

**А.И. ЕГУРНОВ**, канд. техн. наук  
(Україна, Дніпропетровськ, ТОВ "АНА-ТЕМС"),

**С.Д. БОРУК**, канд. хім. наук  
(Україна, Чернівці, Чернівецький національний університет)

## **ВПЛИВ ПРИРОДИ ДИСПЕРСІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ПРОЦЕСІВ МІЖЧАСТИНКОВОЇ ВЗАЄМОДІЇ В ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМАХ, ЩО МІСТЯТЬ ЧАСТИНКИ РІЗНОЇ ПРИРОДИ**

Ситуація, що склалася в енергетичній сфері країни, вимагає швидкого та раціонального переведення економіки на власні, дешеві та доступні енергоресурси, у тому числі ширше використовувати вторинні та некондиційні ресурси. Україна має у своєму розпорядженні значні запаси низькокалорійного вугілля, широке й ефективне застосування якого дозволить значно розширити енергетичну базу країни. Сировинна база твердого низькокалорійного палива також постійно розширюється за рахунок відходів вуглезбагачення. Тільки на території Донецької області у териконах накопичено близько 3 млрд тонн твердих відходів із вмістом паливної складової 10-40%, 120 млн тонн – у вигляді шламів у гідровідстійниках. Такі відходи здатні до самозаймання та містять екологічно небезпечні речовини. Частина таких шламів за своїми характеристиками, може бути використана як паливо. Існує тенденція їх прямого спалювання, проте ряд показників цього процесу (теплотворна здатність, питомі викиди токсичних речовин на одиницю енергії, ступінь вигорання паливної складової) зумовлює його недоцільність [1-3].

Технологія переробки нафти передбачає накопичення та зберігання напівзріджених нафтових шламів в амбарах. Система зберігання відходів нафтопереробки не забезпечує надійного захисту ґрунтів та ґрунтових вод від проникнення у них токсичних речовин, тобто такі котловани – постійно діючі джерела забруднення навколишнього середовища. Це призводить до погіршення екологічної ситуації у місцях розташування нафтопереробних заводів, у першу чергу в районах із дренажними ґрунтами або з високим рівнем ґрунтових вод.

Перспективним напрямом застосування вторинних енергоносіїв як палива, з нашої точки зору, є створення на їх основі рідкого, усередненого за складом палива, придатного за своїми характеристиками для безпосереднього спалювання у котлоагрегатах. Це вугільні суспензії – суміші подрібненого вугілля та розріджених уведенням рідких продуктів піролізу полімерних відходів нафтошламів. Як паливо висококонцентровані вугільні суспензії успішно застосовуються за кордоном (США, Італія, Китай, Росія і ін.) із метою зменшення викидів в атмосферу монооксиду вуглецю, оксидів азоту та сірки, твердих аерозольних частинок, які утворюються при спалюванні вугілля. Як показали дослідження американських учених, під час спалювання вугілля у вигляді суспензій викиди оксидів азоту, сірки та чадного газу скорочуються на 30%, у порівнянні зі спалюванням вугілля у вигляді пилу, що дозволяє прогнозувати аналогічне зменшення ви-

## **Загальні питання технології збагачення**

кидів забруднюючих речовин за спалювання вугільних шламів. Крім того, під час спалювання вугілля у вигляді суспензії значно збільшується ступінь вигорання паливної складової (недогар менше 0,5%). У рідке паливо вводяться мінеральні складові для хімічного зв'язування шкідливих речовин [4-7].

Для розробки обґрунтованих, наукових засад розробки складу композиційного суспензійного вуглецевого палива необхідно дослідити процеси структурювання дисперсних систем на основі дисперсійних середовищ різної природи. Потенційні складові нового палива містять воду, полярні та неполярні органічні речовини. Це зумовлює актуальність проведених нами досліджень.

На практиці в якості речовин-пластифікаторів, які використовуються при створенні водовугільних систем широко використовуються лігносульфонат натрію (ЛСТNa) – сіль лігносульфенової кислоти самостійно, і спільно з лугом (далі добавка ЛСУ).

