

Jerzy SZCZYPA *,
Andrzej POMIANOWSKI **,
Jan CZARNECKI **

FIZYKOCHEMICZNE BADANIA PODSTAWOWE DOTYCZĄCE FLOTACJI SUROWCÓW MINERALNYCH

Przedstawiono stan badań podstawowych z zakresu fizykochemicznych metod wzbogacania surowców mineralnych, głównie flotacji realizowanych w polskich ośrodkach naukowych.

Badania z zakresu fizykochemii flotacji prowadzone w polskich ośrodkach naukowych koncentrują się głównie wokół następującej problematyki:

1. Zagadnienia elektrochemii powierzchni minerałów siarczkowych i utlenionych, w szczególności o charakterze tlenków metali.
2. Zagadnienia selektywności flotacji uwzględniające rolę aktywacji powierzchni minerałów za pomocą jonów, oraz cząsteczek zbieraczy i modyfikatorów procesu wzbogacania.
3. Zagadnienia mechanizmu i selektywności samych procesów sorpcji oddziaływań flotacyjnych.
4. Zagadnienia tworzenia się i struktury błonek powierzchniowych, leżące u podstaw flotacji minerałów z natury hydrofobowych.
5. Zagadnienia koagulacji i flokulacji, jako koloidalnych metod wzbogacania minerałów.
6. Zagadnienia stabilności i destabilizacji układów wysokozdyspergowanych, a także powstawania pokryw mułowych, w powiązaniu z selektywnością flotacji.

* Instytut Chemii UMCS, Lublin

** Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN, Kraków

Z wyżej wymienioną problematyką łączą się bezpośrednio zagadnienia syntezy i testowania nowych odczynników flotacyjnych i flokulacyjnych. Jest to jednak odrębne zagadnienie. Problematyka ta nie będzie omawiana w niniejszym opracowaniu.

Ad. 1.

Elektrochemia granicy faz ciało stałe-ciecz stanowi rozległą dziedzinę zjawisk, u podstaw których leżą procesy przechodzenia, gromadzenia i separacji ładunków na tej granicy i związane z tymi zjawiskami procesy chemiczne. Badania elektrochemiczne dla potrzeb fizykochemii flotacji koncentrują się głównie na dwu typowych układach, jakimi są minerały o charakterze półprzewodnikowym w kontakcie z roztworem elektrolitów oraz minerały typowo dielektryczne również w roztworach elektrolitów. Pierwszy typ układów upraszczając zagadnienie obejmuje większość siaroków metali, typ drugi to większość tlenków metali i trudno rozpuszczalne sole kwasów tlenowych.

Podstawowymi problemami tego typu badań dla potrzeb flotacji są:

- mechanizm formowania się ładunku i potencjału elektrycznego na powierzchni minerału w powiązaniu z jego budową krystalograficzną i składem jonowego środowiska wodnego,
- stan elektryczny powierzchni ciała stałego w powiązaniu z jego flotowalnością,
- rola ładunku i potencjału elektrycznego w procesach sorpcji zbieraczy i modyfikatorów flotacyjnych,
- korelacje pomiędzy kinetyką sorpcji zbieraczy flotacyjnych, a zmianami elektrycznych właściwości powierzchni minerału i wpływ szybkości tych zmian na kinetykę flotacji,
- wpływ elektrycznego stanu powierzchni minerału na mechanizm i formy w jakich sorbuje się na jego powierzchni zbieracz flotacyjny,
- struktura pow., a w szczególności struktura jej wewnętrznego obszaru,

Badania prowadzone nad wyżej wspomnianą problematyką w polskich ośrodkach badawczych dotyczyły głównie zagadnień mechanizmu formowania ładunku elektrycznego na powierzchni niektórych tlenków i soli kwasów tlenowych.

