

© А.В. Павличенко¹, О.А. Гайдай¹, В.Е. Фірсова¹, Т.В. Лампіка¹

¹ Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ, СТРУКТУРНИХ ЗВ'ЯЗКІВ І БУДОВИ ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ З ВУГІЛЬНИХ ШЛАМІВ

© A. Pavlychenko¹, O. Haidai¹, V. Firsova¹, T. Lampika¹

¹ Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

INVESTIGATION OF PROPERTIES, STRUCTURAL LINKS AND STRUCTURE OF DISPERSED SYSTEMS FROM COAL SLUDGES

Мета. Дослідити мінеральний склад вугільних шламів та визначити його вплив на властивості, структурні зв'язки та будову дисперсних систем з них.

Методика дослідження полягає в застосуванні методів вимірювання структурно-механічних властивостей дисперсних систем. Для оцінки характеристики механічних властивостей структурованих дисперсних систем, найбільш раціональними методами, є визначення їх деформаційних властивостей: міцності – граничного напруження на зрушення, модуля пружності та релаксаційних характеристик. Для дослідження мінерального складу шламів вуглезбагачувальних фабрик застосовано макроскопічний і оптичний методи.

Результати дослідження. Виконано дослідження відходів вугільної галузі, як дисперсних систем. Проаналізовано які саме чинники та структурована будова впливають на технологічні процеси при переробці кам'яновугільних шламів і застосуванні методу електродинамічного згрудкування. Визначено мінеральний склад відходів – дисперсних систем. Встановлено, що до основних факторів, що визначають структурно-реологічні властивості дисперсних систем, відносяться: сила зчеплення в контактах між частинками, координаційне число, концентрація дисперсної фази в дисперсійному середовищі, дисперсність і розподіл часток за розміром. Доведено, що основним фактором, який визначає взаємодію дисперсних систем є наявність адсорбційних куль поверхнево-активних речовин.

Наукова новизна. Встановлено нерозривний зв'язок дисперсних систем і поверхневих явищ, а також кінетики електрохімічних процесів на міжфазних поверхнях, мікрогетерогенності, процесів сорбції та іонного обміну в ультрамікропористих системах.

Практичне значення. Обґрунтовано технологічні параметри процесів і шляхи перспективного поводження з відходами вуглезбагачувальних фабрик як дисперсних систем при їх переробці і використанні в якості додаткових енергетичних ресурсів.

Ключові слова: дисперсні системи, структурні зв'язки, відходи, вугільна галузь, переробка, технологічні рішення, фізико-механічні властивості, мінеральний склад.

Вступ. Шламосховища, що заповненні відходами вуглезбагачувальних фабрик займають значні площі, що призводить до відчуження сільськогосподарських угідь і відчутного погіршення екологічного стану цих територій [1-3]. При цьому, кількість корисних горючих компонентів в таких сховищах шламів становить близько 20-75%, які можна переробити, наприклад, в паливо [4-6]. В даному випадку вирішується актуальна промислова і соціальна проблема спожи-

вання в додатковому твердому паливі і зниженні екологічного навантаження регіонів, де ведеться підземна розробка вугільних родовищ.

В якості ефективної технології переробки енергетичних ресурсів і приведення до технічних вимог пропонується метод електрокінетичного згрудкування [6-8]. Для обґрунтування фізико-механічних параметрів готових паливних продуктів необхідні дослідження структурно-механічних властивостей вугільних шламів як дисперсних систем.

Метою роботи є дослідження впливу структурних зв'язків і будови дисперсних систем на їх властивості при переробці відходів вуглезбагачувальних фабрик.

Постановка задачі і методика дослідження. Одним з важливих перспективних напрямків при переробці відходів вугільної галузі є необхідне дослідження структурової будови цієї сировини як дисперсних систем. Наявність структури надає системі своєрідні механічні властивості. Ці властивості (пружність, міцність, пластичність, в'язкість) залежать від хімічної природи речовин, що утворюють дану систему; визначаються молекулярними силами зчеплення між елементами структури, взаємодією їх з дисперсійним середовищем і ступенем розвитку структури в усьому обсязі системи. Тому поліпшення структурно-механічних властивостей необхідне для процесу їх електрокінетичного згрудкування.

Властивості високомолекулярних сполук, до яких можна віднести вугільні шлами, визначаються як особливостями хімічної будови макромолекул, так і природою сил міжмолекулярної взаємодії. Існують різні типи зв'язків між макромолекулами вугілля різних стадій метаморфізму: від валентних і водневих зв'язків до міжмолекулярних сил, обумовлених орієнтаційними, індукційними і дисперсійними афектами.

