

Aleksander JELIŃSKI

## Rozsypiska minerałów ciężkich jako źródła pierwiastków rzadkich

Minerałami ciężkimi nazywane są minerały o gęstości większej od 3. Minerały te, zwane niekiedy rzadkimi z powodu małych zawartości w skałach, są nośnikami pierwiastków rzadkich. Fakt ten ma duże znaczenie praktyczne, gdyż izomorficzne rozproszenie wynikające z krystallochemicznego pokrewieństwa pierwiastków rzadkich ogranicza ich możliwości tworzenia minerałów własnych. To z kolei jest przyczyną, że do koncentracji pierwiastków rzadkich w skałach magmowych dochodzi znacznie rzadziej niż można by się tego spodziewać na podstawie ich ogólnych zawartości w skałach. Powstawanie koncentracji, które mogłyby mieć znaczenie użytkowe, zależne jest od szeregu czynników jak: typ magmy macierzystej, jej skład chemiczny, głębokość formowania się intruzji, regionalne stosunki tektoniczne, skład skał otaczających itd. A. Polański i K. Smulikowski (1969) zwracają uwagę, że koncentrowanie się pierwiastków rzadkich zależy także od mineralizacji pomagmowych, przy czym rozmaite magmy wykazują różne skłonności do wydzielania pochodnych resztkowych wzbogaconych w pierwiastki rzadkie.

Koncentracje pierwiastków rzadkich o przemysłowym znaczeniu, czyli po prostu złoża tych pierwiastków, dzielone są najogólniej na trzy podstawowe typy: złoża endogeniczne, egzogeniczne i metamorficzne. W chwili obecnej główną rolę odgrywają na świecie dwa pierwsze typy złóż, podczas gdy złoża metamorficzne rozpatrywane są jako przyszłościowe, których aktualne wykorzystanie jest ograniczone. Rozsypiska minerałów ciężkich, będące przedmiotem niniejszych rozważań, stanowią jedną z odmian egzogenicznych koncentracji pierwiastków rzadkich. Koncentracja zachodzi tu pośrednio na drodze selektywnego wzbogacania utworów osadowych w minerały ciężkie.

Definicja zawarta w Słowniku Języka Polskiego (W. Doroszewski, 1965) brzmi: „Rozsypisko jest to skupienie drobnych odłamków skalnych utworzonych wskutek chemicznego i mechanicznego rozpadu skał litych”. Na marginesie powyższej definicji należałoby zauważyć, że przedmiotem dość częstych dyskusji bywało nazewnictwo stosowane w odniesieniu do utworów rozpiskowych. Budzące chyba nie uzasadnione wątpliwości podobieństwo określić „rozsypisko” i „złoże rozsypiskowe” do

„rossipi” i „rossypnyje miestorożdienija” zdaje się wynikać raczej z bliskiego pokrewieństwa obydwu języków niż z zapożyczeń z języka rosyjskiego. Poza tym określenie „rozsypisko” nie jest neologizmem w polskiej literaturze przyrodniczej. W. Doroszewski (1965) cytuje zdanie, w którym słowo rozsypisko użyte zostało przez J. Lewińskiego w identycznym znaczeniu jak obecnie już przed kilkudziesięcioma laty. Proponowane niekiedy jako zastępcze określenie „złoże okrucowe” wydaje się stosowniejsze w odniesieniu do rumoszu kruszcowego charakteryzującego się małym wyselekcjonowaniem minerałów. W nomenklaturze obcojęzycznej istnieją dla złóż okrucowych również odrębne określenia (niem. *Trimmerlagerstätten*, ang. *rubble placer*). Odnosi się też wrażenie, że określenie „złoże rozsypiskowe” góruje nad terminem „złoże okrucowe”, gdyż zawiera w sobie odczucie procesu tworzenia się tego rodzaju utworu, podczas gdy drugie określenie podkreśla przede wszystkim stan rozdrobnienia.

Podziały złóż rozsypiskowych dokonywane są na różnych zasadach, np. według genezy, rodzaju kopaliny, wieku, stopnia scementowania, sposobu wydobycia kopaliny itp. Podstawę podziału stanowi przeważnie kilka połączonych kryteriów. Interesujący podział rozsypisk obejmujący w jednolitym układzie wszystkie ich odmiany przedstawili N. P. Cheraszkow, K. W. Potemkin, A. N. Spicyn (1966). Dzielą oni rozsypiska na: współczesne, stare i stare zmetamorfizowane. Najwięcej uwagi autorzy ci poświęcili rozsypiskom współczesnym wychodząc zapewne z założenia, że do nich należy odnosić wszelkie zjawiska dotyczące powstawania utworów rozsypiskowych. Wśród współczesnych rozsypisk wyróżnili trzy kompleksy paragenetyczne: rozsypiska niedalekiego przemieszczenia, rozsypiska cieków wodnych oraz rozsypiska zbiorników wodnych. Każdy z tych kompleksów składa się z kilku grup genetycznych.

