

ЛИТЕРАТУРА

1. Гольман А. М. Ионная флотация. — М.: Недра, 1982.
2. Воронин Н. Н. Объемная характеристика процесса образования пенного продукта при флотации гидрофобных осадков//Изв. вузов. Цветная металлургия. 1988. № 6. С. 9.
3. Скрылев Л. Д., Мокрушин С. Г. К вопросу об извлечении ионов цинка из сточных вод промышленных предприятий//ЖПХ. 1967. Т. 40, № 1. С. 70.
4. Скрылев Л. Д., Сапридов В. В., Смирнова Н. Б. Влияние примесей на процесс флотационного выделения поверхностно-активных веществ//Изв. вузов. Горный журнал. 1976. № 5. С. 154.
5. Воронин Н. Н., Ворончихина Л. А., Черкасов А. Е., Доброхотов Г. Н. Извлечение никеля и кобальта из сульфатных растворов методом флотации гидрофобных осадков//Изв. вузов. Цветная металлургия. 1984. № 1. С. 44.
6. Воронин Н. Н. Роль переносков пенных продуктов при флотации гидрофобных осадков//Изв. вузов. Цветная металлургия. 1989. № 1. С. 2.

Поступила 27.11.1989.

УДК 628.612.765

14-19



=====

ЦУ

Л. Д. СКРЫЛЕВ, В. В. КОСТИК,
М. Г. БЕЛЬДИЙ, С. К. БАБИНЦЕ

Одесский государственный университет. Ка-
федра физической и коллоидной химии

ТОНКОДИСПЕРГИРОВАННЫЙ БУРОУГОЛЬНЫЙ ВОСК КАК ФЛОТАЦИОННЫЙ СОБИРАТЕЛЬ ИОНОВ НИКЕЛЯ

Один из наиболее простых способов повышения экологической эффективности флотационной очистки сточных вод промышленных предприятий от ионов тяжелых металлов заключается в использовании в качестве их собирателей хорошо флотирующихся твердых адсорбентов [1]. К числу таких адсорбентов — собирателей ионов тяжелых металлов, можно отнести, например [2], тонкодиспергированные твердые растворы ПАВ в парафине. Применение тонкодиспергированных твердых растворов ПАВ в парафине в качестве адсорбентов и одновременно флотационных собирателей ионов тяжелых металлов позволяет не только существенно повысить степень очистки сточных вод и заметно сократить время флотации, но и избежать загрязнения очищаемой воды остатками собирателя [3]. Поэтому поиск доступных и дешевых веществ, способных одновременно выполнять функции адсорбента и флотационного собирателя ионов тяжелых металлов, представляет существенный практический интерес.

Ниже изложены результаты опытов, поставленных с целью выяснения возможности использования в качестве флотационного собирателя ионов тяжелых металлов, в частности ионов никеля, тонкодиспергированного буроугольного воска, представляющего собой смесь сложных эфиров (50—52%), карбоновых кислот (35—40%), углеводов (5—7%) и спиртов (2—3%) [4].

Объектами исследования служили растворы сульфата никеля, содержащие 25 мг ($4,1 \cdot 10^{-4}$ моль) никеля в 1 дм³ раствора. Собиратель в раствор сульфата никеля вводили до установления требуемого значения pH раствора в количестве 0,33 г/дм³ в виде 2%-ной водной суспензии, которую получали путем ультразвукового диспергирования (с помощью ультразвукового диспергатора УЗДН-2Т) буроугольного воска в нагретой до 70—85 °С дистиллированной воде и последующего охлаждения образующейся при этом эмульсии воска до комнатной температуры (специальные турбодиметрические исследования [5] показали, что частицы буроугольного воска имеют форму шара и близки по размерам; средний радиус частиц составляет $1,32 \cdot 10^{-5}$ см).

Электрокинетический (ζ) потенциал частиц воска определяли методом микроэлектрофореза [6].

