

Министерство Российской Федерации  
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям  
и ликвидации последствий стихийных бедствий

Академия Государственной противопожарной службы

А. П. Андреев, В. Я. Аджемян, С. С. Воевода

## КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ. ХИМИЯ ОГNETУШАЩИХ ВЕЩЕСТВ

Допущено Министерством Российской Федерации  
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям  
и ликвидации последствий стихийных бедствий в качестве  
учебного пособия для высших образовательных учреждений  
МЧС России

Москва  
2015

УДК 544  
ББК 24.6  
А65

**Р е ц е н з е н т ы:**

*И. А. Пушкин*, заведующий кафедрой химии и материаловедения Академии гражданской защиты МЧС России, заслуженный деятель науки Российской Федерации доктор технических наук, профессор;  
*В. П. Молчанов*, начальник Научно-технического управления МЧС России, доктор технических наук

**Андреев А. П.**

А65 Коллоидная химия. Химия огнетушащих веществ : учеб. пособие / А. П. Андреев, В. Я. Аджемян, С. С. Воевода. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2015. – 86 с.

ISBN 978-5-9229-0095-9

В учебном пособии представлен теоретический и практический материал, необходимый курсантам и слушателям Академии для усвоения знаний по разделу курса «Коллоидная химия. Химия огнетушащих веществ» в соответствии с рабочей программой.

Пособие включает основные знания по коллоидной химии, необходимые специалистам по пожарной безопасности. Химия огнетушащих веществ является специальным разделом, который базируется на знаниях общей и коллоидной химии.

УДК 544  
ББК 24.6



© Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2015

## Введение

Слово *коллоиды* происходит от греческих *κόλλα* – клей и *εἶδος* – вид. Этот термин, вероятно, связан с тем, что коллоидные системы могут обладать клееподобными свойствами: высокой вязкостью, хорошей адгезией (прилипанием) и др. Проявление коллоидных свойств в природе весьма многообразно. Это не только структурирование, студнеобразование и прилипание. Проявлением коллоидных свойств являются и голубой цвет неба, и слизь, покрывающая чешую рыб, и некоторые аспекты роста растений, и поведение воды в почвах, и строение некоторых продуктов питания (например, молока), и, наконец, возникновение огнетушащих свойств у некоторых веществ при их дроблении (например, при получении пены или производстве огнетушащего порошка).

Коллоидная химия – учение о высокодробленном состоянии вещества, т. е. вещества в *дисперсном* состоянии (от лат. *dispersus* – рассеянный, рассыпанный). Объекты коллоидной химии называются *дисперсными системами*. Ключевыми вопросами этой дисциплины являются степень дисперсности, общая величина поверхности и ее состояние.

Коллоидное состояние – особое состояние вещества, которое существенно меняет его свойства. Измельчая какое-либо тело, мы увеличиваем его суммарную поверхность; при этом меняются свойства всей системы. Например, помол зерна в муку повышает пожарную опасность.

Общий объем знаний, накопленных в коллоидной химии, весьма велик. Поэтому ученые часто вынуждены специализироваться по одному-двум объектам. Они, например, исследуют или пены и тонкие пленки, или аэрозоли и сыпучие материалы, или эмульсии, или растворы полимеров и др. Возможна также специализация по тем или иным свойствам дисперсных систем: реологическим (от греч. *ρεω* – теку), электроповерхностным, электрооптическим и др.

Исследователей, работающих в противопожарной службе, интересуют в основном следующие проблемы коллоидной химии:

- влияние коллоидного состояния вещества на его пожарную опасность;
- влияние степени измельчения огнетушащего вещества на его огнетушащую эффективность;
- различные способы повышения огнетушащей эффективности веществ.

## Дисперсные системы и их классификация

Система, состоящая из двух (или более) фаз, одна из которых раздроблена (диспергирована) и распределена в другой, называется *дисперсной системой*. Раздробленная фаза называется *дисперсной фазой*, а непрерывная – *дисперсионной средой*.

Общее название дисперсных систем – *золи*. Если дисперсионной средой является воздух, говорят об *аэрозолях*. Если дисперсионная среда – вода, речь идет о *гидрозолях*. Существует также понятие *органозоли*, в этих системах дисперсионной средой является органическая жидкость.

### Классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию

Эта классификация позволяет оценить все многообразие дисперсных систем (ДС) и их роль в природе.

ДС можно условно обозначить дробью, в числителе которой указана дисперсная фаза, а в знаменателе – дисперсионная среда (например, т/г означает, что твердое тело является дисперсной фазой и оно распределено в газовой среде):

г/ж – пены, газовые эмульсии;

г/т – твердые пены (пенопласт, пористые тела, адсорбенты);

т/ж – гидрозоли, суспензии;

т/г – дым, пыль, огнетушащий порошок;

т/т – минералы, самоцветы, некоторые сплавы (чугун, сталь, булат), окрашенные стекла;

ж/г – туман, облака, тонкораспыленная вода в момент тушения;

ж/ж – эмульсии (молоко, косметические кремы, сырая нефть);

ж/т – почвы, влажные грунты, драгоценные камни (опал, жемчуг).

ДС может быть трехфазной. Например, пена, для которой дисперсионной средой служит суспензия или эмульсия. В такой системе содержатся твердое, жидкое и газообразное тела. Эти системы тоже пытались использовать в качестве огнетушащих средств (трехфазная пена).

Важной характеристикой ДС является *степень наполнения* – количество частиц дисперсной фазы в объеме дисперсионной среды. Если степень наполнения достигает определенного критического значения, во всей системе возникает сплошная пространственная структура, которая делает ее единым телом. Таким образом золь переходит в *гель*. Для примера можно сказать, что огнетушащий порошок в момент применения является аэрозолем, а до применения, в момент хранения в корпусе огнетушителя, – аэрогелем. Слой пыли также является аэрогелем.

Аэрогели могут быть и не такими безобидными. Отложения серы на стенках резервуаров для хранения нефти представляют опасность из-за процессов окисления, которые проходят в глубине отложений и могут приводить к процессам самонагрева и самовозгорания.

Гели не следует путать со *студнями*. Несмотря на то что внешне они могут быть очень похожи (и те и другие имеют пространственную структуру), но по характеру структуры эти системы различаются значительно. В гелях структура образуется через прослойки дисперсионной среды между частицами дисперсной фазы, которые притягиваются друг к другу за счет вандерваальсовых сил; в студнях структура сплошная, она имеет молекулярные размеры и образована химическими или водородными связями. Иногда студни рассматривают как гомогенные системы.

Название студней указывает на возможный способ их получения: набухание полимерного материала в растворителе. Основой пищевых студней является набухший в воде природный высокополимер (желатин). Другим примером студня является раствор каучука в бензине (резиновый клей).

### Классификация дисперсных систем по степени дисперсности

Дисперсность может быть выражена двумя способами: по размеру частиц дисперсной фазы (точнее говоря, дисперсность – величина, обратная размеру частиц:  $d = 1 / a$ ) и по удельной поверхности  $S_{уд}$ . Последняя представляет собой суммарную поверхность частиц дисперсной фазы общей массой 1 г (табл. 1).

Таблица 1

#### Классификация дисперсных систем по степени дисперсности

Название системы	Размер частиц, м	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	Характер системы
Грубодисперсные, микрогетерогенные	$10^{-5}$ – $10^{-7}$	1–10	Макрогетерогенные, неустойчивые
Коллоидные, ультрамикрогетерогенные	$10^{-7}$ – $10^{-9}$	50–500	Микрогетерогенные, квазигомогенные, относительно устойчивы
Истинные растворы, молекулярно-дисперсные системы	$10^{-8}$ – $10^{-9}$	–	Гомогенные, устойчивые

Характерной чертой ДС является наличие поверхности раздела фаз. Это свойство называется *гетерогенностью*, или разнородностью. Гетерогенность грубодисперсных систем иногда выражается визуально (мутность) и называется *макрогетерогенностью*. Ультрамикрогетерогенные системы могут выглядеть так же, как обычные молекулярные (истинные) растворы.

У истинных растворов гетерогенность полностью отсутствует, они однородны; компоненты истинного раствора распределены друг в друге на молекулярном уровне (например, растворы солей или сахара в воде, раствор уксуса и др.). Подавляющее число природных объектов – коллоидные системы. Истинные растворы в природе довольно редки. Коллоидная химия поэтому может считаться физико-химией природных объектов.

