

Приведенные в табл. 5 результаты показывают возможность получения из промпродукта ДОФ-5 аглоруды и свидетельствуют о высокой селективности процесса магнитной сепарации во

взвешенном состоянии. Так, увеличение выхода аглоруды с 37,9 до 60,4% вызывает снижение массовой доли в ней железа всего лишь на 1,2%.

УДК 622.765.06

Н.В. Гмызина, В.А. Гмызин

ИССЛЕДОВАНИЕ ФЛОТИРУЕМОСТИ УГЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ В КАЧЕСТВЕ РЕАГЕНТОВ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И ПРОДУКТОВ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Анализ литературных источников по изучению влиянию реагентов вспенивателей на флотирруемость углей позволил установить:

- флотирруемость углей во многом определяется характером полярной функциональной группы [1];
- наиболее высокая флотирруемость углей достигается в случае использования в качестве реагентов-вспенивателей алифатических спиртов [2, 3];
- при использовании смеси химических соединений с различными функциональными группами проявляется суммарный эффект флотационной активности, приводящий к улучшению флотирруемости углей по сравнению с использованием индивидуальных химических соединений [4].

В связи с этим нами были проведены исследования по изысканию эффективных сочетаний поверхностно-активных веществ (ПАВ) при флотации каменных углей.

В данной работе исследование флотирруемости углей Печорского бассейна проводили с использованием в качестве вспенивателей следующих органических соединений: энантового альдегида, этилового эфира валерьяновой кислоты, 2-бутил-1,3-диоксана, ацеталь ($C_6H_{14}O_2$) и гексилового спирта, а в качестве собирателей – изопропилбензола и нонана. Установлено, что при постоянном расходе собирателя (2,0 кг/т) и вспенивателя (0,16 кг/т) лучшие показатели флотации были достигнуты при использовании в качестве вспенивателя гексилового спирта независимо от используемого реагента-собирателя. Так, например, при совместном действии гексилового спирта (1-гексанола) с изопропилбензолом выход концентрата составил 92,2%, что на 2,2–15,0% выше, чем при использовании других ПАВ (рис. 1). Исследования действия 1-гексакола совместно с нонаном подтвердили установленные закономерности: выход концентрата составил

92,3%, что на 14,9–29,6% выше, чем у остальных вспенивателей (рис. 2).

Результаты исследования показали, что функциональная группа ПАВ имеет очень важное значение при флотации угля. Ранее выполненными исследованиями установлено, что по активности химические соединения с полярными группами располагаются следующим образом: $OH > COOH > CO > NH_2 > SO_3$ [5]. Данные наших исследований подтверждают этот порядок.

По флотационной активности исследуемые нами реагенты-вспениватели можно расположить в таком порядке: алифатические спирты > циклическая ацеталь (1,3-диоксан) > алифатический кетон > алифатический альдегид > алифатический эфир (см. рис. 1, 2).

