

OTRZYMYWANIE KRYSZTAŁÓW KORUNDU PRZEZ KRYSZTALIZACJĘ ZE STOPIONYCH SOLI

UKD 549.517.1.07:549.07:549.517.1

Kryształy wielu substancji zajmują we współczesnym życiu różnorakie zastosowanie i w krajach przodujących pod względem techniki ich wytwarzanie urosło do rangi poważnego przemysłu. Liczba zastosowań monokryształów pószera się w szybkim tempie. Do ważniejszych z nich należą: oscylatory o kontrolowanej częstotliwości (kwarc), polaryzatory (kalcyt, azotan sodu), detektory promieniowania (KCl), optyka przepuszczalna dla podczerwieni (KCl, CaF₂, NaCl), tranzystory (german, krzem), wzmacniacze ultradźwiękowe (Cds), masery i lasery (rubiny, GaAs) przezroczyste tygle laboratoryjne (MgO), diody tunelowe (GaAs) i in. Wiele substancji w formie monokryształów okazuje nieoczekiwane własności.

Współczesna technika syntez pozwala na otrzymywanie monokryształów o wysokim stopniu czystości i praktycznie wolnych od defektów. Niektóre ich własności można modyfikować przez wprowadzenie odpowiednich domieszek. Pod tym względem kryształy otrzymane sztucznie przewyższają powstałe w warunkach naturalnych. Z tej przyczyny syntetyzuje się obecnie także i te minerały, których kryształy występują w przyrodzie stosunkowo często i są wydobywane drogą eksploatacji górniczej (kryształ górski, mika, azbest).

Obok zastosowania przemysłowego kryształy odgrywają ważną rolę w badaniach naukowych. Badania struktur i własności fizycznych minerałów często przeprowadza się na monokryształach, a gdy nie dysponujemy odpowiednimi osobnikami naturalnymi uciekamy się do ich syntezy.

Synteza jest we współczesnej mineralogii źródłem informacji o minerałach posiadających skomplikowany skład, których struktury wykazują dużą ilość podstawień izomorficznych (krzemiany warstwowe, pierścieniowe i łańcuchowe). Dysponując minerałami syntetycznymi o zadanym składzie można określić wpływ podstawień izomorficznych na wymiany ich komórek elementarnych, widmo w podczerwieni itp., a uzyskane tą drogą informacje wykorzystać do identyfikacji minerałów naturalnych. Przykładem mogą być: praca W. Stubicana i R. Roya (5) nad widmem w podczerwieni krzemianów warstwowych lub prace dotyczące izomorfizmu w mikach (7). Syntezy dostarczają informacji o warunkach powstawania minerałów i zakresach ciśnień oraz temperatur w których są trwałe. Względy te sprawiają, że synteza stała się nieodzownym elementem we współczesnych badaniach mineralogicznych.

Kryształy można wytwarzać w laboratorium wieloma sposobami, oto najważniejsze z nich.

1. **Otrzymywanie kryształów z fazy gazowej.** Może się ono odbywać dwoma drogami; przez kondensację pary przesyconej lub na drodze reakcji chemicznych. Z fazy gazowej otrzymuje się zwykle kryształy siarczków (ZnS, CdS), półprzewodników (Si, Ge), metali (Fe, Ti, Ni, Co, W i in.), a także niektórych związków organicznych.

2. **Wytrącanie z roztworów.** Metoda ta należy do najczęściej stosowanych. Wykorzystuje się ją dla otrzymywania kryształów soli przez krystalizację z roztworów wodnych. Kryształy wielu substancji uzyskuje się przy użyciu innych rozpuszczalników.

Kryształy siarki krystalizuje się z roztworów C₂S, a dla otrzymania kryształów Sn rozpuszczalnikiem może być rtęć.

3. **Synteza hydrotermalna** polega na stosowaniu roztworów wodnych pod dużym ciśnieniem i o podwyższonej temperaturze dla rozpuszczania i krystalizacji substancji, które są stosunkowo słabo rozpuszczalne w normalnych warunkach. Jest to metoda wykorzystywana m. in. dla otrzymywania na skalę przemysłową kryształów kwarcu, azbestu chryzotyloвого, granatów. Dla celów badawczych otrzymuje się na tej drodze kryształy wielu krzemianów i glinokrzemianów.

4. **Krystalizacja z roztworów stopionych soli.** W metodzie tej rozpuszczalnikami substancji, której kryształy mamy wyhodować są stopione związki nieorganiczne (CaCl₂, NaCl, PbF₂ itp.) lub ich mieszaniny. Jest to zasadniczo jedna z metod krystalizacji z roztworów, z uwagi jednak na odmienną technikę traktuje się ją odrębnie. Została ona wprowadzona z końcem ubiegłego stulecia przede wszystkim dla uzyskiwania kryształów trudno topliwych tlenków.

5. **Otrzymywanie kryształów przez zestalanie stopów o takim samym składzie.** Jest to jeden z najszerszej stosowanych sposobów otrzymywania kryształów. Otrzymuje się tą drogą kryształy pierwiastków zarówno łatwo topliwych (As, Bi, Cd, Ga, Ge) jak i o wysokiej temperaturze topnienia (Ni, Ti, Fe, V, Mo, W, platynowce). Metoda ta jest pospolicie stosowana dla wytworzenia kryształów chlorków alkaliów oraz półprzewodników typu selenków, telurków, arsenków, antymonków, siarczków. Otrzymuje się nią także flogopit fluorowy na skalę przemysłową. Związki ulegające dysocjacji w wysokich temperaturach krystalizuje się pod ciśnieniem.

Jedną z odmian techniki otrzymywania kryształów przez zestalanie jest metoda Verneulla opracowana dla wytworzenia dużych monokryształów korundu i spineli. Metoda ta okazała się przydatna do otrzymywania kryształów wielu innych substancji, jak: rutyli, szelitu, ferryty i krzemiany (w tym mullit i in.).

