит.

ლიტერატურა-REFERENCES-ЛИТЕРАТУРА

1. Глисов М.И., Хучунаев Б.М., Шаповалов А.В. Теоретические и экспериментальное моделирование процессов рассеяния теплых и переохлажденных туманов в атмосфере. Известие высших учебных заведений Северо-Кавказский регион, 2009. № 2. С. 65.
2. Шилин А.Г. Нуклеация льда на аэрозолях в присутствии загрязняющих веществ: дис., канд. физико-математических наук, Нальчик, 2006.

უკავ: 551.524.3

კრისტალოჰიდრატების და თუთიის ოქსიდის ნაწილაკების ცინულწარმოქმნელი თვისებების გამოკვლევა/ხუჩუნაევა ბ., სტეპანოვა ს., ხუჩუნაევა ა., პონაეტოვი ე./საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2011.-ტ.117.-გვ.112-113.რუს.;რებ.ქართ.,ინგლ.,რუს

წარმოდგენილია $KJ, CaCl_2, C_6H_8O_7$ კრისტალჰიდრატების და თუთიის ოქსიდის ნანომილების ყინულწარმოქმნელი თვისებების კვლევის აპარატურა და მეთოდოლოგია.

დადგენილია, რომ ყინულწარმოქმნის ტემპერატურული ზღვარი კრისტალჰიდრატებისათვის მდებარეობს $-2 - -3^{\circ}C$ -ის ინტერვალში. KI -ის კრისტალჰიდრატის ყინულწარმოქმნის ბირთვის კუთრი გამოსავლიანობა $-3 - -5^{\circ}C$ შეადგენს 10^{13} ნაწილაკს გრამ-რეაგენტზე, რაც მნიშვნელოვნად აჭარბებს ამჟამად გამოყენებულ რეაგენტთა ნაწილაკების გამოსავლიანობას. ნაჩვენებია, რომ თუთიის ოქსიდის ნანომილები ხასიათდებიან არც თუ ცუდი ყინულწარმოქმნელი თვისებებით

UDC 551.524.3

Examinations of ice-form properties of crystallohydrates and nanotubes oxide zink /B.M.Khuchunaev, S.I. Stepanova, A.B.Khuchunaev, V.PP.Ponaetov /Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Tekhnical University. -2011. - т.117. – pp. 112-113. - Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

Instrumentation and procedure of examination of ice-form properties of crystallohydrates $KJ, CaCl_2, C_6H_8O_7$ is reduced.

It is obtained, that the temperature level of ice formation of crystallohydrates is in the interval $-2 - -3^{\circ}C$. The specific exit of ice-form nucleus of crystallohydrate KJ at temperatures $-3 - -5^{\circ}C$ compounds 10^{13} particles from gramme of a reagents that is much higher than an exit of the particles used in insisted time of reagents.

УДК 551.524.3

Исследования льдообразующих свойств кристаллогидратов и нанотрубок оксида цинка. /Б. М. Хучунаев, С.И Степанова, А.Б. Хучунаев, В.П. Понаэтов/Сб. Трудов Института Гидрометеорологии, Технического Университета Грузии. – 2011. – т.117. – с. 112-113. – Рус.; Рез. Груз., Анг.,Рус

Приводится аппаратура и методика исследования льдообразующих свойств кристаллогидратов $KJ, CaCl_2, C_6H_8O_7$ и нанотрубок оксида цинка.

Получено, что температурный порог льдообразования кристаллогидратов находится в интервале $-2 - -3^{\circ}C$. Удельный выход льдообразующих ядер кристаллогидрата KJ при температурах $-3 - -5$ составляет 10^{13} частиц с грамма реагента, что значительно выше выхода частиц, используемых в настоящее время реагентов. Показано, что нанотрубки оксида цинка обладают неплохими льдообразующими свойствами.