

**СИНЕРЕЗИС ПЕН, СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ
ОРГАНОМОДИФИЦИРОВАННЫМИ ЧАСТИЦАМИ
ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ**

Мишина Светлана Ивановна

*канд. хим. наук, доцент Пензенского государственного университета,
РФ, г. Пенза
E-mail: elancv@mail.ru*

Вилкова Наталья Георгиевна

*д-р хим. наук, профессор Пензенского государственного университета
архитектуры и строительства, РФ, г. Пенза*

**DRAINAGE OF FOAM STABILIZED BY MODIFIED
ALUMINUM HYDROXIDE PARTICLES**

Mishina Svetlana

*candidate of Chemistry Sciences, associate professor of Penza State University,
Russia, Penza*

Vilkova Natalya

*doctor of Chemistry Sciences,
professor of Penza State University of Architecture and Building,
Russia, Penza*

АННОТАЦИЯ

Изучен нестационарный синерезис пен, стабилизированных органо­модифицированными частицами гидроксида алюминия, с использованием метода создания перепада давлений в дисперсионной среде (FPDT с одной пористой пластиной). Обсуждается возможность применения теорий Леонарда-Лемлиха, Кёлера при синерезиса пен, стабилизированных твердыми частицами.

ABSTRACT

The nonstationary drainage of foams stabilized by modified aluminum hydroxide particles is studied with the Foam Pressure Drop Technique (FPDT with one porous plate). The possibility of application of Leonardo—Lemlich and Koehler theories at the description of drainage of the foams stabilized by solid particles is discussed.

Ключевые слова: пена, твердые частицы, синерезис, метод FPDT, гидроксид алюминия, масляная кислота, гидрофобизатор.

Keywords: foam, solid particles, drainage, FPDT, aluminum hydroxide, butyric acid, modifier.

В дополнение к жидкой (раствору ПАВ) и газовой фазам пена может содержать твердые частицы, которые оказывают большое влияние на синерезис и устойчивость пены. В последние десятилетия удалось получить пены, стабилизированные различными твердыми частицами (кремнезем, латексы, гидрозоли и др.) с добавкой ПАВ-модификаторов или без них [4—7]. В таких пенах удается практически полностью остановить процесс синерезиса пены и диффузионный перенос газа и увеличить почти неограниченно время их жизни, что объясняется большой энергией адгезии частиц к поверхности раздела жидкость-газ. Кроме того, было показано, что при некоторых условиях на устойчивость пен влияет образование тиксотропных гелей в дисперсионной среде [1; 3; 9]. Чтобы избежать влияния структурообразования в дисперсионной среде на синерезис, исследовали течение в пенах, полученных из суспензий с низким содержанием твердой фазы и модификатора. При осушении таких пен наблюдается уменьшение объемной доли жидкости в них до 0,01 и менее (кратность 100 и более).

Исследовали пены, стабилизированные золем гидроксида алюминия. Дисперсия гидроксида алюминия образуется в результате химической реакции сульфата алюминия с гидроксидом натрия. В качестве гидрофобизатора

поверхности частиц гидроксида алюминия использовалась масляная кислота. К раствору сульфата алюминия (х.ч., Merck) с концентрацией 0,2 % примешивали масляную кислоту и добавляли 0,5 н раствор гидроксида натрия (ч.д.а., Merck) до значения $pH = 4,5—4,8$. Краевой угол модифицированных твердых частиц в исходной суспензии не превышал 40° . Для изучения нестационарного синерезиса пены мы использовали разработанный нами метод с одной пористой пластиной и двумя микроманометрами [2]. Он дает возможность изучать в каждом эксперименте влияние на скорость синерезиса пены не только радиусов кривизны каналов Плато-Гиббса и объемной доли жидкости, но и градиента давления. Данный метод позволяет избежать определения профиля кривизны каналов Плато и сложных вычислений скорости течения при меняющихся радиусах каналов Плато-Гиббса. Скорость течения измеряли в интервале радиусов каналов 11—24 мкм при приложенном к дисперсионной среде пены пониженном перепаде давления 1 кПа. В этих опытах градиент давлений изменялся в интервале (1—14)рг.