Do rozsypisk niedalekiego przemieszczenia zaliczono rozsypiska eluwialne, deluwialne, proluwialne, lodowcowe i małych jezior. Powstają one bardzo blisko źródeł minerałów i skład ich zależy jest w dużym stopniu od składu źródła. W rozsypiskach tego typu występują przeważnie następujące minerały zawierające jeden lub więcej interesujących pierwiastków rzadkich: baddeleit (Zr), cyrkon (Zr), loparyt (TR, Nb, Ta), pirochlor (Nb, Ta), euksenit (TR), kolumbit (Nb), tantalit (Ta), ksenotym (TR), toryt (Th), samarskit (TR, Nb, Ta), miedź, srebro, korund, fosforyty i inne.

Do rozsypisk cieków wodnych zaliczono rozsypiska potoków górskich i równi zalewowych oraz tworzące się niekiedy z materiału naniesionego przez rzeki rozsypiska eoliczne.

Rosypiska potoków górskich powstają podobnie jak poprzednie w niedalekiej odległości od źródeł minerałów. Charakterystycznymi dla tych rozsypisk są: kasyteryt (Sn), wolframit (W), platyna, złoto, diamenty i inne. Minerały o mniejszej gęstości, jak cyrkon, monacyt, ksenotym tworzą większe skupienia w potokach górskich tylko w wyjątkowych przypadkach.

Aluwia równi zalewowych powstają w dolnym i środkowym biegu rzek zawierają poza piaskami wkładki żwirów i glin. W tworzących się tu rozsypiskach spotyka się różne minerały jak: cyrkon, monacyt, ilmenit, granat, chloryt, chalkopiryt i wiele innych. Rosypiska równi zalewo-

wych, mało dotychczas poznane, należy traktować jako przyszłościowe złoża minerałów ciężkich.

Rozsypiska zbiorników wodnych reprezentowane są głównie przez rozsypiska morskie (plażowe i przybrzeżne rozsypiska podwodne), rozsypiska wielkich jezior, a także tworzące się na wybrzeżach zbiorników — rozsypiska eoliczne. Rozsypiska zbiorników wodnych mogą powstawać w dużym oddaleniu od źródeł minerałów, co jest widoczne w ich inwentarzu mineralnym, składającym się przeważnie z najodporniejszych minerałów jak: cyrkon, rutil, magnetyt, tytanomagnetyt, monacyt, granat, silimanit i in. Źródłami minerałów mogą tu być skały magmowe, metamorficzne, moreny i osady fluwioglacjalne.

Za najdogodniejsze do eksploatacji oraz najbogatsze uważane są ogólnie rozsypiska morskie oraz rzeczne. W literaturze krajów eksploatujących rozsypiska podkreślane są często korzyści ekonomiczne wypływające ze stanu rozdrobnienia materiału mineralnego, co umożliwi uniknięcie stosunkowo kosztownego procesu wstępnego kruszenia.

W coraz większym stopniu rośnie na świecie zainteresowanie rozsypiskami starymi, przeważnie przykrytymi młodszymi utworami. W literaturze radzieckiej wyróżnia się tzw. rozsypiska pogrzebane i kopalne. Rozsypiska stosunkowo młode, nie zmienione procesami diagenetyki określane są mianem pogrzebanych. Rozsypiska, w których zaznaczyły się procesy diagenetyczne, noszą nazwę kopalnych. Ju. A. Bilibin (1956) skłonny jest zaliczać do rozsypisk kopalnych rozsypiska starsze od trzeciorzędowych, ale zaznacza przy tym, że wiek nie jest właściwym wskaźnikiem, ponieważ bywają rozsypiska np. kredowe, nie różniące się od czwartorzędowych.