Zwracano w nich szczególną uwagę na problem rozpuszczalności badanych ciał stałych dla prawidłowego oszacowania wielkości pojawiającego się na powierzchni ładunku. Uzyskiwane wyniki badań dyskutowano biorąc pod uwagę budowę jonowej warstewki podwójnej, a w szczególności jej wewnętrznego obszaru, w oparciu o model "porowatej warstwy podwójnej Lyklemy" i o teorię miejsc wiążących tzw. "site binding". Badania prowadziły również do wyznaczenia położenia punktu ładunku zerowego ciała stałego na skali wykładnika stężeń jonów wodorowych, i określenia wpły-

wu specyficznej sorpcji jonów na położenie p.z.ł., a także do poznania roli ładunku elektrycznego w sorpcji zbieraczy flotacyjnych na powierzchni ciała stałego. Istotnym zagadnieniem poruszonym we wspomnianych badaniach jest zagadnienie gęstości ładunku i punktu zerowego mieszanin tlenków i soli podwójnych.

Równolegle prowadzone badania zdążają do ustalenia korelacji pomiędzy ładunkiem i potencjałem powierzchni, oraz ich wpływem na flotacyjne zachowanie minerału. Ważną pozycję badań fizykochemicznych stanowią pomiary potencjału elektrokinetycznego, prowadzone zarówno w celu poznania struktury p.w.e., jak również jej roli w stabilizowaniu układów zdyspergowanych, a także dla uzyskania miernika właściwości flotacyjnych minerału.

Fizykochemia układu; minerał siarczkowy-ksantogenian jest jednym z najstarszych, a równocześnie jeszcze ciągle aktualnym obiektem badawczym. Nie ulega wątpliwości, że flotowalność siarczków, zarówno w sensie łatwości, jak też szybkości zlepiania z pęcherzykami powietrza, uzależniona jest od hydrofobizacji powierzchni wywołanej sorpcją jonów ksantogenianowych. Z jednej strony dysponujemy dziś znacznym zasobem informacji termodynamicznych o zakresach pH, stężeń kolektora, aktywatorów i depresorów, które wskazują obszary stabilności faz, czy związków chemicznych, które mogłyby się realizować w zadanych warunkach układów flotacyjnych, z drugiej strony dane dotyczące natury rzeczywiście powstających połączeń, a także opisujące kinetykę i mechanizm powstawania tych połączeń są wyrywkowe, niepewne, a często sprzeczne między sobą.

Pierwsza grupa badanych zagadnień fizykochemicznych wiąże się ciągle dyskusyjną koncepcją "naturalnej" hydrofobowości i flotowalności siarczków. Złożoność tego, uznawanego kiedyś za zasadniczy, problemu - polega na fakcie, że nie udało się związać jednoznacznie stopnia hydrofobowości ze składem i strukturą chemiczną i krystalograficzną minerałów. Rozwiązując problemy hydrofobowości, czy to naturalnej, czy powodowanej sorpcją kolektorów flotacyjnych, lub ich mieszanin z innymi odczynnikami, należy pamiętać, że układy flotacyjne to z reguły zawiesiny wodne, silniej lub słabiej napowietrzone.

Prócz struktury rozpatrywanego ciała stałego, a w szczególności minerału, o zmianach jego flotowalności decydować mogą różnorodne, nie-raz przypadkowe i trudne do kontrolowania składniki, zawarte w rodzimym złożu tego minerału lub pochodzące z zastosowanej, dostępnej w naturze wody, względnie będące zanieczyszczeniem wprowadzonych do układu odczynników. Powierzchnia silnie rozdrobnionych minerałów znajdujących się w zawieszynie flotacyjnej ulega zatem zmianom, wywołanym procesami hydratacji, hydrolizy powierzchniowej, a wreszcie utleniania, równoznacznego

z szybszą lub wolniejszą "korozją" minerału, niezależnie od kontrolowanych i niekontrolowanych procesów sorpcyjnych. Z tych względów zwraca się obecnie coraz silniej uwagę na możliwość powiązania podstawowych badań fizykochemicznych w układach flotacyjnych, z badaniami hadrometalurgicznymi, które startowały z odmiennych pozycji wyjściowych.

