

*Kazimierz Stanisław Sztaba**

ROZWAŻANIA O PERSPEKTYWACH ROZWOJU INŻYNIERII MINERALNEJ I JEGO UWARUNKOWANIACH

1. Wprowadzenie

Powtarzanie dobrze już ugruntowanych prawd o znaczeniu surowców pochodzenia mineralnego dla gospodarki, a więc i dla utrzymania i podnoszenia poziomu cywilizacyjnego społeczeństwa, a także o ograniczoności i podstawowej nieodtwarzalności ich zasobów pierwotnych, jest oczywistym truizmem. Nie ma jednak bynajmniej takiego charakteru rozważanie warunków i sposobów zapewniania stałego i niezakłóconego zaopatrywania społeczeństwa w jego działaniach na rzecz nie tylko podtrzymania własnej egzystencji, ale w ogóle rozwoju cywilizacyjnego, w rozliczne materiały i substancje możliwe do pozyskania tylko z takich surowców — nie występujące nigdzie indziej. Zanim można będzie poważniej myśleć np. o sprowadzaniu takich materiałów spoza Ziemi — co jest jednym z motywów powtarzających się w licznych opowiadaniach fantastycznych — trzeba byłoby w pierwszym rzędzie zapewnić możliwość osiągnięcia niezbędnego do podobnych przedsięwzięć poziomu nauki i techniki, zapewniającego nie tylko techniczną wykonalność, ale i opłacalność takiego przedsięwzięcia, a tego nie da się zrobić „z niczego”, ani w rozsądnie krótkim, a nawet w ogóle już obecnie dającym się przewidzieć czasie. Czy można więc sformułować w miarę racjonalne zasady postępowania, pozwalającego na uniknięcie zagrożenia głodem surowcowym, chociaż z pewnością bardzo niejednorodny rozkład wielkości i dostępności zasobów różnych surowców możliwość jego wystąpienia rozciąga na bardzo długi okres czasu (np. w przypadku zasobów soli kamiennej liczony nawet w tysiącletniach), a takie realne zagrożenie ogranicza do stosunkowo wąskiej grupy surowców. Do tej grupy jednak z pewnością należą tak ważne substancje, jak liczne pierwiastki metaliczne, zwłaszcza z grupy rzadkich i rozproszonych, o rosnącym znaczeniu dla najbardziej nowoczesnych, rozwojowych dziedzin nauki i techniki. Trudne do przewidzenia w szczegółach są także: postać i tempo rozwoju tych ostatnich, co pozwoliłoby bardziej konkretnie oszacować zarówno zakres możliwych — o drastycznej skali — niedoborów materiałowych, jak i przypuszczalne

* Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

terminy ich wystąpienia. Te wstępne uwagi nie są oczywiście żadną nowością. Wspomniane oszacowania są od dłuższego, lub krótszego czasu prowadzone zarówno w większości krajów prowadzących przynajmniej w miarę racjonalną politykę gospodarczą, jak i w skali globalnej. W wielu dziedzinach zarysowano już zarówno bardzo konkretne postulaty dotyczące postępowania w zakresie gospodarki surowcami z niektórych grup, jak i wyspecyfikowano główne kierunki niezbędnych działań. Jako przykład należy w pierwszym rzędzie podać liczne i wielostronne analizy i prognozy oraz postępowania zaradcze, nie tylko postulowane, ale i w znaczącej mierze realizowane, dotyczące zapewnienia zaopatrzenia w energię, opartego w chwili obecnej w przeważającej części na użytkowaniu surowców pochodzenia mineralnego (węgle kopalne, ropa naftowa, gaz ziemny), w tym przypadku zużywanych w całości bezzwrotnie. W dalszym ciągu niniejszych uwag nie będzie więc rozwijany problem zapewnienia źródeł energii.

2. Warunki stałego korzystania z materiałów pochodzenia mineralnego

Na razie pierwotne zasoby surowcowe w zasadzie wystarczają dla zaspokojenia bieżącego zapotrzebowania, ale nieubłagany upływ czasu i wzrastające ich zużywanie powodują, że należy poważnie zająć się przesterowaniem zasady korzystania z nich w ujęciu w dalszym ciągu głównie ekstensywnym, na rzecz intensywnego, ze zdecydowaną przewagą świadomie wymuszanego i kierowanego, wielokrotnego użytkowania i zwracania do obiegu użytecznych składników materiałów, które znalazły się już poza sferą złóż pierwotnych — zostały wyeksploatowane i wprowadzone do obiegu gospodarczego. Takie wielokrotne użytkowanie — teoretycznie aż do naturalnego rozproszenia i bezzwrotnego zużycia całej ilości określonego składnika użytecznego, zawartej w pewnej partii materiału pierwotnego (kopaliny i powstałego bezpośrednio z niej surowca użytkowego) — nie może już dotyczyć jego początkowej, wejściowej formy — minerału, czy w ogóle związku chemicznego, postaci fizycznej itp. W każdym etapie procesów przerobczych, a zwłaszcza przetwórczych, czy następującego po nich użytkowania gotowych wyrobów, następuje radykalna z reguły przemiana tej formy wejściowej. Wobec tego przedmiotem działań podejmowanych na rzecz odzyskania po raz kolejny cennego składnika, może być w zasadzie tylko sam ów składnik, a praktycznie tylko takie jego związki i postacie ich występowania, w jakich pozostaje on po zakończeniu użytkowej części procedury kolejnego etapu zagospodarowywania materiału pierwotnego. Wszelkie materiały, jakie już przebyły dowolny etap uzdatniania prowadzącego do ich praktycznego wykorzystania i w dalszym ciągu nie nadają się do kontynuowania pierwotnie przyjętego sposobu ich użytkowania, ale nadal powinny być przedmiotem zainteresowania ze względu na swój skład i inne właściwości, należy zaliczyć do grupy surowców wtórnych.