Syntezy minerałów dla badań mineralogicznych, petrograficznych i geofizycznych wykonuje się zwykle na drodze hydrotermalnej. Przykładem mogą być prace E. Esborna, R. Roya, O. F. Tuttle i in. Synteza hydrotermalna jest niezastąpiona dla uzyskiwania minerałów zawierających H₂O. Wymagają one jednak skomplikowanej nieraz aparatury ciśnieniowej. O prostszych rozwiązaniach konstrukcyjnych dla tego celu informuje praca G. Simonsa (4). Zwykle substancje otrzymane na drodze hydrotermalnej są drobnoziarniste, a szybkość liniowa wzrostu kryształów jest mała (tab. I).

Ostatnio wzrosło znacznie zainteresowanie metodą krystalizacji z roztworów stopionych soli. Technika tę wypróbowano dla otrzymywania kryształów wielu substancji (tab. II). Zalety jej są następujące.

1. Prosta urządzenia;

2. Duża liczba przydatnych do tego celu niskotopliwych soli, co pozwala na swobodny wybór odpowiedniego rozpuszczalnika;

3. Duża szybkość krystalizacji ze stopu.

Tabela I
LINIOWA SZYBKOŚĆ WZROSTU KRYSZTAŁÓW
KORUNDU W RÓŻNYCH WARUNKACH (WEDŁUG
WHITE'A, 1964)

Metoda syntezy	Temperatura	Linowa szybkość wzrostu
Hydrotermalna	około 650°	0,1 mm/dzień
Ze stopu	około 1200°	1 mm/dzień
Topienie w płomieniu (metoda Verneuil'a)	około 2100°	450 mm/dzień

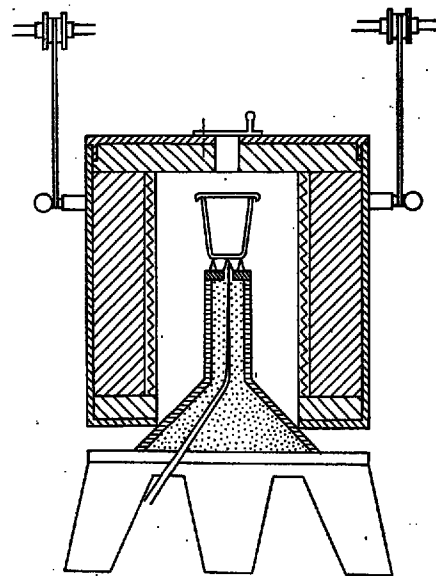
Tabela II
KRYSZTAŁY OTRZYMANE DROGĄ KRYSZTAŁIZACJI ZE STOPÓW

Substancja	Stop
BaTiO ₃	KF
KNbO ₃	KF lub KCl
PbZrO ₃	PbF ₂
LiGaO ₂	Li ₂ CO ₃ — GaO — B ₂ O ₃ — — PbO
Y ₃ Fe ₅ O ₁₂	PbO
	PbO — PbF
Y ₃ Al ₅ O ₁₂	BaO — B ₂ O ₃
ZnS(β)	PbO — B ₂ O ₃
ZnO	ZnF ₂
ThO ₂	PbF ₂
Al ₂ O ₃ (α)	Li ₂ O · 2WO ₃
CaCO ₃	Bi ₂ O ₃ — PbF ₂
CaMg(CO ₃) ₂	Na ₃ AlF ₆
	Li ₂ CO ₃ (atmosfera CO ₂)
	MgCl ₂ — CaCl ₂ (atmosfera CO ₂)
3CaO · SiO ₂	CaCl ₂
Ca ₂ Mg [Si ₂ O ₇] (akermanit)	
Mg ₂ [SiO ₄] (fosteryt)	PbO
CaMg [SiO ₃] ₂ (diopsyd)	
CaSiO ₃ (wolastonit)	
LiAl [Si ₂ O ₆] (spodumen)	
Na ₂ [AlSiO ₄] ₆ (sodalit)	LiCl, CaCl ₂ , NaCl

Ujemną stroną jest stosunkowo wysoka temperatura krystalizacji, która wynosi zwykle 800—1300° i konieczność dysponowania tyglami odpornymi na agresywne działanie stopionych soli. Kryształy uzyskane na tej drodze często mają niewielkie wymiary. Biorąc pod uwagę przedstawione zalety metody podjęto próbę sprawdzenia jej użyteczności na przykładzie korundu, minerału stosunkowo łatwo krystalizującego ze stopów.

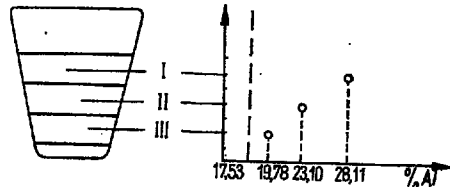
Istnieją dwa zasadnicze warianty hodowli monokryształów w stopach soli niskotopliwych (6). W pierwszym odparowuje się izotermicznie rozpuszczalnik, wskutek czego zwiększa się stężenie tlenku i w konsekwencji następuje wzrost monokryształów, w drugim — wraz z rozpuszczalnikiem odparowuje również częściowo tlenek, który następnie wykrystalizuje w chłodniejszej części naczynia zawierającego stopiony roztwór. Materiał, który ma krystalizować umieszcza się w platynowym tyglu z wystarczającą ilością rozpuszczalnika, aby po podgrzaniu utworzył się jednorodny roztwór. Używa się zwykłego pieca elektrycznego, o kontrolowanej temperaturze, w którym stopiony roztwór mógłby ulegać powolnemu i jednostajnemu ochładzaniu przez okres godzin lub dni.

Ponieważ większość topników jest lotna w znacznym stopniu w temperaturze około 1000°C, pożądane jest stosowanie tygli zamkniętych, nadmierne parowanie topnika może bowiem spowodować wzmoczone zarodnikowanie i w konsekwencji wytworzenie dużej ilości małych kryształów. Stopiony roztwór w miarę oziębiania staje się przesycony, a gdy oziębianie to jest wystarczająco powolne, mogą powstać nieliczne za-



Ryc. 1. Piec do krystalizacji z roztworów stopionych soli.

Fig. 1. Oven for crystallization from solutions of melted salts



Ryc. 2. Zmiana wartości Al w stopie z głębokością.

