



ИЗМЕНЕНИЕ СВОБОДНОЙ ЭНЕРГИИ ГИББСА В ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ПЕНАХ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА

Туманов Г.А.², Долуда В.Ю.¹, Мальков А.А.²

1 - ФГБОУ ВО «Тверской Государственный Технический университет», Кафедра Биотехнологии, химии и стандартизации

2 - ФГБОУ ВО «Тверской Государственный Технический университет», Кафедра программного обеспечения

Определение направления самопроизвольного процесса образования и деструкции пен возможно с использованием свободной энергии Гиббса. В дифференциальном виде уравнение для расчёта изменения свободной энергии Гиббса [1] имеет следующий вид (1).

$$dG = -Sd(T) + \sum V_i d(p_i) + \sigma d(A) \quad (1)$$

Где T – температура (К), V – общий объем пены (m^3), p – внешнее давление (Па), σ – поверхностное натяжение пены (Н/м), A – общая площадь поверхности пены (m^2).

При расчете изменения свободной энергии Гиббса была рассмотрена возможность образования пены с монодисперсным распределением пузырьков по размерам для $1 m^3$ используемого воздуха, со средним диаметром пузырьков пены 1 мм - 20 мм (Рисунок 1).

При уменьшении поверхностного натяжения раствора с 32 мН/м до 18 мН/м наблюдается (Рисунок 1) значительное уменьшение изменения образования свободной энергии Гиббса, что показывает большую устойчивость пен при уменьшении поверхностного натяжения.