Структурна хімія процесу утворення вуглецю на торф'яній, буровугільній і кам'яно-вуглецевій стадіях є найбільш складною і найменш вивченою. Одна з найважливіших властивостей кам'яного вугілля (шламів) – вміст вологи. З вологовмісністю пов'язано багато фізико-хімічних властивостей і технологічні особливості, основні з яких – пористість, набухання, усадка, пластичність, стисливість, зміцнення при стисненні, здатність до згрудкування. Незважаючи на значні успіхи, досягнуті в області досліджень поверхневих явищ дисперсних систем, взаємозв'язок між вмістом вологи в вугіллі і особливостями їх структури вивчена недостатньо.

Основні результати. Причина зниження вмісту вологи в процесі утворення і метаморфізмі вугілля вбачається в ущільненні і зниженні пористості вугільної речовини під впливом тиску покриваючих пластів. Зазвичай вважають, що волога, один з обов'язкових учасників процесу вуглеутворення, пов'язана з силами сорбції і не бере участі в процесах молекулярної перебудови в ході метаморфізму.

Високомолекулярна природа і нерегулярність складу і будови речовини вугілля припускає наявність в ньому властивостей, властивих полімерів, неоднорідних за хімічним складом, молекулярною масою, будовою ланцюгів. У фізичній

хімії високомолекулярних сполук (далі ВМС) встановлено, що полімери з нерегулярними колами не кристалізуються, а найпростіші явища впорядкованості макромолекул, тобто виникнення надмолекулярних структур, відбуваються вже в аморфних полімерах. Відзначено також, що ВМС, в молекулах яких є полярні групи, знаходяться в аморфному склоподібному стані.

Численними дослідженнями сорбції парів води на різноманітних полімерах аморфної структури встановлено, що їх сорбційна здатність залежить від полярності полімеру, гнучкості ланцюгів макромолекул і щільності їх упакування. У зв'язку з тим, що полярний характер структурних одиниць речовини вугілля обумовлений вмістом в ньому кисневмісних функціональних груп, сорбція води на вугіллі може характеризувати деякі особливості хімічної будови їх макромолекул. Характер сорбції води на вільних полярних групах вугілля і торфу показав, що мономолекулярна адсорбція найбільш повно характеризує хімічну будову поверхні вугілля. Вплив сорбційних властивостей вугілля на їх надмолекулярну структуру може виражатися в тому, що причиною структурування граничних шарів адсорбованих молекул води, що володіють полярними властивостями, можуть бути не тільки далекодіючі Ван дер Ваальсові сили, а й близькодійючі сили водневого зв'язку. Властивості вологих матеріалів залежать від форм зв'язку поглиненої вологи з речовиною сухого матеріалу. Практика технологічної переробки бурого вугілля переконливо підтверджує це положення.

При електродинамічному згрудкуванні без сполучних речовин, слабо-структурних вугільних шламів, певний вміст вологи у вугіллі є неодмінною умовою міжмолекулярної взаємодії речовини вугілля, як в обсязі зерна (що обумовлює його зміцнення), так і на дотичних поверхнях зерен. Протиріччя численних гіпотез брикетування включаються в різні оцінки форм зв'язку вологи в пресованому твердому паливі і його поведінки при стисненні.

Багато дисперсних систем мають здатність до утворення суцільної структури і за своїми фізичними властивостями займають як би проміжне положення між рідкими і твердими тілами, наближаючись до тих чи інших в залежності від ступеня розвитку та міцності структурної сітки. До таких систем відносяться гелі, суспензії різної концентрації, включаючи і гранично концентровані суспензії. Всі ці системи мають дуже велике значення в різних областях сучасної техніки.

Тверді тіла і рідини володіють практично однаковими силами зчеплення і малою стисливістю, тому що середня відстань між їх частинками приблизно однакова. Тому по відношенню до всебічного стиску (або всебічного розтягування), на відміну від газів, рідкі та тверді тіла можна вважати практично однаково важко стисливими, що сильно чинять опір змінам обсягу. Тільки зсувні деформації визначають реальну міцність, пружні і пластичні властивості твердих тіл, а також в'язкість (плинність) рідин. Однак лише тверді тіла володіють жорсткістю, тобто статичною пружністю форми. Пружність форми твердих тіл визначається наявністю в них правильної просторової решітки – в кристалах і полікристалічних агрегатах, або безладної структурної сітки (каркасу) – в гелях і склоподібних тілах.