Wśród surowców wtórnych powstających w związku z użytkowaniem surowców pochodzenia mineralnego można wyróżnić dwa główne typy wymagające zróżnicowanego podejścia do zabiegów utylizacyjnych, umożliwiających dalsze wykorzystywanie cennych składników i innych właściwości takich surowców.

Do grupy pierwszej zaliczam materiały, które powstały jako odpady po wstępnej przeróbce, realizowanej z użyciem procedur inżynierii mineralnej — przeróbki kopalin — prowadzonej w szczególności z użyciem operacji „klasycznych” dla tej gałęzi techniki, a więc w zasadzie nie powodujących zmiany składu chemicznego i podstawowych właściwości fizycznych składników materiału pierwotnego — nadawy tego etapu użytkowania, będącego w istocie wstępnym przygotowaniem do właściwego użytkowania. Różnice wobec materiału wejściowego to w zdecydowanej większości przypadków przede wszystkim zmieniona — najczęściej w drastycznym stopniu — postać takich odpadów: bardzo silne, a co najmniej znaczne rozdrobnienie oraz możliwa zmiana rozkładu kształtu, jak też struktury i częściowo właściwości powierzchniowych ziarn (naruszenie spójności ziarna oraz ewentualny wynik powierzchniowej aktywacji mechanicznej — spowodowane przez siły działające w związku z rozdrabnianiem, a także zmiany wywołane przez działanie wody używanej w procesach technologicznych i inne), jak również bardzo poważnie zmienione proporcje zawartości poszczególnych składników na rzecz powiększenia udziału tych, które nie są w zamierzonym sposobie użytkowania składnikami użytecznymi: minerały płonne w odpadach procesów wzbogacania, nieużyteczne frakcje ziarnowe w odpadach przeróbki większości surowców skalnych itp. Natomiast skład mineralny, włączając minerały będące nośnikami składników użytecznych, pozostaje w zasadzie jakościowo niezmienny.

Druga grupa surowców wtórnych to odpady procesów przetwórczych przebiegających ze zmianą właściwości chemicznych lub (i) głębokimi przemianami struktury poddawanych im materiałów, a także odpady poużytkowe (zarówno poinwestycyjne, jak pokonsumpcyjne). W zdecydowanej większości przypadków właściwości tych odpadów różnią się zdecydowanie (a odpadów pokonsumpcyjnych różnią się zasadniczo) od surowców pierwotnych. Cechą wspólną jest właściwie tylko jakościowy skład chemiczny (zawierają te same pierwiastki co surowce pierwotne, z koniecznością uwzględnienia jednak jeszcze dodatkowych substancji wprowadzanych bardzo często w trakcie procesów przetwórczych), ale nie dotyczy to już nie tylko średniego składu ilościowego, ale z reguły również specyfikacji zawartych w nich związków, w składzie których występują owe „wspólne” pierwiastki. Taka charakterystyka jest typowa dla odpadów procesów przetwórczych, z reguły o bardzo jednolitym składzie. Można w nich zawsze wskazać składnik (też pierwiastek) o dominującej roli, którego obecność jest oczywiście wynikiem regulowania właściwości — w tym składu chemicznego — produkowanych w tych procesach materiałów użytkowych — przede wszystkim surowców przeznaczonych już do konkretnych celów — wytwarzania produktów końcowych (użytkowych). Właściwości tych produktów procesów przetwórczych wynikają oczywiście z potrzeby uzyskania założonych cech użytkowych przedmiotów będących produktami końcowymi całego procesu wytwórczego. Przedmioty te po zużyciu lub zastąpieniu korzystniejszym użytkowo (z uwzględnieniem też aspektu ekonomicznego) rozwiązaniem, przechodzą do grupy odpadów poużytkowych.

Odpady poużytkowe są najdawniej zagospodarowywanym rodzajem odpadów. Już w czasach prehistorycznych wykorzystywano wtórnie poużytkowe i poprodukcyjne złomy metali, z reguły bardzo cennych ze względu na rzadkość i trudności pozyskiwania, a stosowanych do wyrobu nie tylko przedmiotów użytkowych (narzędzia, broń), ale i ozdobnych, czy służących np. rozrywce. W mniejszym stopniu dotyczyło to złomowanych przedmiotów szklanych i wykonanych z innych podobnych tworzyw. Wspólną cechą tych surowców

wtórnych, była znaczna jednorodność składu i właściwości fizycznych, pozwalająca na wykonywanie z tak pozyskanych materiałów, przedmiotów podobnego typu, jak wcześniej zużyte. Ten rodzaj odpadów stanowi w dalszym ciągu przeważającą część masowo użytkowanych surowców wtórnych, do których należy jeszcze dodać odpady papieru, znacznej części tworzyw sztucznych itp. Jednak poważna i stale rosnąca część odpadów z niektórych grup poużytkowych, a i poprodukcyjnych, wykazuje cechy „gotowych” do użycia surowców wtórnych tylko w ograniczonym stopniu. Powszechnie jest bowiem od bardzo już długiego czasu, tworzenie z użyciem podstawowych surowców o naturalnych składach i właściwościach — metali, związków krzemianowych i glinokrzemianowych oraz innych — całkowicie nowych jakościowo materiałów: stopów, kompozytów, szklivi i tworzyw ceramicznych, a także wielu innych o właściwościach coraz ściślej odpowiadających konkretnym wymaganiom praktycznym. Pozostające po zużyciu wykonanych z nich przedmiotów odpady tego typu materiałów nie dają się w zasadzie przywrócić do stanu pierwotnych składników¹⁾. Mogą one być co najwyżej stosowane po odpowiednich procedurach wydzielenia (często z przedmiotów użytkowych o bardzo złożonych konstrukcjach, a więc i zawierających wiele różnorodnych materiałów) i oczyszczania, ściśle do tych samych celów co poprzednio, z niewielkimi możliwościami korekty lub zmiany składu, zwykle ograniczonymi zresztą do materiałów dających się przeprowadzić w stan ciekły (metale, szkliwa), lub bardzo drobno uziarniony (niektóre kompozyty i tworzywa ceramiczne oraz tworzywa polimerowe). Możliwość efektywnego wykorzystywania omawianych materiałów jako surowców wtórnych — w pełnym znaczeniu tego pojęcia — ma szereg ogólniejszych ograniczeń.

