

УДК 661.185.1

DOI 10.26456/vtchem2021.2.13

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ НА РЕСУСПЕНДИРУЕМОСТЬ И СЕДИМЕНТАЦИОННУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ СУСПЕНЗИИ МЕНТОЛА

К.М. Ковальчук, В.А. Веролайнен, С.А. Темникова

Тверской государственной университет, г. Тверь

Исследовано влияние поверхностно-активных веществ (ПАВ) различной природы: твина-80, сорбитана моноолеата SPAN-80, додецилсульфата натрия, и синтанола промышленного производства ДС-10 на ресуспендируемость и седиментационную устойчивость водной суспензии ментола.

**Ключевые слова:** суспензии, ресуспендируемость, седиментационная устойчивость, твин-80, сорбитан моноолеат SPAN-80, додецилсульфат натрия, синтанол ДС-10.

В настоящее время суспензии находят широкое применение в различных технологиях производства фармацевтической и косметической продукции. Они составляют основу паст, кремов, а также являются жидкой лекарственной формой приема медикаментов.

В связи с большим размером частиц у суспензий практически не проявляются такие свойства, как диффузия, осмос, броуновское движение частиц. Именно поэтому кинетическая устойчивость суспензий очень низка [1]. Повышение стабильности суспензий обеспечивается за счет добавления ПАВ в дисперсную систему, что сопровождается адсорбцией молекул ПАВ на поверхности частиц дисперсной фазы. Происходит снижение поверхностного натяжения на границе раздела фаз и усиливается адсорбционно-сольватный фактор стабильности. Поскольку на углах, ребрах и других неровностях частиц происходит разрыв адсорбционно-сольватной оболочки, то с уменьшением анизотрии дисперсной фазы возрастает стабильность суспензий [2,3].

Проблемами стабилизации гидрофобных дисперсий занимаются многие авторы, так Г.А. Солодов с коллегами рассмотрели особенности стабилизации водоугольных суспензий (ВУС) при помощи карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ), лигносульфоната (ЛСТ) и гумата натрия. Эффективное стабилизирующее действие на устойчивость ВУС оказывают добавки КМЦ (от 0,5 до 2% к весу угля). Суспензии с добавкой лигносульфоната (от 1–2% к весу угля) обладали

стабильностью в течение длительного времени, однако при уменьшении содержания лигносульфоната менее 1% к весу угля, происходило заметное снижение стабильности суспензий. Применение в качестве стабилизатора гумата натрия позволило получить стабильную водоугольную суспензию с не изменяющимися во времени реологическими характеристиками [4]. В.Е. Катнов и С.Н. Степин исследовали влияние условий концентрирования водной дисперсии наночастиц диоксида кремния, стабилизированной сополимером метакриловой кислоты, на содержание дисперсной фазы, отвечающее началу агрегации. Определение среднего размера частиц суспензии и проверка прочности связи диоксида кремния в образующихся агрегатах показали, что использованный стабилизатор эффективно защищает наночастицы от агрегации даже в процессе обезвоживания, что позволяет получать редиспергируемый порошок [5]. Р.С. Петришин, З.М. Яремко и М.Н. Солтыс изучили влияние хлорида бензэтония и додецилбензолсульфоната натрия на агрегативную устойчивость водных суспензий диоксида титана рутильной модификации в диапазоне рН среды от 2 до 12. Показано, что если рН выше 6,2, то в присутствии додецилбензолсульфоната натрия суспензии обладают высокой агрегативной устойчивостью, а для  $pH < pH_0$  агрегативная устойчивость суспензий повышается при увеличении концентрации ПАВ [6]. Таким образом, общего механизма стабилизации дисперсий достичь сложно и каждый новый объект требует экспериментального подхода.

В настоящей работе для исследования особенностей ресуспендируемости и седиментационной устойчивости суспензий был выбран ментол, а в качестве стабилизирующих компонентов твин-80, сорбитан моноолеат SPAN-80, додецилсульфат натрия, синтанол ДС-10. Для всех ПАВ была определена температура помутнения и проведена очистка от полиэтиленгликолей.