Краевой угол смачивания буроугольного воска измеряли на установке, подробно описанной в работе [7]. Для этого в стеклянную плоскопараллельную кювету наливали дистиллированную воду, помещали в нее 1 г воска и термостатировали кювету при температуре, несколько превышающей температуру плавления воска (85°C), в течение времени, необходимого для плавления воска и образования на поверхности воды его расплавленного слоя. После этого кювету помещали на предметный столик установки, охлаждали до комнатной температуры, осторожно, чтобы не повредить образовавшуюся пластинку воска, выливали из нее дистиллированную воду и наливали исследуемый раствор. Затем под плавающую на поверхности раствора пластинку воска вводили пузырек воздуха и спустя 10 мин (опыты показали, что этого времени достаточно для установления в системе равновесия) приступали к измерению.

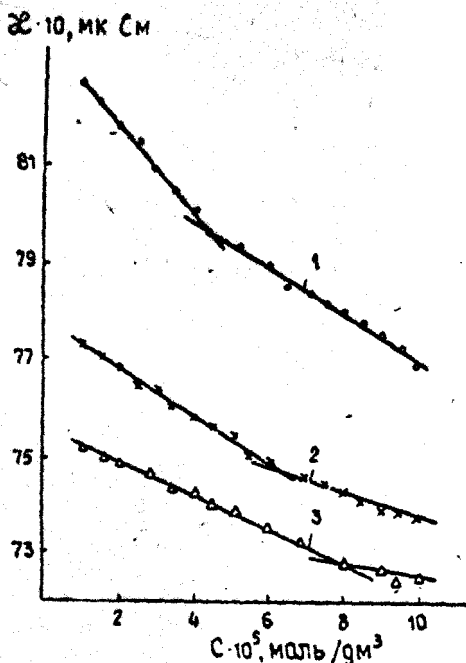


Рис. 1. Кривые кондуктометрического титрования 0,042 (1), 0,084 (2) и 0,126 (3) %-ной суспензии тонкодиспергированного буроугольного воска 0,01 н раствором NiSO_4 .

$4000\text{--}200\text{ см}^{-1}$. Интерпретацию ИК спектров проводили в соответствии с известными корреляциями [8].

Флотационную обработку растворов осуществляли по методике, описанной ранее [9]. Собиратель регенерировали путем обработки пенного продукта (сублата) горячим ($50\text{--}60^{\circ}\text{C}$) 5%-ным раствором серной кислоты. Растворы на содержание в них никеля анализировали колориметрически по стандартной методике [10].

Разделение твердой и жидкой фаз суспензий буроугольного воска центрифугированием проводили на лабораторной центрифуге ЦЛС-3 при скорости вращения ротора центрифуги 50 с^{-1} .

Проведенные исследования показали, что предельная адсорбция ионов никеля воском, рассчитанная по данным кондуктометрического

Адсорбционную емкость частиц воска по отношению к ионам никеля определяли [5] путем кондуктометрического титрования суспензий воска 0,01 н раствором сульфата никеля (рис. 1). Титрование осуществляли в стандартной термостатируемой ячейке с жестко закрепленными платиновыми электродами с помощью автоматического цифрового моста переменного тока типа Р-5010, работающего на частоте 1000 Гц. Суспензии воска, после прибавления сульфата никеля, тщательно перемешивали до установления равновесия, которое характеризовалось постоянным значением электропроводности κ .