Należy do nich w pierwszym rzędzie znaczna niejednorodność ostatnio wymienionych odpadów, traktowanych jako pewien wydzielony obszar pozyskiwania potencjalnych surowców. Wynika z niej konieczność selektywnego gromadzenia, lub późniejszego selekcyjonowania takich tworzyw nie tylko według podstawowych grup materiałów, ale w tych grupach według często bardzo wąsko wyróżnianych rodzajów o ściśle określonych właściwościach, zwłaszcza składach, a liczba takich rodzajów, opracowywanych do najrozmaitszych zastosowań, jest w przypadku niektórych powszechnie stosowanych tworzyw wręcz zawrotna i stale rośnie. Wypada przykładowo tylko wspomnieć, że ogromna różnorodność stopów aluminium już przed laty została uznana za główną przeszkodę w podwyższaniu stopnia wtórnego wykorzystywania złomów wykonanych z nich przedmiotów i niewątpliwie nadal wpływa na ich stosunkowo niewielki zawrót poużytkowy (recykling) i wtórne użytkowanie. Z analogicznych powodów zwroty stłuczki szklanej, pozwalające na zmniejszenie nie tyle zapotrzebowania na dość powszechnie na razie dostępne naturalne materiały do produkcji szkła (choć nie można tracić z pola widzenia skutków ubocznych ich eksploatacji — z reguły odkrywkowej — dewastującej środowisko przyrodnicze), co na zmniejszenie ogólnej ilości energii zużywanej łącznie do produkcji wyrobów szklanych, zwłaszcza wobec wyraźnej tendencji powrotu do ich powszechnego, masowego stosowania, sta-

¹⁾ Można przypomnieć ogólną prawidłowość wynikającą z bilansu składników (niepodlegających zmianom w trakcie użytkowania omawianych materiałów, a więc przede wszystkim pierwiastków): w odniesieniu do materiału pierwotnego — wejściowego dla całego proceduru jego użytkowania, wszystkie produkty — odpady przerobowe, przetwórcze i poużytkowe — powstałe po jego całkowitym zużyciu i po uwzględnieniu powstających „po drodze” strat (rozpraszania się części materiału) — łącznie bilansują się co do składu z tym materiałem pierwotnym; prawidłowość ta zachodzi oczywiście również w każdym z osobna etapie użytkowania.

nowią dotychczas niewielką część wsadu zakładów produkcji szkła. Jeszcze mniej zachęcająco przedstawia się z powodu złożonych właściwości przy niewielkiej wartości jednostkowej, szersze stosowanie pospolitych materiałów budowlanych, odzyskiwanych z rozbiórek budynków, ale i nawierzchni dróg i innych, w znaczącej części — poza np. kształtkami budowlanymi — w postaci gruzu.

Tymczasem przede wszystkim w licznych stopach metali i w odpadach przetwórstwa surowców metalonośnych, rzadziej w pozostałych wymienionych przykładowo rodzajach odpadów, zawarte są wspomniane już pierwiastki i inne składniki — głównie metaliczne, ale nie tylko — rzadko występujące i z trudem pozyskiwane, a bezwzględnie konieczne w różnych zastosowaniach specjalnych. Ich odzysk ma duże znaczenie tak dla zapewnienia ich otrzymania, jak dla ekonomiki produkcji w odnośnych jej gałęziach.

W opisanej sytuacji w zakresie pozyskiwania i oszczędności — w tym i odzyskiwania już poprzednio wykorzystanych materiałów, zwłaszcza niektórych specjalnych — należy upatrywać szczególną rolę inżynierii mineralnej, rozwiniętej przeciw z przeróbki kopalni poprzez jej wzbogacenie zarówno o nowe elementy wykonawcze — całe działy technologii poprzednio zaliczanych tylko do przetwórczych — jak i poszerzenie obszaru działania na pełny zespół przedmiotów materialnych wywodzących się z surowców mineralnych, lub mających z nimi zbieżne właściwości.

Przed przejściem do rozważań bardziej szczegółowych o roli inżynierii mineralnej w zapewnianiu stałego dysponowania wszelkimi materiałami pochodzenia mineralnego, niezbędnymi do utrzymania niezbędnej dla kondycji i rozwoju społeczeństwa, stanu procesów wytwórczych, trzeba jeszcze podkreślić wielokrotnie podnoszoną konieczność współdziałania w tej dziedzinie ze strony wytwórców — odbiorców omawianych surowców. Rola takich jednostek to modyfikowanie istniejących i opracowywanie nowych technologii, możliwie oszczędnie stosujących szczególnie deficytowe i trudno dostępne materiały, wykorzystujących w miarę możliwości własne zawroty wewnętrznych, czy korzystających — przy podobnych uwarunkowaniach — z substytutów takich materiałów. Może to nie okazać się możliwe np. w szybko rozwijających się dziedzinach elektroniki, technologii środków farmaceutycznych, materiałów o specjalnych właściwościach itp., do których wykorzystuje się bardzo konkretne właściwości tylko niektórych pierwiastków rzadkich i rozproszonych, a także trudno osiągalnych związków. Duże pole do popisu ma natomiast inwencja twórcza w dziedzinie wytwarzania materiałów konstrukcyjnych, czy tworzyw ceramicznych, gdzie już od dłuższego czasu notuje się znaczące wyniki w stosowaniu nawet w wyrobach o specjalnych wymaganiach jakościowych, rozmaitych materiałów odpadowych po ich dokładnym wyselekcjonowaniu i opracowaniu nowych, uwzględniających właściwości tych odpadów, receptur i procedur technologicznych. Szczegółowe roztrząsanie tych możliwości i ich uwarunkowań nie jest przedmiotem niniejszego opracowania.