При малих деформаціях, відповідно до закону Гука, відносна деформація зсуву в істинно твердих тілах пропорційна прикладеному напруженню, що викликане зовнішньою силою. Жорсткість тіла характеризується модулем зсуву, тобто ставленням напруження до викликаного ним відносної деформації.

У деяких дисперсних системах з більш міцною і крихкою структурою пливучість неможлива, і при впровадженні конуса має місце пластична деформація зминання [9]. У таких системах методом занурення конуса визначається граничний тиск P_l , яке розраховується діленням сили, що діє на конус F , на горизонтальну проекцію S_m :

$$P_l = \frac{F}{S_m} = \frac{F}{S_m \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{F \cdot \cos \frac{\alpha}{2}}{\pi h_m^2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} \quad (1)$$

$$P_l = K'_\alpha \frac{F}{h_m^2} \quad (2)$$

де $K'_\alpha = \frac{1}{\pi} \operatorname{ctg}^2 \frac{\alpha}{2}$ – константа конуса; h_m – найбільше занурення конуса.

Застосування тієї чи іншої формули визначається інваріантністю результатів, тобто незалежністю обчислюваних граничних напружень зсуву P_m або граничних тисків P_l від кута конуса α або навантаження F .

На відміну від твердих тіл, у в'язких рідинах статична, тобто що не змінюється в часі деформація зсуву неможлива, і навіть мала напруга зсуву викликає течію, яка в разі ламінарного потоку з постійним градієнтом швидкості відповідає зрушенню, що стаціонарно розвивається, тобто постійною в часі швидкості деформації.

В'язкість звичайних рідин постійна і визначається відповідно до закону Гука. У рідинах модуль пружності на зсув практично дорівнює нулю, тобто будь-яке напруження має викликати невизначену деформацію, що збільшується з часом. Однак, миттєвий модуль зсуву для рідин повинен бути такого ж порядку, як і для твердих тіл. Дійсно, в перші моменти дії сили рідини завжди поведуться подібно твердому тілу, виявляючи певну жорсткість, але внаслідок легкої рухливості частинок рідини напруження, що виникло в будь-якій частині її обсягу, швидко розріджується, розподіляючись по всьому об'єму.

При малих деформаціях ці системи поведуться, як пружні тверді тіла. При великій нарузі, що викликає руйнування структурної сітки, вони пливуть, як в'язкі рідини, причому та, що здається або ефективна їх в'язкість зменшується зі збільшенням швидкості деформування, тобто зі зростанням діючого напруження.

Після механічного руйнування структури багато з таких систем мають здатність відновлювати її з часом. Поверхневі явища найсильніше проявляються в дисперсних системах з великою міжфазовою поверхнею, надаючи їм особливі об'ємні властивості і визначаючи умови протікаючих в цих системах процесів.

У будь-яких гетерогенних системах, особливо в високодисперсних, природу межі між частинками дисперсної фази і дисперсійним середовищем, молекулярну будову меж визначають численні явища і процеси, що характерні для даної системи. Сюди відносяться: різноманітні явища змочування; вся природа зародження нової фази на початкових етапах завжди високодисперсна – в умовах метастабільності вихідної (материнської) фази: в метеорологічних і геологічних процесах, металургії, в ході твердіння мінеральних в'язучих речовин та ін.; всі прояви – адгезії поверхонь – як дрібних частинок, так і ділянок макроскопічних поверхонь: в процесах тертя в вузлах машин і механізмів, при диспергуванні і грубому і тонкому подрібненні різних матеріалів, утворених частинками дисперсної фази, наприклад, глинистої суспензії і тому подібне.

Вивчення поверхневих явищ відкриває шляхи регулювання цих явищ і взаємодій в природі, а також управління ними в техніці. Для цього є ряд властивостей: механічні, електричні, теплові впливи й величезний арсенал поверхнево-активних речовин (ПАР). Ці речовини, будучи внесені в дуже малих кількостях в обсяг фази, мимовільно концентруються; при формуванні щільного моношару, можна говорити по суті, про 100% концентрації. Такі адсорбційні шари дозволяють радикально змінювати властивості поверхні розділу, взаємодії фаз і протікаючих процесів. Відкриття П.А. Ребіндером явище адсорбційного зниження міцності твердих тіл, дозволяє радикально втручатися в процеси диспергування і обробки.