Wszystkie rozsypiska bez względu na wiek musiały podlegać w fazie powstawania tym samym prawidłowościom przyrodniczym. Ich znajomość umożliwia m. in. prowadzenie prac poszukiwawczych, szczególnie skomplikowanych w przypadkach poszukiwań rozsypisk przykrytych. Tworzenie się rozsypisk uzależniane jest przez wielu badaczy od istnienia regionalnej pokrywy zwietrzelinowej (S. I. Gurwicz, A. M. Bołotow, 1968). Problem jest istotny, ponieważ chodzi tu o wystarczająco wydajne i charakteryzujące się odpowiednim składem źródła minerałów. M. Klimaszewski (1965) w swoich rozważaniach dotyczących zjawisk geomorfologicznych zwraca uwagę na znaczenie proporcji między szybkościami wietrzenia skał i ich obnażania. Gdy wietrzenie przebiega szybciej niż obnażanie, stoki skalne pokrywają się płaszczem zwietrzliny, w przypadku odwrotnym — konserwowane są nagie skały. Oczywiście jest, że przypadek drugi nie sprzyja powstawaniu rozsypisk wskutek braku dostatecznej ilości materiału.

Czynnikiem decydującym o szybkości wietrzenia jest klimat. W klimatach tropikalnym i subtropikalnym wietrzenie postępuje o wiele szybciej niż obnażanie skał. Znaczną rolę odgrywają tu, rzecz jasna, takie czynniki, jak szata roślinna i ukształtowanie terenu. Interesujące jest, że w produktach wietrzenia tropikalnego przeważają frakcje ilasta i piaszczysta, a brak jest frakcji mułkowej. Wietrzenie w klimacie tropikalnym prowadzi do tworzenia się kilkudziesięciometrowych pokryw zwietrzliny, która przy nachyleniu od 3° ulega cieczeniu. Materiał zwietrzelinowy wycieka przez wyrwy w pokrywie roślinnej i rozlewa się na du-

zych przestrzeniach. Pokrywy zwietrzelinowe powstające na granitach są szczególnie bogate w cyrkon.

W pokrywie zwietrzeliny tworzącej się w klimacie umiarkowanym wilgotnym występuje obok piasku materiał ilasty. W klimacie zimnym produktami wietrzenia są głązy i okruchy z domieszką piasku i pyłu. W klimacie gorącym i suchym pokrywy wietrzeniowe zawierają okruchy, piasek i pył. Według M. Klimaszewskiego pokrywa zwietrzelinowa nie tworzy się wcale lub tylko w niewielkim stopniu w klimatach: suchym, półsuchym i zimnym. Autor przytacza fakt, że krawędź Kolorado cofnęła się zaledwie o 1000 m w okresie od początku trzeciorzędu. Należałoby tu podkreślić, że tak małe stosunkowo skutki denudacji na przestrzeni 60 milionów lat wskazują na nikłe ilości uruchamianego materiału. Gdyby w pobliżu tego rodzaju obszaru alimentującego istniał zbiornik wodny, to zasilanie go takimi ilościami materiału nie mogłoby doprowadzić do powstawania rozsypisk. Materiał skalny uległby pod wpływem falowania i pływów całkowitemu roztrączeniu. Jest to, oczywiście, przykład skrajny, gdyż tworzenie się rozsypisk w tych klimatach jest możliwe, jednak powstanie w takich warunkach rozsypisk o dużym zasięgu i zasobach, poza dość wyjątkową okolicznością istnienia w pobliżu zbiornika dużych, niszczonej koncentracji minerałów ciężkich, jest mało prawdopodobne. Należy więc przyjąć, że najkorzystniejsze warunki dla powstawania rozsypisk panują w klimatach tropikalnym i subtropikalnym oraz, choć już w o wiele mniejszym stopniu, w klimacie umiarkowanym wilgotnym.

Interesujące jest zagadnienie odległości źródła mineralnego od ośrodka, w którym po przejściu przez procesy segregacyjne zostają osadzone minerały ciężkie. Badaniami nad odpornością materiału okruszonego na ścieranie i kruszenie zajmowało się wielu badaczy. Wyniki przytaczane przez J. Samsonowicza, 1931; H. Rosenbuscha i A. Osanna, 1937; R. Unruga, 1957; K. Nawarę, 1960; A. Bolewskiego i M. Turnau-Morawską, 1963; M. Książkiewicza, 1968 i in. wskazują, że otoczek kwarcytów charakteryzujące się dużą odpornością na działanie mechaniczne zmniejszają się na przestrzeni stukilkudziesięciu kilometrów do wielkości żwiru. Inne skały, np. piaskowce, łupki, wapienie, a nawet granity zmieniają się w żwir lub ulegają całkowitemu roztrączeniu po przebyciu 40 km. Z drugiej strony Ph. H. Kuenen (*vide* M. Książkiewicz, 1968) stwierdza, że ziarna piasku o średnicy poniżej 2 mm ulegają wprawdzie kruszeniu, lecz nie ulegają ścieraniu. Wynikałoby z tego wniosek, że ziarna o tej średnicy mogą być transportowane bez ograniczeń, jeżeli nie napotkają czynników kruszących. Jest to o tyle interesujące, że np. ziarna cyrkonu w rozsypiskach są na ogół mniejsze od 0,2 mm. Biorąc pod uwagę, że kryształy cyrkonu w skałach magmowych nie wykazują także większych wymiarów od dziesiątych części milimetra, jego pochodzenie z odległych źródeł byłoby bardzo możliwe. Jednakże o całokształcie omawianego problemu nie stanowi możliwość przemieszczania się minerałów na duże odległości. Powstawanie rozsypisk determinowane jest nie tylko odpornością minerałów, ale także ich nagromadzeniem się w wystarczających ilościach. Materiał wleczony przez rzeki ulega podczas transportu sortowaniu, przy czym minerały cięższe zrzucone zostają wcześniej. Ponowne podjęcie przez rzeki osadzonego materiału wymaga znacznego zwiększenia szybkości prą-