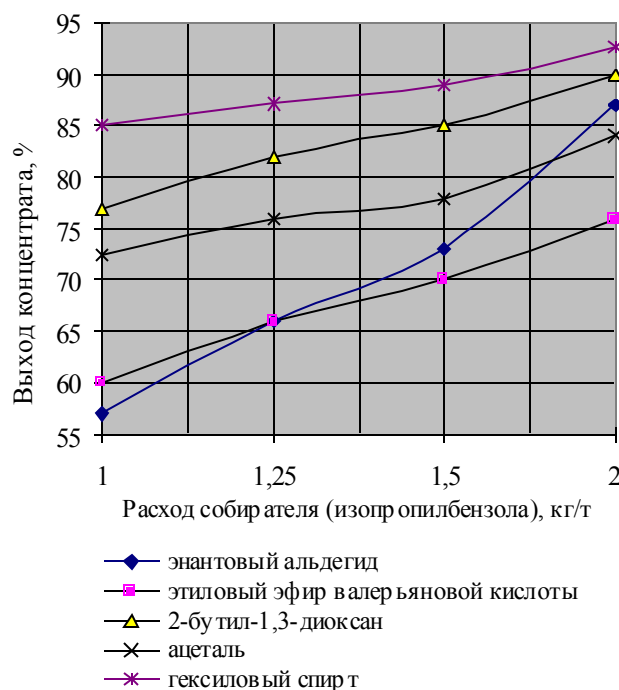


Рис. 1. Влияние функциональной группы ПАВ на выход концентрата

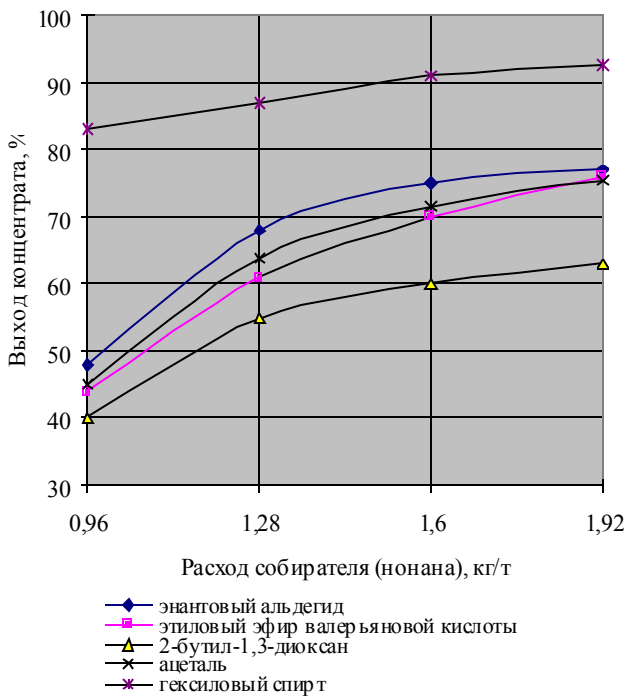


Рис. 2. Зависимость функциональной группы ПАВ от расхода собирателя

Повышение флотуемости углей с использованием в качестве реагента-вспенивателя гексильевого спирта может объясняться его повышенной пенообразующей способностью. Так, например, высота двухфазной пены для 1-гексанола изменяется от 70 до 160 мм при различной концентрации реагента в воде. Это на 40–100 мм превышает результаты остальных исследуемых нами вспенивателей (рис. 3).

Исследование флотуемости углей ЦОФ «Северсталь» проводили с использованием в качестве вспенивателей следующих химических соединений: ацеталь, гексильевый спирт, а также их смесь в соотношении 50:50. В качестве собирателя использовался нонан. Установлено, что

при постоянном расходе собирателя (2,4 кг/т) и вспенивателя (0,06 кг/т) лучше показатели флотации были достигнуты при использовании в качестве вспенивателя смеси гексильевого спирта с ацеталью (50:50). Так, выход концентрата при использовании в качестве реагента-вспенивателя смеси ПАВ составил 59,0%, что на 1% выше, чем при использовании высокоэффективного вспенивателя гексильевого спирта и на 26,6% в случае использования ацетали (табл. 1).

Изучение влияния расхода собирателя на эффективность действия реагентов-вспенивателей также подтвердило вышеуказанные закономерности. Самая низкая флотуемость угля наблюдается при использовании ацетали, а наиболее высокие показатели получены при использовании в качестве реагента-вспенивателя смеси гексильевого спирта с ацеталью (см. рис. 1).

Повышение флотуемости углей с использованием в качестве реагента-вспенивателя смеси гексильевого спирта и ацетали (50:50) может объясняться повышенной пенообразующей способностью смеси по сравнению с индивидуальными химическими соединениями.

Изучение влияния концентрации чистых химических соединений на изменение высоты 2-фазной пены позволило установить:

- наименьшей вспенивающей способностью обладает ацеталь. Высота 2-фазной пены при изменении концентрации реагента в воде от 20 до 60 мг/л составляет 60–105 мм соответственно;
- применение гексильевого спирта позволяет при той же концентрации реагента в воде повысить высоту 2-фазной пены до 70–160 мм;
- наибольшую вспенивающую способность проявляет смесь гексильевого спирта с ацеталью (50:50) (см. рис. 3).