3. Miejsce i możliwości inżynierii mineralnej w racjonalnym użytkowaniu surowców

Uwagi przedstawiane w dalszym ciągu będą tylko w niewielkim stopniu — przy omawianiu ogólnych zasad korzystania z surowcowych zasobów środowiska przyrodniczego — dotyczyły surowców pierwotnych — kopalni wydobywanych ze złóż, odpowiadających

pewnym, aktualnie obowiązującym kryteriom użyteczności, w tym bilansowości. Można przyjąć, że dla takich materiałów są opracowane i w zasadzie stosowane wystarczająco racjonalne metody przeróbki, wymagające oczywiście doskonalenia samej technologii, a także jej zabezpieczeń w postaci urządzeń i aparatów do realizacji poszczególnych operacji procesu technologicznego, ich kontrolowania i wspomagania przy pomocy układów kontrolno-dyspozycyjnych, metod oceny i optymalizacji technologicznej i ekonomicznej itp., a w każdym razie potrzeby i perspektywy dalszych rozwinięć aktualnego stanu, uwzględniające między innymi konieczność nadszycia za zmieniającą się z biegiem czasu charakterystyką większości takich surowców, są w miarę czytelne. Ogólne uwagi o kierunkach rozwoju inżynierii mineralnej dotyczą jednak także tej grupy surowców.

Owe dalsze uwagi będą dotyczyły więc głównie „nietypowych” źródeł potrzebnych gospodarczo materiałów, dostępnych tylko w surowcach mineralnych²⁾, odmiennych od wymienionych kopalni, eksploatowanych aktualnie. Będzie to dotyczyło problemów zagospodarowania odpadowych surowców wtórnych, ale i w równym stopniu — co nie będzie każdorazowo przypomniane — pozabilansowych (ze względu na cechy jakościowe) zasobów pierwotnych, w tym także zawartych w złożach o znacznym stopniu rozproszenia niektórych, szczególnie pożądanym składników. Dla uproszczenia surowce wtórne i pozabilansowe będą dalej umownie określane jako „nietypowe”.

Uzasadniona poprzednio konieczność wielokrotnego użytkowania surowców pochodzenia mineralnego wysuwa na plan pierwszy złożoną problematykę odzyskiwania wartościowych składników z szeroko już scharakteryzowanych odpadów, których nazwa stopniowo traci — niestety zbyt wolno w szerokiej świadomości społecznej — pierwotny, zdecydowanie pejoratywny wydźwięk, stając się coraz bardziej synonimem pojęcia surowców wtórnych. Użytkowanie takich surowców zawierających wartościowe składniki, rozpoczyna się od etapów postępowania takich samych pod względem funkcji technologicznych, jak użytkowanie dowolnych innych materiałów użytecznych ze względu na skład, czy inne właściwości, ale nie nadających się do bezpośredniego zastosowania, a więc w szczególności takich, jak pierwotne surowce kopalne. Stąd zawsze wstępnym pytaniem będzie, czy można wykonać pierwszy krok w kierunku osiągnięcia pożądanego stanu użytkowego danego materiału, stosując rozwiązania technologiczne z zakresu inżynierii mineralnej. Twierdząca odpowiedź na takie pytanie zależy od stanu przygotowania inżynierii mineralnej do szybkiego podjęcia zadania skutecznego wykonania tego pierwszego kroku. Za szukaniem takiej właśnie drogi rozpoczęcia utylizacji dowolnego materiału tylko potencjalnie użytecznego, przemawia nie tylko i nie tyle wielowiekowa praktyka — wręcz tradycja — rozpoczynania użytkowania surowców mineralnych (i w coraz większym stopniu mineralnopodobnych) od stosowania procedur przeróbki kopalni — inżynierii mineralnej — ale czysto praktyczny wzgląd na relatywnie najniższe koszty takich operacji przy ich bardzo dużej skuteczności — w sensie możliwości wykonania w tym „pierwszym kroku” znacznej części zadań modyfikacji surowca, niezbędnej do przekształcenia go z potencjalnie w rzeczywistości użyteczny.

²⁾ W ogólności te zasady są wspólne dla wszelkich materiałów pobieranych ze środowiska przyrodniczego, ale szczególne cechy surowców mineralnych — już wspomniana unikalność właściwości, a zwłaszcza nieodnawialność zasobów naturalnych — uzasadniają ograniczenie rozważań tylko do nich.

Należy z naciskiem przypomnieć, że podstawą inżynierii mineralnej — jej „jądrem”, są rozwiązania technologiczne. One stanowią istotę i sens rozwijania tej dyscypliny, jak zresztą każdej dyscypliny technologicznej — przetwarzającej określony materiał. Wspomniane już „otoczenie”, czy „środowisko” tego „jądra” technologicznego: metody identyfikacji obiektów — materiałów i procesów, maszyny i urządzenia — ich konstrukcja i zasady eksploatacji, układy pomiarowo-kontrolne, programy i algorytmy prowadzenia procesów i ich oceny, rozwiązania projektowe i organizacyjne itp., służą co prawda również rozwojowi wiedzy podstawowej o odnośnych obiektach, lecz w ostatecznym rachunku prawie wyłącznie zapewnieniu maksymalnej skuteczności — technologicznej i ekonomicznej — procesów technologicznych, a same nie zapewnią nowej jakości działania, np. selektywnego wydzielania do koncentratu (koncentratów) innej niż dotychczas (np. większej) liczby składników zawartych w nadawie procesu, czy zapobiegania przechodzeniu do niego składników niepożądanych. Opracowywanie technologii pozyskiwania cennych składników³⁾ z poprzednio omówionych surowców nietypowych o równie „nietypowych” właściwościach, jest niewątpliwie podstawowym zadaniem inżynierii mineralnej.