du, co może mieć miejsce tylko w szczególnych okolicznościach. W wyniku tych procesów tworzą się w aluwiach rzecznych rozsypiska minerałów ciężkich, do zbiorników zaś spływa materiał sukcesywnie ubożający. W ten sposób odległość obszaru bezpośredniej alimentacji od zbiornika nie może być zbyt duża. Nie wydaje się, aby odległość ta mogła przekraczać stokilkadziesiąt — dwieście kilometrów. W przypadkach znacznie większych odległości dopływ minerałów ciężkich w wyniku ich rozpraszania się w czasie transportu będzie niewystarczający dla utworzenia poważniejszych koncentracji minerałów. Także wielokrotna resedymencja będzie raczej prowadzić do rozproszenia minerałów ciężkich, którego nie będzie w stanie wyrównać wzbogacająca działalność przybrzeżnego falowania i pływów. W powyższych rozważaniach przyjęto przypadek istnienia sieci rzecznej zdolnej do przemieszczania wystarczających ilości materiału skalnego. Brak tego czynnika transportującego wyklucza praktycznie możliwość dopływu materiału z głębi lądu i wtedy rozsypiska zbiorników wodnych mogą się tworzyć głównie z materiału pochodzącego z niszczonej wybrzeży. Oczywiście jest, że w takiej sytuacji skład mineralny rozsypisk uzależniony jest całkowicie od rodzaju skał budujących wybrzeże.

Wrażliwość na działanie czynników destrukcyjnych, znikome rozległości i miąższości rozsypisk w porównaniu z innymi utworami osadowymi powodują, że zachowanie się rozsypisk jest zjawiskiem stosunkowo rzadkim. Najogólniejszym warunkiem, aby rozsypisko mogło się zachować, jest przykrycie go warstwą chroniącą przed zniszczeniem. Ma to miejsce przy zwiększeniu szybkości akumulacji uboższego materiału ponad rozsypiskiem. W przypadkach rozsypisk plażowych lub przybrzeżnych rozsypisk podwodnych proces taki przebiega w wyniku podnoszenia się poziomu wody, wówczas rozsypiska zostają przykryte osadami nim zdążą ulec rozmyciu. Stosunkowo najczęściej zachowują się rozsypiska morskie, które występując na pograniczu obszaru trwałej akumulacji zostają przykryte osadami przy niewielkim nawet podniesieniu poziomu morza.

H. Schneiderhöhn (1962) zaznacza, że podczas gdy młode rozsypiskowe złoża znajdujące się pod przykryciem są często wykorzystywane, to spośród starych złóż kopalnych eksploatowane są tylko nieliczne, np. złoża diamentów w Brazylii, złoża złota w Witwaters Rand, złoża złota na Żółtym Wybrzeżu. Rozsypiska te należą do grupy zmetamorfizowanych, których geneza i prawidłowości rozmieszczenia nie zostały jeszcze całkowicie wyjaśnione.

Biorąc pod uwagę wymienione wyżej czynniki oraz fakt, że nakładające się na siebie późniejsze procesy geologiczne powodują przeobrażenia utrudniające badania, należy stwierdzić, że poszukiwanie rozsypisk starych, znajdujących się przeważnie pod przykryciem i często zmetamorfizowanych, jest zadaniem wyjątkowo trudnym. Poszukiwania takie wymagają uwzględnienia wielkiej liczby faktów przyrodniczych, których interpretacja nie zawsze jest jednoznaczna. W analizie takiej należy brać pod uwagę stosunki paleogeograficzne, sedymentologiczne, geochemiczne i klimatyczne. Ze względu na wspomnianą już wrażliwość oraz niewielkie rozmiary rozsypisk analizę paleogeograficzną trzeba prowadzić w sposób szczegółowy. Celem jej jest dokładne wyznaczenie linii brzegowej mórz,



jeziór i konturów sieci rzecznej, oraz ich przestrzenne usytuowanie w stosunku do przypuszczalnych źródeł minerałów ciężkich. Trudności związane z powyższymi badaniami będą niewątpliwie wzrastać w miarę postępowania ku coraz starszym utworom geologicznym.