ИК спектры собирателя (образцов воска до адсорбции на них ионов никеля) и сублата (продукта взаимодействия собирателя с ионами никеля и продуктами их гидролиза) снимали на спектрофотометре типа Perkin—Elmer-577 в области длин волн

титрования его суспензий при $pH=7,0$ и $20^{\circ}C$ (см. рис. 1), составляет $2,5 \cdot 10^{-5}$ моль/г. С увеличением температуры от 20 до $40^{\circ}C$ она возрастает до $6,2 \cdot 10^{-5}$ моль/г, что обусловлено химическим характером адсорбции ионов никеля воском (собирателем). Об этом свидетельствует наличие в ИК спектрах образцов сублата (табл. 1) полос асиммет-

Таблица 1

Характеристические частоты поглощения буроугольного воска до (а) и после (б) адсорбции на нем ионов никеля, а также веществ сравнения — спиртов, жирных кислот, мыл жирных кислот, эфиров, углеводов

| Объект исследования | Характеристические частоты поглощения | Отнесение |
|-----------------------|---|---|
| Буроугольный воск (а) | 3610 2980, 2840 2640 1750—1735, 1730—1700 1400—1300 1350—1170 940 | ν (OH) ν_s (CH ₂), ν_{as} (CH ₂) ν (OH) ν (CO) ν_s (CO (OH)) δ (CH ₂) δ_{as} (OH) |
| Буроугольный воск (б) | 3610 2980 1750—1735 1600—1550 1480 | ν (OH) ν_s (CH ₂) ν (CO) ν_s (COO) ν (COO) |
| Спирты | 3610 1350—1260 1100 | (OH) δ (OH) ν (CO) |
| Карбоновые кислоты | 2700—2500 1610—1550 1440—1395 1420—1300 1350—1180 950—900 | ν (OH) ν_s (COO) ν (CO) δ (COO) ν_s (CH ₂) ν (OH) |
| Мыл жирных кислот | 1610—1550, 1400—1300 1470 | ν_s , ν_{as} (COO) ν_{as} (CH ₂) |
| Сложные эфиры | 1750—1735 | ν (CO) |
| Углеводороды | 2960, 2870 | ν (CH) |

ричных валентных колебаний карбоксилатных групп, характерных для мыл карбоновых кислот.

Флотация частиц сублата протекает недостаточно эффективно (на 50—60 %-ов) ввиду неспособности частиц сублата к образованию на границе раздела фаз раствор — газ прочных гелеобразных поверхностных пленок, обеспечивающих [11] необходимую для нормального течения процесса флотации устойчивость пены (пенки). Вместе с тем частицы сублата могут быть сравнительно легко отделены от раствора центрифугированием.

Эффективная (до 99,9%-ов) флотация частиц сублата возможна лишь при введении в никельсодержащие растворы небольших (1—7 ммоль/дм³) количеств определенных ПАВ. К числу таких ПАВ можно отнести пенообразователь ОП-7, а также низкомолекулярные спирты, например, этанол или 2-метилбутанол-4 (рис. 2,3), взаимодействие полярных групп которых с поверхностью частиц сублата (за счет образования водородных связей [12]) приводит, при определенных услови-

ях, к гидрофобизации поверхности частиц сублата углеводородными радикалами спирта. Сказанное хорошо иллюстрирует рис. 3, из которого следует, что введение в растворы сульфата никеля спирта не толь-

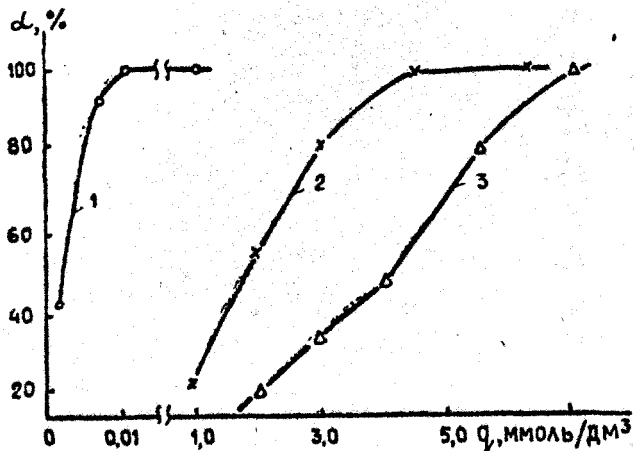


Рис. 2. Влияние добавок (q) пенообразователя ОП-7 (1), 2-метилбутанола-4 (2) и этанола (3) на степень флотационного выделения никеля (α), собранного с помощью тонкодиспергированного буроугольного воска.