Выбор ментола в качестве гидрофобного вещества обоснован его широким фармакологическим применением. Ментол обладает местными анестезирующими свойствами, стимулирует холодовые рецепторы кожи и слизистых оболочек, обладает слабым антисептическим действием.

Суспензии ментола получали дисперсионным методом, путем тщательного измельчения в ступке сухого вещества, а далее с добавлением этилового спирта (1/2 от массы сухого вещества). Этиловый спирт выполняет расклинивающую роль, проникает в поры сухого ментола, раздвигает их, помогает распаду субстанции до более мелких частиц. Схема введения стабилизатора состояла в том, что поверхностно-активное вещество растворяли в этиловом спирте, затем в раствор вводили необходимое количество кристаллического ментола. Полученную смесь перемешивали в течение 1 часа для обеспечения

адсорбции ПАВ из спиртового раствора на поверхности частиц ментола. После выпаривания спирта порошок, стабилизированный ПАВ, сушили в вакуумном шкафу и использовали в качестве дисперсной фазы.

Отдельно готовили водные растворы синтанола ДС-10, сорбитана моноолеата SPAN-80, твина-80 и додецилсульфата натрия с концентрацией действующего вещества 0,01%, 0,1%, 0,5%, 0,8%, 1%, 5%, 10%. Выбор оптимальной концентрации растворов проводился практически, в зависимости от степени агрегативной устойчивости получившихся суспензий.

Ресуспендируемость характеризует способность суспензии восстанавливать свои свойства, как гетерогенной системы при взбалтывании. При нарушении устойчивости, суспензии должны восстанавливать равномерное распределение частиц по всему объему после 24 часов хранения при взбалтывании в течение 15–20 секунд, после трех суток хранения – в течение 40–60 секунд. При взбалтывании всех растворов суспензий после отстаивания в течение 24 часов осадок полностью исчезал, а растворы становились мутными. Результаты представлены на рисунке 1 в виде кривых ресуспендируемости [7].

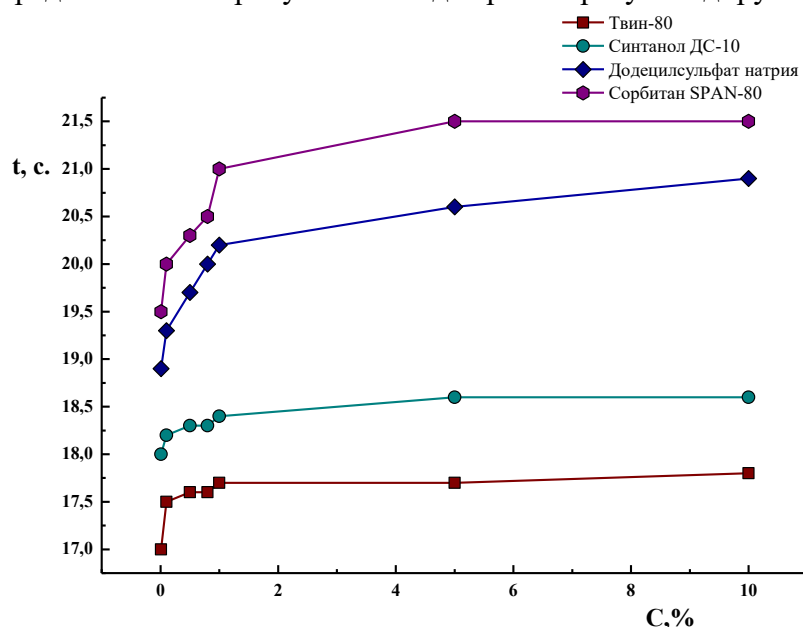


Рис. 1. Зависимость времени распределения частиц по всему объему от концентрации суспензий с различными стабилизаторами

Показано, что равномерное распределение частиц по всему объему было достигнуто в течение:

- Суспензия стабилизированная твина-80 ~ 17,5 секунд;
- суспензия стабилизированная синтанолом ДС-10 ~ 18,3 секунд;

- суспензия стабилизированная додецилсульфатом натрия ~ 19,9 секунд;
- суспензия стабилизированная сорбитаном SPAN-80 ~ 20,6 секунд.

Из графика следует, что в случае суспензий, стабилизированных твином-80, наблюдается распределение частиц по всему объему за более короткое время (18 секунд), что говорит о хорошей способности суспензии восстанавливать свои свойства при нарушении устойчивости.