Таблица 1

Результаты флотации чистых химических соединений*

| Реагентный режим | | | | | Показатели флотации | | | |
|------------------|--|--------------|---------------|-------|---------------------|-----------------------|--------------------------|--|
| Собира-тель | Вспениватель | Расход, кг/т | | | Продукты | Выход кон-центрата, % | Зольность концентрата, % | Извлечение горючей массы в концентрат, % |
| | | Собира-тель | Вспени-ватель | Общий | | | | |
| Нонан | Ацеталь | 2,444 | 0,06 | 2,504 | Концентрат | 32,4 | 5,0 | 36,3 |
| | | | | | Отходы | 67,6 | 19,9 | |
| | Гексильевый спирт | | 0,06 | 2,504 | Концентрат | 58,0 | 5,2 | 64,7 |
| | | | | | Отходы | 42,0 | 28,8 | |
| | Смесь: ацеталь + гексильевый спирт (50:50) | | 0,06 | 2,504 | Концентрат | 59,0 | 5,3 | 65,8 |
| | | | | | Отходы | 41,0 | 29,2 | |

* Исходная зольность – 15,1%.

Повышенная пенообразующая способность смеси химических соединений объясняется строением их молекул и наличием в молекуле кислорода с различной электронной плотностью. Заряд на атоме кислорода в молекуле спирта составляет 0,4585, а в ацетали – 0,2500; изменение заряда на кислородных атомах молекулы приводит к изменению их дипольного момента к поверхностной активности. Дипольный момент гексилового спирта составляет 2,56 Д, а дипольный момент ацетали 1,08 Д. Повышение дипольного момента к заряду на атомах кислорода в молекулах гексилового спирта к ацетали значительно влияет на их поверхностную активность.

Исследование поверхностного натяжения водных растворов гексилового спирта к ацетали позволило установить, что при одинаковой концентрации реагентов в воде поверхностное натяжения в случае использования гексилового спирта намного ниже по сравнению с ацеталью (табл. 2).

В случае использования смеси гексилового спирта с ацеталью (50:50) происходит более заметное снижение поверхностного натяжения смеси по сравнению с наиболее полярным гексиловым спиртом (см. табл. 2). Таким образом, при использовании сочетания гексилового спирта с ацеталью нами обнаружен суммарный эффект их флотационной активности, который подтвержден кинетикой флотации угля.

Применение в качестве реагента-вспенивателя смеси гексилового спирта с ацеталью позволяет повысить скорость флотации при одновременном увеличении выхода концентрата на 5,8% по сравнению с гексиловым спиртом и на 32,4% по сравнению с использованием ацетали. Подобные закономерности по изменению флотационной активности смесей чистых химических соединений при флотации минерального сырья

Таблица 2

Исследование поверхностного натяжения чистых органических соединений

| Вспениватель | Концентрация реагентов в воде, мг/л | Поверхностное натяжение, Дж/м ² · 10 ³ |
|--|-------------------------------------|--|
| Ацеталь | 2225 | 63,0 |
| | 3560 | 59,2 |
| | 4450 | 50,4 |
| Гексиловый спирт | 2225 | 59,2 |
| | 3560 | 56,2 |
| | 4450 | 47,9 |
| Смесь гексилового спирта и ацетали (50:50) | 2225 | 57,9 |
| | 3560 | 54,7 |
| | 4450 | 42,8 |
| Дистиллированная вода | | 73,05 |