Характерними процесами можуть служити наступні:

- зміни в напрямку молекулярної природи межі розділу фаз в результаті адсорбції ПАР – гідрофілізація поверхонь, гідрофобізація, олеофілізація, «активування» різних наповнювачів;
- регулювання колоїдно-хімічних процесів, зокрема, таких як солнобілізація;
- адсорбція – концентрування внаслідок поверхневої активності;
- фізико-хімічні взаємодії на міжфазних межах і універсальні можливості ПАР в управлінні ними особливо яскраво проявляються в регулюванні стійкості: в забезпеченні стабільності і в руйнуванні дисперсних систем;
- поверхнево-активне середовище сприяє подрібненню і особливо тонкому диспергуванню твердих тіл і матеріалів та їх обробки;
- управління процесами зчеплення частинок за допомогою фізико-хімічних впливів, тобто із залученням поверхнево-активних середовищ і речовин.

Дисперсні системи термодинамічно нестійкі внаслідок згущення поверхневої енергії в міжфазних шарах. У суспензіях (і емульсіях) мимовільно можуть протікати процеси коагуляції і коалесценції, що супроводжуються зменшенням вільної поверхневої енергії:

$$\Delta F_s = \Delta \sigma_{12} S_{12} + \Delta S_{12} \sigma_{12} \quad (3)$$

де σ_{12} – питома вільна енергія на межі поділу фаз; S_{12} – поверхня розділу фаз; 12 – дві фази.

При коагуляції зменшення вільної поверхневої енергії досягається в результаті часткового взаємного насичення некомпенсованих молекулярних сил на поверхні частинок в місцях їх контакту, еквівалентного зменшення ефективного значення σ_{12} (тобто $\Delta F_s = \Delta\sigma_{12}S_{12}$). Істотно більше зниження надлишку вільної енергії має місце при коалесценції, коли за рахунок скорочення поверхні:

$$\Delta F_s = \Delta\sigma_{12}S_{12} \quad (4)$$

Термодинамічно нестійкі ліофобні дисперсні системи можуть, однак, існувати досить довго не коагулюючи, тобто залишатися агрегатовано стійкими, що обумовлюється дією різних факторів стабілізації. Чим менше різниця полярностей між частинками дисперсної фази і дисперсійного середовища (менше σ_{12}), тим агрегатовано більш стійкою буде суспензія, тим довше будуть існувати частинки дисперсної фази в даному дисперсійному середовищі, що не зчіплюючись один з одним, тобто не коагулюючи; чим більше різниця полярностей, тим менш стійкою щодо коагуляції буде суспензія [8].

В полярному дисперсійному середовищі (воді) утворюються агрегатовано стійкі суспензії. При седиментації (осідання під дією сили тяжіння) кожна частка в таких суспензіях осідає окремо, не утворюючи агрегатів з іншими частинками.

Навпаки, в неполярному дисперсному середовищі гідрофільні порошки утворюють агрегатовано нестійкі суспензії. При цьому частки коагулюють, зчіплюючись в агрегати, і осідання дисперсної фази в таких суспензіях відбувається значно швидше. В опадах сили зчеплення між частинками великі в порівнянні з вагою частинок, внаслідок чого утворюються пухкі коагуляційні структури лише дуже повільно ущільнюються під дією сили тяжіння. Тому є нерозривний зв'язок дисперсних систем і поверхневих явищ, а також кінетики електрохімічних процесів на міжфазних поверхнях, мікрогетерогенності, процесів сорбції та іонного обміну в ультрамікропористих системах та ін. Такі результати досліджень стали основою методу електрокінетичного згрудкування.

Структурно-механічні властивості вугільних шламів як дисперсних систем стане більш детальним, якщо також виконати дослідження мінерального складу цих відходів.

Дослідження мінерального складу вугільних шламів у лабораторних умовах починається з макроскопічного вивчення зразків. Але вивчення мінерального складу тільки, наприклад, в шліфі не дає уявлення про ці відходи в цілому.

При макроскопічному (візуальному) описі зразків відзначаються (уточнюються) ті ж особливості, що і при польовому описі. Для більш детального і точного вивчення мінерального складу використовується широке коло лабораторних методів. Зазвичай для дослідження гірських порід застосовуються оптичні методи, а для дисперсних порід і, зокрема, для вивчення складу глинистої фракції – електронно-мікроскопічний, рентгенівський, термічний, хімічний та інші.