Fig. 2. Change of Al content in the melt with increasing depth.

rodki krystalizacji (8). Powolne chłodzenie prowadzi się dotąd, dopóki stop nie skrzepnie. Wadą metody topników jest trudność kontroli powstawania zarodków i straty rozpuszczalnika przez parowanie.

Doświadczenia nad otrzymywaniem kryształów korundu ze stopu wykonał jeden z autorów (Z. Sartowski), stosując piec elektryczny oporowy (ryc. 1). Piec ten posiadał możliwość regulacji szybkości, wzrostu i obniżania temperatury w szerokim zakresie. Krystalizację przeprowadzano w tyglu platynowym. Temperaturę mierzono termoparą Pt-Pt Rh 10, która dotykała dna tygla. Przeprowadzono próby z trzema rodzajami topników: kryolitem Na₃AlF₆ i mieszaninami PbF₂ — B₂O₃ oraz PbF₂ — Bi₂O₃. Mieszaniny Al₂O₃ z topnikami rozdrabniano i następnie homogenizowano w młynku kulowym w obecności bezwodnego alkoholu etylowego przez 2 godziny. Dla wywołania zabarwienia kryształów do mieszaniny dodawano 3% Cr₂O₃. Poważną trudność w prowadzonych badaniach stanowił brak opracowanych układów równowag fazowych pomiędzy Al₂O₃, PbF₂, Bi₂O₃, B₂O₃.

Próbę krystalizacji korundu z roztworu Al₂O₃ w kryolicie przeprowadzono stosując stop, który zawierał 87,5% Na₃AlF₆ i 12,5% Al₂O₃, co odpowiada w przybliżeniu składowi mieszaniny eutektycznej. Jego temperatura topnienia wynosi około 962°C. Dokładnie homogeniczną mieszaninę ogrzewano w 1040° przez 24 godziny. Tygiel ze stopem znajdował się w naczyniu porcelanowym wypełnionym izolacyjną masą ceramiczną dla osłony przed szybkimi stratami ciepła. Od góry został on dokładnie przykryty, aby zapobiec ułatnianiu się składników stopu. Stop ochładzano

z szybkością 2°C/godz. do temperatury 960°, dalszy spadek temperatury nie był kontrolowany. W rezultacie otrzymano szczołkę drobnych kryształów korundu o wielkości około 2 mm zabarwionych na czerwono, która wyrosła na przykrywcę tygla. Kryształy miały pokrój sześciobocznych płytek. W stopie natomiast pojawiły się drobne igielkowate kryształy korundu tworząc gęstą siatkę.

Kryształy korundu wyrosłe poza stopem powstały z fazy gazowej na drodze reakcji transportowej. Znałe są liczne przykłady przenoszenia glinu poprzez fazę gazową (3); substancją transportującą może być m. in. AlCl_3 lub AlF_3 .

Oznaczenia zawartości glinu w stopie na różnych głębokościach wykazały, że w pobliżu powierzchni zawierał on 28,1% Al. Zawartość Al maleje wyraźnie z głębokością (ryc. 2). Jest to rezultatem zmniejszania się zawartości lotnych składników stopu w warstwach przypowierzchniowych.

Większe kryształy korundu dało się uzyskać, stosując jako rozpuszczalnik PbF_2 z dodatkiem B_2O_3 . Mieszanina ta jest często używana dla otrzymywania kryształów różnych substancji, m. in.: ZnO , ZrO_2 , TiO_2 i inne. Mieszanina wyjściowa zawierała: PbF_2 — 94,85%, Al_2O_3 — 4,2%, B_2O_3 0,86%. Ogrzewano ją przez 3 godziny w 1300°, a następnie wolno chłodzono, z szybkością 8°C/min. do 960°. Dalej studzenie przebiegało w sposób niekontrolowany, aż do temperatury pokojowej. Kryształy korundu wykrywały się na dnie i na ścianach tygla w postaci płytek o pokroju heksagonalnym. Wielkość powierzchni płytek wynosiła przeciętnie około 1,5 cm².

Podobne rezultaty otrzymano, krystalizując korund ze stopu PbF_2 — Bi_2O_3 . Otrzymano kryształy o odmiennym pokroju. Są one wydłużone i mają zarys romboedryczny. Zmiana kształtu jest, jak się wydaje wynikiem mniejszej zawartości PbF_2 w stopie, co pozostaje w zgodzie z obserwacjami poczynionymi przez R. C. Linaresa (2). Mieszanina wyjściowa użyta

SUMMARY

Experiments aiming to obtain corundum monocrystals from solutions of melted salts are described. The crystallization from a melt composed of PbF_2 with boron oxide or bismuth added yielded the most encouraging results. The crystallizations from solutions of easily melting salts provides a convenient method of obtaining crystals of some substances for laboratory tests.

JÓZEF BAŻYŃSKI, ANDRZEJ KUHN
Instytut Geologiczny

REJESTRACJA OSUWISK W POLSCE

UKD 624.131.537+624.131.543+561.311.235(083.8)(438)

Osuwiska w Polsce stanowią od dawna istotny problem gospodarczy nie tylko na terenach górskich, ale również na rozległych obszarach Niżu Polskiego. Straty związane z rozwojem ruchów zboczy w postaci uszkodzonych lub zniszczonych domów, dróg, zagrożonych linii kolejowych i uszczuplenia arealu gruntów uprawnych, szacuje się na dziesiątki milionów złotych w skali rocznej.

Proces osuwiskowy ma charakter skomplikowany, stanowi wypadkową takich czynników, jak: lokalne warunki geologiczne i hydrogeologiczne, predyspozycja morfologiczna i klimat; jego rozwój w czasie jest trudny do przewidzenia. Geologiczno-inżynierskie prognozowanie osuwisk wymaga przede wszystkim szerokich badań regionalnych i zebrania materiału statystycznego, a następnie długotrwałych obserwacji

w tym eksperymencie miała skład: PbF_2 — 53,64%, Bi_2O_3 — 38,87%, Al_2O_3 — 7,69%. Warunki krystalizacji były takie jak poprzednio. W obu opisywanych przypadkach zaobserwowano wyraźne straty niektórych składników stopu wskutek parowania.

Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń stwierdzono, że kryształy korundu można otrzymać stosunkowo łatwo, poprzez krystalizację roztworów stopionych soli. Najlepsze rezultaty uzyskuje się używając jako rozpuszczalnika mieszaniny PbF_2 z tlenkami boru i bizmutu. Dobierając starannie reżim krystalizacji i prowadząc krystalizację na wprowadzonym do stopu zarodku, można by uzyskać dość łatwo duże monokryształy.

LITERATURA

1. Gilman J. J. — The art and science of growing crystals. Nowy Jork, 1963.
2. Linares R. C. — Growth of refractory oxide single crystals. Jour. Appl. Physics, 1962, 35, 1747—1749.
3. Schafer H. — Chemische transportreaktionen. Lipsk, 1964.
4. Simons G. — High pressure geophysics equipment and results. Jour. Geol. Education, 1968, 14, 21—29.
5. Stubican W., Roy R. — Isomorphous substitution and infrared spectra of the layer lattice silicate. Am. Min. 1961, 46, 32—51.
6. Tsushina K. — Molten salt vaporization methods for growing single crystals of refractory oxides. Jour. of Appl. Phys. 1966, 37, 443—444.
7. Yoder H. S., Engster H. P. — Synthetic and natural muscovites. Geochim. et Cosmochim. Acta. 1955, 8, 225—280.
8. White A. D. — Crystal growth techniques I, Hilger Jour. 1964, 4, 61—69.

РЕЗЮМЕ

В статье описан опыт получения монокристаллов корунда из раствора расплавленных солей. Наилучшие результаты можно получить путем проведения кристаллизации из сплава, состоящего из PbF_2 с добавкой окиси бора или висмута. Метод кристаллизации из растворов легкоплавких солей является удобным способом получения кристаллов некоторых веществ для лабораторных исследований.

stacjonarnych wybranych odcinków zboczy. Szczególnie ważne, a zarazem najtrudniejsze jest uchwycenie wczesnej, inicjalnej fazy rozwoju formy osuwiskowej poprzedzającej katastrofalne ścięcie lub obryw mas skalnych, czy też gruntowych.

Z powodu niedostatecznego rozwoju tego rodzaju systematycznych badań nie obserwuje się postępu w dziedzinie przewidywania i zapobiegania groźbie ruchów osuwiskowych. Istnieje więc poważna dysproporcja pomiędzy potrzebami projektowymi budownictwa a aktualnym rozpoznaniem problemu osuwisk w sensie ilościowym i regionalnym. Brak rozpoznania bądź też niedocenicenie niebezpieczeństwa powoduje często subiektywną, intuicyjną ocenę tych zjawisk, co prowadzi w praktyce do szeregu tragicznych pomyłek, przy czym dostatecznie wymownymi

przykładami są tutaj katastrofy Vaillont, w Handlowej czy też mniej znane osuwisko w dolinie rzeki Visočica w Starej Planinie (północno-wschodnia Serbia). To ostatnie powstało w 1963 r. i stanowiło gwałtowny spływ zwietrzelin o kubaturze 4 mln m³. Osuwisko przegradziło rzekę tworząc olbrzymią zapórę wysokości 36 m i długości ponad 0,5 km. Wytworzone w ten sposób jezioro groziło, w wypadku przerwania naturalnej tamy, zalaniem rejonu miasta Niš. Walka ze skutkami osuwiska trwała 22 miesiące. W efekcie skomplikowanych prac inżynierskich zbiornik został opróżniony poprzez specjalnie wybudowany tunel.

W warunkach polskich nie doszło wprawdzie do ruchów o tak gigantycznych rozmiarach, w których zaangażowane byłyby miliony metrów sześć. materiału skalnego, jednakże aktywizacja osuwisk w okresie ostatnich kilku lat budzi uzasadniony niepokój.

W latach 1966—67 zaobserwowano wzmożenie ruchów zbczcy w szeregu rejonach osuwiskowych Polski, a szczególnie na obszarze wschodniej krawędzi Wyżyny Sandomierskiej. Ma to swój związek ze specyfiką budowy geologicznej, a mianowicie z występowaniem pod lessami stosunkowo cienkiej warstwy ilów warwowych mających tendencję do uplastyczniania. Cykliczne odmiadżanie się tego obszaru osuwiskowego spowodowane jest opadami powyżej przeciętnej oraz postępującym procesem denudacji zbczcy i obnażaniem warstw ilów warwowych.

Dostatecznie wymownym przykładem jest tutaj osuwisko w obrębie starej zabytkowej części Sandomierza, które uaktywniło się na wiosnę w 1967 r. i któremu prasa nadała rangę wydarzenia sensacyjnego i wyjątkowego. Na marginesie warto wspomnieć, że tendencję osuwiskową i możliwość powstania aktywnych ruchów w tym miejscu przewidywano już w 1963 r.*

Jednocześnie w tym samym okresie w bliskim sąsiedztwie Sandomierza, we wsi Kamień Nowy powstało osuwisko w analogicznych warunkach i sytuacji morfologicznej. Osuwisko to miało o wiele większe rozmiary i zniszczyło kompletnie gospodarstwo wiejskie. Tylko szczęśliwemu przypadkowi należy zawdzięczać, że nie było ofiar w ludziach. Następną formą osuwiskową długości około 290 m we wczesnej fazie rozwoju zaobserwowano w pobliżu Dwikoz. Obszar ten wymaga szczególnie bacznej obserwacji, gdyż wszystkie objawy wskazują na powstawanie nowego, dużego pola osuwiskowego o powierzchni około 1 ha, które zagraża kilku gospodarstwom wiejskim.

Alarmujące doniesienia prasowe odnośnie do osuwiska w Sandomierzu spowodowały olbrzymie zainteresowanie i zaniepokojenie społeczeństwa, tym bardziej, że w poprzednich latach pisano wielokrotnie o wypadkach zapadania się podziemi i awariach budynków w tym mieście. Dzięki energii władz miejskich i uchwale KERM zmobilizowano wszelkie dostępne wówczas siły i środki zarówno państwowe, jak i społeczne w celu ratowania miasta. W efekcie przeszło dwuletnich, szeroko zakrojonych prac przy zaangażowaniu licznych instytucji naukowych (w tym także Instytutu Geologicznego) i przedsiębiorstw, groźba dalszego rozwoju procesów niszczących na skarpie sandomierskiej została zażegnana. W obecnej chwili prace zabezpieczające są na ukończeniu. Główny element oporowy stanowią studnie opuszczone aż do podłoża kambryjskiego (ok. 6 m) oraz ruszt przestrzenny oparty dodatkowo na palach (autorem koncepcji zabezpieczenia jest prof. Z. Wiłun). Skarpa ponadto została wyprofilowana pod kątem 30° i zabezpieczona przed rozmywaniem powierzchniowym.