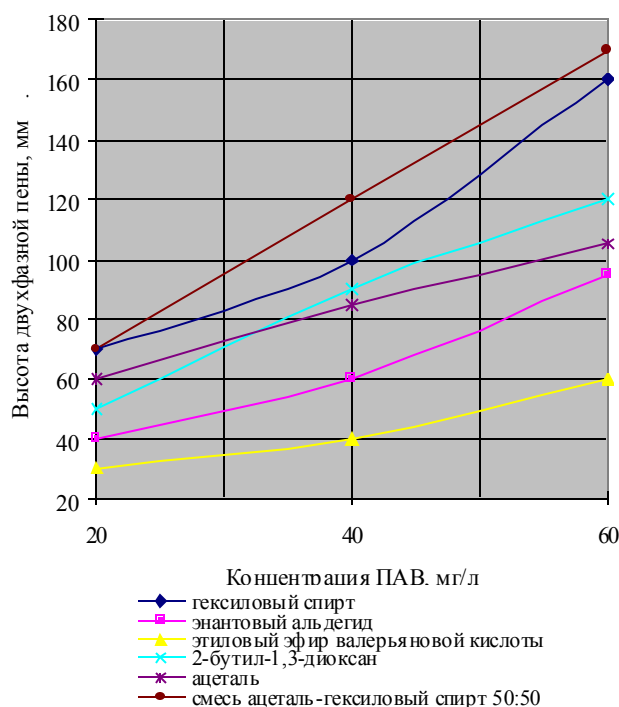


Рис. 3. Вспенивающая способность органических соединений

установлены в работе [3].

Проводились исследования эмульгирующей способности ПАВ (чистых) и их смеси. В общем случае стабилизирующая способность ПАВ зависит от геометрии молекулы и ее расположения на поверхности раздела фаз, энергетики поверхностного слоя, количества и концентрации ПАВ на поверхности. Согласно современным взглядам, разрушение эмульсии может происходить по двум причинам: коалесценции и молекулярной перегонки маленьких капелек в большие. Разрушаются эмульсии и пены благодаря тому, что разделяющая фазы пленка стремится приобрести меньшую свободную энергию за счет сокращения поверхности. Препятствуют коалесценции силы, удерживающие молекулы ПАВ на поверхности раздела фаз (работа адсорбции), так как при коалесценции происходит десорбция ПАВ.

Нами установлено, что оптическая плотность водной эмульсии, характеризующая дисперсность капелек реагента-собираателя (нонана) со вспенивателями: ацетали, гексилового спирта к их смеси (50:50) в воде, выше у смеси, по сравнению с индивидуальным применением ПАВ с собирателем, что оказывает существенное влияние на эффективность флотации.

В ходе исследований флотуемости углей с использованием в качестве вспенивателей чистых органических соединений выявили высокую эффективность действия спиртов, что дало возможность перейти к техническим продуктам

Исследование вспенивающей и гидрофобизационной способности технических продуктов

| Вспениватель | Концентрация ПАВ, мг/л | | Высота 2-фазной пены, Н, мм (1) | Выход концентрата в монопузырьковом аппарате, % (2) |
|--|------------------------|-----|---------------------------------|---|
| | (1) | (2) | | |
| КОБС | 25 | 10 | 125 | 5,6 |
| | 50 | 30 | 180 | 11,5 |
| | 75 | 50 | 210 | 27,7 |
| Т-80 | 25 | 10 | 30 | 8,3 |
| | 50 | 30 | 80 | 11,0 |
| | 75 | 50 | 135 | 11,9 |
| Смесь КОБС: тяжелая фракция КОБС (50:50) | 25 | 10 | 130 | 7,0 |
| | 50 | 30 | 190 | 23,9 |
| | 75 | 50 | 220 | 30,1 |

нефтехимии, содержащим в групповом химическом составе в преобладающем количестве спирты и алкилпроизводные 1,3-диоксана [6].

Реагенты-вспениватели нефтехимического производства исследовались при совместном действии с собирателями – тракторным керосином и Нефрасом Ар-120/200. Установлено, что при расходе тракторного керосина 0,45 кг/т замена реагента-вспенивателя Т-80 на КОБС (кубовые остатки от производства бутилового спирта) позволяет увеличить выход концентрата с 57,6 до 71,4%. Использование реагентов-вспенивателей ВПП и КЭТГОЛ [7–8] вместо Т-80 при расходе 0,04 кг/т (постоянном для всех ПАВ) также увеличивает выход концентрата соответственно на 3,2 и 10,2%.

