

O ODPORNOŚCI NA WIETRZENIE NIEKTÓRYCH MINERAŁÓW SZLICHOWYCH

ZAGADNIENIE ODPORNOŚCI minerałów na wietrzenie nie zostało dotychczas dostatecznie opracowane. Brak jest jeszcze wystarczającej ilości obserwacji dla podania jednoznacznego schematu odporności minerałów, tym bardziej, że wiele z nich cechuje różna wytrzymałość na wietrzenie zależna od warunków, w jakich ono zachodzi. Często ten sam minerał zachowuje się odmiennie w poszczególnych etapach tworzenia się osadów. H. Williams (14) zwraca uwagę, że np. plagioklasy zasadowe wykazują odporność w okresie diagenety osadu morskiego, lecz łatwo wietrzeją w warunkach transportu. Spośród minerałów ilastych, tworzących się w czasie procesów wietrzenia, kaolinit wydaje się być odporny w środowisku kwaśnym, montmorillonit zaś w zasadowym, chociaż istnieją dane potwierdzające, że obydwa minerały przechodzą w czasie diagenety w illit lub chloryt. Odporność minerałów w okresie diagenety jest jeszcze słabo poznana.

Jeśli chodzi o łatwość rozpuszczania się, to kalcyt i oliwin wykazują najlepszą rozpuszczalność, kwarc natomiast praktycznie nie rozтворя się.

Williams podaje regułę, że tym bardziej odporny jest minerał na wietrzenie, im później krystalizuje z ochładzającej się magmy.

PRZEGLĄD KLASYFIKACJI MINERAŁÓW POD WZGLĘDEM ODPORNOŚCI NA WIETRZENIE

Spośród kilku szeregów minerałów uporządkowanych pod względem rosnącej odporności na wietrzenie najbardziej wyczerpujący wydaje się schemat Williamsa (14) opracowany dla minerałów skał osadowych, wśród których autor wyróżnia dwie grupy:

1) Minerale nieodporne.

a) rzadkie minerały autogeniczne. Zmieniają się one już w czasie tworzenia się osadów, w trakcie wietrzenia, transportu i diagenety. Przybliżony ich porządek wg wzrastającej odporności wygląda następująco: oliwin, pirokseny, plagioklasy zasadowe, hornblenda, andezyn, oligoklaz, tytanit, epidot, andaluzyt, staurolit, cyjanit, sylimanit, magnetyt, ilmenit, spinel.

b) szeroko rozprzestrzenione minerały autogeniczne. Są to minerały od-

porne w okresie diagenety, jednak w warunkach wietrzenia łatwo ulegające różnym procesom wietrzeniowym. Są to wg wzrastającej odporności: gips, różne węglany, apatyt, glaukonit, piryt, zeolity, chloryt, albit, ortoklaz, mikroklin.

2) Minerale odporne.

Są to minerały dobrze przeciwstawiające się procesom wietrzenia w ciągu wszystkich etapów tworzenia się osadów. Spotyka się je jako autogeniczne i allogeniczne. Williams podaje następujący szereg tych minerałów wg malejącej ich odporności: minerały ilaste (w zależności od warunków wietrzenia), kwarc, muskowitz, turmalin, cyrkon, rutyl, brukit, anataz.

Nieco odmiennie szeregują minerały J. A. Prieobrazeński i S. G. Sarkisjan (11). Podają oni następującą klasyfikację (wraz z liczbą porządkową wzrasta odporność minerału na wietrzenie): 1 — oliwin, 2 — augit, 3 — hornblenda, 4 — biotyt, 5 — Ca — plagioklasy, 6 — Ca, Na — plagioklasy, 7 — Na, Ca — plagioklasy, 8 — Na — plagioklasy, 9 — skalenie potasowe, 10 — muskowitz, 11 — kwarc.

M. Turnau-Morawska (12) podaje następujący podział minerałów ciężkich pod względem ich odporności na wietrzenie.

1. Minerale odporne i bardzo odporne na wietrzenie i transport: cyrkon, turmalin, rutyl, dysten i staurolit.

2. Minerale mało i bardzo mało odporne: apatyt, epidot, zoizyt, amfibole, pirokseny, oliwin.

3. Minerale o odporności nieustalonej: sylimanit, andaluzyt, granat.

Analogiczny szereg wg L. i C. Dryden (4) wygląda następująco (minerał ostatni najodporniejszy): hipersten, granat, staurolit, hornblenda, dysten, chloryt, monacyt, sylimanit, turmalin, cyrkon.