Седиментационная устойчивость определяет отношение коллоидных систем к силе тяжести и характеризует способность их к сохранению равномерного распределения частиц дисперсной фазы по объему системы. Одним из важнейших критериев, определяющих поведение дисперсных систем, является размер частиц дисперсной фазы [8].

Седиментационный анализ полученных суспензий состоял в наблюдении во времени за движением границы осветления растворов, находящихся в цилиндре одинакового диаметра и одинаковой высоты. Измеряя расстояние, на которое сместилась граница осветления за определенное время, можно определить скорость седиментации дисперсной системы. Наблюдение за расслаиванием в системах проводили в течение десяти суток, результаты представлены на рисунке 2 в виде кривых седиментации. Кривые седиментации (рис.2) являются типичными для монодисперсных систем.

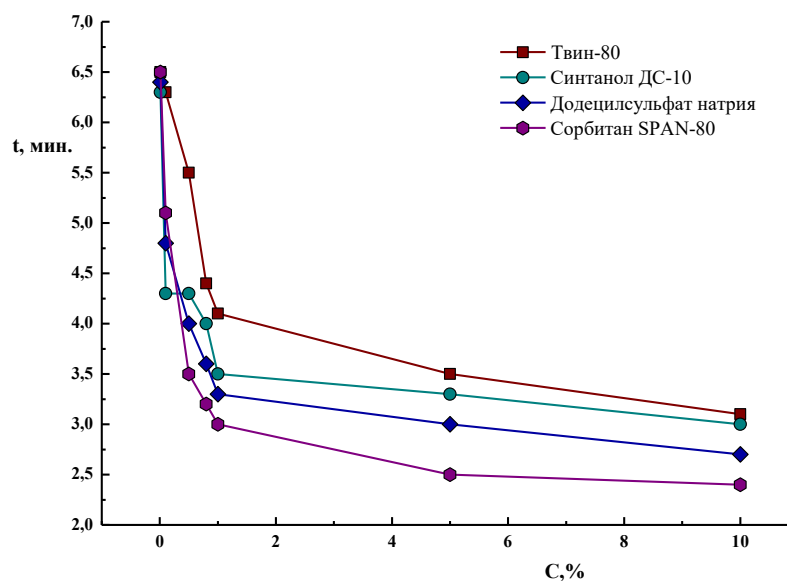


Рис. 2. Зависимость времени оседания частиц от концентрации суспензий с различными стабилизаторами

Наблюдения показали, что частицы действующего вещества не оседают на дне стакана в течение:

- суспензия с добавлением твина-80 ~ 4,77 минут;
- суспензия с добавлением синтанола ДС-10 ~ 4,12 минут;
- суспензия с добавлением додецилсульфат натрия ~ 3,97 минут;
- суспензия с добавлением сорбитана моноолеата SPAN-80 ~ 3,74 минут.

Из представленного графика видно, что в суспензиях, стабилизированных твином-80, с увеличением концентрации раствора время оседания гидрофобных частиц уменьшается и в минимальной точке значение составляет 4 минуты, что на 6 секунд превышает минимальное значение синтанола ДС-10, на 24 секунды значение додецилсульфата натрия и на 40 секунд значение сорбитана моноолеата SPAN-80.

Таблица 1

Влияние факторов устойчивости при 1 % концентрации стабилизаторов

Фактор устойчивости	Стабилизирующий ПАВ			
	Твин-80	Синтанол ДС-10	Додецил сульфат натрия	Сорбитан SPAN-80
Ресуспендируемость, с.	17,7	18,4	20,2	21,0
Седиментационная устойчивость, мин.	4,1	3,5	3,0	2,8

На основании измеренных значений расстояний, на которое сместилась граница осветления (S), и общей высоты столба дисперсии в цилиндре Н=50 мм, рассчитаны значения седиментации за весь срок наблюдения (10 суток) для каждой системы в процентах, как отношение  $(S/H) \cdot 100\%$ . В табл. 2. приведены значения седиментационной устойчивости исследованных дисперсий.