ко существенно изменяет смачиваемость (гидрофобность) частиц сублата, но и сообщает им отрицательный электрический заряд, противоположный положительному заряду пузырьков воздуха [13].

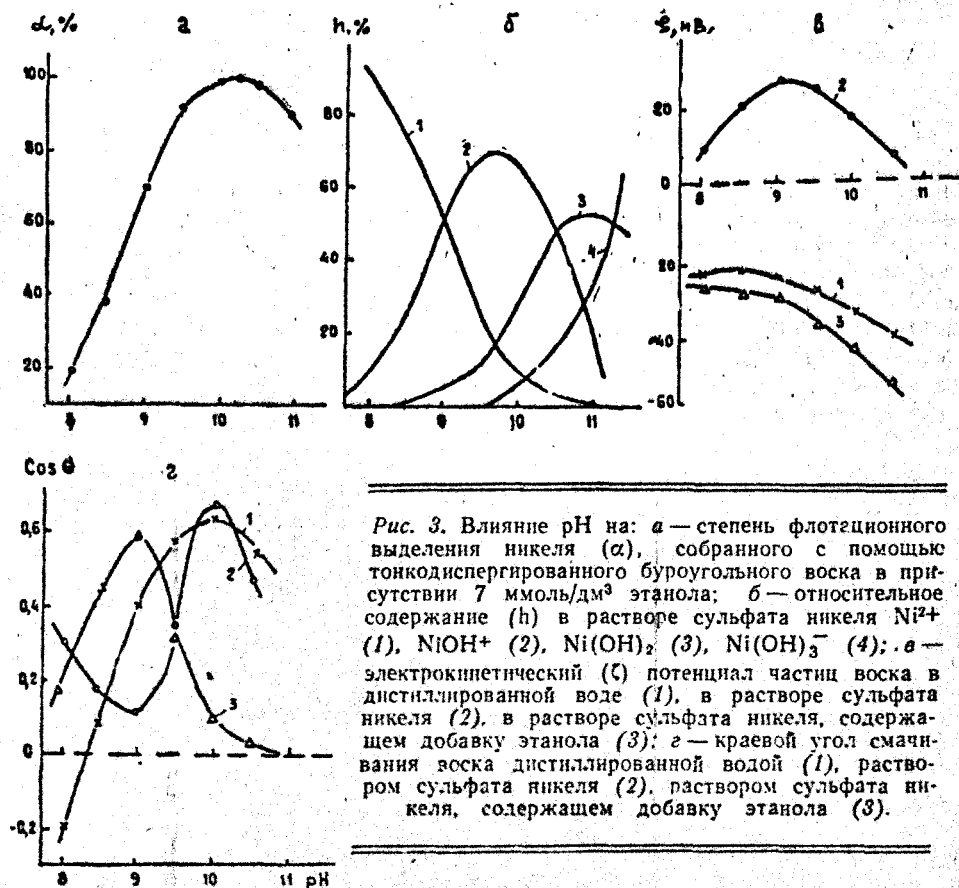


Рис. 3. Влияние pH на: а — степень флотационного выделения никеля (α), собранного с помощью тонкодиспергированного буроугольного воска в присутствии 7 ммоль/дм³ этанола; б — относительное содержание (h) в растворе сульфата никеля Ni²⁺ (1), NiOH⁺ (2), Ni(OH)₂ (3), Ni(OH)₃⁻ (4); в — электрокинетический (ζ) потенциал частиц воска в дистиллированной воде (1), в растворе сульфата никеля (2), в растворе сульфата никеля, содержащем добавку этанола (3); г — краевой угол смачивания воска дистиллированной водой (1), раствором сульфата никеля (2), раствором сульфата никеля, содержащем добавку этанола (3).