Sprawa Sandomierza spowodowała zwrócenie uwagi na konieczność dostatecznie wczesnego wykrycia obszarów predysponowanych do powstawania osuwisk oraz stanowiła sygnał przeciw lekceważeniu niebezpieczeństwa i niedostrzeganiu tych zjawisk. Do-

datkowym aspektem tej sprawy było zwrócenie uwagi na poważny problem zabezpieczenia starych miast posadowionych na lessach i niszczonego w następstwie rozmywania podłoża fundamentowego. Dlatego też uchwała KERM nałożyła na resort geologii obowiązek zarejestrowania zarówno zjawisk osuwiskowych, jak i stref zapadliskowych na obszarach lessowych w miastach i osiedlach na terenie kraju. Tematyka ta już od szeregu lat miała swoje odbicie w pracach Instytutu Geologicznego.

Pierwsze prace nad charakterystyką strefy fundamentowej i szkodliwym rozwojem sufozji oraz procesów rozmywania podłoża lessowego w specyficznych warunkach miejskich prowadzone były w Kłodzku w latach 1959/60. Od tego czasu Instytut Geologiczny konsekwentnie zwracał uwagę na istniejący stan zagrożenia w starych miastach posadowionych na lessach i sygnalizował o konieczności podjęcia szeregu badań i prac zabezpieczających.

Problem rejestracji zjawisk geologiczno-dynamicznych podjęty został już w 1958 r. Przeprowadzono wówczas ankietę wśród geologów i instytucji związanych z budownictwem, kopalnictwem oraz wśród wszystkich, którzy mogli w praktyce zetknąć się z osuwiskami. Zebrane materiały w liczbie kilkuset ankiet zezwoliły na ogólne zorientowanie się w rejonizacji tych zjawisk na obszarze kraju. W następnych latach Zakład Geologii Inżynierskiej Instytutu Geologicznego opracował osuwiska na obszarze Skarpy Skolwińskiej w pobliżu Szczecina. Badaniami osuwisk w Polsce południowej zajmuje się od szeregu lat Oddział Karpacki Instytutu Geologicznego.

Nowy etap badań rozwinął Zakład Geologii Inżynierskiej IG na podstawie zarządzenia prezesa Centralnego Urzędu Geologii z dnia 18 stycznia 1968 r. o rejestracji osuwisk i zapadlisk w rejonie miast i osiedli w Polsce. Biorąc pod uwagę czysto praktyczny i ekonomiczny, a przede wszystkim społeczny aspekt rejestracji zakres badań został przez Instytut Geologiczny nieco poszerzony. Praktyka wykazuje bowiem, że w miastach i osiedlach niszczącą działalność ruchów osuwiskowych jest na ogół znana. Największe jednak niebezpieczeństwo ukryte jest w niezajomości tych ruchów na terenach przeznaczonych dopiero pod zabudowę. Biorąc powyższe pod uwagę Instytut Geologiczny rozszerzył zakres rejestracji również na obszary nie będące aktualnie zabudowane, ale które mogą stać się terenem ekspansji budowlanej: komunikacyjnej, mieszkaniowej lub przemysłowej. Oczywiście, że najcenniejszą informacją o osuwiskach jest właśnie wskazówka na etapie planowania lub nawet projektowania, a więc wówczas, gdy bez dodatkowych nakładów finansowych i bez szkód społecznych można odpowiednio wcześniej skorygować rodzaj projektowanego zagospodarowania terenu. Przy takim sformułowaniu zadania rejestracją objęty zostaje cały obszar kraju, a sens logiczny rejestracji może być wówczas osiągnięty. Okazuje się również, że koszt rejestracji całego obszaru Kraju nie jest dużo większy od kosztów badań tylko miast i osiedli. Zresztą trudno byłoby w praktyce znaleźć jakąś rozsądną granicę terenu badań.

Należy jeszcze na marginesie wyjaśnić, że rejestracją nie będą objęte pewne trudno dostępne obszary Bieszczadów, a na pozostałych obszarach leśnych dokładność rejestracji jest mniejsza. Rejestracją nie zostaną również objęte zapadliska spowodowane eksploatacją złóż. Szkody górnicze są rejestrowane przez odpowiednie urzędy górnicze i ich występowanie uwzględniono podczas projektowania obiektów budowlanych.

Ze sformułowania uchwały KERM wynika, że rejestracja dotyczy dwu zasadniczych problemów geodynamicznych: osuwisk i zapadlisk na lessach. Osuwiska jako proces naturalny, aczkolwiek zainicjowany różnymi przyczynami, mogą się w różnym nasileniu rozwinąć na obszarze całego kraju. Natomiast zapadliska w sensie uchwały KERM spotykamy wyłącznie na obszarach występowania lessów i tylko w miastach, w których wykonano w przeszłości historycznej

* A. Kühn — 1963 — Sprawozdanie ze wstępnych prac badawczych dotyczących strefy fundamentowej w Sandomierzu.

podziemne wyrobiska w postaci piwnic, magazynów, lochów, korytarzy itp. Wyjaśnić należy w tym miejscu, że podczas rejestracji zanotowane zostaną naturalne procesy zapadania powierzchni w wyniku działania procesów krasowych i sufozji. Zagadnienie to jest jednak marginesowe. Poza dążeniem do objęcia rejestracją możliwie całego obszaru kraju Instytut Geologiczny dążył do zebrania maksymalnych wiadomości o samych osuwiskach. Celowi temu służy stosunkowo szczegółowo opracowana instrukcja robocza, a przede wszystkim karta rejestracyjna.