W rozważaniach dotyczących rozsypisk współczesnych należałoby właściwie ograniczyć się do procesów zachodzących w holocenie. Trzeba jednak wziąć pod uwagę, że olbrzymie obszary naszego kraju pokryte są utworami plejstoceniowymi, stanowiącymi bazę materiałową dla współczesnych utworów osadowych. Można więc pojęcie rozsypisk współczesnych rozciągnąć na cały czwartorzęd.

Największe zainteresowanie budziły zawsze rozsypiska tworzące się na plażach Bałtyku. Rozsypiska te, wskutek skąpego dopływu materiału z głębi ładu, zasilane są głównie materiałem pochodzącym z czwartorzędowych utworów brzegowych. Niestety, rozsypiska bałtyckie należą do wzbogaceń małych i dość ubogich. Rozmiary ich według L. Mączki i R. Racinowskiego (1969) wynoszą maksymalnie: długość do kilkuset metrów, szerokość do 5 m, miąższość serii wzbogaconej do 30 cm. Udział frakcji ciężkiej bardzo różny, w skrajnych przypadkach dochodzący do 80%. Niekorzystnym objawem jest wielka przewaga granatu.

Rozsypiska bałtyckie nie są trwałe. Ich skład i rozmieszczenie zmieniają się pod wpływem falowania sztormowego. Jest to niewątpliwie okoliczność obniżająca wartość wzbogaceń jako przedmiotu ewentualnego wykorzystania. Należy jednak zwrócić uwagę, że to niekorzystne zjawisko wskazuje jednocześnie na proces odnawiania się rozsypisk, co umożliwiłoby po pewnym czasie powrót na miejsca już wykorzystane. Zagadnienie jest istotne, ponieważ tylko niektóre odcinki wybrzeża wykazują predyspozycje do powstawania rozsypisk. Są to mianowicie odcinki o zaznaczającym się deficycie materiału. Na plażach, gdzie zachodzi akumulacja, rozsypiska nie tworzą się, gdyż minerały ciężkie rozpraszają się w wielkich masach płonnego piasku.

Występujące w pasie przybrzeżnym wzbogacenia podwodne odpowiadają składem mineralnym rozsypiskom występującym na plaży. Jednak wzbogacenia te charakteryzują się bardzo małymi miąższościami i nie występują w głębszych warstwach dna. Poza tym pod wpływem falowania często ulegają rozproszeniu. Możliwość wykorzystania tego typu wzbogaceń jest bardzo wątpliwa.

Wzbogacenia istniejące w wydmach przyplażowych również nie mogą być brane pod uwagę jako ewentualna kopalina, gdyż ich eksploatacja pogłębiałaby deficyt materiału mineralnego na podlegających abrazji odcinkach wybrzeża.

Rozsypiska wielkich jezior w wyniku znacznie słabszej działalności sortującej falowania wykazują mniejsze rozmiary od rozsypisk morskich, choć skład mineralny bywa często bardzo podobny, zwłaszcza jeśli chodzi o jeziora powstałe z zalewów.

Nietrwałość, niewielkie rozmiary oraz niezbyt bogaty skład mineralny plażowych rozsypisk morskich i jeziornych w Polsce powodują, że problem ich wykorzystania sprowadza się praktycznie do zagadnień technologiczno-ekonomicznych. Zasadniczymi warunkami wydają się być: prowadzenie bezpośrednio na miejscu wydobycia sprawnej i ekonomicz-

nej separacji minerałów ciężkich oraz kompleksowe użytkowanie wszystkich minerałów frakcji ciężkiej.

Rozsypiska aluwialne mogą się tworzyć na całym obszarze kraju. Na Nizinie Polskiej wzbogacenia w minerały ciężkie istnieją prawdopodobnie w aluwialach równi zalewowych wielu rzek. Rozsypiska te powstałe z materiału pochodzącego głównie z rozmywanych utworów czwartorzędowych powinny obfitować przede wszystkim w minerały najodporniejsze na transport. Rozsypiska tego typu nie były przedmiotem badań w Polsce, lecz mogą stać się źródłem wielu przydatnych dla gospodarki minerałów. Właściwe poszukiwania tych rozsypisk muszą być poprzedzone szczegółową analizą morfologii obszarów nizinnych.