Z porównania powyższych klasyfikacji wynika, że pozycja niektórych minerałów, zwłaszcza zaś granatu, hornblendy, staurolitu, sylimanitu czy dystenu jest niepewna.

WYNIKI NIEKTÓRYCH PRAC DOTYCZĄCYCH ODPORNOŚCI MINERAŁÓW CIĘŻKICH NA WIETRZENIE

Badania M. Turnau-Morawskiej (13) nad składem mineralnym piasków doliny Bugu zdają się pó-

twierdząc wnioski L. i C. Dryden. Spośród minerałów ciężkich znalezionych w aluwiałach Bugu przeważają: amfibol zielony i granat typu almandynu. Stosunki ilościowe tych minerałów zmieniają się wraz z wielkością ich ziarn. Im drobniejsza frakcja, tym więcej w niej amfibolu a mniej granatu. Ilość więc granatu maleje z biegiem rzeki. Stwierdzono, że obydwa minerały pochodzą z rozkruszenia fragmentów skał metamorficznych niesionych przez rzekę.

W pracy tej wyżej cytowana autorka zaznacza, że C. Burri (3), analizując rozprzestrzenienie minerałów ciężkich w analogicznych osadach rzeki Ticino, zauważył wyraźny wzrost ilości granatu na niekorzyść amfibolu wzdłuż biegu rzeki. Burri badał jednak minerały ciężkie tylko w jednej frakcji (średnioziarnistej), gdy amfibol mógł przejść we frakcje drobniejsze. Z badań Goldicha (5) wynika, że granat jest bardziej odporny na procesy wietrzenia niż hornblenda. Opróbowując metodą szlichową współczesne osady Bobrzy i Sufragańca w północno-zachodniej części Gór Świętokrzyskich (8) stwierdziłem, że granat stanowi niekiedy 25—30% frakcji ciężkiej, gdy amfibol zielony spotykano nie w każdym szlichu i w ilości kilku do kilkunastu ziarn z reguły silnie nadwietrzonych.

O większej odporności na wietrzenie granatu niż hornblendy świadczą również dane zawarte w bardzo starannie wykonanej pracy A. Grodzickiego (6). Autor ten przeprowadził badanie szlichowe piasków złotośnych w rejonie Złotoryi. Minerały ciężkie wydzielano najczęściej z frakcji 0,12—0,075 mm oraz poniżej 0,075 mm, gdyż w tej frakcji znajdowano koncentracje złota.

A oto niektóre interesujące nas dane. We frakcji 0,12—0,075 mm w piasku miocenijskim nie stwierdzono hornblendy, natomiast zawartość granatu wynosi 0,18% wydzielonych minerałów ciężkich. Być może, hornblenda przeszła w drobniejszą frakcję, co wiąże się z wielokrotnymi cyklami sedymentacyjnymi, jakie ten osad przeszedł w czasie swojej historii. Warto zaznaczyć, że w piaskach tych cytowany badacz stwierdzał niekiedy znaczne nagromadzenia cyrkonów.

W złotośnych piaskach plioceńskich, powstałych w rezultacie akumulacji tarasowej pra-Kaczawy i jej dopływów, wydzielono następujące minerały ciężkie.

Minerały	Frakcja 0,12—0,075 mm	Minerały	Frakcja 0,12—0,075 mm
	ilość minerału w % w stos. do frakcji ciężkiej		ilość minerału w % w stosunku do frakcji ciężkiej
epidot	37,64	topaz	0,88
ilmenit	17,94	hiacynt	0,60
magne- tyt	16,76	dysten	0,59
cyrkon	9,11	spodu- men	0,58
leuko- ksen	7,35	anataz	0,32
turma- lin	2,05	granaty	0,88
korund	1,17	hornble- nda	0,29
chryzo- beryl	0,9		

Koncentracje złota w tych osadach wynoszą 0,15—0,20 g/t piasku. W niektórych innych zestawieniach składu ilościowego frakcji ciężkiej widoczna jest niewielka przewaga hornblendy nad zawartością granatu, co także według A. Grodzickiego (informacja ustna) jest spowodowane tendencją hornblendy do gromadzenia się we frakcjach drobniejszych, gdy granat koncentruje się w frakcji ok. 0,25 mm. (Porównaj wyżej zamieszczone rozważania odnośnie do piropu). Analogiczne rozważania składu minerałów ciężkich

i stosunków ilościowych zachodzących między nimi stwierdzonych przez A. Grodzickiego (informacja ustna) w chińskich osadach lessowych potwierdzają również wnioski o większej odporności na wietrzenie granatu niż hornblendy.