Literatura przedmiotu wskazuje, że głównie elektrochemiczne, a także spektrofotometryczne i radiometryczne badania kinetyki i mechanizmu wczesnych etapów ataku tlenu i wody na powierzchnię minerałów mogą być wspólne dla obu wymienionych wyżej dziedzin. Dopiero dokładniejsze poznanie szybkości i natury zmian w warstewce powierzchniowej minerałów siarczkowych pod wpływem tlenu, w różnych warunkach pH i składu chemicznego roztworu może stać się podstawą przewidywania kierunku i mechanizmu wiązania odczynników flotacyjnych. Oczywiście należy przy tym rozpatrywać zarówno korzyści, jak też przeciwwskazania wynikające z możliwości wprowadzania odczynników flotacyjnych w różnych stadiach przygotowania powierzchni ziaren zawiesiny do właściwego aktu flotacyjnego. Dla tego samego składu nadawy flotacyjnej można przewidywać znaczne różnice w sposobie i stanie przygotowania powierzchni minerału do tego aktu, w zależności od momentu dozowania odczynników. Do dziś, przy próbach zastosowania wniosków z badań podstawowych do wyjaśnienia zachowania układu rzeczywistego, zwraca się jeszcze zbyt mało uwagi na te problemy.

Są jeszcze dwie ogromne grupy zagadnień, które - dla wszystkich typów naturalnych surowców mineralnych musimy uwzględnić, chcąc wyciągnąć właściwe wnioski płynące z oderwanych obserwacji fizykochemicznych - dla przewidywania zachowania realnych choćby nawet modelowych układów. Chodzi tu po pierwsze o uwzględnienie faktu, że zlepianie ziarn z pęcherzykami zachodzi nie quasistatycznie, lecz w złożonych warunkach pól oddziaływań hydrodynamicznych. Teoria tego wpływu na przebieg elementarnych aktów flotacji ciągle jeszcze znajduje się w powijakach.

Po drugie; znaczną komplikacją w opisie zachowania ziarna mineralnego w stosunku do bańki powietrza, jest obecność bardzo drobnych zawiesin, ulegających w układzie flotacyjnym złożonym procesom oszlamowania powierzchni, agregacja ziaren, dyspergowanie agregatów pod wpływem czynników chemicznych i hydrodynamicznych. Oczywiście w przypadku bardzo drobnego okruszczenia rud pojawia się flotacja szlamów, jako oddzielne zagadnienie fizykochemiczne.

Ad. 2.

Badania nad selektywnością flotacji minerału dotyczą przede wszystkim selektywności flotacji siarczków Zn, Pb i Cu. Jest to oczywiste, ponieważ te trzy pierwiastki są głównie pozyskiwane w Polsce drogą flotacji ich minerałów siarczkowych. Podstawowe zagadnienia to; aktywacja

sfalerytu, problematyka siarczowania cerusytu oraz problem selektywności flotacji w układzie sfaleryt - galena - markazyt. W badaniach podkreślono także wagę problemu selektywności flotacji chalkozyn - galena. Zakcentować również należy badania nad aktywacją minerałów skały płonnej i wpływem tego zjawiska na selektywność flotacji. Z problematyką tą łączy się bardzo istotne zagadnienie, jakim jest pozyskiwanie cynku z jego utlenionych minerałów, głównie smitsonitu i hydrocynkitu, drogą modyfikacji ich powierzchni poprzez osiarczowanie i miedziowanie, a następnie flotację za pomocą ksantogenianów. Wciąż studiowany jest jeszcze wpływ obecności żelaza na przebieg aktywacji miedzią minerałów cynkowych.

Badania fizykochemiczne dotyczące selektywności flotacji prowadzono także przy próbach opracowywania technologii wzbogacania skałeni sodowych i potasowych, barytu i celestynu, a także selektywnej flotacji węgla oraz wzbogacania siarki.