Детальне вивчення мінерального складу відходів проводилось за допомогою поляризаційного мікроскопу і під бінокулярном в шліфах, аншліфах і зернах (рис.). В результаті дослідження проби №1 були визначені наступні мінерали:

монтморилоніт, гідролюда, кварц, сульфіді (в 2-3 рази більше інших зерен, які конгломеровані); проби №2: монтморилоніт, карбонати та кварц, гіпс; проби №3: гідролюда, глинистий сланець.

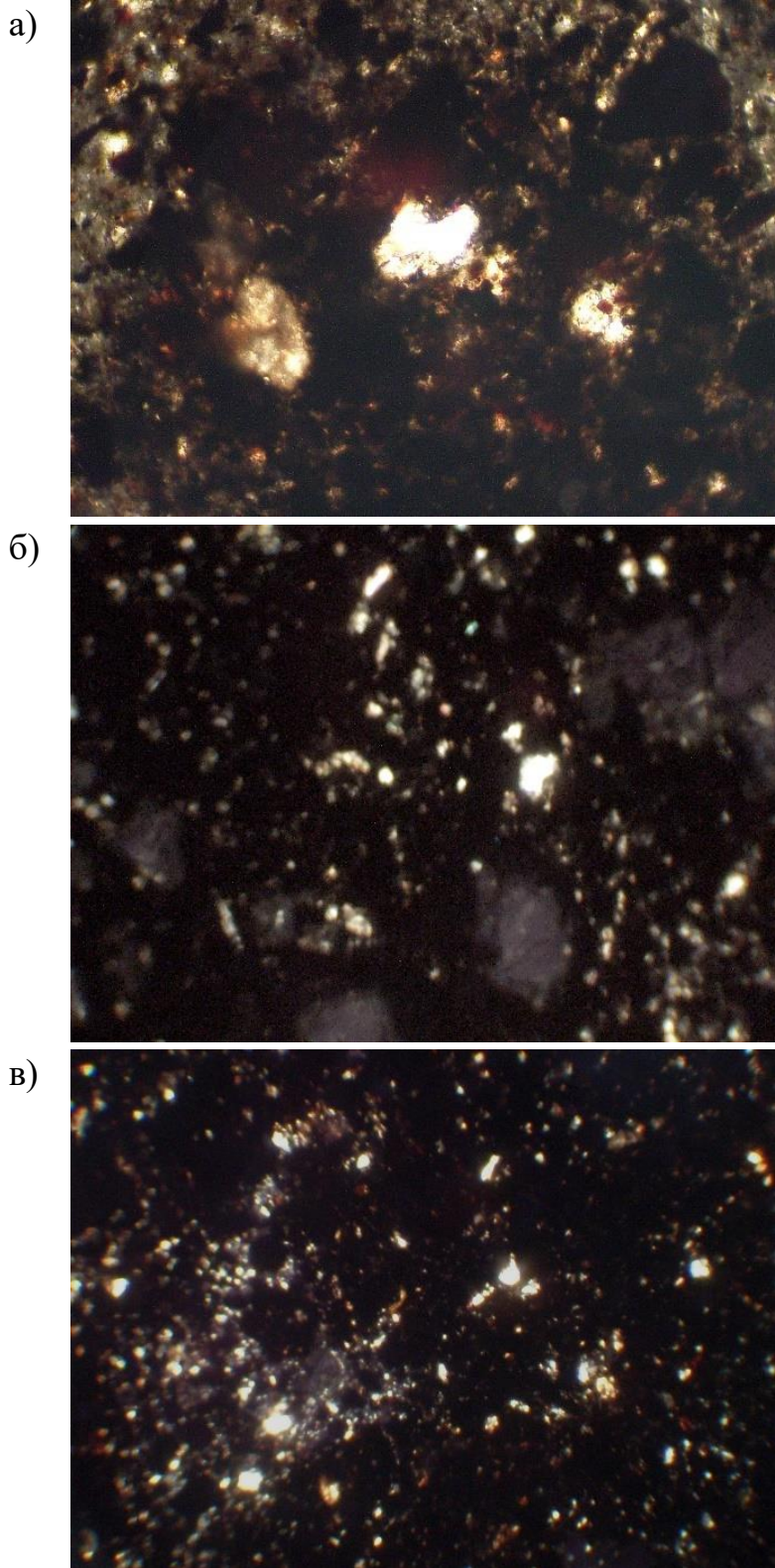


Рис. Ділянки шліфів досліджених вугільних шламів при збільшенні
а) шлам марки А (збільшення 90 разів), б) шлам марки Т (збільшення 90 разів),
в) шлам марки Г (збільшення 210 разів)