Значение pH, оптимальное для флотации частиц сублата (в присутствии небольших количеств пенообразователя ОП-7 и спирта), рав-

няется 10,0—10,5. При этом значении рН сублат наиболее гидрофобен, а никель находится в растворе преимущественно в форме NiOH^+ и $\text{Ni}(\text{OH})_2$ (см. рис. 3).

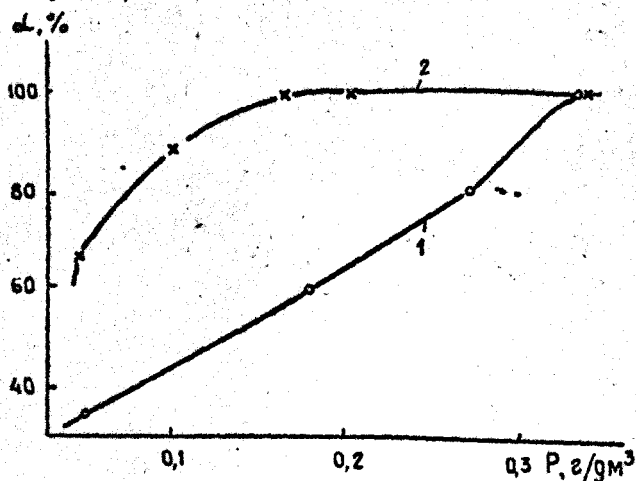


Рис. 4. Влияние расхода собирателя (P) на степень флотационного выделения никеля (α), собранного с помощью тонкодиспергированного бурогоугольного воска в присутствии 7 ммоль/дм³ этанола (1) и 4 ммоль/дм³ 2-метилбутанола-4 (2).

Существенное влияние на флотацию сублата оказывает последовательность проведения предшествующих ей операций — введения в раствор собирателя и корректирования значений его рН до 10,0—10,5. Флотация протекает удовлетворительно только в том случае, если корректирование значения рН раствора проводится после введения в него собирателя. Это наводит на мысль о том, что частицы бурогоугольного воска играют роль не только адсорбентов ионов никеля, но и «центров кристаллизации» гидроксида никеля.

Расход собирателя при оптимальном значении рН раствора не превышает 335 г/м³ (рис. 4).

Регенерация собирателя — бурогоугольного воска, может быть осуществлена путем обработки сублата 5%-ным раствором горячей (50—60°) серной кислоты и последующего ультразвукового диспергирования полученного продукта. После четырех циклов регенерации эффективность действия собирателя снижается немногим более чем на 10%-ов (табл. 2).

Таблица 2

Влияние количества циклов работы собирателя на его способность связывать и отдавать ионы никеля

| № цикла | Количество Ni, связанного 1 г собирателя, г/г · 10² | Количество Ni, отданного 1 г собирателя при его регенерации | |
|---------|---|---|------|
| | | г/г · 10² | % |
| I | 4,6 | 4,1 | 89,1 |
| II | 3,9 | 3,2 | 82,1 |
| III | 3,9 | 3,1 | 79,5 |
| IV | 4,0 | 3,1 | 77,5 |

ЛИТЕРАТУРА

1. Скрылев Л. Д., Костик В. В., Пурич А. Н. Интенсификация процесса флотационного выделения оксоанионов переходных металлов путем введения в систему эмульгированного парафина // Ж. прикл. химии. 1984 Т. 57. № 4. С. 930.
2. Скрылев Л. Д., Костик В. В., Пурич А. Н., Османчико Г. Ф. Флотационное выделение ионов кобальта, собранных с помощью тонкодиспергированных твердых

растворов насыщенных жирных кислот в парафине//Изв. вузов. Цветная металлургия. 1988. № 2. С. 2.

3. *Скрылев Л. Д., Костик В. В., Бабинец С. К., Пурич А. Н.* А.с. № 1293116 (СССР). Опубл. в Б.И. 1987. № 43. С. 2.