Jak należałoby racjonalnie wybierać kierunki i wyodrębnione zadania w rozwoju inżynierii mineralnej? Najprostsza i najłatwiejsza do sformułowania odpowiedź mogłaby zapewne brzmieć: utrzymywać ściśle kontakty i szerszą współpracę — przy uwzględnieniu obiektywnych warunków konkurencyjności i ich konsekwencji — z zainteresowanymi jednostkami gospodarczymi, uczestniczyć w analizie stanu biegnących w nich procesów technologicznych, ujawniać tkwiące w nich rezerwy i podejmować — także proponować, a nie tylko przyjmować — zadania zmierzające do ich wykorzystania, aż do wdrożenia wyników osiągniętych w ich realizacji, łącznie z krytyczną oceną rezultatów tego wdrożenia; to samo dotyczy zagadnień szczegółowych z zakresu omówionego już „otoczenia” procesów technologicznych.

Wydaje się, że tak sformułowanej odpowiedzi na zadane pytanie trudno byłoby wiele zarzucić. Trzeba jednakowoż zauważyć, że swoisty „program” nakreślony w tej odpowiedzi może — co prawda — zadowalać zarówno dysponentów jednostek przemysłowych (jeżeli nie mają oni własnego zaplecza badawczego, lub (i) projektowego czy konstruktorskiego, często ulokowanego zagranicą, co występuje coraz częściej w wyniku prywatyzacji zakładów przemysłowych z decydującym udziałem kapitału zagranicznego), jak i zainteresowane krajowe jednostki badawczo-rozwojowe, ale nie wyczerpuje dostatecznie jednoznacznie i zdecydowanie, wszystkich podstawowych celów prowadzenia działalności naukowo-badawczej, szczególnie w jednostkach do niej powołanych i predestynowanych. W zakresie nauk stosowanych od prowadzących taką działalność oczekuje się z reguły formułowania jeżeli już nie całkowicie nowych idei, to w każdym razie wyprzedzających stan aktualny propozycji działań praktycznych, opartych na wnikliwych, twórczych rozważaniach,

³⁾ Operowanie — także w dalszym tekście — zawartością składników użytecznych w materiałach nazywanych tu nietypowymi, jest kolejnym uproszczeniem — będzie chodziło także o sprostanie zaostrzającym się wymaganiom co do innych właściwości produktów, wytwarzanych także nadal z materiałów powszechnie występujących, np. wypełniaczy mineralnych o bardzo precyzyjnie określanych składach ziarnowych, czy kształtach ziarn itp.

jakie wzbogacałyby nie tylko arsenał działań praktycznych, ale i wiedzę podstawową o odnośnej dziedzinie, zawierającą jej opis naukowy, pozwalający z kolei między innymi na dedukcyjne formułowanie kolejnych, nowych propozycji praktycznych. Uznając, że takie zasady dotyczą nie tylko węzłowych dla inżynierii mineralnej problemów technologicznych, ale i kilkakrotnie już wspomnianego ich „otoczenia”, należy pamiętać o centralnej pozycji tych pierwszych i nie można nie wyrażać zaniepokojenia obserwowanym tu i ówdzie odchodzeniem w praktycznym działaniu niektórych jednostek badawczych zajmujących się inżynierią mineralną, od problematyki technologicznej i podobną postawą ich pracowników.

Tymczasem nieco przydługie wprowadzenie do niniejszych uwag, wraz z eksponowaniem w ich głównej części problemów utylizacji określonego rodzaju materiałów — tutaj umownie nazywanych „nietypowymi” — ma na celu wyeksponowanie pewnej już dość wyraźnie dostrzeganej, aczkolwiek powolnej tendencji zmian w warunkach użytkowania surowców mineralnych. Polega ona w skrócie na tym, że w bilansie ich stosowania zmniejsza się udział surowców pierwotnych, których przeróbka jest w zasadzie opanowana i podlega głównie modyfikacjom udoskonalamym i rozwijaniu wielokrotnie wspomnianego otoczenia, na rzecz surowców nietypowych, o wiele bardziej zróżnicowanych wzajemnie, o niewielkich i bardzo niewielkich zawartościach składników użytecznych, dla których brak w zasadzie wyraźnych, ogólniejszych ustaleń co do konstrukcji układów technologicznych kolejnych faz ich utylizacji, nie mówiąc już o dostosowanych do nich elementów otoczenia. Generalne odwrócenie obecnych proporcji zużycia obu grup omawianych materiałów z pewnością nie jest kwestią najbliższych dziesięcioleci, a w globalnym ujęciu nawet stuleci, ale spoglądając w bardziej odległą perspektywę, w rozwiązywaniu złożonej problematyki przeróbki owych surowców nietypowych, od zadań jednostkowych, jakie tu i ówdzie są już aktualne, do sformułowania — być może — nowej filozofii użytkowania, a więc i przetwarzania takich materiałów, otwiera się obszerne pole wyboru głównych kierunków i szczegółowych zadań w rozwoju inżynierii mineralnej.