Można wyróżnić kilka sposobów atakowania przez fizykochemików zagadnienia selektywności flotacji. Podejściem skrajnym, wywodzącym się z szeroko w latach 1930-tych rozwijanych prac Warka, jest określanie na podstawie badań quasi-statycznych zwilżalności różnych minerałów w roztworach o zadanych zakresach składów roztworów i przewidywanie na podstawie tych obserwacji, w obrębie jakich składów obszary flotowalności nie będą się nakładały. Drugim jest badanie wpływu zmian składu roztworu, w szczególności doboru rodzaju i stężenia spieniaczy, na zmiany flotowalności różnych ziarn mineralnych z ich mieszaniny. Po trzecie, zajęto się określeniem wpływu zmian warunków hydrodynamicznych w zawieszinie flotacyjnej na kinetykę wypływania poszczególnych składników mineralnych z ich mieszaniny. Dopiero od niedawna zaczyna sobie torować w studiach flotowalności składników z mieszaniny, a więc selektywności, przekonanie o ogromnym wpływie warunków mechanicznych, a zatem hydrodynamiki procesu - na polepszenie rozdziału flotacyjnego. W naszym kraju zapoczątkowano nowe podejście do laboratoryjnych testów flotacyjnych, Prowadzenie testów w automatycznym flotowniku - do zadanego z góry wychodu koncentratu. Wszyscy badacze mieli świadomość niedoskonałości wykonywania testów w maszynkach flotacyjnych przez zbieranie koncentratów po określonym, standaryzowanym czasie. Uzupełniano te testy wyrzykowym sprowadzaniem "kinetyki" wynoszenia. Nowy sposób podejścia daje bogatsze możliwości, w szczególności łatwo prześledzić w nim, jak przy ustalonej wartości wychodu koncentratu zmienia się jego jakość, a więc selektywność procesu - nie tylko pod wpływem zmian składu chemicznego zawiesziny flotacyjnej, lecz także na skutek zmian takich parametrów hydrodynamicznych - jak obroty mieszadła, szybkość dodatkowej aeracji, czy nawet kształt i wymiary komory flotownika laboratoryjnego.

Ad. 3.

Badania sorpcyjne - to przede wszystkim badania nad mechanizmem, wielkością i selektywnością sorpcji niektórych zbieraczy na powierzchniach minerałów. Szczególnie należy podkreślić badania nad mechanizmem sorpcji EtX prowadzone techniką ATR, oraz technikami elektrochemicznymi, radiometrycznymi i fotometrycznymi na minerałach siarczkowych. Badania nad selektywnością sorpcji, to przede wszystkim badania nad dystrybucją zbieraczy pomiędzy minerał użyteczny i skałę płonną rudy. Prowadzą one z jednej strony do wyjaśnienia mechanizmu działania zbieraczy na powierzchni minerałów, znalezienia ilościowych związków pomiędzy wielkością sorpcji, jej warunkami, a flotowalnością minerału, z drugiej zaś zmierzają do wyjaśnienia zawyżonych rozchodów odczynników w procesie flotacji. Generalnie badania tego typu są podstawą dla ustalenia warunków flotowalności danego minerału i w konsekwencji reżimu technologicznego jego flotacji.

Z badaniami sorpcyjnymi wiążą się badania nad przydatnością flotacyjną nowo syntezowanych odczynników flotacyjnych. Tu należy podkreślić badania nad syntezą odczynników flotacyjnych kierowane i prowadzone głównie przez ośrodki w Gliwicach i Wrocławiu.

Istotnymi także wydają się badania nad sorpcyjnymi własnościami zbieraczy wielkofunkcyjnych, pozwalających na flotację zarówno utlenionych jak i siarczkowych form mineralnych, jak również kolektorów mieszanych jonowych i jonowo-niepolarnych. Badania nad mechanizmem sorpcji substancji dających z metalami wzbogacanego minerału związek trudno rozpuszczalny oraz łączących się z typowym zbieraczem flotacyjnym, zasługują tu na szczególną uwagę, jeżeli zważy się możliwość zapewnienia tą drogą flotacji bardzo drobnych ziarn mineralnych.

Ad. 4.

Badania nad własnościami cienkich filmów i błonek cieczy apolarnych na ciałach stałych i na swobodnych granicach faz są związane z fizykochemicznymi podstawami flotowalności minerałów z natury hydrofobowych, a przede wszystkim flotowalnością siarki i węgla. Badania te dotyczą przede wszystkim struktury filmu powierzchniowego, właściwości różnych błonek tworzonych z cieczy apolarnych, kinetyki ich powstawania, oraz właściwości błonek i filmów powstających z mieszaniny zbieraczy apolarno-polarnych. Tu należy wyraźnie podkreślić szczególne znaczenie filmów mieszanych, jako że badania nad nimi mogą doprowadzić do zmniejszenia zużycia drogich zbieraczy jonowych.

Ad. 5.

