

**STAROPALEOZOICZNE ZŁOŻA APATYTÓW W WIETNAMIE PÓŁNOCNYM  
ORAZ UWAGI O MOŻLIWOŚCIACH POSZUKIWAWCZYCH  
PODOBNEGO TYPU ZŁOŻ W POLSCE**

UKD 553.64:551.732/733.1(597.1:438:234.57)

Będąc uczestnikami polskiej ekspedycji geologicznej w Wietnamskiej Republice Demokratycznej autorzy notatki zwiedzili w 1961 r. kopalnie apatytów w rejonie Lao Kay. Złoża apatytów występujące w tym rejonie mają znaczenie światowe ze względu na ich olbrzymie zasoby i wysoką zawartość  $P_2O_5$ . Złoża te położone są w górnym biegu Rzeki Czerwonej, w pobliżu granicy ChRL (ryc. 1). Złoża połączone są linią kolejową z portem Haifong (ok. 500 km). Jedno z tych złóż było eksploatowane przez Francuzów w latach 1938–1940, a w 1942 r. podczas okupacji japońskiej wyeksploatowano tu ok. 100 000 t apatytów. Jednak złoża te nie były gruntownie przebadane pod względem geologicznym. Dopiero po wyzwoleniu Wietnamu właściwe badania geologiczne zostały przeprowadzone przez wietnamską służbę geologiczną przy współpracy geologów radzieckich (Kałmyków).

W wyniku tych badań ustalono, że złoża apatytów w rejonie Lao Kay są dużych rozmiarów, przy czym zawartość  $P_2O_5$  w surowcu dochodzi do 41%, czyli odpowiada najbogatszym złóżom światowym. Ogólną powierzchnię wychodni serii apatytowej szacuje się na ok. 150 km<sup>2</sup>. Zasoby apatytów pierwszego gatunku ( $35\text{--}41\%$   $P_2O_5$ ) ocenia się na ok. 150 mln t. Ponadto zasoby apatytów o zawartości od 18 do 35%  $P_2O_5$  szacuje się na przeszło 1,2 mld t. Pasmo tej serii rozciąga się dalej ku NW poza granicę Wietnamu, przy czym na obszarze chińskim występuje ono jeszcze na długości paru set kilometrów.

**PODŁOŻE STRATYGRAFICZNE I TEKTONICZNE ZŁOŻ APATYTÓW**

Seria apatytowa występuje wśród zmetamorfizowanych i sfałdowanych osadów dolnopaleozoicznych (kambro-ordowickich?) w tak zwanej serii Kok-san (wietn. Coc-xan). Seria Kok-san przebiega w formie wąskiego pasma o szerokości wychodni 3–5 km, mniej więcej równoległe do Rzeki Czerwonej. W obrębie tego pasma seria apatytowa występuje w formie kilku wąskich, wydłużonych synklin, oddzielonych uskokiemi, tworząc w ten sposób wiele naturalnych pól górniczych, jak: Lang Kok, Mo Kok, Dam Duong i in. Schematyczny przekrój przez strefę złożową ilustruje ryc. 2. W rzucie poziomym seria apatytowa ma formę płaskich brachysynklin, przy czym nachylenie osi podłużnej w SE skrzydle waha się od 1–2°, a w NW skrzydle oscyluje w granicach od 12 do 15° (ryc. 3).

Seria Kok-san, o miąższości ogólnej około 300 m, występuje na silnie zmetamorfizowanych utworach prekambryjskich (seria Szapa). Serię Kok-san rozpoczyna poziom zmetamorfizowanych konglomeratów o grubości ok. 12–15 m. Powyżej występują różnego rodzaju łupki o miąższości ok. 140 m. Położenie i obraz litologiczny tych warstw ilustruje profil stratygraficzno-miąższościowy podany w tabeli.

Jak wynika z tabeli poziom apatytowy (tzw. rudny) występuje na węglistych łupkach kwarcowo-łuszczkowo-węglanowych. Miąższość warstwy apatytowej waha się od 12 do 15 m. Nad serią apatytową występuje seria łupków z przewarstwieniami skał węglanowo-kwarcowych, często apatytowych o grubości 22–30 m. Powyżej występują łupki łuszczkowo-kwarcowo-dolomitowe z wkładkami dolomitów i kwarcytów.

Nad serią Kok-san występuje gruba seria Song-čiai (sylur-dewon?) rozpoczynająca się warstwą wapieni krystalicznych, nad którymi zalega gruba (560–600 m) seria łupków krystalicznych.

Seria apatytowa Kok-san, jak i inne skały tego rejonu, jest utworem geosynklinalnym. Została ona silnie sfałdowana w okresie kaledońskich i hercyńskich ruchów górotwórczych, a zwłaszcza w orogenezie himalajskiej (odpowiednik alpejskiej). Seria ta graniczy od południa z wielkim masywem magmowym (granity i granodioryty masywu Fan-Si-Pan), a od północy – z masywem krystalicznym Rzeki Czerwonej (granitognejsy i migmatyty).

