
ТИББИЁТ ФАНЛАРИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕНООБРАЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ РЕАГЕНТОВ-СОБИРАТЕЛЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ФЛОТАЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД

В. П. Соколова

доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры химических технологий и инженерии, Технологический институт Государственного университета экономики и технологии, г. Кривой Рог, Украина

***Аннотация.** Изучено влияние добавок аполярного реагента солярового масла к гетерополярному собирателю - мылу дистиллированного таллового масла на устойчивость образованных пен. Установлено, что наиболее благоприятными для флотации свойствами обладают пены, образованные при использовании смеси реагентов-собирателей - мыла дистиллированного таллового масла и солярового масла при соотношении, равном 2:1. Данная собирательная смесь рекомендована автором для флотационного обогащения окисленных железных руд*

***Ключевые слова:** флотация, флотационная пена, аполярный собиратель, гетерополярный собиратель, соляровое масло, мыло дистиллированного таллового масла, устойчивость пены*

RESEARCH OF BLOWING ABILITY OF REAGENTS- COLLECTORS, USED FOR FLOTATION OF IRON ORES

V. P. Sokolova

Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of Department of Chemical Technology and Engineering, Technological Institute of State University of Economics and Technology, Kryvyi Rih, Ukraine

***Abstract:** Influence of additions of apolar reagent of diesel oil to heteropolar collector - soap of the distilled tall oil on stability of foam is researched. The study found that the most favorable properties for flotation are foam, formed at using of reagents-collectors mixture - soap of the distilled tall oil and diesel oil with a ratio of 2:1. This collective mixture is recommended by an author for the flotation beneficiation of oxidized iron ores.*

***Keywords:** flotation, flotation foam, apolar collector, heteropolar*

collector, diesel oil, soap of the distilled tall oil, stability of foam

Введение

Мыла карбоксильных кислот, используемые в качестве собирателя при флотации железосодержащих минералов, обладают пенообразующими свойствами. Для повышения селективности флотационного разделения совместно с ними применяют аполярные реагенты.

Обзор литературы

Влияние аполярных реагентов на свойства флотационных пен изучено, в основном, применительно к минерализованным (трёхфазным) пенам и выражается, например, по мнению авторов работ [1,2], в их стабилизации. При этом механизм стабилизации пены с применением аполярных реагентов объясняется тем, что повышается переход в пену более крупных частиц, которые особо сильно стабилизируют пену, а также тем, что флокулы, образованные под действием этих реагентов, упрочняют пену, подобно сравнительно крупным частицам. В данном случае стабилизирующее действие минеральных частиц на пену может быть удовлетворительно объяснено на основе аналогии трёхфазных пен и эмульсий и общей теорией этих систем, развитой П.А. Ребиндером [3]. Согласно этой теории, стабилизаторами пены могут являться твёрдые частицы флотационной крупности, образующие в воде краевые углы больше 0° и меньше 90° . Разрушение пены происходит в результате истечения междуплёночной жидкости по каналам Плато-Гиббса, диффузии газа между пузырьками и разрыва индивидуальных плёнок пены. Стабилизацию трёхфазных пен связывают с механическим упрочнением плёнок пены в результате их «бронирования» частицами твёрдой фазы. Твёрдые частицы закупоривают каналы Плато-Гиббса, уменьшая тем самым скорость течения жидкости [2]. С точки зрения Годэна [4] и Емельянова [5], устойчивые пены при флотации образуют шламы. Чем тоньше измельчён флотируемый материал, тем при прочих равных условиях, прочнее будет пена. Тогда, при образовании флокул под действием аполярных реагентов прочность пены, образованной шламами, должна быть ещё большей. Однако, как известно, дополнительно используемые аполярные реагенты регулируют структуру пены, исключая излишнее пенообразование [4].