Луг застосовується для підвищення розчинності лігносульфонату, а також для інтенсифікації процесів вимивання з частинок вугільної складової гумінових речовин, які також здатні приймати участь у процесах структурювання у суспензіях. Разом з тим, при переході до органічних дисперсійних середовищ, у першу чергу не полярних, введення лугу не буде призводити до підвищення розчинності добавки.

Тому метою нашої роботи було порівняти ефективність дії запропонованих добавок (ЛСТNa та ЛСУ) у воді, етанолі та толуолі.

Як об'єкт дослідження використовували вугілля марки "Г", шахти "Межириченська, Львівська область (вихідна вологість 3,5 %, зольність 19,5 %, вміст сульфуру 4,2 %). Типовою мінеральною домішкою є аргіліт.

Попередньо вугілля та аргіліт подрібнювали на кульовому млині, розділяли за допомогою сит, та визначали їх гранулометричний склад шляхом проведення седиментаційного аналізу. Результати аналізу наведені на рис 1.

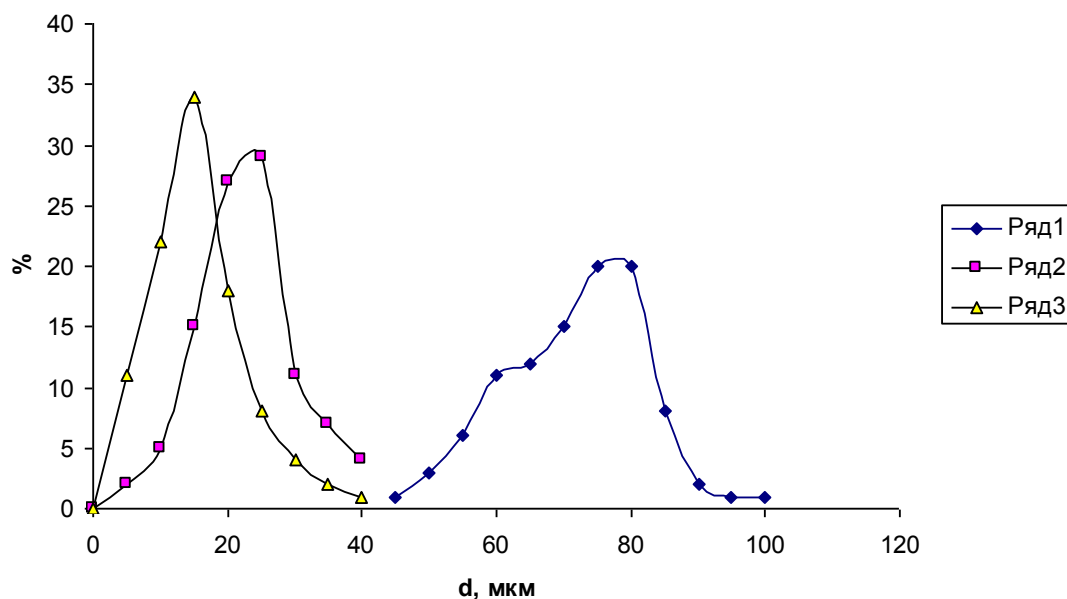


Рис. 1. Гранулометричний склад дисперсій:  
1 – крупна фракція вугілля (КВ); 2 – дрібна фракція вугілля (ДВ); 3 – аргіліт

## Загальні питання технології збагачення

Метою нашого дослідження було встановлення інтенсивності міжчастинної взаємодії у системах крупна фракція вугілля – дрібна фракція вугілля; крупна фракція вугілля – аргіліт; дрібна фракція вугілля – аргіліт у воді, толуолі, а також ступінь впливу на процеси взаємодії речовин-пластифікаторів.