Badania nad procesami flokulacji i koagulacji wiążą się bezpośrednio z zagadnieniami stabilności układów zdyspergowanych, a przede wszystkim badaniami nad warunkami stabilności i destabilizacji. Ze względu na bezpośrednie powiązanie z praktyką zagadnienia te są szczególnie ważne. Tu należy wymienić przede wszystkim badania nad:

- mechanizmem działania makrocząstek na powierzchni minerału, a przede wszystkim procesami ich adsorpcji i konfiguracji na powierzchni;
- wpływem elektrycznego stanu powierzchni ciała stałego na procesy sorpcyjne makrocząstek flokulanta,
- rolę jonów w roztworze i na powierzchni ciała stałego, warunkującą wielkość i mechanizm procesów sorpcji polimerów,
- efektywnością procesu flokulacji różnego rodzaju ziarn mineralnych,
- strukturą i trwałością tworzących się flokuł.

Z zagadnieniami powyższymi wiążą się problemy utylitarne, związane głównie z klarowaniem zawieszin, oczyszczaniem i uzdatnianiem wód oraz zagadnienia utylizacji odpadów i ich zagospodarowania.

Znaczne ilości odpadów, jakie powstają w przemyśle przeróbczym oraz olbrzymie ilości mułów węglowych, warunkują badania nad najlepszymi sposobami ich utylizacji. Częstokroć jak ma to miejsce w przypadku węgla odzyskane tą drogą substancje stanowią cenny surowiec do dalszego wykorzystania w przemyśle czy innych gałęziach gospodarki narodowej. W badaniach tych należy szczególnie zwracać uwagę na zależność przebiegu wzbogacania od stopnia utlenienia węgla.

Ad. 6.

Konieczność wzbogacania drobnych ziarn mineralnych oraz rud wieloskładnikowych, w których minerały użyteczne występują w znacznym rozdrobnieniu, warunkują badania nad fizykochemicznymi właściwościami układów zdyspergowanych. Z badaniami tymi łączą się tzw. koloidalne metody wzbogacania, jak np. selektywna flokulacja czy selektywna koagulacja.

Podstawowym zagadnieniem tej problematyki są warunki stabilności układów zdyspergowanych i metody ich destabilizacji. Ważnym natomiast zagadnieniem dla praktyki flotacyjnej jest problematyka powstawania tzw. pokryć mułowych, flotowalność ziarn bardzo drobnych i metody usuwania ziarn mułowych z powierzchni ziarn większych. Podnoszona problematyka wiąże się bezpośrednio z selektywnością flotacji.

Należy podkreślić, że klasyczna teoria stabilizacji układów koloidalnych DLVO nie wystarcza do opisu zjawisk zachodzących w układach flotacyjnych. Teoria ta, biorąc pod uwagę siły dalekiego zasięgu van der

Waalsa i elektrostatyczne pozwala na oszacowanie energii i sił oddziaływania cząstek przed ich kontaktem lub dla krótkich czasów kontaktu, gdy nie rozwinęły się jeszcze znaczne deformacje powierzchni styku. Ponadto, teoria DLVO odnosi się do układów równowagowych, zaś zarówno proces tworzenia pokryć mułowych, jak i osadzenie drobnych cząstek na powierzchni pęcherzyka powietrza, zachodzą ze skończonymi szybkościami, które przy obecnym stanie nauki nie mogą być dokładnie oszacowane.

Szczególnie istotnym etapem obu wspomnianych procesów jest hydrodynamiczny transport cząstek w pobliżu powierzchni, na której są one osadzane powierzchni tzw. kolektora, oraz dyfuzja drobnych cząstek szlamowych na odległościach rzędu ich średnicy. Szybkość transportu cząstek jeśli nie limituje szybkości całego procesu tworzenia pokrycia szlamowego, określa co najmniej maksymalne wartości kinetycznych parametrów tego zjawiska. Ze względu na szczególne własności hydrodynamiczne warstwy przyściennej konwekcyjna dyfuzja cząstek w tej warstwie, zachodząca pod wpływem pola sił zewnętrznych, wynikających z oddziaływań van der Waalsa i elektrostatycznych, efektów grawitacji i hydrodynamicznych, ma szczególne znaczenie dla opisu transportu cząstek do powierzchni kolektora. Tłumienie turbulencji w warstwie przyściennej pozwala na znaczne uproszczenie rozważań przez przyjęcie modelu ruchu laminarnego cieczy w bezpośrednim pobliżu kolektora. Mimo to zagadnienie hydrodynamiki transportu cząstek do powierzchni kolektorów jest w większości przypadków niemożliwe do rozwiązania bez użycia skomplikowanych metod numerycznego całkowania odpowiednich układów równań różniczkowych.