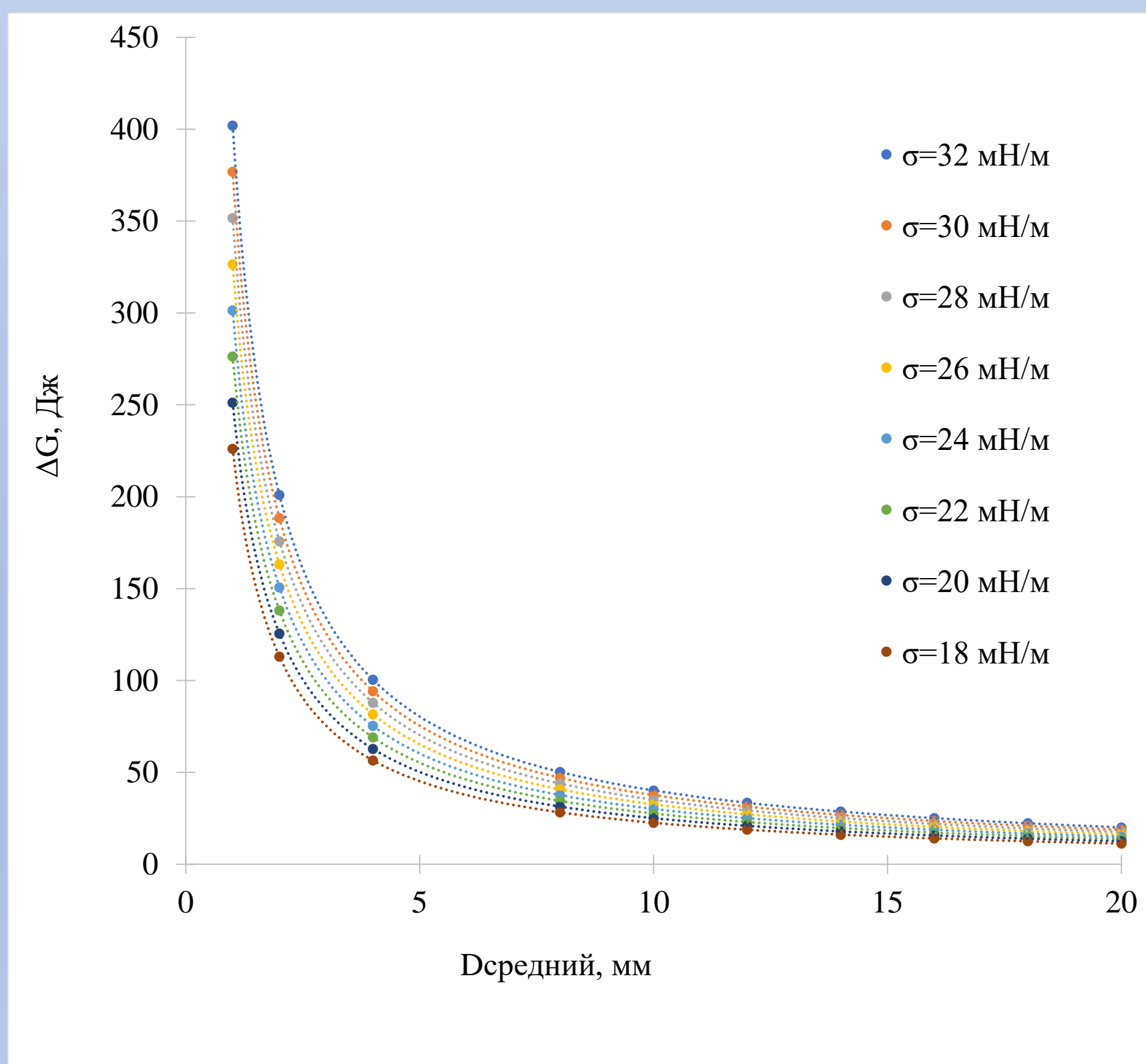


Рисунок 1. Зависимость изменения свободной энергии Гиббса при образовании пузырьков противопожарной пены ($p=101325$ Па, $T=293$ К), при варьировании поверхностного натяжения пены

Возможно рассматривать процессы укрупнения пузырьков пены наряду с их исчезновением как один из возможных процессов, протекающих по мере старения пены. Соответствующие зависимости представлены на рисунках 2-3.