4. *Белькевич П. И., Голованов Н. Г.* Воск и его технические аналоги.— М.: Наука и техника, 1980.

5. Практикум по коллоидной химии латексов и поверхностно-активных веществ/ Под ред. Р. Э. Неймана.— М.: 1972.

6. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии/Под ред. Ю. Г. Фролова и А. С. Гродского.— М.: Химия, 1986.

7. *Рабиндар П. А.* Физикохимия флотационных процессов.— М.-Л.— Свердловск: Изд. АН СССР, 1933.

8. *Беллами Л.* Инфракрасные спектры сложных молекул.— М.: ИЛ, 1963.

9. Флотационное концентрирование истинно- и коллоидно-растворенных компонентов растворов с помощью тонкоэмульгированных твердых растворов ПАВ в парафине//Л. Д. Скрылев, В. В. Костик, С. К. Бабинец, А. Н. Пурич//Тез. докл. Всес. конф. «Современные проблемы хим. техн.» Т. 1.— Красноярск, 1986. С. 115.

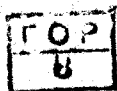
10. *Лурье Ю. Ю., Рыбникова А. Н.* Химический анализ производственных сточных вод.— М.: Химия, 1974.

11. *Ермоленко Н. Е., Плесина Г. Н.* Ламинарная коагуляция коллоидной гидрокиси железа//Коллоидн. ж. 1939. Т. 5. № 3. С. 193.

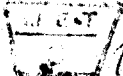
12. *Чижевский В. Б.* Влияние спиртов на гидратированность поверхности частиц и их флотацию//Изв. вузов. Цветная металлургия. 1987. № 6. С. 15.

13. *Скрылев Л. Д., Мокрушин С. Г.* Извлечение коллоидно-растворенных смешанных ферроцианидов тяжелых металлов из их гидрозолей при помощи желатиновой пены//Коллоидн. ж. 1960. Т. 22. № 3. С. 344.

УДК 622.778.002.5



Handwritten signature



Поступила 16.04.1990.

В. Н. ГУБАРЕВИЧ, С. В. ВИДСОТА

Государственный проектно-конструкторский институт «Гипромашуглеобогащение»

К РАСЧЕТУ ЭФФЕКТИВНОЙ ПЛОТНОСТИ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ ФГС-СЕПАРАТОРА

В настоящее время работами ряда авторов [1,2] накоплен определенный положительный опыт аналитического решения задачи о вычислении эффективной плотности ФМЖ в межполюсном зазоре ФГС-сепараторов. Однако полученные результаты слишком теоретизированны и трудноприложимы к реальным инженерным расчетам. Задача о вычислении эффективной плотности $\rho_{\text{эф}}$ сводится к нахождению функции намагниченности ФМЖ в зависимости от величины поля $I = I(\vec{H})$ и к определению \vec{H} , как функции координат в межполюсном зазоре, т.е. $\vec{H} = \vec{H}(x, y)$. Ниже предпринята попытка представить расчет намагниченности магнитной жидкости в предельно простой форме. Решение этой задачи фактически означало бы построение половины интересующей нас модели, другую ее половину составят расчеты топографии магнитного поля в межполюсных зазорах сепараторов.

Известно, что ферромагнитные жидкости представляют из себя парамагнитные коллоиды, к которым может быть применена теория Ланжевена. В работе [3] приведена формула для вычисления намагниченности I , которая, как сказано, удовлетворительно согласуется с экспериментом. Однако практическое ее значение невелико, из-за чрезвычайной сложности.

На наш взгляд нет необходимости перегружать формулу учетом деталей микроструктуры коллоида. Вполне достаточно задать характерный размер d частиц твердой фазы и среднюю величину их магнитного момента m . Первый параметр (для используемых ФМЖ) оценивается в 100 А, второй — находится из соотношения $m = \mu_s \cdot V$, где μ_s — намагниченность насыщения материала частицы, V — ее объем.