Ponadto skończone czasy tworzenia się i ustalania ładunków powierzchniowych powodują, że dla większości układów praktycznych oddziaływania elektrostatyczne cząstki z kolektorem należy traktować jako zjawisko dynamiczne. Zwykle, po utworzeniu kontaktu, zmiany ładunku powierzchni prowadzą do wzrostu sił adhezji, a więc i trwałości pokrycia. Niestety brak do dzisiaj odpowiedniego dynamicznego modelu podwójnej warstwy elektrycznej, który pozwoliłby na ścisłą ocenę tego efektu. Innym ważnym czynnikiem, rzutuującym na trwałość pokrycia szlamowego jest fakt, że niesprężyste odkształcenie materiału w obszarze wzajemnego kontaktu cząstki i kolektora prowadzi do wzrostu sił adhezji. I tu także brak teorii mikrowytrzymałości i pełzania materiałów nie pozwala na głębszą ocenę tego zjawiska.

Mimo, że wiele z czynników wpływających na proces tworzenia pokryć szlamowych można opisać jedynie w sposób jakościowy lub co najwyżej ilościowy; wszystkie te zjawiska należy mieć na uwadze, gdy rozważa się proces o tak złożonym mechanizmie.

Na zakończenie tego krótkiego i niecałkowitego przeglądu zagadnień związanych z fizykochemią procesów wzbogacania kopalin należy wspomnieć,

12 badania, o których mowa, były prowadzone w kilku problemach, jak np. Węzłowym 03.10 Międzyresortowym 1/17 i Rządowym PR-2, problemach branżowych DIN, a także były prowadzone na bezpośrednie zlecenia jednostek gospodarki narodowej.

Odrębnym zagadnieniem przy omawianiu tej problematyki poza oceną stanu badań, jest także ocena ich poziomu, oraz w jaki sposób badania te rzutują na zagadnienia bezpośrednio związane ze wzbogacaniem kopalin.

Jednym z mierników mogą być tutaj publikacje wyników badań w czasopismach o zasięgu światowym, prezentowanie prac na międzynarodowych sympozjach czy światowych kongresach, a także oddźwięk, jaki one wywołują. Jednym z kolei miernikiem aktywności naukowej fizykochemików zajmujących się omawianą problematyką, są organizowane w kraju sympozja, seminaria czy kolokwia, a w szczególności te, które odbywają się systematycznie. Badania fizykochemiczne omówionego typu są nierozzerwalnie związane ze stanem i rozwojem przemysłu przerobczego. Stanowią one pierwsze ogniwo przy opracowywaniu nowych technologii wzbogacania, jak też winny być bazą dla wyjaśnienia szeregu problemów, z którymi przemysł przerobczy się spotyka. Stąd przy ocenie stanu i poziomu podstawowych badań fizykochemicznych należy wziąć pod uwagę także i oddźwięk oraz zapotrzebowanie na te badania ze strony przemysłu. Na koniec, biorąc pod uwagę, że fizykochemia jest podstawą procesów przerobczych, jej rola to także kształcenia specjalistów dla przemysłu.

Odpowiedź na postawione wyżej pytania jest trudne, a ocena bezpośrednich osiągnięć i oszacowanie ich poziomu światowego wykracza poza kompetencje autorów niniejszego opracowania. Można jednak z przekonaniem stwierdzić, że w ostatnich latach ilość prac publikowanych przez autorów polskich w czasopismach o zasięgu światowym i uznanym poziomie naukowym uległa wyraźnemu zwiększeniu. Prace polskich autorów są systematycznie także prezentowane na światowych kongresach przerobczych, wyniki tych prac są cytowane w pracach oryginalnych i monografiach.

Przemysł przerobczy zwraca się często do fizykochemików z prośbą o rozwiązanie nurtujących go problemów, jednakże na współpracę tę spojrzeć należy krytycznie. Zdaniem autorów, współpraca ta jest jeszcze niedostateczna, przepływ informacji nie jest sprawnie zorganizowany, a w konsekwencji potencjał badawczy fizykochemii nie jest w pełni przez ten przemysł wykorzystywany.