Nieco odmienny charakter mają rozsypiska tworzące się w aluwialach powstających w rzekach w niewielkiej odległości od źródeł minerałów. Rozsypiska takie mogą obfitować w minerały mało odporne na działanie czynników niszczących jak: kasyteryt, wolframit, złoto i inne. Badania prowadzone przez Instytut Geologiczny za pomocą kombinowanych metod zdjęcia szlichowego i zdjęcia geochemicznego doprowadziły do stwierdzenia interesujących koncentracji kasyterytu i złota w aluwialach (J. Kanasiewicz, H. Sylwestrzak, 1968). Dalsze badania tego typu prowadzone będą systematycznie przede wszystkim w regionie sudeckim ze względu na odsłonięte masywy krystaliczne. Z tych samych powodów region ten mógłby być brany pod uwagę przy ewentualnych poszukiwaniach rozsypisk eluwialnych i deluwialnych.

Na obszarze Polski występuje wiele utworów piaszczystych różnego wieku. Niektóre z nich eksploatowane są dla przemysłu szklarskiego, metalurgicznego (piaski formierskie), budowlanego i innych. Zawarte w tych piaskach minerały ciężkie mogłyby być wykorzystane w przypadkach uszlachetniania piasków, prowadzącego do koncentrowania się tych minerałów w odpadach. Prowadzenie tego rodzaju odzysku byłoby determinowane przede wszystkim względami ekonomicznymi. Eksploatowane piaski zawierają bardzo niewielkie ilości minerałów ciężkich. Jest to zrozumiałe, ponieważ dla celów przemysłowych wyszukiwano piaski o możliwie największej czystości. Piaski „zanieczyszczone” minerałami ciężkimi pomijane były zarówno przez poszukujących, jak i eksploatujących. Tymczasem te właśnie piaski są interesujące z punktu widzenia problematyki omawianej w niniejszym artykule. Piaski tego typu mogą występować nawet w stosunkowo niewielkich odległościach od piasków eksploatowanych, np. w obrębie granicznej strefy dawnego obszaru akumulacji. Wydaje się, że perspektywy znalezienia piasków wzbogaconych na terenie kraju są znaczne, lecz badania poszukiwawcze muszą być prowadzone pod specjalnym kątem widzenia.

Przygotowując prace poszukiwawcze dotyczące starych rozsypisk minerałów ciężkich należy mieć na uwadze, że w większości przypadków późniejsze procesy geologiczne dość skutecznie zacierają ślady wydarzeń związanych z tworzeniem się rozsypisk. Będzie to powodować znaczne trudności przy śledzeniu tych niewielkich i wrażliwych na destrukcję utworów, zwłaszcza w miarę postępowania wstecz ku coraz starszym okresom. Najracjonalniejsze wydaje się rozpoczęcie poszukiwań od starych rozsypisk morskich i jeziornych. Pobieźna analiza materiałów paleogeograficzno-facjalnych (B. Areń, 1964; R. Dadlez, K. Dayczak-Cali-

kowska, J. Dembowska, 1964; M. Jaskowiak, A. Krassowska, S. Marek, A. Raczyńska, 1968; W. Pożaryski, 1962; H. Senkowiczowa, A. Szyperko-Śliwczyńska, 1961; J. Znosko, M. Pajchłowa, 1968) stwarza dość wyraźne przesłanki teoretyczne dla nakreślenia kierunków poszukiwań. Jednakże szczegółowe badania w tym zakresie wymagać będą wielostronnej i dokładnej analizy geologicznej. Należałoby podkreślić, że wszelkie osady powstałe w niewielkiej odległości od brzegu jak: zlepieńce, piaskowce, również takie, które uległy bardzo poważnym zmianom, stanowią obok piasków i żwirów potencjalną bazę minerałów ciężkich, a co za tym idzie pierwiastków rzadkich. W miarę postępu techniki rosnąć będzie zapotrzebowanie na pierwiastki określane mianem rzadkich, również na te, które w chwili obecnej mają ograniczone zastosowanie. Można więc przewidywać, że wymagania dotyczące głębokości występowania złóż, zawartości pierwiastków w złożach, kosztów wzbogacania i przeróbki będą systematycznie ulegać złagodzeniu, a poszukiwania rozsypisk minerałów rzadkich zaliczone zostaną do ważniejszych problemów poszukiwawczych.