Таблица 2

Значение седиментации (%) для суспензий ментола с различными ПАВ: 1 – твин-80; 2 – синтанол ДС-10; 3 – додецилсульфат натрия; 4 – сорбитан моноолеат SPAN-80.

№ раствора	$(S/H) \cdot 100\%$
1	20,1
2	15,7
3	10,2
4	7,4

Сорбитан моноолеат SPAN-80 обладает наименьшим значением седиментации, т.к. его частицы препятствуют агломерации частиц ментола.

Максимальное значение скорости седиментации 0,85 мм/сут имела дисперсия с твином-80 в качестве стабилизатора коллоидной системы,

далее по стабилизирующей активности стабилизаторы распределились в следующем порядке: синтанол ДС-10 (скорость седиментации на выбранном участке 0,63 мм/сут.), суспензия додецилсульфата натрия (скорость седиментации 0, 30 мм/сут.). Минимальное значение имела суспензия с сорбитаном моноолеатом SPAN-80.

Таким образом, показано, что при увеличении концентрации суспензий стабилизированных ПАВ от 0,01% до 10% время распределения частиц по всему объему увеличивается, а время их оседания уменьшается. Установлено, что среди всех используемых ПАВ для дисперсий ментола минимальной ресуспендируемостью ( $t=17,5$  с.) и максимальной седиментационной устойчивостью ( $t=4,77$  мин) обладает твин-80.

### Список литературы

1. Волков В.А. Коллоидная химия. Поверхностные явления и дисперсные системы. СПб.: Лань, 2015. 672 с.
2. Нигматуллин Н.Г. Физическая и коллоидная химия: Учебное пособие. СПб.: Лань, 2021. 288 с.
3. Холмберг К., Йенссон Б., Кронберг Б., Линдман Б. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах/ Холмберг К.; ред. Ямпольской Г.П. – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2015. 530 с.
4. Солодов Г.А., Заостровский А.Н., Папин А.В., Папина Т.А. Стабилизация водоугольных суспензий органическими реагентами // [Вестник Кузбасского государственного технического университета](#), 2003. С. 79–82.
5. Катнов В.Е., Степин С.Н. Стабилизация и концентрирование водных суспензий наночастиц диоксида кремния // [Вестник Казанского технологического университета](#), 2011. С. 32–36.
6. Петришин Р.С., Яремко З.М., Солтыс М.Н. Влияние рН среды и поверхностно-активных веществ на дзета-потенциал и агрегативную устойчивость суспензий диоксида титана // Коллоидный журнал, 2010. Т. 72, № 4, С. 512–517.
7. Спицын Е.О. Исследование влияния различных факторов на стабильность суспензии гидрофобных веществ на примере суспензии камфоры // Форум молодых ученых, 2018. С. 1445-1448.
8. Чуешов В.И., Гладух Е.В., Сайко И.В. и др. Технология лекарств промышленного производства. Винница: Нова Книга, 2014. 664 с.

*Об авторах:*

КОВАЛЬЧУК Ксения Михайловна – студентка магистратуры 1 года обучения химико-технологического факультета Тверского государственного университета, e-mail: kovalchuk\_ksenya@mail.ru

ВЕРОЛАЙНЕН Виолетта Андреевна – студентка 3 курса химико-технологического факультета Тверского государственного университета, e-mail: [vverolaynen@list.ru](mailto:vverolaynen@list.ru)

ТЕМНИКОВА Светлана Анатольевна - кандидат химических наук, доцент кафедры органической химии химико-технологического факультета Тверского государственного университета, e-mail: sato.mail@mail.ru

## INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SURFACTANTS OF VARIOUS NATURE ON THE RESUSPENDABILITY AND SEDIMENTATION STABILITY OF MENTHOL SUSPENSION

**K.M. Kovalchuk, V.A. Verolainen, S.A. Temnikova**

Tver state university, Tver

The effect of surfactants of various natures (tween-80, sorbitan monooleate SPAN-80, sodium dodecyl sulfate, and industrial-grade synthanol DS-10) on the resuspendability and sedimentation stability of an aqueous menthol suspension was studied.

**Keywords:** *suspensions, resuspendability, sedimentation stability, twin-80, sorbitan monooleate SPAN-80, sodium dodecyl sulfate, synthanol DS-10.*