Pośród serii apatytowej występują liczne dajki lamprofirowe, zafałdowane zgodnie z warstwami serii Kok-san. Lamprofiry są zmetamorfizowane, petrograficznie dominuje riolitowy charakter (karsantyt i spessartyt). Oprócz tego występują dajki granodiorytu porfirowego. Wśród skał efuzywnych na podkreślenie zasługują metariolity oraz tufity.

**CHARAKTERYSTYKA SERII APATYTOWEJ**

Do serii apatytowej zalicza się trzy poziomy, tj. KS-4 – podrudny, KS-5 – rudny oraz KS-6 – nadrudny.

**Poziom podrudny (KS-4)** wykształcony jest w postaci węglisto-kwarcowo-apatytowo-łuszczkowo-węglanowych łupków. Charakteryzuje się on znaczną zawartością związków węglanowych oraz zawiera znaczne ilości pirytu. Oprócz dolomitu i kalcytu w węglanach występuje apatyt, kwarc i muskowit. Skład mineralny tych utworów jest następujący (w procentach):

dolomit	35–40
kalcyt	5–10
kwarc	20–30
muskowit	10–15
apatyt	5–15
domieszki węgla	2–10
piryt	4–15
mangan	1–2

Wśród utworów poziomu podrudnego występują wkładki dolomitu apatytowo-kwarcowego, zawierającego 35–40% apatytu (15–18%  $P_2O_5$ ).

**Poziom rudny (KS-5)** składa się z utworów węglanowo-apatytowych stanowiących poziom eksploatacyjny,

PROFIL STRATYGRAFICZNO-LITOLOGICZNY  
SERII APATYTOWEJ W TAO KAY

	Nazwa warstw	Miąższ. m	Wykształcenie
KAMBR – ORDOWIK (Cm – Or)	Poziom (KS 9) fyllitów	60	Łupki kwarcowo-muskowitowe i granatowo-muskowitowe, łupki węglanowo-kwarcowe i kwarcyty.
	Poziom (KS 8) łupków kwarcowo-dolomitowych	55–40	Łupki kwarcowo-dolomitowe i szare dolomity.
	Poziom (KS 7) łupków kwarcowo-skaleniolowych	8–10	Łupki łyszczykowe węglanowo-kwarcowo-skaleniolowe.
	Poziom (KS 6) ubogich rud apatytowych – poziom nadrudny	22–30	Węglanowo-kwarcowe i kwarcowo-węglanowe, apatytoneśne łupki szare warstwowane
	Poziom (KS 5) rudny	10–12	Węglanowo-apatytowe skały mikroziarniste, szare, masywne.
	Poziom (KS 4) podrudny	35–40	Węgliste kwarcowo-łyszczykowo – apatytowo-węglanowe łupki, ciemnoszare z przewarstwieniami łupków węglanowo-łyszczykowo-kwarcowych i łupków węglistych kwarcowo mikowych.
	Poziom (KS 3) łupków aktynolitowych	12–15	Kwarcowo-biotytowo-aktynolitowe i węglanowo-aktynolitowe łupki węgliste ciemnoszare, zielonkawe.
PREKAMBR (algonik) Seria Szapa	Poziom (KS 2) ciemnych łupków węglistych łyszczykowo-kwarcowych i dolomitów	80–100	Łupki węglisto-łyszczykowo-kwarcowe i kwarcowo-węglanowo-łyszczykowe, ciemnoszare. Kwarcyty węglisto-turmalinowe. Wapienie i dolomity.
	Poziom (KS 1) meta-konglomeratów	12–15	Metamorficzne zlepniecie i brekcjowe skały żupkowane, ciemnoszare.
	Poziom łupków kwarcowo-amfibolitowych s. Dadin	50	Kwarcowo-biotytowo-amfibolitowe (hornblendowe) łupki zielonawe. Migmatyty.
	Poziom dolomitowy	200	Dolomity drobnokrystaliczne, jasnoszare, białe.

Makroskopowo apatyty mają wygląd skały zbitnej o barwie szaroczerwatej. Poziom apatytów dzieli się na trzy warstwy: dolna warstwa apatytów dolomitycznych jest cienka (0,5–1,5 m), przy czym często wyklinowuje się oraz zawiera znaczne domieszki kwarcu i muskowitu. Środkowa warstwa apatytów jest słabo węglanowa oraz zawiera minimalne domieszki kwarcu. Leży ona niezgodnie na dolnej warstwie apatytów. Zawartość  $P_2O_5$  w apatycie waha się zwykle od 30 do 35%, a w niektórych partiach osiąga 40,8%  $P_2O_5$ . Grubość warstwy środkowej wynosi zwykle kilka metrów. Górna warstwa apatytów charakteryzuje się wysoką zawartością węglanów, głównie dolomitu oraz znaczną domieszką kwarcu i muskowitu. Zawartość  $P_2O_5$  w apatycie waha się od 24 do 28%, przy czym zawartość kwarcu i muskowitu oscyluje w granicach od 4 do 10%.