Zakład Ziół Pierwiastków Rzadkich  
i Promieniotwórczych  
Instytutu Geologicznego  
Warszawa, ul. Rakowiecka 4  
Nadesłano dnia 28 czerwca 1970 r.

#### PIŚMIENNICTWO

- AREN B. (1964) — Atlas Geologiczny Polski. Zagadnienia stratygraficzno-facjalne. Z. 11 — Trzeciorzęd. Inst. Geol. Warszawa.
- BOLEWSKI A., TURNAU-MORAWSKA M. (1963) — Petrografia. Wyd. Geol. Warszawa.
- DADLEZ R., DAYCZAK-CALIKOWSKA K., DEMBOWSKA J. (1964) — Atlas Geologiczny Polski. Zagadnienia stratygraficzno-facjalne. Z. 9 — Jura. Inst. Geol. Warszawa.
- DOROSZEWSKI W. (1965) — Słownik Języka Polskiego, 7. P.A.N. Warszawa.
- JASKOWIAK M., KRASSOWSKA A., MAREK S., RACZYŃSKA A. (1968) — Atlas Geologiczny Polski 1 : 200 000 — Kreda. Redaktor naukowy Jerzy Znosko. Inst. Geol. Warszawa.
- KANASIEWICZ J., SYLWESTRZAK H. (1966) — Występowanie kasyterytu i złota rodzimego w aluwjach potoków w rejonie Leśnej (Sudety). Kwart. geol., 12, p. 693—706, nr 3. Warszawa.
- KLIMASZEWSKI M. (1965) — Geomorfologia ogólna. P.W.N. Warszawa.
- KSIĄŻKIEWICZ M. (1966) — Geologia dynamiczna. Wyd. Geol. Warszawa.
- MAĆZKA L., RACIŃOWSKI R. (1969) — Formy występowania skupień minerałów ciężkich na plażach Pomorza Zachodniego. Kwart. geol., 13, p. 221—231, nr 1. Warszawa.
- NAWARA K. (1960) — Skład litologiczny żwirów Białki i Czarnego Dunajca w zależności od frakcji. Acta geol. pol., 10, p. 455—471. Warszawa.
- POLANSKI A., SMULIKOWSKI K. (1969) — Geochemia. Wyd. Geol. Warszawa.
- POŻARYSKI W. (1962) — Atlas Geologiczny Polski. Zagadnienia stratygraficzno-facjalne. Z. 10 — Kreda. Inst. Geol. Warszawa.



- ROSENBUSCH H., OSANN A. (1937) — Zasadы науки о скалах. Wyd. Kasy im. Mianowskiego. Warszawa.
- SAMSONOWICZ J. (1931) — Kilka uwag о budowie i faunie dewonu Pełczy oraz о zagadnieniach dotyczących się składu i rozmieszczenia paleozoicum na Wołyniu między Wałem Scytyjskim i rowem lubelskim. Posiedz. nauk. Państw. Inst. Geol. nr 30, p. 58—61. Warszawa.
- SCHNEIDERHOHN H. (1962) — Złóża rud. Wyd. Geol. Warszawa.
- SENKOWICZOWA H., SZYPERKO-SLFWCZYŃSKA A. (1961) — Atlas Geologiczny Polski. Zagadnienia stratygraficzno-facjalne. Z. 8 — Trias. Inst. Geol. Warszawa.
- UNRUG R. (1957) — Współczesny transport i sedimentacja żwirów w dolinie Dunajca. Acta geol. pol., 7, p. 217—251. Warszawa.
- ZNOSKO J., PAJCHŁOWA M. (1968) — Atlas Geologiczny Polski. Przekroje geologiczne. Inst. Geol. Warszawa.
- БИЛИБИН Ю. А. (1956) — Основы геологии россыпей. Акад. Наук СССР. Москва.
- ГУРВИЧ С. И., БОЛОТОВ А. М. (1968) — Титано-цирконовые россыпи русской платформы и вопросы поисков. Изд. „НЕДРА”. Москва.
- ХЕРАСКОВ Н. П., ПОТЁМКИН К. В., СПИЦЫН А. Н. (1966) — Россыпные месторождения редких элементов. Геохимия, Минералогия и Генетические типы месторождений редких элементов, 3, стр. 634—652. Изд. „Наука”. Москва.