Деякі мінерали вибірково приурочені до певної групи порід. Як відомо, одні мінерали, такі, як кварц і кальцит, утворюються і існують при різних фізико-хімічних і термодинамічних умовах, і їх можна зустріти в різних породах. Інші мінерали утворюються тільки в умовах кристалізації розплаву і зустрічаються тільки в глибинних інтрузивних (нефелін), ефузивних (скло) і гіпабіссальних (лейцит) породах. Виключно кристалічним сланцям і контактним роگیкам при-таманні такі мінерали, як ставролен, андалузит, кордієрит, дістен.

Мінерали-антагоністи практично не зустрічаються (за рідкісним винятком) в одній породі. До них відносяться: кварц і нефелін, кварц і лейцит, кварц і олівін, гіперстен і нефелін і такі інші.

Для полегшення діагностики мінералів в шліфах і аншліфах застосували методи фарбування, які супроводжували травленням. При визначенні мінералогічного складу кислих магматичних порід, для поділу калієвого польового шпату, плагіоклазу і кварцу можна використовувати варіант методики фарбування, розроблений С. Бойлі і К. Стівенсоном. Поверхню аншліфа протягом 45 с піддають травленню 52% -им HF. Зразок занурюють в кислоту, а потім промивають проточною водою і висушують при $T \sim 80^{\circ}\text{C}$ до появи світло-сірої фактури поверхні. Подальше травлення ведеться в парах 52% -го HF (близько 3 хв.). Після цього поверхню забарвлюють в кобальтнітрят натрії протягом 1 хв. Калієві польові шпати набувають яскраво-жовте забарвлення, плагіоклази залишаються світло-сірими (на відміну від темно-сірого кварцу).

Для діагностики карбонатних мінералів в крупнозернистих дисперсних системах можливо застосовувати простий метод фарбування, запропонований С.В. Тихомировим. Він полягає у фарбуванні поверхні зразків фіолетовим чорнилом, підкисленою декількома краплями 5% -ої соляної кислоти. Краплю чорнила наносять на відкритий шліф або аншліф і залишають на 1,5-2 хв., а потім видаляють фільтрувальною папером або струменем води. При цьому кальцит забарвлюється в фіолетовий колір, а доломіт залишається незабарвленим. Розроблено також реакції фарбування, що дають можливість відрізнити в дрібнокристалічних породах кальцит і доломіт від магнетиту і глинистої домішки, а арагоніт відповідно – від кальциту і так далі [10].

У петрографічному відношенні дисперсні системи, що представлені вугільними шламами – це суміш різних мікропетрографічних компонентів. Вони являють собою видимі тільки під мікроскопом утворення, що виникли в результаті перетворення рослинних тканин в умовах анаеробного розкладання в процесі метаморфізму. Утворення вуглецю (метаморфізм) тісно пов'язане з гірничо-геологічними процесами зміни рослинної речовини в умовах його накопичення, обводнення, активності хімічних реакцій, тиску і температури.

Поляризаційний мікроскоп дозволяє отримати найбільш повну інформацію про мінеральний склад дисперсних систем при мікроскопічному вивченні. При описі шліфів потрібно дотримуватися наступну схему. Спочатку дається загальна характеристика зразків, де вказується ступінь їх однорідності: для осадових порід наводиться співвідношення уламкової частини і цементу, для ефузивів –

основної маси і кількості вкраплень, для всіх магматичних – безбарвних і забарвлених мінералів. Відзначаються характер і ступінь змінності породи в цілому, наявність мікропор і мікротріщин. Потім проводиться опис структури. На завершення вивчається мінеральний склад – виділяються мінерали: головні, що утворюють породи, другорядні або акцесорні (представлені зазвичай дрібними кристалами), епімагматичні або вторинні (продукти зміни породоутворюючих мінералів).

У разі виявлення частинок $\text{Na}_2\text{O} \times 11\text{Al}_2\text{O}_3$ у великій і граничній фракціях аналіз зернового складу виконують тільки в препараті на йодистому метилені. Якщо частинки $\text{Na}_2\text{O} \times 11\text{Al}_2\text{O}_3$ відсутні, то аналіз дозволяється проводити з використанням імерсійних масел або в йодистому метилені.