Результаты исследований скорости нестационарного синерезиса в локальном слое пены с использованием метода FPDT одной пористой перегородкой [2] приведены на рисунке 1. Видно, что экспериментальные значения линейной скорости v_L превышают значения, предсказываемые расчетом по уравнению Леонарда-Лемлиха в 1,1—1,3 раза, при всех градиентах давления. Отклонение экспериментальных значений скорости от расчетных по уравнению Лемлиха наблюдается вследствие отклонения структуры исследуемых пен от полиэдрической (кратность пен изменялась в пределах 40—180). Подобные результаты были получены при исследовании пен, стабилизированных ионногенным (анионным) ПАВ [2].

Другой известной теорией, описывающей течение в пенах, стабилизированных ПАВ, является теория Кёлера [8]. В соответствие с данной теорией предполагается, что если зависимость $v_L(\varepsilon)$, где ε — объемная доля жидкости в пене, является линейной, то режим считают с доминирующими потерями в каналах. Если же линейной является зависимость $v_L(\varepsilon^{1/2})$,

то считают, что преобладает гидродинамическое сопротивление в узлах [8].
 Наши экспериментальные результаты соответствуют зависимости $v_L(\varepsilon)$,
 линейной в исследованном интервале радиусов (рисунок 2).

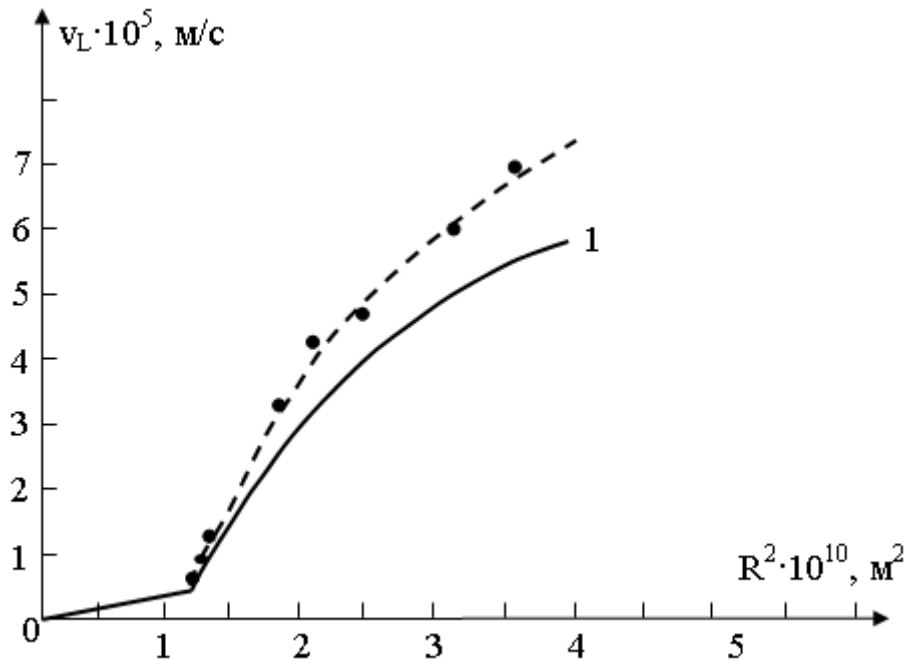


Рисунок 1 — Зависимость $v_L(R^2)$ для локального слоя пены из суспензий
 0,2% $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ + 52,3 ммоль/л $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$ + 67,3 ммоль/л NaOH :
 1 — расчетные значения по формуле (5.2a), • — экспериментальные данные