Александр ЕЛИНЬСКИ

## РОССЫПИ ТЯЖЕЛЫХ МИНЕРАЛОВ КАК ИСТОЧНИКИ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

### Резюме

Россыпи тяжелых минералов являются одной из разновидностей экзогенных концентраций редких элементов. Концентрация элементов происходит здесь косвенно, путем селективного обогащения осадочных пород тяжелыми минералами. Деление россыпей производится по различным принципам, например, согласно генезису, типа ископаемого, степени цементированности, способа добычи ископаемого и т. п. Интересное деление россыпей представили Н. П. Херасков, К. В. Потёмкин, А. Н. Спицын, которые разделили россыпи на: современные, старые и старые метаморфизованные. Авторы широко описывают современные россыпи, среди которых выделяют три парагенетических комплекса: россыпи близкого перемещения, водных потоков и резервуаров. Каждый из комплексов состоит из нескольких генетических групп. Наиболее благоприятными для эксплуатации считаются морские и речные россыпи. В целом мире растет интерес к старым россыпям, в основном перекрытым более молодыми отложениями. Многие исследователи считают, что образование россыпей зависит от наличия региональных покровов выветривания. На образование покровов самое большое влияние оказывает климат, причем, наиболее благоприятные условия господствуют в тропическом и субтропическом климате. Очень интересной является проблема отдаленности россыпей, образующихся в водных бассейнах, от алиментирующей территории. На основании результатов исследований ряда авторов можно предполагать, что удаленность таких бассейнов от территорий непосредственной алиментации не превышает сто с лишним — двести километров. Эти россыпи являются отложениями чувствительными к деструкцион-

ным факторам и их сохранность является сравнительно редким явлением, обусловленным прикрытием россыпи охраняющим её пластом. Поиски прикрытых россыпей являются одной из наиболее сложных геологических задач, реализация которой требует детального палеогеографического-фациального анализа.

Самый большой интерес в Польше вызвали россыпи, образующиеся на Балтийских пляжах. Эти россыпи пополняются прежде всего материалом разрушающихся берегов. Они недолговечны, но восстанавливаемы и образуются на тех отрезках побережья, где особенно сильно отмечается дефицит минерального материала. Озерные россыпи беднее морских. Возможность использования обоих типов россыпей прежде всего зависит от рентабельности обогащения и комплексного получения всех ценных минералов.

Перспективными россыпями, безусловно, являются аллювиальные россыпи заливных равнин и горных потоков. Поиски старых россыпей встретят много трудностей, но все таки эти работы должны проводиться в широком плане. Потенциальной базой тяжелых минералов являются все старые прибрежные отложения, такие как конгломераты, песчаники и пески.

---

Aleksander JELIŃSKI

### HEAVY MINERAL PLACERS AS A SOURCE OF RARE ELEMENTS

#### Summary

Heavy mineral placers are one of the varieties of exogenic concentrations of rare elements. Here, the concentration of chemical elements takes place directly during the selective enrichment of the sedimentary formations in heavy minerals. Subdivisions of placer deposits are made according to various principles, e.g. according to origin, kind of minerals, cementation degree, exploitation technique, a.o. An interesting subdivision of placer deposits has been presented by N. P. Heraskov, K. W. Potemkin, and A. N. Spicyn, who subdivide placers into: contemporaneous, old, and old metamorphosed. These authors broadly discuss the contemporaneous placers, among which they distinguish three paragenetical complexes: placers of short transportation, placers of water streams, and placers of water basins. Each of these complexes consists of several genetical groups. As a rule, marine and river placers are thought to be most payable. However, at present old placers, usually covered with younger deposits, are more and more taken into account. According to numerous scientists, the development of placers depends upon the existence of regional weathering mantles. A development of such mantles is strongly affected by climatic factors, the best conditions being in both tropical and subtropical climates. The problem of distance of placers formed in water basins from the alimentation area seems to be very interesting, too. Ample data obtained by numerous authors allow us to assume that the distance of such basins from the direct alimentation source may not be greater than approximately hundred fifty — two hundred kilometres. Placer deposits are susceptible to destructive factors and can rarely be preserved, if not covered with a protective mantle. The search for buried placer deposits is one of the most difficult tasks requiring a detailed palaeogeographical and facial analyses.

---

To the most interesting in Poland belong placer deposits formed on the Baltic Sea beach. These placers are first of all supplied with material from the destructed sea shores. Being not persistent, they are continuously regenerated and formed at sea shore intervals where is a considerable deficit in mineral materials. Lacustrine placers are not so rich as marine ones. Probable use of both types of placers depends mainly upon the profitableness of concentration technique, and upon the complex recovering of all valuable minerals.

No doubt, alluvial placers of flood plains and of mountain torrents are promising ones. Prospections of old placers present considerable difficulties, but works of this kind should be conducted on a large scale. All the old sea shore formations like conglomerates, sandstones and sands are everywhere potential source of heavy minerals.