У разі виявлення частинок $\text{CaO} \times 6\text{Al}_2\text{O}_3$ у великій і граничній фракціях аналіз зернового складу виконують в препараті на йодистому метилені. Якщо такі частинки відсутні, то готують препарат із імерсійними маслами.

Для мікрошліфпорошків з вмістом основної фракції 50% і більше другу пробу піддають п'ятикратному осадженню в дистильованій воді, пептизованій пірофосфатом натрію (0,2 г на 1 л води) з метою виділення граничної фракції. Осадження проводять в лабораторному стаканчику (діаметром 40-50 мм), висота суспензії в стаканчику не повинна перевищувати 70 мм. Час осадження на глибину 50 мм при температурі 15°C в залежності від виду шліфувального матеріалу і зернистості зазначено в табл.

Таблиця

Характеристики часу осадження шліфувального матеріалу

Шліфматеріал	Густина, г/см ³	Час осадження (для зернистостей), с						
		M40	M28	M20	M14	M10	M7	M5
Карбід бору	2,5	30	45	90	175	350	700	1400
Карбід кремнію	3,2	20	30	60	120	240	480	960
Електрокорунд	3,9	15	28	46	95	185	370	740

Частину матеріалу переносять в круглу дону порцелянову чашку. Освітлену воду зливають, а з твердого залишку беруть пробу для перегляду під мікроскопом. У разі виявлення надто граничних частинок абразивного матеріалу їх бракують. При дослідженні мікроскопічним методом також використовувався цифровий фотоапарат, і зображення шліфів було оброблено і проаналізовано за допомогою персонального комп'ютера.

Таким чином, зменшення до припустимого мінімуму втрат паливної маси з відходами збагачення і залучення до товарного споживання вуглевмісних відходів, які зберігаються у шламосховищах та породних відвалах дозволить забезпечити комплексне використання видобутої мінеральної сировини, подовжити термін служби родовищ вугілля, а також мінімізувати втрати мінеральних ресурсів на всіх стадіях технологічного процесу.

Висновки. Результати досліджень дозволяють забезпечити створення сучасного обладнання та технологічних ліній з переробки вугільних шламів і відходів видобутку вугілля.

До числа основних факторів, що визначають структурно-реологічні властивості дисперсних систем, відносяться:

- сила зчеплення в контактах між частинками;
- координаційне число (тобто число контактів, що припадають на одну частинку), залежить від концентрації дисперсної фази в дисперсному середовищі, її дисперсності і розподілу часток за розміром.

Вугільні шлами, як дисперсні породи, які включають дисперсну фазу і дисперсне середовище, являють собою систему, засновану на фізико-хімічній взаємодії її складових. Тому поліпшення фізико-механічних властивостей паливних брикетів має базуватися на фізико-хімічному впливі на них.

Основним фактором, який визначає взаємодію дисперсних систем є адсорбційні кулі поверхнево-активних речовин. Дифільні молекули ПАР (іноді це частинки інших дисперсних систем) фіксуються полярними групами на поверхні частинок, утворюючи своїми орієнтованими назовні радикали. Для такого впливу характерний найменший рівень сил зчеплення в контактах між частинками.

Для більш повного вивчення впливу структурних зв'язків і будови дисперсій твердого палива його складових на їх властивості при структуроутворенні необхідна серія досліджень гранулометричного, мінерального і хімічного складів.

Перелік посилань

1. Кузік, І.М. (2012). Вплив породних відвалів шахт на компоненти довкілля та визначення можливостей щодо його зменшення. *Екологія і природокористування*, 15, 31-37.
2. Кроїк, Г.А., & Мельник, О.В. (2012). Закономірності розподілу техногенних та токсичних елементів у відходах добування та переробки вугілля Західного Донбасу. *Вісник ДНУ, серія «Геологія. Географія»*, 14(Т.20), 77-82.
3. Колесник, В.Е., Федотов, В.В., & Бучавый, Ю.В. (2012). Обобщенный алгоритм диверсификации технологий обращения с породными отвалами угольных шахт. *Научный вестник НГУ*, 4, 138-142.
4. Білецький, В.С., Круть, О.А., & Світлий, Ю.Г. (2005). Утилізація вугільних шламів шляхом виготовлення водовугільного палива. *Збагачення корисних копалин*, 24(65), 111-118.
5. Гаркушин, Ю.К., Сергєєв, П.В., & Білецький, В.С. (2003). Сучасний стан та перспективи переробки вугільних шламів. *Збагачення корисних копалин*. 17(58), 143-148.
6. Самойлік, В.Г., Білецький, В.С., & Гудінов, Д.В. (2013). Вплив мінеральної компоненти на технологічні характеристики водовугільного палива. *Збагачення корисних копалин*. 53(94), 91-95.
7. Павличенко, А.В., Гайдай, О.А., Фірсова, В.Е., Руських, В.В., & Ткач І.В. (2020). Технологічні напрями переробки відходів вуглезбагачення. *Збірник наукових праць НГУ*. 62, 139-148.
8. Gayday, O. (2013). Researches of structural-mechanical properties of coal tailings as disperse systems. *Annual Scientific-Technical Collection*. 327-331.
<https://doi.org/10.1201/b16354-60>
9. Круглицкий, Н.Н. (1988). *Очерки по физико-химической механике*. Наук. думка.
10. Фролов, В.Т. (1964). *Руководство к лабораторным занятиям по петрографии осадочных пород*. Изд-во МГУ.