Методология исследования

Для определения влияния добавок аполярных реагентов к гетерополярным на свойства пен, в работе исследовано образование двухфазных пен. При этом изучалась пенообразующая способность собирателей, используемых в процессе флотации окисленных железистых кварцитов –

растворов мыла дистиллированного талловоогомаса (МДТМ) и эмульсий аполярного реагента – солярового масла (СМ) в растворах МДТМ [6]. В соответствии с методикой [7], пену образовывали методом встряхивания водного раствора реагентов в цилиндре. Для чего в цилиндр объёмом 250 мл наливали 50 мл водного раствора изучаемых реагентов. Раствор встряхивали 30 сек. Пена образовывалась в результате интенсивного перемешивания раствора и находящегося над ним воздуха. По результатам опытов определяли изменение объёма пены со временем для различных концентраций растворов МДТМ и эмульсий СМ в растворах МДТМ; зависимость максимального объёма пены и времени существования пены от концентрации реагента-собирателя и его состава. Область исследуемых значений концентраций растворов МДТМ – 0,24-0,56 % с шагом 0,08 %. Установлено, что при более низких значениях концентраций пенообразование незначительное, а при добавлении СМ практически отсутствует.

За характеристику устойчивости пены принималось время от момента её возникновения до полного разрушения (время существования («жизни») пены), так как устойчивость пены описывает величина L_f , характеризующая среднее время «жизни» пены [2]:

1

$$L_f = (1/V_{оп})_0 \int_0^{V_{оп}} \tau dV_{п} = (1/V_{оп})_0 \int_0^{\tau_k} V_{п} dt =$$

$$= [1/(V_{ож} + V_{ог})] \int_0^{\tau_k} V_{ж} dt + [1/(V_{ож} + V_{ог})] \int_0^{\tau_k} V_{г} dt,$$

где $V_{п} = V_{ж} + V_{г}$,

$V_{оп}$ и $V_{п}$ – объём пены, соответственно, начальный и ко времени τ ,

$V_{ож}$ и $V_{ж}$ – объём жидкости в пене, соответственно, начальный и ко времени τ ,

$V_{ог}$ и $V_{г}$ – объём газа в пене, соответственно, начальный и ко времени τ ,

τ_k - время полного разрушения пены.

Результаты исследований и анализ

Пенообразователи типа мыл образуют в воде коллоидные системы, пены из которых обладают высокой устойчивостью. Истечение междуплёночной жидкости в таких пенах в определённый момент прекращается, а пенный каркас может сохраняться длительное время при отсутствии разрушающего действия внешних факторов. Результаты исследований кинетики разрушения пены приведены на рис. 1 - 6.

Как показали эксперименты, для МДТМ характерно быстрое увеличение объёма пены с увеличением концентрации раствора. Так, повышение концентрации раствора с 0,24 до 0,56 % приводит к увеличению максимального объёма пены с 40 до 180 см³ (см. рис. 5 кривая 1). Стабильность пены, образованной МДТМ, с увеличением концентрации раствора неуклонно возрастает. Так, время существования пены, образованной МДТМ, возрастает с 30 до 300 мин при увеличении концентрации МДТМ в растворе от 0,16 до 0,56 % (см. рис. 6, кривая 1).

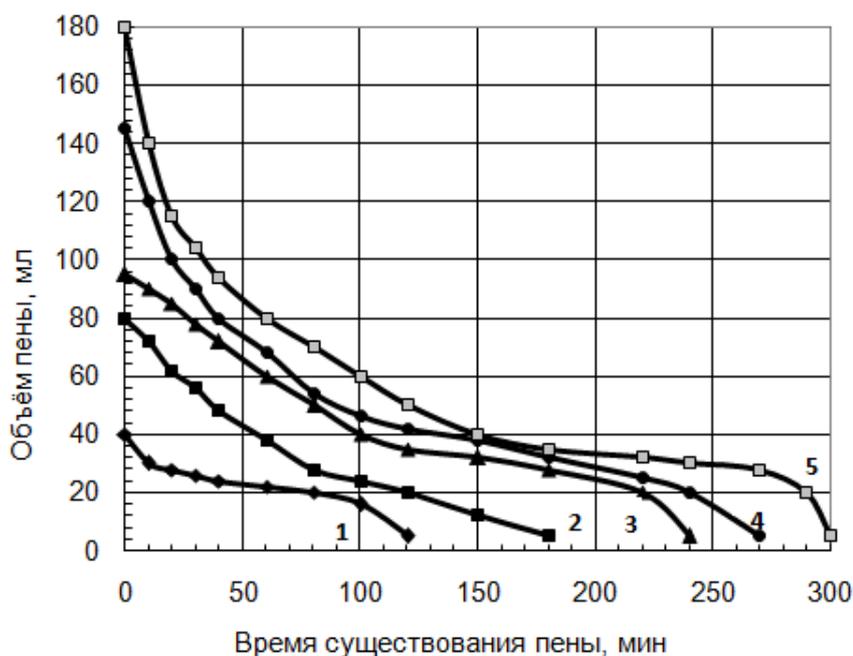


Рис. 1. Кинетика разрушения пены при различной концентрации МДТМ:

1 – 0,24 %; 2 – 0,32 %; 3 – 0,4 %; 4 – 0,48 %; 5 – 0,56 %

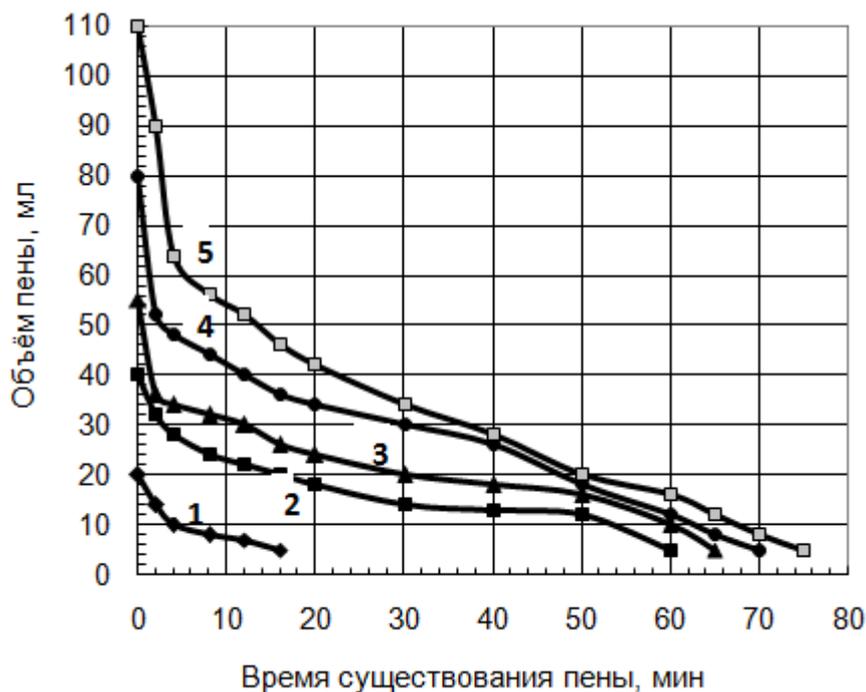


Рис. 2. Кинетика разрушения пны при различной концентрации МДТМ в собирательной смеси МДТМ:СМ при соотношении 3:1
 1 – 0,24 %; 2 – 0,32 %; 3 – 0,4 %; 4 – 0,48 %; 5 – 0,56 %

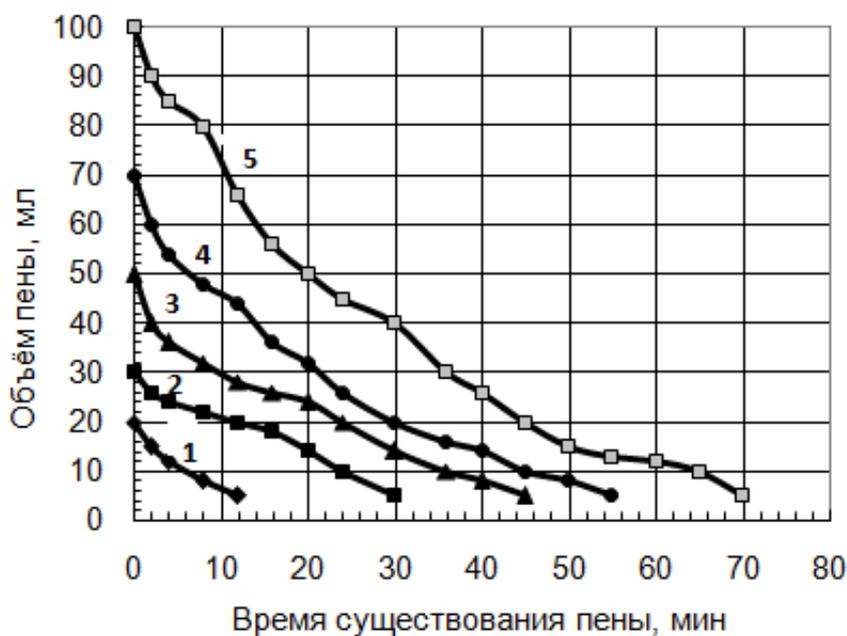


Рис. 3. Кинетика разрушения пены при различной концентрации МДТМ в собирательной смеси МДТМ:СМ при соотношении 2:1
 1 – 0,24 %; 2 – 0,32 %; 3 – 0,4 %; 4 – 0,48 %; 5 – 0,56 %