Przystępując do analizowania perspektyw, jakie stoją przed fizykochemią wzbogacania minerałów należy przede wszystkim zwrócić uwagę na fakt poważnego niedoinwestowania jej warsztatu badawczego, w szczególności niedoinwestowania w nowoczesną aparaturę. Fakt ten rzutuje mocno na tematykę, a także poziom i tempo prowadzonych badań. Stąd wydaje się, że utrzymanie odpowiedniego poziomu tych badań musi być warunkowane

większym niż dotychczas zakresem wyposażenia laboratoriów badawczych. Można do tego doprowadzić, mając na uwadze aktualny stan gospodarki narodowej tylko poprzez silniejsze i bardziej efektywne powiązanie prowadzonych badań z potrzebami przemysłu. Wydaje się, że powiązanie to może odbywać się przede wszystkim przez udział w opracowaniu technologii dla nowo zagospodarowanych kopalin, a także przy rozwiązywaniu innych istotnych dla przemysłu zagadnień. Należy przypuszczać, że wobec generalnego nie sprawdzenia się w praktyce idei zakupu licencji oraz opracowywania przez zagranicznych kontrahentów technologii, oparcie się przez przemysł na polskiej bazie naukowej jest dla tego przemysłu nieodzowne.

Podejście może tu być dwójakie; należy rozwijać

- 1^o badania fizykochemiczne nad konkretną kopaliną w kierunku jej kompleksowego zagospodarowania, oraz
- 2^o badania podstawowe nad procesami elementarnymi lub zjawiskami fizykochemicznymi, leżącymi u podstaw wielu metod przeróbki różnych kopalin.

W podejściu pierwszym ważną rolę do odegrania mają badania nad opracowywaniem skutecznych metod odsiarczania węgla kamiennego. Wobec skali wydobycia tej kopaliny, ciągłego zwiększania się asortymentów węgla ze znaczną zawartością siarki, oraz zaostrzonymi wymaganiami co do jakości węgla, problemy ich odsiarczania stanowią jedno z kluczowych zagadnień dla fizykochemików.

Autorzy wyrażają przekonanie, iż intensyfikacja badań nad tym zagadnieniem jest nieodzowna.

- Z problematyką węglową wiąże się zagadnienie zapopielenia. Problem ten mimo licznych badań winien być przedmiotem prac prowadzonych szczególnie w powiązaniu ze studiami powstawania pokryć mułowych.
- Znaczne ilości mułów węglowych, zawierających cenny, a w niedostatecznym stopniu wykorzystany materiał, warunkują konieczność intensyfikacji badań nad zagadnieniami ich odwadniania. Badania te dotyczą stabilności układów zdyspergowanych i problematyki warunków ich destabilizacji.

Według podejścia drugiego winno się rozwijać następującą problematykę;

- Konieczność sięgania do złóż ubogich i trudnowzbogacalnych warunkuje intensyfikację badań nad niekonwencjonalnymi metodami wzbogacania. Pod tym pojęciem należy rozumieć badania nad selektywną flokulacją i koagulacją oraz badania nad łącznymi procesami flotacyjno-flokulacyjnymi.

Wiążą się z tym problemem badania mechanizmu działania kolektorów mieszanych i kolektorów zawierających w tej samej cząsteczce kilka różnych grup funkcyjnych. Badania te powinny zmierzać do opracowania

technologii wzbogacania trudno wzbogacalnych rud utlenionych i siarcz-
kowych, przykład ; utlenione minerały cynku.