В якості критерію зміни інтенсивності міжчастинних взаємодій у суспензіях використовували ефективний коефіцієнт налипання ( $K_{ef.}$ ), який визначається як тангенс кута нахилу залежності зміни концентрації мілкої фракції від концентрації великої:

$$K_{ef.} = \delta C / M_0,$$

де  $\delta C$  – зміна концентрації мілкої фази;  $M_0$  – концентрація великої фракції.

Для встановлення впливу даних добавок на властивості водовугільних суспензій проводилися дослідження взаємодії частинок у наступних системах: велика фракція вугілля – дрібна фракція вугілля; велика фракція вугілля – аргіліт; дрібна фракція вугілля – аргіліт.

Проведені нами дослідження показали, що у разі застосування диспергатора ЛСТНа відбувається зниження інтенсивності міжчастинних взаємодій у всіх досліджуваних системах (рис. 2, кр.1). Наявність у системі молекул добавок, які мають просторову будову, призводить до зниження кількості ефективних зіткнень між частинками, які призводять до утворення їх агрегатів, ймовірно, за рахунок створення певних просторових ускладнень і зміни структури дисперсійного середовища. При досягненні певної концентрації добавок інтенсивність процесів руйнування частинок дисперсної фази значно перевищує процеси агрегації (значення  $K_{ef.}$  стають негативними). Відомо, що значне збільшення вмісту дрібних частинок призводить до зростання в'язкості дисперсної системи, що не бажано, тому підвищувати концентрацію пластифікатора більше певної критичної не доцільно. Враховуючи, що молекули ЛСТНа здатні стабілізувати суспензії, більш доцільним є застосування в якості добавки ЛСТНа.

В області низьких концентрацій ЛСУ також спостерігається зниження інтенсивності міжчастинної взаємодії у всіх системах (рис. 2, кр.2). При збільшенні концентрації добавки характер її дії на різні системи змінюється. Збільшується інтенсивність взаємодії частинок в однорідній системі велика фракція вугілля – дрібна фракція вугілля (рис. 2, кр.2), у той час як у системах велика фракція вугілля – аргіліт (рис. 2, кр.2) і дрібна фракція вугілля – аргіліт (рис. 2, кр.2) енергія взаємодії частинок знижується. Можна припустити, що у результаті такої дії добавки у ВВС реалізується структура, при якій агрегати вугільних частинок будуть розділятися частинками мінеральної складової. Така структура повинна мати значну стійкість і низьку в'язкість, що і необхідно досягти.

Тобто показано, що у лужному середовищі відбувається диспергація частинок вугільної складової дисперсної фази водовугільних суспензій за рахунок вимивання з них гумінових речовин. Встановлено, що утворення стійких зв'язків у таких системах найбільш ймовірно між співрозмірними частинками різної природи (глиниста складова – вугільна складова). Саме взаємодія між

## Загальні питання технології збагачення

даними частинками визначає основні властивості водовугільних систем. Показано, що при певному співвідношенні лігносульфонату та лугу відбувається стабілізація досліджуваних систем. Даний ефект може мати практичне застосування при створенні ВВВС.