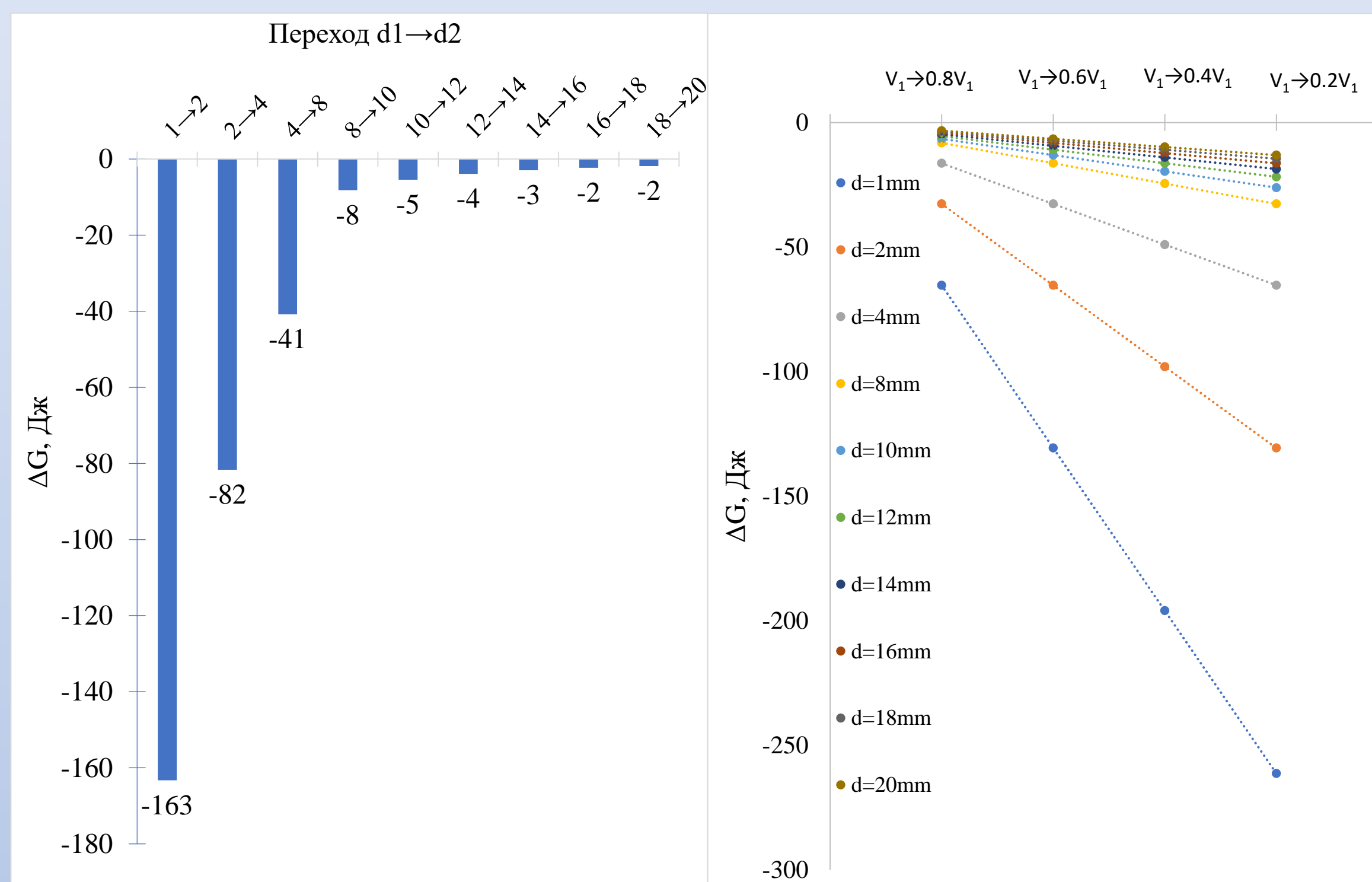


Рисунок 2. Зависимость изменения свободной энергии Гиббса при укрупнении ячеек пузырьков пены ($p=101325$ Па, $T=293$ К)

Рисунок 3. Зависимость изменения свободной энергии Гиббса при оседании пены с исходными ($p=101325$ Па, $T=293$ К)

Расчётные значения изменения свободной энергии Гиббса для процесса деструкции пузырьков меньше значений свободной энергии Гиббса для процессов их укрупнения, что свидетельствует о превалировании процессов деструкции пузырьков над их укрупнением в процессе старения пены.

Таким образом термодинамическое равновесие пен с отдельными газовой и жидкой фазами, обусловленное свободной энергией Гиббса является функцией поверхностного натяжения и образованной площади поверхности. При этом уменьшение поверхностного натяжения или площади поверхности системы способствует уменьшению значений свободной энергии Гиббса. Однако уменьшение площади поверхности пены при ее образовании является нежелательным процессом, особенно в случае с противопожарными пенами.

По причине вышесказанного, основным направлением получения стабильных пен может являться уменьшение поверхностного натяжения растворов пенообразователей за счет изменения их композиции и внесения в состав поверхностно активных веществ.

Для измерения поверхностного натяжения были приготовлены растворы с добавками неонола АФ 9-10, лигносульфонатов натрия, АБСК и тетрадецилового спирта в концентрациях 0,025-0,2 % мас.

Расчитанные значения свободной энергии Гиббса для исследованных огнетушащих пен приведены на рисунке 4. Для неонола и АБСК наблюдается увеличение значений свободной энергии Гиббса при увеличении их концентрации, в то время как для растворов технического лигносульфоната и тетрадецилового спирта происходит уменьшение значений свободной энергии Гиббса, что может свидетельствовать о большей стабильности пен на основе вышеуказанных веществ.