Trudno w przeglądowym opracowaniu zestawzić z tak znacznym wyprzedzeniem i przy silnym zróżnicowaniu co do czasu pożądanej realizacji, katalog konkretnych zadań i kierunków, w których należy je formułować i rozwijać. Można jednak oceniać je na podstawie bacznej obserwacji tendencji rozwojowych w dziedzinach przetwórstwa, zaspokajających potrzeby najszybciej rosnących kierunków zapotrzebowania. Nie można tylko czekać, czy ktoś inny nie wymyśli czegoś nowego — z istoty treści inżynierii mineralnej wynika dogłębna znajomość właściwości materiałów będących jej obiektami, a więc płynąca stąd zdolność podpowiadania potencjalnym użytkownikom możliwości wykorzystania tych właściwości także w dziedzinach nieobjętych formalnie ich zakresem stosowania. Trzeba się postawić w sytuacji akwizytora posiadanych materiałów, o których właściwościach i możliwościach ich modyfikowania metodami z arsenału inżynierii mineralnej, ma się pełną, a w każdym razie wiarygodną informację i proponować ich wykorzystanie (rozważenie możliwości wykorzystania) w najszybciej rozwijających się zastosowaniach.

W warunkach wszechobecnej konkurencji nie można zapominać o niebezpieczeństwie płynącym z zaniedbania. Niezbędna jest więc szeroka wiedza o przemianach zachodzących w materialnej sferze bytu społeczeństwa, ich kierunkach i głównych tendencjach. Rozwój

inżynierii mineralnej może i musi stać się ważnym czynnikiem zapewniającym rozwój tej sfery. Podstawowym warunkiem koniecznym wykorzystania tej możliwości jest przede wszystkim aktywność grona specjalistów inżynierii mineralnej — jej niewystarczający stopień może doprowadzić do uwiądu tej dziedziny i jej likwidacji na rzecz innych dziedzin technologii, które mogą być także skuteczne w osiągnięciu zamierzonych celów, ale nie skupiając tak szerokiego spektrum zagadnień i możliwości realizacyjnych, jak inżynieria mineralna — co wynika z samej natury surowców mineralnych będących główną przyczyną jej istnienia i podstawowym obiektem działania — mogą nie być tak skuteczne, a zwłaszcza korzystne pod względem ekonomicznym, jak inżynieria mineralna.

4. Ochrona środowiska w świetle zaspokajania potrzeb surowcowych

Jednym z podstawowych kierunków działań na rzecz ochrony środowiska przyrodniczego przy jednoczesnym zaspokajaniu zapotrzebowania na surowce pochodzenia mineralnego, jest dążenie do minimalizacji wybierania pierwotnych zasobów tych surowców (ściśle: kopalin, z których surowce te powstają i są wykorzystywane w kolejnych etapach użytkowania) oraz do jak najpełniejszego — kompleksowego — wykorzystywania całości materiału pozyskanego ze złoża pierwotnego, a więc do produkcji bezodpadowej — nie pozostawiającej jakichkolwiek odpadów mineralnych. Uzasadnienia i uwarunkowania tego stwierdzenia są przedmiotem wielu dostępnych opracowań — w Polsce co najmniej od roku 1970 — co zwalnia od powtarzania ich w tym miejscu (np.: K. Sztaba w [9 — X konferencja, r. 2004] i wiele innych). W ostatnich latach zostały też wprowadzone liczne uregulowania prawno-organizacyjne dotyczące obydwu wymienionych poprzednio zasad [8] — zawarte w nich ustalenia również nie są przedmiotem niniejszych uwag.

Dla przypomnienia podaję więc tylko określenia podstawowe, niekoniecznie w tej postaci usankcjonowane formalnie. W ogólnym ujęciu, odpady są praktycznie rozumiane jako wszelkie produkty materialne⁴⁾ (w dowolnym stanie skupienia, ale włączając też energię) powstające w wyniku procesów życiowych i działań gospodarczych człowieka⁵⁾, które w chwili ich powstania nie mają rzeczywistego zastosowania do dowolnie określonego celu bezpośrednio, lub pod pewnymi warunkami aktualnie możliwymi do spełnienia — [9] i inne liczne źródła.

Kategoryzacja i systematyka odpadów przedstawione w załącznikach do powołanej ustawy [8], odpowiadają aktualnej strukturze jakościowej odpadów powstających w toku różnorodnych procesów życiowych i produkcyjnych. W miarę zachodzenia zmian w strukturze i charakterystyce tych procesów, pojawiania się nowych rodzajów czy nawet kategorii

⁴⁾ Ale czy swego rodzaju „odpadem niematerialnym” nie jest np. zdewastowana okolica wywołująca przygnębiające — stresujące odczucia u jej mieszkańców?

⁵⁾ Wylacza się z tego pojęcia produkty naturalnych procesów przebiegających w środowisku bez interwencji człowieka, traktując je jako elementy ewolucyjnych zmian przebiegających w środowisku i „samorzutnie” kształtujących jego zmieniający się stan.

odpadów znacząco różnych od dotychczas rejestrowanych, czy dezaktualizowania się niektórych procesów lub przynajmniej zmiany właściwości powstających w nich odpadów, treść tych dokumentów będzie zapewne podlegała aktualizacji.

Należy tu przedstawić możliwą do przewidzenia perspektywę kształtowania się zakresu obiektów zaliczanych do odpadów i będących przedmiotami zagospodarowywania. Podstawą rozważań jest przytoczona poprzednio ogólna definicja odpadów. Obszar tych rozważań obejmuje najszerszy możliwy ciąg działań wykonywanych w związku z pozyskiwaniem i zagospodarowywaniem surowców — wg K. Sztaba w [9 — X konferencja, 2004].