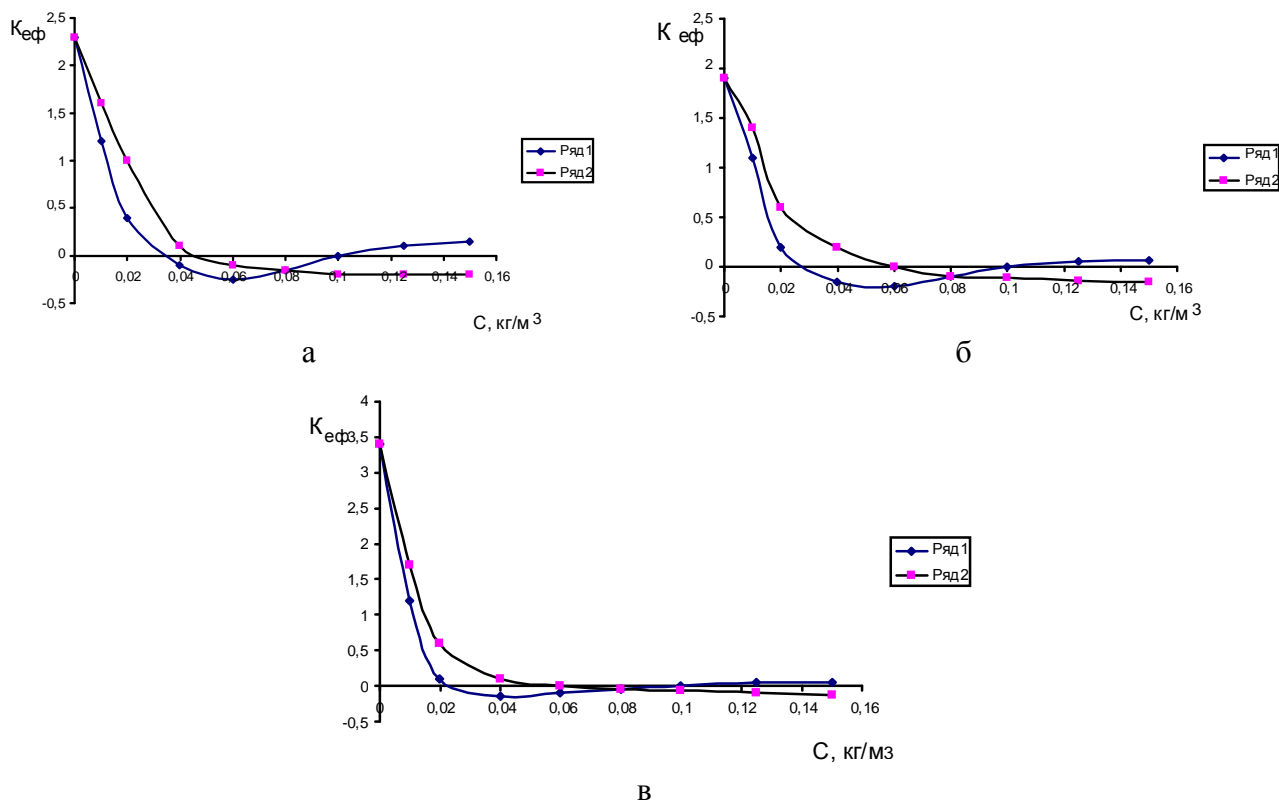


Рис. 2. Залежність інтенсивності взаємодії частинок у системі:  
а – вугільна складова (велика фракція) – вугільна складова (дрібна фракція);  
б – вугільна складова (велика фракція) – мінеральна складова (аргіліт);  
в – вугільна складова (дрібна фракція) – мінеральна складова (аргіліт) від концентрації:  
1 – ЛСУ; 2 – ЛСТNa у водному середовищі

Як показали проведені дослідження при переході від води (рис. 3, 4) до органічних середовищ (етанол, толуол) у всіх випадках відбувається зниження інтенсивності міжчастинних взаємодій у всіх досліджуваних системах. З нашої точки зору, це викликано більшою спорідненістю поверхневих шарів частинок вугілля й органічних середовищ. Гідрофобна поверхня частинок вугільної складової у воді не сприяє утворенню суцільної сольватної оболонки, що підвищує імовірність ефективного зіткнення частинок дисперсної фази з утворенням седиментаційно нестійких агрегатів частинок. Це підтверджується зростанням значень седиментаційної стійкості дисперсних систем при переході до органічних дисперсійних середовищ. Седиментаційна стійкість більше зростає у дисперсних системах, отриманих на основі толуолу, що підтверджує попередню інформацію про більшу спорідненість поверхневих шарів вугільних частинок та неполярних розчинників. Тобто у системі утворюється стійка структура, елементи якої надійно фіксуються на відстанях, яка запобігає їх взаємодії та наступ-