Niektórzy autorzy map geologicznych w skali 1:50 000 opracowywali obszary osuwiskowe w trakcie zdjęcia terenowego. W tym przypadku rejestracja sprowadziła się do sporządzenia kart rejestracyjnych z mapy korzystając z konsultacji autora i krótkiego przeglądu terenu w przypadkach wątpliwych. Niestety mapami z naniesionymi osuwiskami jest pokryty nieznaczny obszar kraju. Na pozostałych obszarach instrukcja przewidywała analizę wszelkich materiałów archiwalnych, szczególnie map geologicznych, w tym w skali 1:100 000, dokumentacji geologiczno-inżynierskich, zdjęć lotniczych itp. pod kątem zbieżności czynników morfologicznych i litologicznych jako warunkujących predyspozycję osuwiskową. Zwrócono uwagę na konieczność wydzielenia obszarów, na których na powierzchni lub w podłożu występują „osuwiskotwórcze” grunty spoiste, jak np.: ility warwowe, ility krakowieckie, ility septariowe, ility pliczeńskie, zwietrzliny gliniaste itp. oraz wydzielenia obszarów o zaburzeniach glacitektonicznych, które jak wiadomo potęgują tendencję osuwiskową.

Na obszarach, na których w wyniku analizy topografii i geologii stwierdzono niekorzystną zbieżność warunków litologii, sposobu występowania warstw i morfologii dokonuje się przeglądu terenu i po stwierdzeniu osuwiskowego charakteru wypełnia się kartę rejestracyjną. Instrukcja zaleca również przeprowadzenie wywiadów z geologami wojewódzkimi, z biurami projektowymi i z terenowymi przedsiębiorstwami geologicznymi.

Czynność rejestracyjna w terenie polega na naniesieniu na mapę umownymi znakami osuwisk aktualnie czynnych, nieczynnych, złazisk pokrywy zwietrzelinowej oraz potencjalnych i predysponowanych obszarów osuwiskowych. Dla większych obszarów osuwiskowych przewidziano symbole na morfologiczne elementy osuwisk. Zalecono również naniesienie na mapę zjawisk wodnych, jak: źródła, wysięków, cieków, zbiorników wodnych, podmokłości i zagłębień bezodpływowych.

Układ karty rejestracyjnej zobowiązuje do maksymalnego zebrania wszystkich możliwych danych o osuwisku. Poza danymi o lokalizacji i rozmiarach osuwiska karta rejestracyjna zawiera następujące rubryki: typ osuwiska, stopień aktywności, jakim obiektom zagraża, powstałe szkody, sposób użytkowania terenu, budowa geologiczna, przejawy wód powierzchniowych i gruntowych, bezpośrednia przyczyna ruchu osuwiskowego i rozwój osuwiska w czasie. W miarę możliwości należy skonstruować schematyczny przekrój oraz podać dane dotyczące stanu badań (ryc. 2).

Jest oczywiste, że nie we wszystkich przypadkach udaje się wypełnić kartę rejestracyjną bardzo szczegółowo, tym bardziej że podczas rejestracji nie przewidziano żadnych robót geologicznych. Chodzi jednak o to, aby w miarę możliwości zebrać w terenie maksymalną ilość danych.

Na innych nieco zasadach przeprowadza się rejestrację zapadlisk w miastach posadowionych na lessach. Dla każdego obszaru miejskiego, na którym stwierdzono lub istnieje prawdopodobieństwo występowania szkód budowlanych w wyniku rozmywania i zapadania się podłoża lessowego nad wyrobiskami opracowuje się operat inwentaryzacyjny skadający się z mapy oraz dokumentacji tekstowej. Na mapie wydziela się wyrobiska podziemne, stopień ich zawilgocenia, uszkodzenia, jak również szkody budowlane



Ryc. 1. Fragment osuwiska w Kamieniu Nowym.

Fig. 1. Fragment of a landslide in Kamień Nowy.

występujące w części nadziemnej i w nawierzchni ulic. W części tekstowej poza tłem geologicznym omawiane są przyczyny i skutki szkód budowlanych oraz wytyczne dla prac zabezpieczających. Każdy obiekt udokumentowany jest planem, opisem i fotografiami.

Generalnym wykonawcą prac rejestracyjnych jest Instytut Geologiczny wraz ze swymi oddziałami zamiejscowymi, a jednostką wiodącą jest Zakład Geologii Inżynierskiej. Prace rejestracyjne wykonywane są częściowo przez Instytut Geologiczny; większość jednak została zlecona następującym instytucjom: Geoprojektowi w Warszawie, Wrocławiu, Krakowie, Gdańsku; Przedsiębiorstwom Hydrogeologicznym w Krakowie i Poznaniu, Instytutowi Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Uniwersytetu Warszawskiego, Politechnice Gdańskiej i Szczecińskiej oraz Zespołowi Badań i Dokumentacji Podziemi Speleoklubu Warszawskiego.

Zakończenie prac rejestracyjnych przewidziano do końca 1970 r. Mimo trudności prace rejestracyjne na większości obszarów przebiegają prawidłowo. Pewne perturbacje spowodowane brakiem wykonawców notuje się w województwie rzeszowskim.

Pierwsze opracowanie powiatów i pierwsze dokumentacje zapadlisk dla miast napływają już do Zakładu Geologii Inżynierskiej, który przystępuje do przygotowania materiałów do druku. W trakcie analizy materiałów okazało się, że szczególnie cenny materiał zawarty jest w dokumentacjach miast posadowionych na lessach, opracowany przez zespół ekspertów ze Speleoklubu Warszawskiego między innymi dla Zamościa, Tomaszowa Lub., Złotoryji, Lwówka Śl. Wiele budynków w tych miastach stanowi bardzo dużą wartość zabytkową, a niektóre z miast np. Zamość są unikalnymi obiektami zabytkowymi w skali światowej. Według opracowań Zespołu Badań Podziemi w miastach tych obserwuje się szybko postępujący proces niszczenia budynków i obecnie około 30% budynków wymaga kapitalnego remontu. Szkody budowlane w miastach posadowionych na lessach są analogiczne i obejmują spękania ścian nośnych, wyburzenia ścian piwnic, spękania i zerwania stropów piwnic. Nadmierne zawilgocenie powoduje poza tym murszenie cegieł, wymywanie zaprawy i odpadanie tynków. Rozmywanie podłoża lessowego powoduje tu często niszczenie nawierzchni ulic.