Taki ciąg działań rozpoczyna się od zwrócenia uwagi na pewien obiekt stanowiący fragment środowiska przyrodniczego — jedyne, jak dotychczas źródła wszelkiego rodzaju surowców — jako na potencjalny, pierwotny materiał użyteczny do określonego zastosowania. Może to być forma skalna interesująca tak ze względu na skład mineralny jak też inne właściwości, stanowiąca potencjalne złożo kopaliny użytecznej zdolnej do przetworzenia na surowiec mineralny⁶⁾. Można zauważyć, że od tej chwili rozpoczyna się wstępny etap użytkowania takiego obiektu, polegający na wyborze najbardziej interesujących jego fragmentów — bogatszych w interesujący składnik partii formy skalnej lub (i) o bardziej korzystnych właściwościach technologicznych⁷⁾ — zwykle już odtąd traktowanych jako kopalina. Wybrane fragmenty będą podlegały dalszym etapom użytkowania — wykonywania dokumentacji geologicznej uwzględniającej charakterystykę użytkową i właściwości technologiczne skały — kopaliny. Pozostaje jednak reszta formy skalnej, nie wybrana do dalszego użytkowania. Jeżeli nie ma koncepcji zużytkowania tej części, ani racjonalnego przystosowania jej do takiego celu, to zgodnie z ogólnym określeniem odpadu, stanowi ona właśnie odpad wstępnego etapu zagospodarowania pierwotnego źródła danego surowca. Takie odpady mają oczywiście określone właściwości, które mogą — w miarę rozwoju nauki i techniki oraz określonych bodźców kształtowania się zapotrzebowania społecznego — pozwolić na uzyskanie przez nie kryterium użyteczności, na które składają się cechy jakościowe materiału, jak i zasadność ekonomiczna jego zastosowania⁸⁾. W większości przypadków może okazać się celowym uznanie już na tym etapie użytkowania wystąpienia takiej możliwości i zapewnienia owym odpadom — np. partiom pozabilansowym złoża kopaliny — odpowiedniej ochrony przed zniszczeniem. Taka ochrona jest też ważnym elementem troski o środowisko — pozwala w miarę rozwoju technologii i technik przetwórczych oraz zapotrzebowania na składniki zawarte w takim pozostawionym materiale „odpadowym”, oszczędzać niezagospodarowywane jeszcze złoża naturalne, co ma istotne znaczenie dla realizacji w dłuższych okresach czasu zasady rozwoju zrównoważonego.

⁶⁾ W ogólnym przypadku może to być też inny, dowolny obiekt z nieprzebranego bogactwa naturalnych tworów środowiska przyrodniczego, jak np. gatunek rośliny zawierającej określone substancje użyteczne — potencjalny surowiec dla przemysłu rolno-spożywczego, chemicznego, czy farmaceutycznego i inne.

⁷⁾ Podatność na operacje technologiczne stosowane w celu nadania pierwotnej kopalinie właściwości użytkowych, jakich nie posiada jeszcze w stanie surowym.

⁸⁾ Możliwości i warunki przekwalifikowywania odpadów na materiały użyteczne, analogiczne do omawianych w tym miejscu, dotyczą wszystkich rodzajów odpadów — z wyjątkiem pewnej, zresztą znacznej grupy odpadów niebezpiecznych nie nadających się do utylizacji — wobec czego tej uwagi w dalszym tekście nie powtarza się.

Szersze omówienie tu problemu „odpadów” powstających już na wstępie procedury przystępowania do zagospodarowywania surowców wynika z intencji autora wykazania, że odpady w ogólniejszym znaczeniu pojawiają się znacznie wcześniej, niż to się zwykle uznaje, i kto wie, czy ich należyte traktowanie nie dałoby przynajmniej w części przypadków, najbardziej znaczących oszczędności w gospodarowaniu pierwotnymi zasobami surowcowymi, zwłaszcza mineralnymi⁹⁾.

W kolejnych etapach utylizacji surowców powstają więc właściwe dla nich odpady. Obfitość opracowań omawiających i analizujących przyczyny szczegółowe i charakterystykę takich odpadów towarzyszących wszelkim procesom przetwarzania różnorodnych surowców pierwotnych, jak też zasady ich wtórnego wykorzystywania w obiegach materiałowych, zawartych między innymi w [1, 4–6, 9 i in.], uwalnia od potrzeby szczegółowego omawiania specyfiki tych etapów w tym miejscu.

Wypada je jednak wymienić i krótko przypomnieć ich cechy charakterystyczne.

Kolejne etapy zagospodarowywania surowców, częściowo już omówione, to¹⁰⁾:

- 1) rozpoznanie występowania potencjalnego surowca — kopaliny użytecznej — i identyfikacja jego właściwości;
- 2) pozyskanie kopaliny — jej wydobycie ze złoża odpowiednimi metodami eksploatacji górniczej; odpady tego etapu to:
 - pozostające w złożu niewybrane — złożowe straty eksploatacyjne oraz
 - wybrane w trakcie udostępniania i eksploatacji złoża partie skał sąsiadujących z nim, zawierające m.in. najczęściej pewne ilości kopaliny — odpady kopalniane;
- 3) przeróbka kopaliny — poddawanie jej procesom technologicznym inżynierii mineralnej, z zadaniem otrzymania pożądanego surowca mineralnego;
- 4) przetwórstwo surowca mineralnego — wytwarzanie z surowca wysokospecjalizowanych materiałów i produkcja z nich części gotowych wyrobów;
- 5) produkcja pozostałych wyrobów gotowych — konsumpcyjnych, jak i niekonsumpcyjnych („inwestycyjnych”);
- 6) użytkowanie wyrobów;
- 7) zagospodarowanie odpadów¹¹⁾ powstających w poprzedzających etapach użytkowania¹²⁾; włączanie surowców wtórnych do cyklu zagospodarowania zamyka go, uprawniając do używania właśnie określenia „cykl zagospodarowania”.

⁹⁾ Istnienie takiej potencjalnej możliwości nakazuje przeprowadzenie w każdym etapie zagospodarowania surowca, szczegółowej analizy przewidywanych właściwości odpadów jakie w nim powstaną, z uwzględnieniem ich charakterystyki jakościowej i ilościowej, możliwości utylizacji oraz oszacowania strony ekonomicznej ewentualnego wykorzystania — patrz np. [14] — rozdział 1.