ної агрегації. Відстань між частинками підтримується за рахунок сольватних оболонки, які утворюються на їх поверхні, міжчастинна взаємодія, головним чином, зумовлена дією молекулярної складової розклинюючого тиску. У таких системах більш дрібнодисперсні частинки мінеральної складової (аргіліт), які мають гідрофільну поверхню, імовірно за все фіксуються у структурних порожнинах не приймаючи безпосередньої участі в її формуванні. Разом з тим їх наявність підвищує стійкість самої системи за рахунок досягнення більш щільного пакування частинок. Можна припустити, що у результаті такої дії добавки, у дисперсній системі реалізується структура, при якій агрегати вугільних частинок будуть розділятися частинками мінеральної складової. Така структура повинна мати значну стійкість і низьку в'язкість, що і необхідно досягти.

З наведених даних видно, що утворення стійких зв'язків у таких дисперсних системах найбільш ймовірно між співрозмірними частинками різної природи (глиниста складова – вугільна складова). Саме взаємодія між даними частинками визначає основні властивості водовугільних систем.

Встановлено, що введення у систему добавок ЛСТНа ЛСУ, молекули яких мають просторову будову, призводить до зниження кількості ефективних зіткнень між частинками (рис. 3, 4), які призводять до утворення їх агрегатів, ймовірно, за рахунок створення певних просторових ускладнень і зміни структури дисперсійного середовища. Причому, як видно з наведених даних ЛСУ більш ефективно діє у водних розчинах. Імовірно це пов'язано із ефективною диспергуючою дією додатково введеного луку. Інтенсифікація процесів вимивання гумінових речовин із частинок вугільної складової призводить до зниження їх механічної міцності та призводить до їх руйнування.

В свою чергу ЛСТНа є більш ефективним у дисперсних системах на основі органічних середовищ, у першу чергу у толуолі. Це підтверджує висунуте припущення про зменшення ролі електростатичної взаємодії у системах на основі неполярних дисперсійних середовищ.

Крім того стабілізуюча дія добавок зумовлена утворенням на поверхні частинок адсорбційного шару, який утворює додаткові просторові ускладнення для агрегації частинок. В даному випадку частинки мінеральної складової після утворення на них адсорбційного шару приймають участь у формуванні структури, підвищуючи її стійкість.

Таким чином, показано, що при переході до органічних дисперсійних середовищ процеси структуроутворення визначаються, головним чином молекулярною складовою розклинюючого тиску. Встановлено, що утворення стійких зв'язків у таких системах найбільш ймовірно між співрозмірними частинками різної природи (глиниста складова – вугільна складова). Саме взаємодія між даними частинками визначає основні властивості вугільних систем. Седиментаційна стійкість вугільних систем на основі етанолу та толуолу значно зростає, порівняно з системами на основі води за рахунок утворення у системі стійкої просторової структури.