Исследование флотации угля при совместном действии технических продуктов с Нефрас – Ар-120/200 позволило получить аналогичные результаты. Так, например, при расходе собирателя 0,6 кг/т и при использовании в качестве вспенивателя КОБС достигается наибольший выход концентрата 86,6%, что на 2,0–11,0% выше, чем при использовании остальных ПАВ.

Таким образом, исследуемые нами реагенты-вспениватели по эффективности действия располагаются в следующем порядке: КОБС > КЭТГОЛ > ВПП > Т-80 (табл. 3).

Высокая эффективность действия КОБС объясняется его повышенными гидрофобизационной и вспенивающей способностями по сравнению с другими техническими продуктами.

Так, например, высота 2-фазной пены при использовании КОБС изменяется со 125 до 210 мм против 30–135 мм у Т-80. Выход концентрата в монопузырьковом аппарате для КОБС изменяется с 5,6 до 27,7%, а для Т-80 – с 8,3 до 11,9% при различной концентрации реагентов в воде.

Кроме того, повышение флотационной активности КОБС объясняется его значительной дисперсностью эмульсии. Так, например, при

изменении расхода собирателя (тракторного керосина) с 0,16 до 0,48 кг/т оптическая плотность КОБС после стабилизации эмульсии увеличивается с 0,21 до 0,43, а Т-80 – с 0,17 до 0,36.

Однако групповой химический состав реагентов-собирателей также оказывает влияние на флотацию угля. Так, например, использование Нефрас Ар-120/200 вместо тракторного керосина (при расходе 0,40 кг/т) позволило установить, что выход концентрата увеличивается независимо от применения реагента-вспенивателя. В результате исследования в качестве вспенивателя Т-80 получили повышение выхода концентрата с 52,0 до 55,0%, ВПП – с 53,6 до 65,0%, КЭТГОЛ – с 60,9 до 63,8%, КОБС – с 66,1 до 70,0%.

Это объясняется тем, что Нефрас Ар-120/200 по сравнению с тракторным керосином имеет в своем составе больше ароматических углеводородов, что, в свою очередь, влияет на величину адсорбции реагентов, а также на дисперсность эмульсии собирателей в воде и соответственно на флотоактивность аполярного реагента.

Библиографический список

1. Власова Н.С., Классен В.И., Плаксин И.Н. Исследование действия реагентов при флотации каменных углей. М.: Изд-во АН СССР, 1961.
2. Жовтук Г.В. и др. Теория и практика флотации углей в СССР // Кокс и химия. 1980. № 7. С. 12–15.
3. Тюрникова В.И., Наумова М.Е. Повышение эффективности флотации. М.: Недра, 1980. С. 224.
4. Арсентьев В.А., Горловский С.И., Устинов И.Д. Комплексное действие флотационных реагентов. М.: Недра, 1992. 160 с.
5. Петухов В.Н. Флотационная активность химических соединений различного состава и строения при флотации угля // Кокс и химия. 1982. № 7. С. 18–21.
6. Гмызин В.А., Петухов В.Н., Сысоева Т.И. Интенсификация процесса флотации углей за счет использования смеси отходов нефтехимии в качестве реагентов-вспенивателей // Проблемы развития металлургии Урала на рубеже XXI века: Сб. науч. тр. [по мат. межгосуд. науч.-техн. конф. 14–17 мая]. Т. 3. Магнитогорск, 1996. С. 132–139.
7. Дебердеев И.Х., Пиккат-Ордынский Г.А., Рудановская Л.А. О применении новых эффективных реагентов во флотации // Уголь. 1988. № 11. С. 49–50.
8. Шубов Л.Я., Иванов С.И., Щеглова Н.К. Флотационные реагенты в процессах обогащения минерального сырья: Справочник: В 2 кн. М.: Недра, 1990. Кн. 2. 263 с.