Ogólną przyczyną powstawania procesu sufozji i rozmywania jest nieuregulowany system odwodnienia i wadliwie działająca sieć wodociągowo-kanalizacyjna.

Inwentaryzacja szkód budowlanych z ogólnym rozpoznaniem przyczyn tych szkód zezwoli na racjonalne zaplanowanie prac konserwatorskich i zabezpieczających przed dalszą dewastacją szeregu miast. Z badań wynika jednoznacznie, że bez uregulowania stosunków wodnych remontowanie poszczególnych budynków jest i będzie bardzo kosztowną fasadowością. Biorąc pod uwagę awaryjny stan szeregu obiektów w poszczególnych miastach Instytut Geologiczny postanowił przekazać podstawowe dokumenty odpowiednim władzom przed upływem terminu rejestracji w celu przyspieszenia planowania i realizacji robót zabezpieczających.

Zebrany, bardzo obszerny materiał zgromadzony będzie w Zakładach Geologii Inżynierskiej Instytutu Geologicznego i redakcyjnie opracowany w formie mapy orientacyjnej w skali 1:300 000 dla obszaru Nizy Polskiego i 1:200 000 dla Karpat. W formie symboli pokazana będzie orientacyjnie lokalizacja osuwisk czynnych, martwych i zagrażających aktualnie obiektom budowlanym. Według numeracji powiatów każdy zainteresowany dotrzeć będzie mógł do kartotek podstawowej i szczegółowej lokalizacji w skali 1:25 000. Kartoteka znajdować się będzie w Archiwum Dokumentacji Źródłowej Instytutu Geologicznego i dostępna będzie na ogólnych zasadach.

W następnych latach Instytut Geologiczny projektuje opracowanie i wydrukowanie materiałów rejestracyjnych poszczególnymi województwami tak, aby dotarły one do każdego biura projektowego i pracowni planowania przestrzennego. Materiały rejestracyjne zezwola również na racjonalne zaplanowanie dalszych szczegółowych badań metodycznych poszczególnych rejonów osuwiskowych, jak również ułatwią rejonizację i koordynację badań.

Opracowane materiały rejestracyjne staną się podstawą do zaplanowania akcji zabezpieczającej w skali ogólnokrajowej oraz do racjonalnego zaprojektowania

1. Lokalizacja osuwiska		ark. 1:300 000	2. Nr ewid.
Miejscowość: Kłodów		ark. 1:100 000	
Powiat: P		S.	
Województwo: z= y= z=			
3. Charakterystyka morfologiczna		Złocze doliny, niskie, Nisza rozwinęta, nieregularna.	4. Typ osuwiska: B ₅
i= 25°	d ₁ = 100 m	Liczne rowy, szczeliny.	Zauw. za ścięcia w materiale warstw.
b= 70°	d ₂ = 115-120 m	Zauw. typu tarasowego, skład się z 3 poz., czono spigłone, wys. 1 m.	Stożek aktywności Ib
h= 25 m	p= ok. 0,8 ha		niądawno powstała świeże/
h ₀ = 15-12 m	g= 8% - 6 m		
i ₀ = 25°	Q=		
S= 80 m	48.000 m ³		
5. Jakim obiektem zagraża, powstałe szkody, sposób użytkowania terenu. Osuwisko zniszczyło całkowicie 1 gospodarstwo wiejskie oraz ok. 0,5 ha gruntów uprawnych.			
6. Budowa geologiczna w strefie podłoża występującej warstwy miąższości 0,5 - 1,0 m, przykryte lessami grubości 1,0 - 10,0 m. Warstwa żyzna zapada w kierunku pzn. /ca 10°-12°/, grubość warw ilastych 2 cm.			
7. Przejwy wód powierzchniowych i gruntowych. Wysięki wód gruntowych na ströpie dólów w obrębie osuwiska kilka jeziorok w zagłębieniach bezodpływowych.			
8. Bezpośrednia przyczyna ruchu osuwiskowego: postępujący proces denudacji zboczny, opady powyżej, przejntnej w okresie jeażeni 1966 r.			
9. Rozwój osuwiska w czasie: powstało w marcu 1967 r., ruch koluwiów początkowo szybki /w kwietniu 1967 r. 6 m/miesiąc / powoli wygasa			
10. Schematyczny przekrój			
11. Dane dotyczące stanu badań osuwiska pod stałą obserwacją Z.G.I. I.G.			
12. Uwagi: w bezpośrednim sąsiedztwie ślady dawnych ruchów osuwiskowych /zarówno, niższe i liczne karby/			Autor karty rejestracyjnej: Andrzej Kuhn
			Z.G.I., I.G.

Ryc. 2. Karta rejestracyjna.

Fig. 2. File card.

i zagospodarowania tych terenów osuwiskowych, które w dotychczasowej praktyce budowlanej sprawaiają tyle kłopotów.

SUMMARY

In 1968 the Geological Institute initiated the registration of landslides, collapsing phenomena and building damages caused by washing out of the bedrock in towns situated on loesses. This wide registration work was caused directly by the catastrophic landslides and an intensification of these phenomena in spring 1967. A number of enterprises and scientific institutions cooperate with the Geological Institute and its branches. The data collected in the form of file cards are presented to the Section of Engineering Geology of the Geological Institute. After a careful selection of the data a map of landslide and potentially threatened areas is compiled.

The results will serve as a basis for an adequate planning of prevention methods and for establishing building standards for the landslide areas. This action is expected to be concluded by the end of 1970. The present paper presents the methods of registering the landslides and the collapsing of loess grounds.

РЕЗЮМЕ

В 1968 г. Геологический институт приступил к составлению учета всех оползней, осадков и разрушения строительных объектов, вызванных размывами оснований в городах, расположенных на лёссах. Необходимость составления такого учета была вызвана активным развитием оползней, которые особенно усилились весной 1967 г. Кроме Геологического института эти работы осуществляются рядом предприятий и научных заведений. Все материалы в виде регистрационных карточек передаются в Отделение инженерной геологии Геологического института. На основании этого материала составляются карты оползней и районов, подвергнутых опасности развития оползней.