W cytowanej pracy znajdują się ponadto bardzo interesujące rozważania dotyczące wietrzenia epidotu poparte ciekawymi sugestiami paleogeograficznymi i uwagami co do wpływu klimatu na proces wietrzenia tego minerału.

Odporność minerałów ciężkich, szczególnie w procesie wietrzenia chemicznego i mechanicznego w warunkach transportu wodnego powinna być wzięta pod uwagę zwłaszcza przy projektowaniu poszukiwawczych prac szlichowych pierwotnych i okrucowych złóż niektórych pierwiastków. Znajomość elongacji danego minerału szlichowego (7), czyli najdalszej odległości miejsca pobrania szlichu, w którym go znaleziono, od pierwotnego miejsca występowania tego minerału pozwala na dokładniejsze zaprojektowanie gęstości sieci opróbowania obszaru poszukiwań. Np. A. Ł. Popugajewoj ustalił (fide 2), że pirop już w odległości 1,5 km od skały macierzystej, chociaż występuje w pokaźnych ilościach, ulega znacznemu rozdrobnieniu.

W celu ustalenia, czy główne minerały szlichowe towarzyszące diamentom w aluwiałach rzek w Kraju Jakuckim, a więc pirop i pikroilmenit pochodzą z kimberlitów czy także z osadów młodszych, otaczających je, N. P. Klenowicki (fide 2) wykonał następujące doświadczenie. Do obracającego się bębna o nierównych, chropowatych ścianach wysypiano oprócz piropu i pikroilmenitu piasek, otoczki piaskowców, diabazów i innych skał. Szybkość obrotu bębna odpowiadała szybkości przepływu wody w rzekach, gdzie w aluwiałach znaleziono pirop i pikroilmenit. Stworzono w ten sposób warunki zbliżone do naturalnych. Wyniki doświadczenia są następujące:

1. Ilmenit i pirop nie wytrzymują długiego transportu i przechodzą we frakcję drobną, przy czym już po przebyciu 155 km we frakcji tej znalazło się 10% pierwotnej liczby wymienionych minerałów.

2. Ilmenit jest bardziej odporny niż pirop.

3. Proces rozdrobnienia tych minerałów zachodzi znacznie szybciej w początkowej fazie doświadczenia, gdy ziarna są większe i ostrokrawędziste.

4. Kryształ diamentu w tych samych warunkach nie wykazał żadnych istotnych zmian.

A. P. Bobriewicz (2) podaje, że pirop nawet po przebyciu znacznych odległości nie zostaje otoczony i nie ulega szybkiemu wietrzeniu chemicznemu, lecz rozkrusza się. Wyniki opisanego doświadczenia sugerują również pogląd o większej odporności granatu, niż wynikałoby to z prac L. i C. Dryden (4).

W przypadku ilmenitu I. M. Ozierow (10) stwierdza, że minerał ten może być przenoszony na znaczne odległości, co zdaje się potwierdzać jego częste występowanie w aluwiałach Bobrzy i Sufragańca (8, 9).

Coraz intensywniejszy rozwój badań szlichowych pozwolił w wielu przypadkach na dość jednoznaczne określenie odporności minerałów o podwyższonym ciężarze właściwym. Elongacje tych minerałów mogą w znacznym stopniu, chociaż nie zawsze, odzwierciedlać ich odporność na wietrzenie chemiczne i mechaniczne, jakie zachodzi w czasie transportu wodnego. W tabeli zestawiono elongacje dla niektórych minerałów szlichowych.

Celem artykułu było skonfrontowanie poglądów niektórych badaczy polskich i obcych na zagadnienie odporności na wietrzenie minerałów szlichowych. Na podstawie porównania tych poglądów autor dochodzi do wniosku, że odporność na wietrzenie granatu i amfibolu wydaje się być dość jednoznacznie sprecyzowana. Granat jest bardziej odporny na wietrzenie chemiczne i mechaniczne niż amfibol.