W laokajskich złożach apatytowych wyróżnia się 3 typy rudy:

a) rudy dolomitowo-apatytowe, b) monomineralne rudy apatytowe, c) rudy kwarcowo-apatytowe.

Największą wartość gospodarczą przedstawiają monomineralne rudy apatytowe występujące w strefie wietrzenia złoża (tj. do kilkudziesięciu metrów w głąb od dzisiejszej powierzchni). Rudy te dzięki chemicznemu rozpuszczeniu węglanów pod wpływem czynników atmosferycznych, działających w długotrwałych

warunkach tropikalnego klimatu, uległy względnej koncentracji. Utworzyła się skała krucha, porowata, o konsystencji słabo spoiętego piaskowca. Skała ta zawiera około 90–95% apatytu (średnio 38,66%  $P_2O_5$ ).

Główne zasoby złoża tworzy jednak nie ruda monomineralna apatytowa, lecz ruda dolomitowo-apatytowa, tj. niezwięznięta lita skała metamorficzna, o składzie mineralnym nienaruszonym przez hipergeniczne procesy wietrzeniowe. W skład tej rudy wchodzi średnio 65–70% apatytu i 10–30% węglanów (dolomit, rzadziej kalcyt), zawiera ona średnio 28,81%  $P_2O_5$ .

Ruda kwarcowo-apatytowa zawiera ok. 10%  $P_2O_5$  i nie przedstawia gospodarczego znaczenia.

Według geologów radzieckich, przytaczających wyczerpujący opis powyższego złoża (4), skład chemiczny trzech typów rudnych przedstawia się następująco:

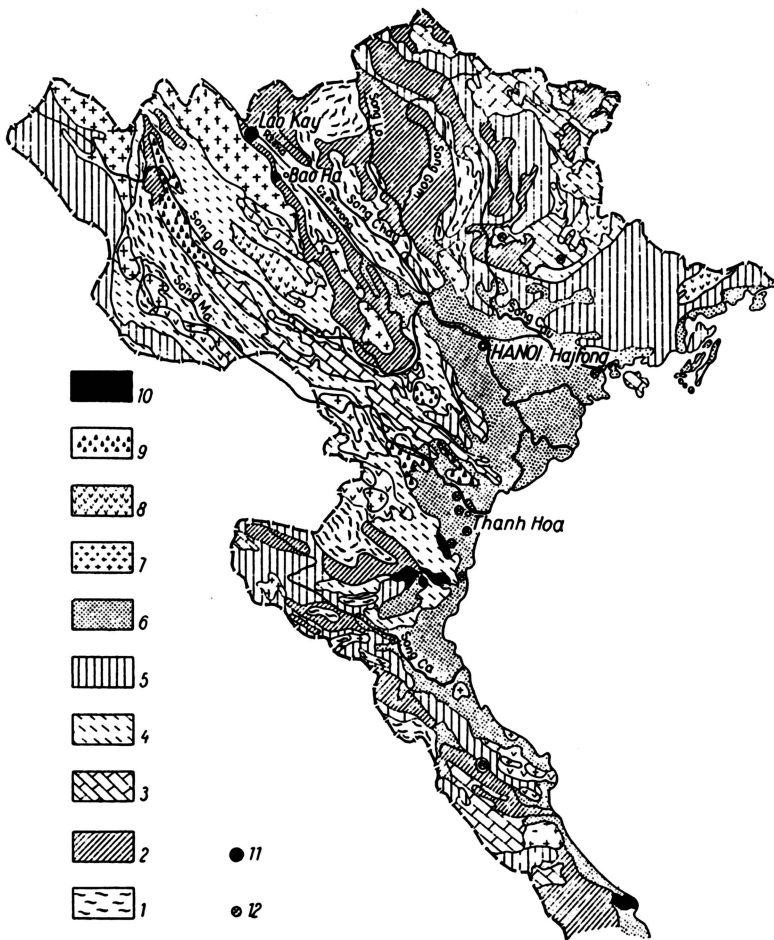
Rodzaj rudy	$P_2O_5$	$CO_2$	F	CaO	MgO	$\frac{O}{Fe}$	$P_2O_5$	Nie-rozp. reszta	Strata prażenia
dolomitowa	34,12	6,98	0,43	51,97	1,37		1,40	3,09	
monomineralna	40,89		2,95	53,09			1,35	1,21	1,14
kwarcowo-apatytowa	23,59	0,03		29,05	0,73	3,79	10,09	33,89	