Эти данные будут составлять основу рационального планирования строительства и средств на противооползневые мероприятия при застройке оползневых районов. Завершение этих работ предусматривается на 1970 г. В статье описываются правила и способы учета оползней и осадков лёссового основания.

TENANTYT I MINERAŁY WSPÓLWYSTĘPUJĄCE Z ŻYŁY KRUSZCOWEJ W DOŁOMITACH
DOLNEGO CECHSZTYNU W KOPALNI POLKOWICE

UKD 549.355.3:553.2:553.43.065:552.543:551.736.3(436.262—17 Polkowice — kopalnia)

W czasie wykonywania wyrobisk górniczych kopalni rud miedzi w Polkowicach zostało stwierdzone przez J. Lubachę nagromadzenie masywnych rud wypełniających szczeliny w dolomitach dolnego cechsztynu (cyklotemu 1). Największe zgrubienie ciała rudnego, w miejscu rozchodzenia się dwu szczelin w formie litery Y, dochodzi do kilkunastu centymetrów.

Wstępne badania mikroskopowe, rentgenostrukturalne oraz analiza spektralna, pozwoliły na oznaczenie głównych minerałów rudnych. Wyniki proszkowej analizy rentgenostrukturalnej wykonanej przez M. Stępniewskiego z Zakładu IG zestawiono w tabeli.

Głównym minerałem rudnym żyły jest szaroniebieskawy minerał z grupy tenantytu. W mniejszych ilościach występują bornit i chalkopiryt oraz chalkozyn i sfaleryt. Minerałami nierudnymi są kalcyt i baryt. Ponadto w chalkozynie i tenantycie stwierdzono kilka wrostków o średnicy do 30 μ minerału o bardzo dużej zdolności refleksyjnej. Intensywnie żółta barwa, izotropowość, mała twardość oraz negatywna reakcja z HNO_3 wskazują, że może to być złoto rodzime.

Tenantyt tworzy główną masę rudną otaczającą inne minerały kruszcowe. Automorficznie wykształcone piramidy tenantytu widoczne są na kontakcie z barytem, a niekiedy także na kontakcie z kalcytem. W wyseparowanej próbce tenantytu stwierdzono spektralnie zawartości następujących pierwiastków: As — XO; Sb — O,OX; Ag — X₂O—O,X; Zn — XO₂O—X₂O; Fe — X₂O—O,X; Pb — X₂O—O,X; Bi O,OX. Podane powyżej wyniki analizy spektralnej wskazują, że występujący w żyłce tenantyt, ze względu na wysoką zawartość Zn, a także domieszkę Ag, można zaliczyć do odmiany zwanej binitem (Minerały, t. I, str. 342, Moskwa, 1960). Nie wyjaśniona jest stosunkowo duża zawartość ołowiu, gdyż w preparatach polerowanych nie stwierdzono galeny, a jej obecność należałoby podejrzewać.

Bornit tworzy najczęściej kierunkowo ułożone, wydłużone zrosty z chalkopirytem. Rzadziej występują drobnoziarniste relikty bornitu rozproszone nieregularnie w tenantycie. Pola rozproszonego bornitu zajmują nieregularną powierzchnię o średnicy kilku, a nawet kilkunastu milimetrów.

Chalkopiryt występuje najczęściej w zrostach z bornitem, a niekiedy duże ziarna chalkopiryty przecinane są gęstą siecią żyłek, bornitu, tenantytu i chalkozynu.

Sfaleryt o barwie szarej wykształcony jest w postaci drobnych, nieregularnych ziarn rozproszonych w tenantycie. Ziarna sfalerytu zajmują pola o kształcie najczęściej zbliżonym do prostokąta. W środkowej części takich pól zagęszczenie ziarn sfalerytu jest największe.

WYNIKI ANALIZY RENTGENOSTRUKTURALNEJ

Badana próbka		Tenantyt (Michiejew test 170a)		Sfaleryt (Minerały str. 200)	
d	I	d	I	d	I
4,17	11	4,16	6		
3,62	7	3,70	3		
3,43	16			(3,458)	4
3,12	130			3,116	10
2,95	210	2,95	10		
2,73	12	2,74	3		
2,71	10			2,706	2
2,56	27	2,56	7		
2,41	14	2,41	5		
2,14	5			(2,145)	4
2,10	10	2,09	3		
2,00	9	2,01	4		
1,91	85			1,908	9
1,87	17	1,87	6		
1,81	70	1,81	9	1,805	3
1,75	6	1,77	2		
1,70	5	1,71	2		
1,66	10	1,66	4		
1,63	28			1,630	8
				1,650	1
1,54	24	1,54	9		
1,35	6			1,350	2
1,24	10			1,245	4
1,10	11			1,104	5

Aparat Geigerflex f-my Rigaku-Denki. Antykateda Cu, filtr Ni.

Chalkozyn o ledwo widocznej anizotropii występuje najczęściej przy ziarnach kalcytu oraz skupieniach i żyłkach barytu, a niekiedy tworzy otoczki wokół bornitu i żyłki w chalkopirycie i tenantycie.

Na podstawie wstępnych obserwacji wydaje się, że kolejność krystalizacji jest następująca: chalkopiryt, bornit, sfaleryt, tenantyt, chalkozyn, kalcyt i baryt.

Paragenetyczny zespół minerałów, a szczególnie duża ilość cynkowo-srebrowego tenantytu może wskazywać na hydrotermalne pochodzenie mineralizacji. Żyłowy charakter barytu występującego w szczelinach wraz z okruchami brekcji dolomitowej przemawia również za hydrotermalnym wypełnieniem szczelin.

Stwierdzenie przejawów działalności hydrotermalnej w obszarze występowania złóż rud miedzi monokliny przedsudeckiej, może mieć wpływ na rozważania na temat genezy tych złóż.

Należy podkreślić wstępny charakter powyższych obserwacji. Dokładniejsze badania na większej ilości materiału są w toku i zapewne pozwolą na szersze opracowanie mineralizacji. Badania te będą przedmiotem oddzielnej publikacji.