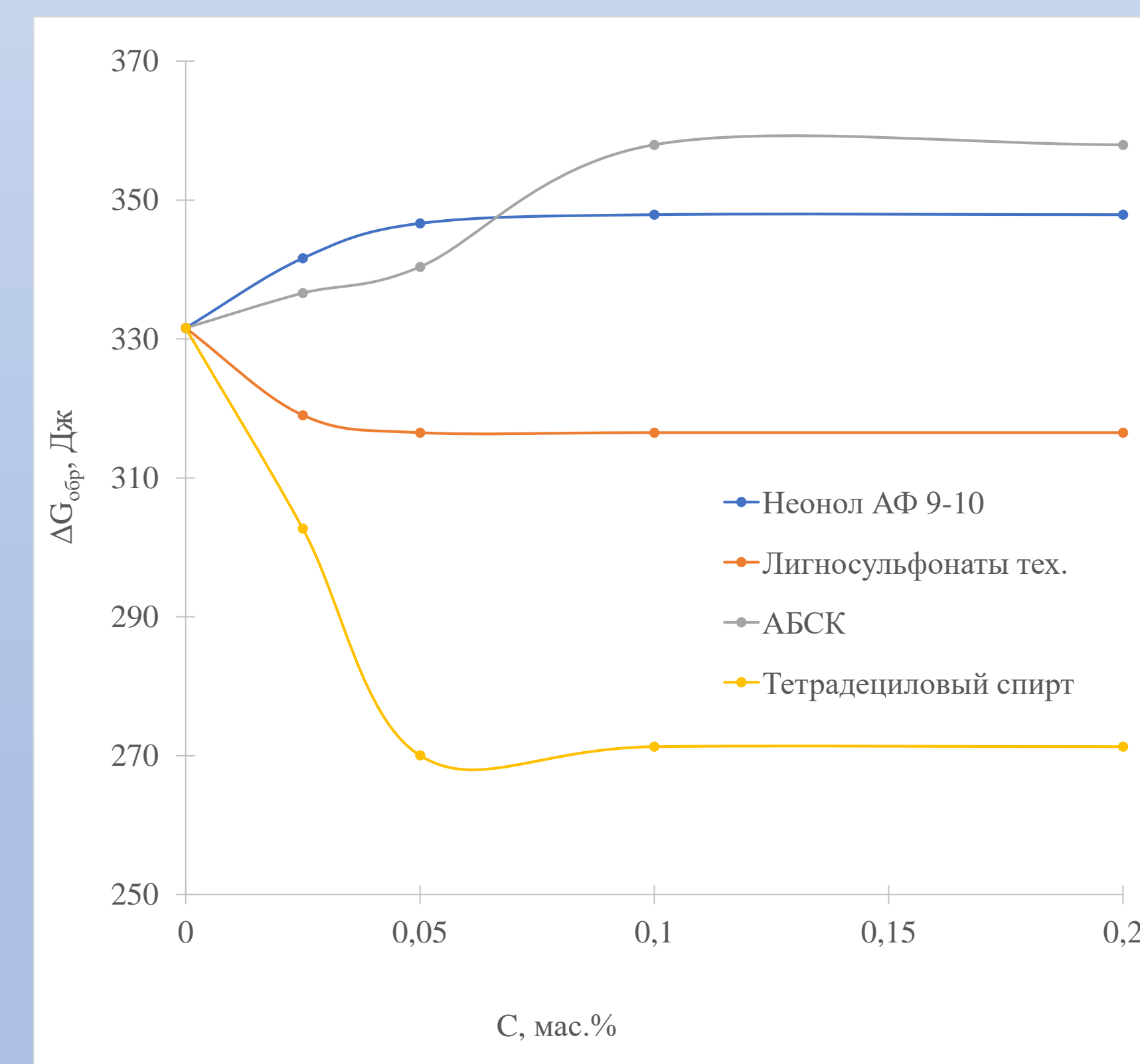


Рисунок 4. Зависимость свободной энергии Гиббса при образовании $1 m^3$ пены со средним диаметром 1 мм с использованием пенообразующих растворов различной концентрации ($p = 101325$ Па, $T = 293$ К)