Minerał	Elongacja (dane liczbowe w km)	Uwagi	Materiał źródłowy
anataz andaluzyt antymonit	b. znaczna znaczna 1—2	koncentruje się w strefie eluwialno-deluwialnej	I. M. Ozierow (10) "
apatyt arsenopiryty azuryt	2—3 1—2 do 3	w aluwialnych pojedynczych ziarnach	A. Jaworski (8) I. M. Ozierow (10) A. Jaworski (8)
baryt	b. mała do 4	w aluwialnych pojedynczych ziarnach	A. Jaworski (8) I. M. Ozierow (10) A. Jaworski (8)
bizmutyn	1—2	koncentruje się w strefie eluwialno-deluwialnej	I. M. Ozierow (10)
brukit	b. znaczna		"
cerusyty chalkopiryty chromocyjanit	1—2 b. mała 20—25 ?	ograniczone rozprzestrzenienie w aluwialnych	" " " "
cyrkon diament	znaczna b. duża		" A. P. Bobrowicz (2)
epidot euksenit	znaczna do 10		I. M. Ozierow (10) "
galena	b. mała 1	w aluwialnych pojedynczych ziarnach	" A. Jaworski (8)
granaty (ogólnie) pirop	50—100 155	przechodzi w b. drobne frakcje	I. M. Ozierow (10) A. P. Bobrowicz (2)
hematyt	>10 do 20	spotyka się czasami w aluwialnych rzecznych	I. M. Ozierow (10)
ilmenityt	b. znaczna	porównaj rozważania w tekście	"
jarozyt	b. mała	koncentruje się w osadach aluwialno-deluwialnych	"
karnotyt kasyteryt	40—50	występuje w znacznym stopniu rozproszenia	" "

Minerał	Elongacja (dane liczbowe w km)	Uwagi	Materiał źródłowy
kasyteryt drzewiasyty	>100		M. I. Icikson (7)
kobaltyn	mała	koncentruje się w strefie eluwialno-deluwialnej	I. M. Ozierow (10)
kolumbit korund kowelin	" 10 mała	" koncentruje się w strefie eluwialno-deluwialnej	" "
ksenotym limonit	1—2 mała	" "	" "
magnetyt malachit	b. duża b. mała do 3	spotyka się w aluwialnych pojed. ziarnach	" " A. Jaworski (8) I. M. Ozierow (10)
miedź rodzima molibden monacyt oliwin	b. mała 1-2 rzadko 3-4 do 10 mała nie >5-6		" " " A. P. Bobrowicz (2)
ortyt polikraz pirochlor piroluzyt piryt	do 10 do 10 b. mała 1—2 do 3	spotyka się w aluwialnych rzecznych pojedynczych ziarnach	I. M. Ozierow (10) " " " A. Jaworski (8)
sfaleryt	b. mała	spotyka się w strefie eluwialno-deluwialnej	I. M. Ozierow (10)
smitsonit	mała	spotyka się w strefie eluwialno-deluwialnej	"
tetraedryt turmalin tytanit wanadynit	b. mała 40—50 dziesiątki km 1—2	" spotyka się w strefie eluwialno-deluwialnej, rzadko w aluwialnych	" " " "
złoto	dziesiątki km i więcej		I. M. Ozierow (10)
złoto plazowe	kilkaset km		J. A. Bilbin (1)

Jest to twierdzenie przeważającej liczby badaczy, którzy zajmowali się badaniami trwałości minerałów ciężkich w warunkach transportu wodnego. Warto zaznaczyć, że M. Turnau-Morawska, której badania sugerują odmienny wniosek, zastrzega się, że przewaga amfibolu nad granatem w aluwialach Bugu w kierunku spływu wody, może być interpretowana różnorodnie.