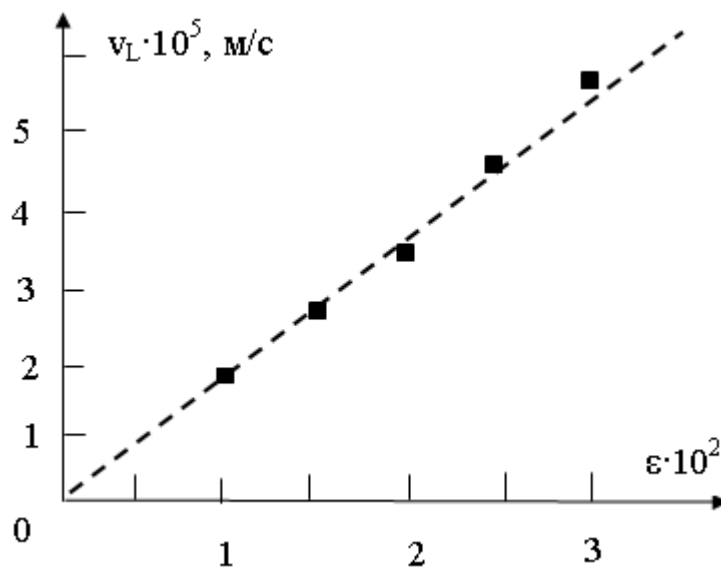


Рисунок 2 — Зависимость $v_L(\varepsilon)$ для пен из суспензий
 0,2% $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ + 52,3 мм $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$ + 67,3 мм NaOH :
 ■ — экспериментальные результаты.

По теории Кёлера [8], это рассматривается как доказательство режима течения с основными гидродинамическими потерями в каналах при неподвижных поверхностях. Однако эти данные не согласуются с уравнением Лемлиха. Это означает, что линейная зависимость $v_L(\varepsilon)$ — недостаточное условие для определения неподвижности поверхностей.

Следует отметить, что П. Стевенсон, используя метод размерного анализа в применении к синерезису пен, показал, что ни в одном из опытов, проведенных по методу «forced drainage», модель с доминирующим сопротивлением в каналах не подтверждается [10]. Аналогичные результаты были получены при исследовании пен, стабилизированных ионогенным (анионным) ПАВ [2]. Данные, приведенные на рисунке 2, соответствуют изменению пенной структуры от идеально полиэдрической до переходящей в шаровую, т. е. теория Кёлера позволяет описать течение в пенах с различной структурой. Однако, описывая каналовый вариант, она не отражает особенностей течения по каналам Плато-Гиббса с подвижными и неподвижными поверхностями.

Таким образом, в пенах, стабилизированных твердыми частицами, измеренные в локальном слое пены с переменным радиусом, экспериментальные значения линейной скорости v_L превышают значения, предсказываемые по уравнению Леонарда-Лемлиха в 1,1—1,3 раза, при всех градиентах давления, что обусловлено некоторым отклонением структуры исследуемых пен от полиэдрической.

Список литературы:

1. Вилкова Н.Г., Еланева С.И., Волкова Н.В. и др. Пены, стабилизированные твердыми частицами: вопросы устойчивости // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. Естественные науки. — 2011. — № 25. — С. 674—679.

2. Кругляков П.М., Еланева С.И., Вилкова Н.Г. Исследование синерезиса в тонких слоях пены с использованием метода создания перепада давления в её жидкой фазе// Коллоидный журнал. — 2010. — Т. 72. — № 3. — С. 394—399.
3. Нуштаева А.В., Вилкова Н.Г., Еланева С.И. Стабилизация пен и эмульсий нерастворимыми порошками: монография. — Пенза: ПГУАС, 2011. — 132 с.
4. Alargova R.G., Warhadpande D.S., Paunov V.N. et al. Foam superstabilization by polymer microrods // Langmuir.— 2004. — V. 20 — P. 10371—10374.
5. Binks B.B., Horozov T.S. Aqueous foams stabilized solely by silica nanoparticles // Angew. Chemistry. — 2005. — V. 44. — P. 3722—3725.
6. Gonzenbach U.T., Studart A.R., Tervoort E. et al. Stabilization of foams with inorganic colloidal particles //Langmuir. —2006. — V. 22. — P. 10983—10988.
7. Horozov T. Foams and foam film, stabilised by solid particles // Current Opinion Colloid Interface Science. — 2008. —V. 13. — P. 134—137.
8. Koehler S.A., Hilgenfeld S., Stone H.A. A Generalized view of foam drainage: experiment and theory //Langmuir. — 2000. — V. 16 — P. 6327—6341.
9. Kruglyakov P.M., Elaneva S.I., Vilkova N.G. et al. About mechanism of foam stabilization by solid particles// Advances in Colloid and Interface Science. — 2011. — № 165. — P. 108—116.
10. Stevenson P. On the forced drainage of foam // Colloids and Surfaces. A. Physicochem. Eng. Aspects. — 2007. — V. 305. — P. 1—9.