АННОТАЦИЯ

Цель. Исследовать минеральный состав угольных шламов и определить его влияние на свойства, структурные связи и строение дисперсных систем из них.

Методика исследований заключается в применении методов измерения структурно-механических свойств дисперсных систем. Для оценки характеристик механических свойств структурированных дисперсных систем, наиболее рациональными методами, является определение их деформационных свойств: прочности – предельного напряжения на сдвиг; модуля упругости и релаксационных характеристик. Для исследования минерального состава шламов углеобогатительных фабрик применено макроскопический и оптический методы.

Результаты исследования. Выполнены исследования отходов угольной отрасли, как дисперсных систем. Проанализировано какие именно факторы и структурированное строение влияют на технологические процессы при переработке каменноугольных шламов и применение метода электрокинетического окомкования. Определены минеральный состав отходов как дисперсных систем. Установлено, что к основным факторам, определяющим структурно-реологические свойства дисперсных систем, относятся: сила сцепления в контактах между частицами, координационное число, концентрация дисперсной фазы в дисперсной среде, дисперсность и распределение частиц по размеру. Доказано, что основным фактором, определяющим взаимодействие дисперсных систем является наличие адсорбционных шариков поверхностно-активных веществ.

Научная новизна. Установлено неразрывную связь дисперсных систем и поверхностных явлений, а также кинетики электрохимических процессов на межфазных поверхностях, микрогетерогенности, процессов сорбции и ионного обмена в ультрамикрорпористых системах.

Практическое значение. Обоснованы технологические параметры процессов и пути перспективного обращения с отходами углеобогатительных фабрик как дисперсных систем при их переработке и использовании в качестве дополнительных энергетических ресурсов.

Ключевые слова: дисперсные системы, структурные связи, отходы, угольная отрасль, переработка, технологические решения, физико-механические свойства, минеральный состав.

ABSTRACT

Goal. Investigate the mineral composition of coal sludge and determine its effect on the properties, structural bonds and structure of dispersed systems from them.

The research technique consists in the application of methods for measuring the structural and mechanical properties of dispersed systems. To assess the characteristics of the mechanical properties of structured dispersed systems, the most rational methods are to determine their deformation properties: strength - ultimate shear stress, modulus of elasticity and relaxation characteristics. Macroscopic and optical methods were used to study the mineral composition of sludges from coal concentrators.

Results of the research. The study of coal industry waste as dispersed systems is performed. The factors and structured structure that influence the technological processes in the processing of coal sludge and the application of the method of electrokinetic lumping are analyzed. The mineral composition of waste - dispersed systems is determined. It is established that the main factors determining the structural and rheological properties of dispersed systems include: adhesion force in the contacts between particles, coordination number, concentration of the dispersed phase in the dispersion medium, dispersion and particle size distribution. It is proved that the main factor that determines the

interaction of dispersed systems is the presence of adsorption balls of surfactants.

Scientific novelty. An inseparable connection between dispersed systems and surface phenomena, as well as the kinetics of electrochemical processes on interfacial surfaces, microheterogeneity, sorption and ion exchange processes in ultramicroporous systems has been established.

Practical meaning. Technological parameters of processes and ways of perspective treatment of wastes of coal concentrators as dispersed systems at their processing and use as additional power resources are substantiated.

Keywords: *dispersed systems, structural connections, waste, coal industry, processing, technological solutions, physical and mechanical properties, mineral composition.*