## Загальні питання технології збагачення

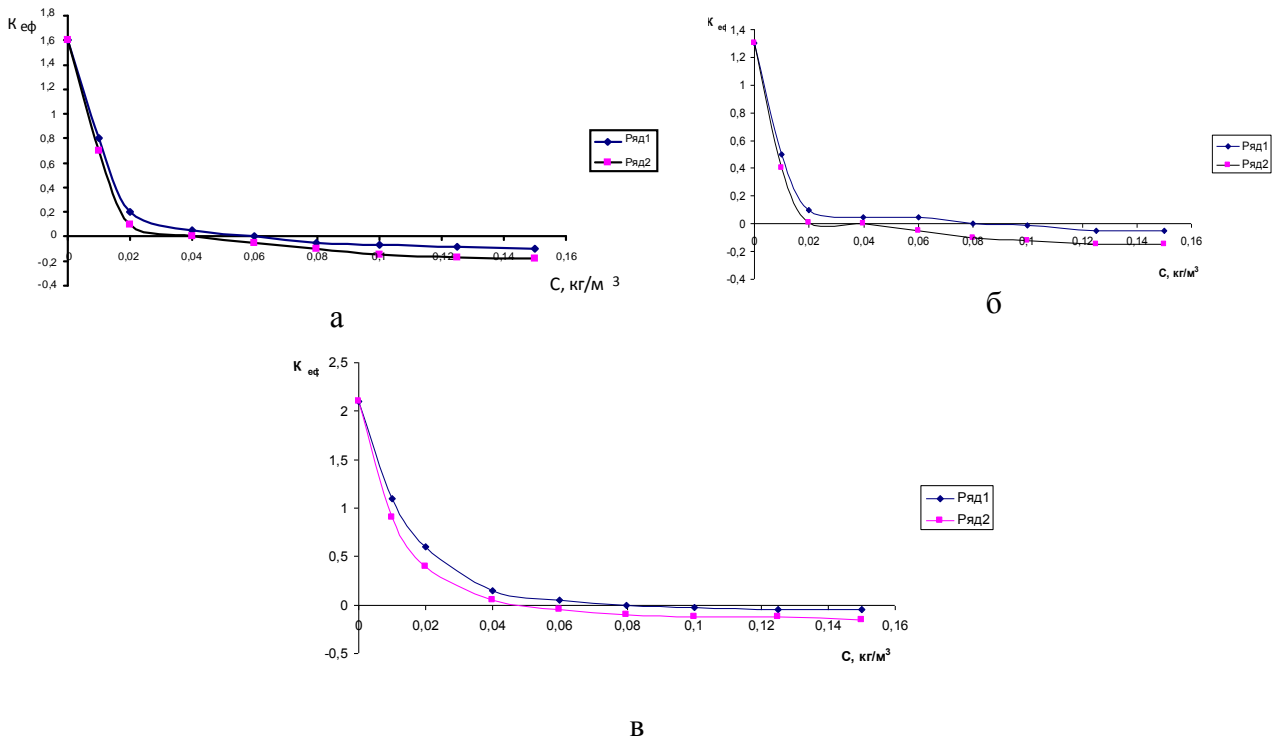


Рис. 3. Залежність інтенсивності взаємодії частинок у системі:  
 а – вугільна складова (велика фракція) – вугільна складова (дрібна фракція);  
 б – вугільна складова (велика фракція) – мінеральна складова (аргіліт);  
 в – вугільна складова (дрібна фракція) – мінеральна складова (аргіліт) від концентрації:  
 1 – ЛСУ; 2 – ЛСТНа у етанолі