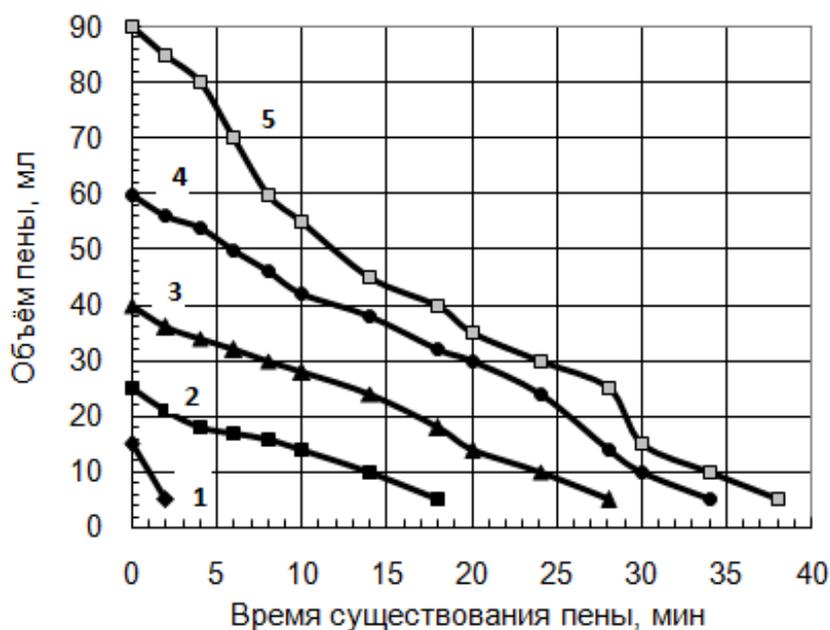


Рис. 4. Кинетика разрушения пены при различной концентрации МДТМ в собирательной смеси МДТМ:СМ при соотношении 1:1
 1 – 0,24 %; 2 – 0,32 %; 3 – 0,4 %; 4 – 0,48 %; 5 – 0,56 %

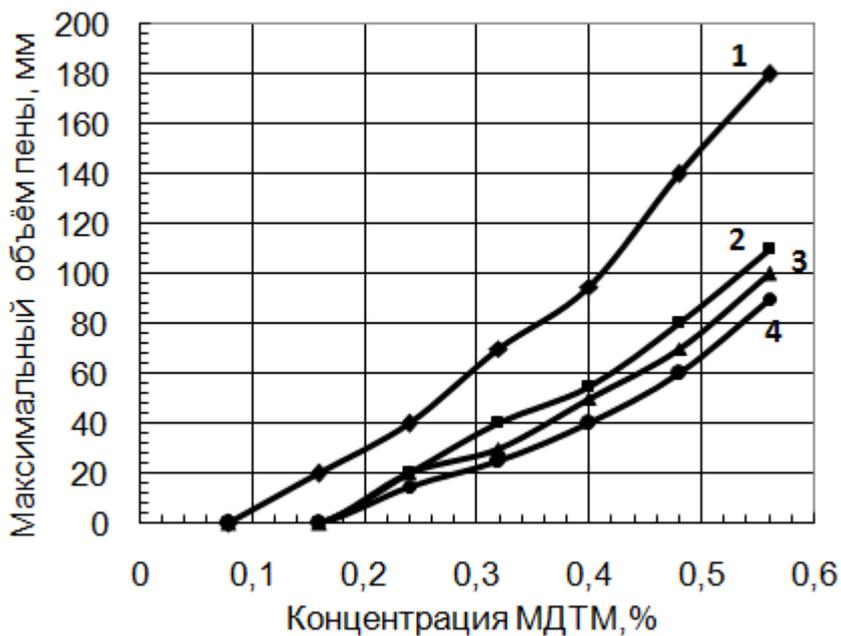


Рис. 5. Зависимость максимального объема пены от концентрации МДТМ при различном соотношении МДТМ:СМ в собирательной смеси:

1 – без добавок СМ; 2 – соотношение МДТМ:СМ = 3:1

3 – соотношение МДТМ:СМ = 2:1; 4 – соотношение МДТМ:СМ = 1:1

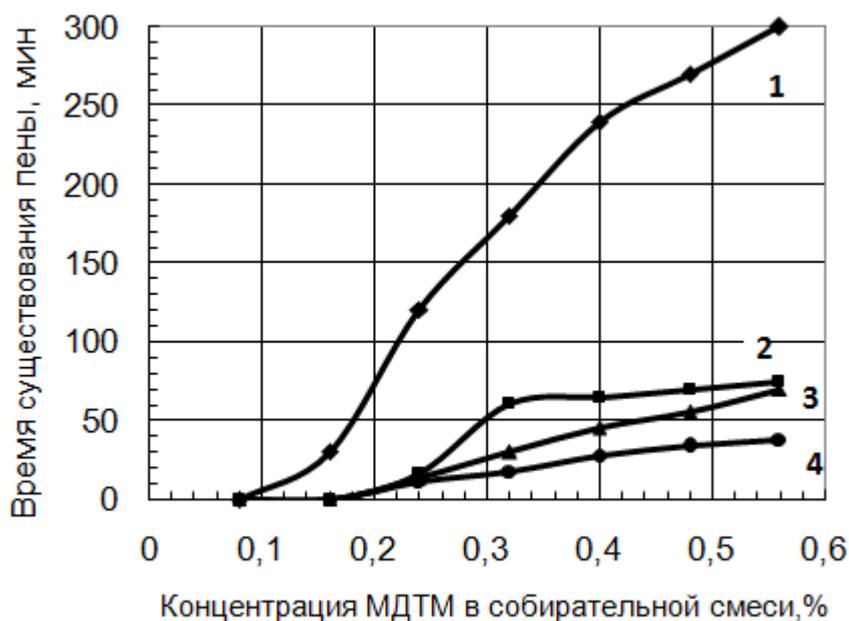


Рис. 6. Зависимость времени существования пены от концентрации МДТМ при различном соотношении МДТМ:СМ в собирательной смеси

1 – без добавок СМ; 2 – соотношение МДТМ:СМ = 3:1

3 – соотношение МДТМ:СМ = 2:1; 4 – соотношение МДТМ:СМ = 1:1

При введении СМ в раствор МДТМ максимальный объем образованной пены при концентрации 0,56 % уменьшается в 3 раза и оставляет 110, 100 и 90 см³ при соотношении МДТМ:СМ, равном 3:1, 2:1, и 1:1, соответственно (см. рис. 2 - 4 кривая 5 и рис. 5 кривые 2, 3, 4). Время существования пены, образованной при добавлении СМ, в соотношении МДТМ:СМ, равном 3:1 и 2:1, сокращается до 70-75 мин (для максимальной концентрации 0,56 %) (см. рис. 2, 3 кривая 5 и рис. 6 кривые 2, 3). При соотношении МДТМ:СМ, равном 1:1, время существования пены уменьшается более значительно – до 40 мин. Таким образом, менее устойчивой является пена, образованная в присутствии СМ в растворе МДТМ.

Очень устойчивые пены, образованные из МДТМ, в процессе флотации трудно очищаются от минералов пустой породы и сростков, что обуславливает низкую эффективность перечистных операций. С

другой стороны, быстрое разрушение пены в процессе флотации (как при соотношении МДТМ:СМ, равном 1:1) может уменьшить извлечение полезного минерала. С этой точки зрения, наиболее приемлемыми для эффективной флотации являются собирательные смеси реагентов МДТМ:СМ при соотношении 3:1 и 2:1, образующие пены, близкие по устойчивости и максимальному объёму. Однако анализ кривых кинетики разрушения пены показал, что при соотношении МДТМ:СМ, равном 2:1, гашение пены со временем происходит практически равномерно (см. рис. 3), а при соотношении, равном 3:1, наблюдается резкое уменьшение объёма пены в первые 2 - 4 мин её существования (см. рис. 2). Резкое гашение пены в первые минуты её существования может привести к увеличенным потерям полезного минерала с хвостами основной флотации. Исходя из вышесказанного, наиболее благоприятными для флотации свойствами обладают пены, образованные при использовании собирательной смеси МДТМ:СМ при соотношении 2:1.