При более подробном рассмотрении понятие *поверхность раздела фаз* можно расширить, назвав ее *пограничным слоем* или *поверхностной фазой*, поскольку некоторые физические свойства веществ (например, теплоемкость, диэлектрическая проницаемость) в приповерхностных слоях вещества отличаются от таковых в объемной фазе. Это происходит потому, что вещества обеих фаз влияют друг на друга, и это влияние в сумме тем больше, чем больше общая величина поверхности.

### Классификация дисперсных систем по структуре

Дисперсные системы можно разделить на две большие группы:

– *свободнодисперсные*, в которых частицы дисперсной фазы могут свободно перемещаться. Это суспензии, эмульсии, аэрозоли, пеноэмульсии и др.;

– *связнодисперсные*, в которых ни одна из фаз не может перемещаться свободно. К ним относятся: гели, студни, твердые пены, сплавы и др.

### Классификация дисперсных систем по межфазному взаимодействию

Взаимодействие веществ дисперсной фазы и дисперсионной среды может быть сильным или слабым.

Если физико-химические параметры веществ дисперсной фазы и дисперсионной среды близки, это взаимодействие может быть сильным. Такие дисперсные системы называются *лиофильными* (от греч. λυω – растворяю, φιλω – люблю). Таким образом, поверхность дисперсной фазы имеет сродство к растворителю. Лиофильные системы термодинамически устойчивы и могут образовываться самопроизвольно. Так, мыло самопроизвольно растворяется («распускается») в воде. Таким же свойством обладают бентонитовые глины, растворы полимеров в некоторых растворителях (студни) и др.

Если взаимодействие слабое, дисперсная система будет *лиофобной* (от греч. φοβω – боюсь). Лиофобные системы неустойчивы и начинают разрушаться сразу же после их получения. Подавляющее число дисперсных систем имеет лиофобный характер.

## Получение дисперсных систем

Способов получения дисперсных систем два: *диспергационный* и *конденсационный*.

Диспергирование (измельчение) твердого материала лучше всего проводить в шаровой мельнице. Диспергирование жидкостей проводится с помощью распылителей.

Понятие о конденсационном методе можно получить, представив себе, как насыщенный пар превращается в туман или газ, т. е. из растворенного состояния переходит в газовую эмульсию. Так, например, получается химическая пена.

## Оглавление

Введение .....	3
Дисперсные системы и их классификация .....	4
Оптические свойства дисперсных систем .....	8
Устойчивость дисперсных систем.....	9
Состояние поверхности раздела. Поверхностная энергия .....	11
Смачивание и растекание .....	20
Капиллярные эффекты .....	24
Адсорбция.....	27
Классификация веществ по поверхностной активности .....	32
Общая классификация поверхностно-активных веществ .....	34
Механизм снижения поверхностного натяжения при помощи поверхностно-активных веществ.....	38
Изотерма адсорбции на границе раздела вода/воздух.....	40
Смачивание пористых материалов .....	43
Структура и параметры пены .....	46
Получение и разрушение пены.....	48
Стабилизация дисперсных систем .....	57
Коагуляция дисперсных систем.....	62
Стабильность пены .....	63
Классификация пенообразователей и их применение.....	69
Огнетушащие порошковые составы .....	75
Парогазовые огнетушащие составы.....	79
Контрольные задания.....	81
Литература .....	84



*Учебное издание*

АНДРЕЕВ Александр Петрович  
АДЖЕМЯН Владимир Яковлевич  
ВОЕВОДА Сергей Семенович

**КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ.  
ХИМИЯ ОГНЕТУШАЩИХ ВЕЩЕСТВ**

*Учебное пособие*

Редактор *Е. В. Ермакова*  
Технический редактор *Г. А. Габдулина*  
Корректор *Н. В. Федькова*

Подписано в печать 5.05.2015. Формат 60×90<sup>1/16</sup>.  
Печ. л. 5,5. Уч.-изд. л. 3,9. Бумага офсетная.  
Тираж 400 экз. Заказ 195

Академия ГПС МЧС России  
129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, 4