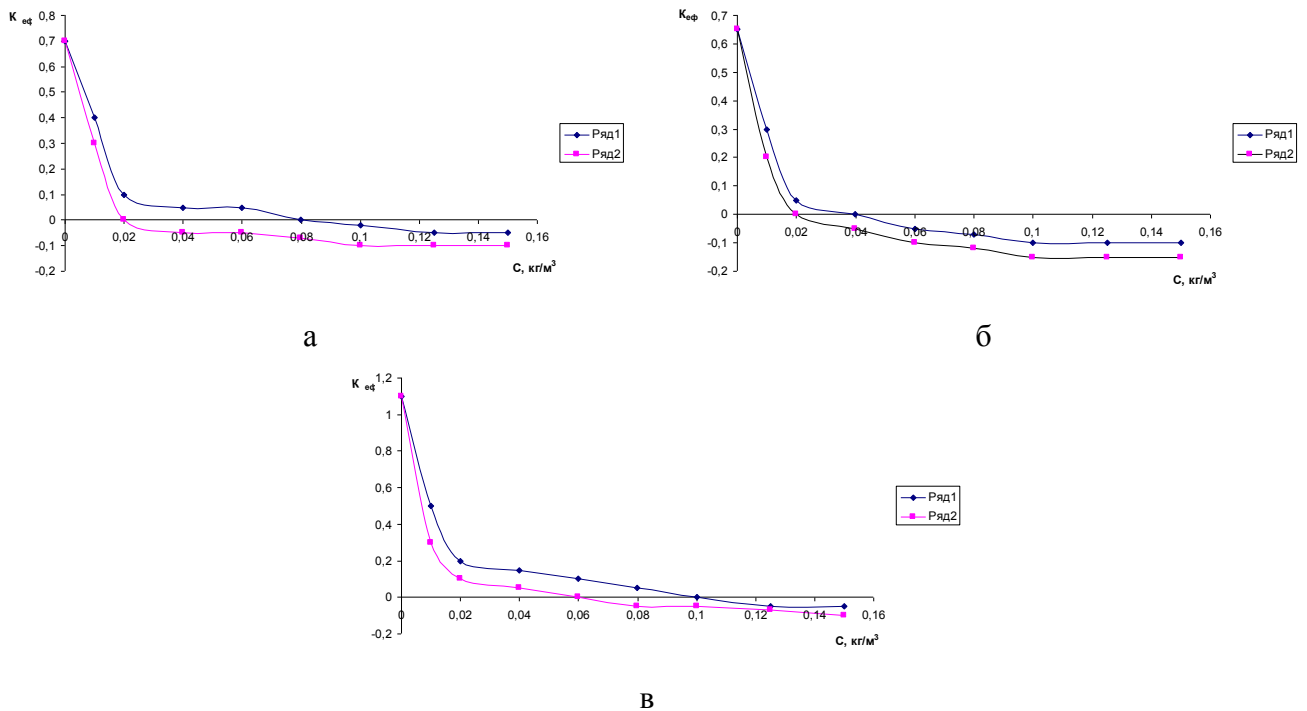


Рис. 4. Залежність інтенсивності взаємодії частинок у системі:  
 а – вугільна складова (велика фракція) – вугільна складова (дрібна фракція);  
 б – вугільна складова (велика фракція) – мінеральна складова (аргіліт);  
 в – вугільна складова (дрібна фракція) – мінеральна складова (аргіліт) від концентрації:  
 1 – ЛСТНа; 2 – ЛСУ у толуолі.

### Список літератури

1. Вдовиченко В.С., Мартинова М.И., Новицкий Н.В., Юшина Г.Д. Энергетическое топливо СССР (ископаемые угли, горючие сланцы, торф, мазут и горючий газ): Справ. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 184 с.
2. Дегтяренко Т.Д., Завгородний В.А., Макаров А.С., Борук С.Д. Адсорбция лигносульфонатов на поверхности частиц твердой фазы высококонцентрированных водоугольных суспензий // Химия твердого топлива. – 1990. – №1. – С. 92-97.
3. Егурнов А.И., Борук С.Д., Винклер И.А. Физико-химические принципы получения композиционного топлива на основе вторичных топливных энергоресурсов // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2011. – Вип. 44(85) – С. 167-173.
4. Борук С., Трояновська Н., Борук І. Фізико-хімічні та експлуатаційні характеристики сумішей нафтові шлами – рідкі продукти піролізу полімерних матеріалів // "Львівські хімічні читання-2011" XIII наук. конф.: Зб. наук. праць. Львів, 28 травня – 1 червня 2011 р. – Львів: видав. ЛНУ ім. І. Франка, 2011. – С. Д23.
5. Егурнов А.И., Борук С.Д. Физико-химические основы получения угольного суспензионного топлива на основе органических дисперсионных сред // Современная наука: Сб. науч. ст. – 2011. – №1(6). – С. 70-75.
6. Борук С.Д., Юзик А.В., Горобець Д.В. Использование отходов углеобогащения в качестве вторичных энергоресурсов // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2006. – №5. – С. 104-106.
7. Филипенко Т.А., Басенкова В.Л., Ильинская И.В. О влиянии добавок разжижителей и гранулометрического состава водоугольных суспензий на их реологические свойства // Химия твердого топлива. – 1989. – №5. – С. 104-109.

© Егурнов А.И., Борук С.Д., 2013

*Надійшла до редколегії 22.04.2013 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. О.Д. Полуляхом*