Механизм пеногасящего действия углеводородов нуждается в особом объяснении. А.К.Лившиц и С.В. Дуденков, например, считают, что заслуживают рассмотрения следующие гипотезы механизма пеногасящего действия: гашение пены частицами углеводородов, которые образуют в воде краевые углы более 90° , обусловлено «обращением» трёхфазной эмульсии из эмульсии типа масло-вода в эмульсию вода-масло; пеногасящее действие углеводородов связано с адсорбцией пенообразователя из водного раствора частицами (каплями) углеводородов, в результате чего концентрация пенообразователя снижается и действие его на пену оказывается недостаточным [1].

По В.К. Тихомирову, механизм действия пеногасителя (в данном случае углеводородного масла) заключается в растекании нерастворимых капель масляной фазы по поверхности пузырьков [2]. Это обусловлено энергетическими соотношениями в данной системе, а именно: поверхностным натяжением каждой из жидкостей на границе с газовой фазой и межфазным натяжением между этими жидкостями. Коэффициент растекания при этом определяется как разность между работой адгезии и работой когезии жидкости – пеногасителя.

Как известно, неустойчивость пен объясняется наличием избыточной свободной поверхностной энергии на границе раздела составляющих её фаз. Самопроизвольно протекающие процессы в пенах, выражающиеся в коалесценции пузырьков, направлены на уменьшение свободной поверхностной энергии на границе жидкость – газ [8, 2]. Разрушение жидких плёнок отдельных ячеек пены вызывается изменением поверхностного натяжения. Наиболее стойкое пенообразование дают

растворы, обладающие низким поверхностным натяжением. С уменьшением поверхностного натяжения раствора его пенообразующая способность увеличивается. С уменьшением поверхностного натяжения затрачивается меньшая работа для получения одинакового объема пены. Введение аполярных реагентов вызывает в большинстве случаев повышение поверхностного натяжения, а следовательно, снижение устойчивости пены, образованной тем или иным пенообразователем [8]. Поэтому уменьшение устойчивости пены, образованной при использовании исследуемой смеси гетерополярного и аполярного реагентов (МДТМ и СМ), по сравнению с устойчивостью пены, образованной растворами одного гетерополярного реагента (МДТМ), очевидно, обусловлено повышением поверхностной энергии на границе жидкость – газ при введении СМ в раствор МДТМ и образовании эмульсии.

Заключение и рекомендации

1. Исследовано образование двухфазных пен и их свойства в системах вода – реагент-собиратель. Изучено влияние добавок аполярного реагента солярового масла к гетерополярному - мылу дистиллированного таллового масла на устойчивость образованных пен.

2. Изучена кинетика разрушения пен, анализ которой показал, что при введении солярового масла в раствор мыла дистиллированного таллового масла максимальный объем образованной пены уменьшается в 3 раза, а время существования пены сокращается в 4 раза (для максимального значения концентрации реагента в области исследованных значений).

3. Установлено, что наиболее благоприятными для флотации свойствами обладают пены, образованные при использовании собирательной смеси при соотношении мыла дистиллированного таллового масла к соляровому маслу, равном 2:1. Именно такого состава собирательная смесь рекомендована автором для использования при флотационном обогащении окисленных железных руд.

4. Показано, что уменьшение устойчивости пены, образованной при совместном использовании гетерополярного и аполярного реагентов, обусловлено повышением поверхностной энергии на границе жидкость – газ.

References:

1. Лившиц А.К., Дуденков С.В. К вопросу о стабильности флотационных пен. Цветные металлы, 1957, №1, с. 14-23.

2. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. М.: Химия, 1983. – 264с.

3. Ребиндер П.А. Физико-химия флотационных процессов. М.: Металлургиздат, 1933. – 230с.

4. Голэн А.М. Флотация. М.: Госгортехиздат, 1959.- с.

5. Емельянов Д.С. Теория и практика флотации угля. М., Л.: Углетехиздат, 1954. – 216с.

6. Патент № 42477А Украина, В 03 Д 1/2. Способ флотации железных руд/ Соколова В.П., Воробьёв Н.К. №2001031638. Заявл. 12.03.2001г. Оpubл. 15.10.2001г. Бюл. №9.

7. Айвазов В.В. практикум по химии поверхностных явлений и адсорбции. М.: Высшая школа, 1973. – 206 с.

8. Глембоцкий В.А., Дмитриева Г.М., Сорокин М.М. Аполярные реагенты и их действия при флотации. М.: Наука, 1968. -144с.