- Coraz powszechniej podkreślana jest istotność roli zjawisk elektro-
chemicznych towarzyszących procesom sorpcji odczynników flotacyjnych
na powierzchni minerałów, warunkuje to dalsze badania nad zagadnie-
niami podwójnej warstwy elektrycznej, mechanizm powstawania ładunku
elektrycznego i badania nad potencjałami granic fazowych.
- Mechanizm sorpcji odczynników flotacyjnych i jonów - aktywatorów pro-
cesu flotacji, odgrywa istotną rolę w poznaniu podstaw procesów wzbo-
gacania. Wynika stąd konieczność kontynuowania w najbliższych latach
badań struktury adsorpcyjnych warstw powierzchniowych oraz badań wiel-
kości i mechanizmów sorpcji. Z wymienionymi zagadnieniami wiąże się
także problematyka oddziaływania makrocząstek polimerów z ziarnami
minerałów. Zagadnienie to jest szczególnie istotne w opisie podstaw
zjawiska flokulacji.
- Ze względu na drobne okruszczowanie wielu naszych kopalin i wynikająca
stąd konieczność głębokiego mielenia, oraz z uwagi na problemy ekolo-
giczne związane z koniecznością zamykania obiegów wodno-mułowych,
szczególnego znaczenia nabierają badania nad szeroko rozumianymi wła-
ściwościami zawieszin cząstek z pogranicza rozdrobnienia koloidalnego.
Najważniejszymi, dotąd niedostatecznie poznanymi, problemami są tu
mechanizmy warunkujące osadzanie drobnych cząstek na powierzchni ko-
lektorów o wymiarach makroskopowych zjawisko to jest odpowiedzialne
zarówno za tworzenie tzw. pokryw mułowych, jak też leży u podstaw me-
tod wydzielania szlamów. Jak wyżej wspomniano, bardzo istotnym pro-
blemem badawczym jest tu stworzenie dynamicznego modelu podwójnej wa-
rstwy elektrycznej. Innym, równie ważnym zagadnieniem jest rozwija-
nie metod opisu oddziaływań hydrodynamicznych w układach zdyspergow-
anych. W wielu przypadkach hydrodynamiczny transport cząstek dyfuzja
konwekcyjna określa parametry kinetyczne procesów technologicznych.
Należy więc rozwijać metody obliczeniowe, oparte na analizie wymiaro-
wej i innych metodach przybliżonego rozwiązywania układów cząstkowych
równań różniczkowych oraz metody eksperymentalnego testowania teorii
na uproszczonych układach modelowych. Chodzi tu o badania szybkości
flokulacji i koagulacji, stabilności cienkich filmów ciekłych, kinety-
ki osadzania cząstek w układach o różnych geometriach i w różnych wa-
runkach hydrodynamicznych.
- Jest wreszcie ze wszech miar użytecznym rozwijanie badań podstawowych
nad utylizacją odpadów. Opracowanie tego tematu wymaga obok ukierunko-
wania na odpowiednie, wszechstronne wykorzystanie odpadów, komplekso-
wego rozpatrywania warunków - wcześniej wspomnianego zamykania obie-
gów wodnych, oraz warunków narzuconych ochroną naturalnego środowiska

przyrodniczego, a w szczególności czystości atmosfery oraz rzek i cieków wodnych.

Nawet ten pobieżny przegląd wskazuje, jak wiele różnorodnych, często ząbających się nawzajem zagadnień, czeka jeszcze na rozwiązanie przez fizykochemików zajmujących się problematyką wzbogacania flotacyjnego.

Wydaje się, że dotychczasowe kierunki prac, rozwinięte w wielu ośrodkach naukowych kraju, a w szczególności we Wrocławiu, Gliwicach, Krakowie, Lublinie oraz Katowicach, przygotowały do podjęcia omówionych typów badań, odpowiednio wykształconą kadrą naukową. Kryzysowa jest natomiast sytuacja w dziedzinie wyposażenia aparaturowo-pomiarowego pracowników badawczych. Sądzić należy, że w tej sytuacji, przynajmniej w perspektywie kilku najbliższych lat, liczyć trzeba bardziej na inwencję i precyzję myślenia, niż na warsztat eksperymentalny badaczy.

ABSTRACT

Szczypa J., Pomianowski A., Czarnecki J., 1985. Physicochemical basic investigations on flotation of mineral raw materials.

Physicochem. Probl. Miner. Process., 17; 17-28, (polish text).

The paper presents progress in basic research on physicochemical methods applied for processing of mineral raw materials (mainly flotation), carried out in Polish research centres.

СОДЕРЖАНИЕ

Щчипа Е., Помяновски А., Чарнепки Я., 1985. Основные физико-химические исследования, относящиеся к флотации минерального сырья. Физико-химические вопросы обогащения, 17; 17-28.

Представлено состояние основных исследований из области физико-химических методов обогащения минерального сырья, в основном, флотаций, реализованных в польских научных центрах.