¹⁰⁾ W każdym z kolejnych etapów występuje niewymieniane za każdym razem zadanie oceny i oszacowania ilości i charakterystyki powstających w nim odpadów (w etapach 1) i 2) — odpadów pozostających).

¹¹⁾ Rozumie się tu bardzo szeroki zakres możliwości ich celowego wykorzystywania: od najprostszego stosowania jako materiałów masowych do różnorodnych robót inżynierskich, do wyspecjalizowanej produkcji w różnych gałęziach — jako surowców wtórnych, będących głównym tematem niniejszych uwag, a także ich unieszkodliwianie i składowanie w sposób nie zagrażający niepożądanymi skutkami dla środowiska przyrodniczego — [9] i inne.

¹²⁾ Nie dotyczy to etapu 1), a rzadko etapu 2).

LITERATURA (wybór)

- [1] *Sztaba K.*: Problemy kompleksowej utylizacji surowców mineralnych. Zeszyty Naukowe Politechniki Wrocławskiej, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, 1970, nr 5, 83–91
- [2] *Nawrocki J., Sztaba K.*: Stan i perspektywy prac naukowo badawczych nad kompleksowym wykorzystaniem stałych surowców energetycznych. *Materiały* Symposium „Przeróbka i wykorzystanie stałych surowców energetycznych” Komitet Górnictwa PAN — SITG, Katowice, *współpraca: Natural Resources, Energy and Transport* [ONZ] New York, Projekty, Problemy, budownictwo węglowe rocznik XXVI 1981, nr 3
- [3] *Szczurowski A., Sztaba K., Trutwin W.*: Kierunki rozwoju nauk górniczych. *Archiwum Górnictwa*, 1985, t. 30, z. 3, 321–340
- [4] *Sztaba K.*: Założenia metodyki modelowania gospodarki surowcami wtórnymi. *Materiały II Konferencji naukowo technicznej „Zagospodarowanie odpadów z rejonu Krakowa”*, NOT — AGH, Kraków — Paskówka, 1986, 7–18
- [5] *Materiały zbiorowe V Symposium „Stan i perspektywy przeróbki surowców mineralnych w Polsce” — Sekcja Wykorzystania Kopalni Komitetu Górnictwa PAN — NOT — AGH, Jelenia Góra — Cieplice, Zeszyty Naukowe AGH, nr 1130, Seria Górnictwo, 1987, z.130, 184*
- [6] *Ney R. (redakcja) i in.*: Zwiększenie efektywności pozyskiwania i wykorzystania surowców mineralnych. Synteza końcowa CPBR 1.7 – 4. Problemy zwiększania efektywności wykorzystania surowców mineralnych w procesach przeróbki i przetwórstwa. Polska Akademia Nauk, Centrum Podstawowych Problemów Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią, *Studia i Rozprawy* 12, Kraków 1991
- [7] *Sztaba K.*: Wykorzystanie surowców mineralnych. *Archives of Mining Sciences (Archiwum Górnictwa) PAN*, 1994, t. 39, Special Issue, 105–116
- [8] Wybrane akty prawne — 1994–2003:
 Ustawa z dnia 4 lutego 1994 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. z 1994 r. Nr 27 poz. 96)
 Dyrektywa Rady 96/61/WE z dnia 24 września 1996 r. dotycząca zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli – Official Journal L.257, 10/10/1996 P.0026-0040
 Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. z 2001 r. Nr 62, poz. 627)
 Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach (Dz.U. z 2001 r. Nr 62, poz. 628)
 Uchwała Nr 291 Rady Ministrów z dnia 29 października 2002 r. w sprawie krajowego planu gospodarki odpadami (MP z 2003 r. Nr 11, poz. 159)
- [9] *Prace zbiorowe z lat 1995–2004: Materiały od I do X Konferencji z cyklu: Problemy zagospodarowania odpadów mineralnych. Agencja Gospodarki Odpadami „AGOS” S.A. w Katowicach, Sekcja Wykorzystania Surowców Mineralnych Komitetu Górnictwa PAN, Akademia Górniczo-Hutnicza, Zakład Przeróbki Kopalni, Ochrony Środowiska i Utylizacji Odpadów i inni, Wisła*
- [10] *Sztaba K.S.*: Inżynieria mineralna. *Inżynieria Mineralna*, 2000, r. 1, nr 1, 3–14
- [11] *Łuszczkiewicz A.*: Poznawcze i technologiczne aspekty występowania minerałów ciężkich w surowcach okruszowych. *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej. Seria: Monografie, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej*, 2002
- [12] *Sztaba K.S.*: Mineral Engineering — a Qualitatively New Stage of Development of Processing and Further Utilization of Mineral Raw Materials. Abstracts of the XXII International Mineral Processing Congress, Cape Town, South Africa 29 September – 3 October 2003, SAIMM Marshalltown 2003, 405
- [13] *Sztaba K.S. i in.*: Identyfikacja i ocena wybranych właściwości surowców mineralnych oraz procesów ich przeróbki. *Wydawnictwo IGSMiE PAN w Krakowie*, 2003, 208
- [14] *Sztaba K.S.*: Wyodrębnianie typów technologicznych surowców mineralnych. *Materiały: VII konferencja naukowo-techniczna KOMEKO 2006 „Innowacyjne systemy przeróbcze surowców mineralnych”*. Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG, Zintegrowany Instytut Naukowo-Technologiczny Paliwa–Bezpieczeństwo–Środowisko, Zakopane 21–23 marca 2006, 71–82
- [15] *Sztaba K.S.*: Wybrane uwagi o układzie metod opisu i oceny w inżynierii mineralnej. *Materiały: XII Konferencja Automatyzacja Procesów Przeróbki Kopalni APPK 2006, Szczyrk 31 maja – 2 czerwca 2006, nakładem Katedry Elektryfikacji i Automatyzacji Górnictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach*, 237–255