Jeżeli chodzi o inne minerały szlichowe, zwłaszcza rzadziej spotykane, zagadnienie jest w dalszym ciągu otwarte. Przedstawione przez autora zestawienie elongacji minerałów szlichowych będzie niewątpliwie pomocne przy dalszych próbach skonstruowania schematu minerałów ciężkich pod względem ich odporności na procesy wietrzenia, zachodzące w czasie transportu wodnego, tym bardziej że w zestawieniu znalazło się wiele minerałów rzadziej spotykanych w szlichach. Analizując metody badań minerałów ciężkich w różnego typu osadach zwięzłych i luźnych, celowe wydaje się zwrócenie uwagi na konieczność ich ujednoczenia. Nie wystarcza bowiem przebadanie jednej (na ogół (ok. 0,2 mm) frakcji osadu na minerały ciężkie, gdyż łatwo można wówczas pominąć znaczne ich koncentracje we frakcjach drobniejszych, gdzie gromadzi się cyrkon, rutyl, minerały nieprzezroczyste (15)*. Najbardziej celowe jest wydzielenie minerałów ciężkich ze wszystkich frakcji badanego osadu, gdyż wówczas dopiero można mówić o zmianach stosunków ilościowych zachodzących między nimi zarówno w profilu pionowym, jak i poziomym w badanej serii. Dopiero gdy się weźmie pod uwagę ilość danego minerału w skale macierzystej, ilość zwiertzałej skały, z której minerał przedostał się do osadu rzeczno, zmiany prędkości wody, budowę koryta rzeczno i rozprzestrzenienie minerałów ciężkich we wszystkich frakcjach osadu — można określić w sposób bardziej pewny, który minerał jest bardziej lub mniej odporny na wietrzenie w czasie transportu wodnego.

LITERATURA

1. Bilibin J. — Osnovy geologii rossipiej Moskwa 1938.
2. Bobriewicz A.P., Bondarienko M.N., Gniawuszyn M.A., Krasow G.I., Jurkiewicz R.K. — Almaznyje miestorożdienija Jakutii. Moskwa 1959.
3. Burri C. — Sedimentpetrographische Untersuchungen an alpien Flussanden. „Schweiz. Miner. Petrogr. Mitt.” IX, 1929.
4. Dryden L., Dryden C. — Comparative rates of weathering of some common heavy minerals. „Journal of Sedimentary Petrology” 1946, nr 3, pp. 91—96.
5. Goldich S. — A study in rock weathering. „Journ. Geology” 1938, vol. 46, pp. 17—58.

* Informacje te posiadam również od A. Morawieckiego i K. Radlicza.

6. Grodzicki A. — Stratygrafia i skład piasków złotożonnych okolic Złotoryi. 1959 (Maszynopis pracy dyplomowej złożony w Katedrze Mineralogii i Petrografii Uniwersytetu we Wrocławiu).
7. Ickson M.I. — Opróbowanie szlichowe przy wykonywaniu zdjęcia geologicznego oraz przeglądowych prac poszukiwawczych. Warszawa 1955.
8. Jaworski A. — Analiza szlichowa środkowego dorzecza Sufragańca i Bobrzy w północno-zachodniej części Gór Świętokrzyskich. „Kwartalnik Geologiczny” 1961, nr 2.
9. Jaworski A. — Nowsze wyniki badań szlichowych w Związku Radziekim. „Geologia za Granicą” 1961, nr 2.
10. Ozierow I.M. — Szlichowaja sjemka i analiz szlichow. Leningrad 1959.
11. Prieobrażenski J.A., Sarkisjan S.G. — Minerály osadocnych porod. Moskwa 1954.
12. Turnau-Morawska M. — Petrografia skał osadowych. Warszawa 1954.
13. Turnau-Morawska M. — Utwory rzeczne doliny Bugu między Terespołem a Wyszkiem. GIG Biul. 68. Warszawa 1952.
14. Williams H., Turner F.J., Gilbert Ch.W. — Petrografia. Moskwa 1957.
15. Woletz C. — Die Schwermineral-Analyse als Hilfsmittel für Prospektion und Stratigraphie. Verh. Geol. Bundesanst. Wien 1958.

SUMMARY

The article deal with the problem of resistance to weathering of some slick minerals presented in the light of selected works of the Polish and foreign investigators being engaged in this question.

It results from comparison of these elaborations that in conditions of water transport the garnet is more resistant to the chemical and mechanical weathering than the amphibole. Data concerning other minerals are still questionable.

The elongations of many slick minerals presented in the article may be regarded as a value of their resistance to weathering during water transport.

РЕЗЮМЕ

В статье обсуждается вопрос устойчивости шlichовых минералов в свете исследований польских и зарубежных ученых.

Из сопоставления многих работ следует, что в условиях водного переноса гранат труднее подвергается химическому и механическому выветриванию, чем амфибол. Данные по другим минералам вызывают еще разногласия.

Собранные в статье размеры зерен многих минералов, встречаемых в шlichах, могут до некоторой степени служить мерой их сопротивляемости выветриванию во время переноса в воде.