UWAGI O METODACH ROZPOZNAWANIA I EKSPLOATACJI ZŁOŻ APATYTÓW

Poszukiwanie złóż apatytów prowadzi się na podstawie kryteriów stratygraficzno-tektonicznych i geochemicznych. Podstawową metodą poszukiwań złóż jest zdjęcie geologiczne i zdjęcie fosforonośne. Rozpoznanie złóż prowadzi się za pomocą robót górniczych i wierceń rdzeniowych, podobnie jak na innych złożach. Pod względem strukturalnym i zmienności treści rudy złoża apatytów zalicza się do drugiej grupy. Znaczna część złóż została udokumentowana w kat. C<sub>2</sub>. Obecnie eksploatowane złoża są rozpoznane w kategoriach przemysłowych C<sub>1</sub> + B + A.

Cała seria apatytowa jest pocięta uskokami na wiele części. Wzdłuż uskoków rozwinęły się doliny rzeczne, dzielące serie apatytowe na szereg pagórkowatych pól górniczych o powierzchni pól do paru kilometrów kwadratowych. W dolinach rzecznych seria apatytowa często została rozmyta tak, iż w większości przypadków w tych paru strefach brak jest rudy. W związku z tym, że złoża apatytów występują na podrzędnych wznieszeniach opada tu problem odwadniania przy eksploatacji złóż. Odbudowę prowadzi się metodą odkrywkową (ryc. 3). Nadkład usuwa się mechanicznie poziomami o wysokości ok. 10 m. Po zdjęciu nadkładu całą warstwę apatytów o grubości ok. 10 m wybiera się jednym poziomem, stosując selekcję apatytów na odpowiednie sortymenty. W partiach o dużym nachyleniu warstwy apatytowej stosuje się podpoziomy eksploatacyjne.

Wydobycie apatytów szybko wzrasta dzięki zmechanizowaniu eksploatacji. W stosunku do 1957 r. wydobycie apatytów w 1962 r. wzrosło przeszło dziesięciokrotnie i osiągnęło przeszło 1 mln t rocznie. Obecnie wydobywa się przeszło 1,5 mln t, przy czym w najbliższych latach planuje się zwiększyć wydobycie do kilku milionów ton rocznie. Obok bogatych apatytów, dominujących obecnie w eksploatacji, będą wydobywane również apatyty o mniejszej zawartości  $P_2O_5$ , po wybudowaniu w Lao Kay odpowiednich zakładów wzbogacania. Spośród krajów obozu socjalistycznego największym odbiorcą apatytów jest Rumunia, która obok ZSRR, wykazuje dużą pomoc w inwestycjach dotyczących wzbogacania i transportu koncentratów apatytów do portu Haifong.



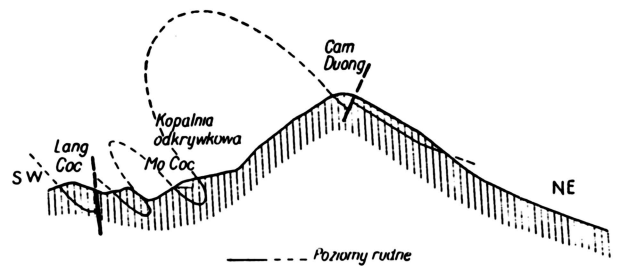
Ryc. 1. Położenie złóż apatytów na tle ogólnego obrazu geologicznego Wietnamu Północnego (mapę zakwalifikował A. E. Dowżnikow na podstawie mapy J. Fromageta i E. Saurina).

1 — prekambryjskie skały krystaliczne (łupki krystaliczne, gnejsy, granity), 2 — skały dolnopaleozoiczne (zmetamorfizowane skały osadowe, fylity, marmury), 3 — skały górnopaleozoiczne (słabo zmetamorfizowane łupki, piaskowce, wapień), 4 — trias górny i środkowy (osady geosynklinalne), 5 — trias górny, trzeciorzęd (osady lądowe i lagunowe), 6 — czwartorzęd, 7 — granitoidy, 8 — kwaśne skały wulkaniczne, 9 — zasadowe skały głębinowe, 10 — bazalty, 11 — złoża apatytów, 12 — złoża fosforytów.

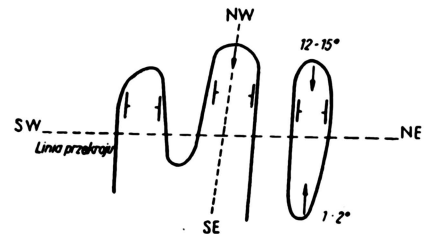
**UWAGI DOTYCZĄCE GENEZY APATYTÓW ORAZ MOŻLIWOŚCI POSZUKIWAWCZYCH PODOBNEGO TYPU ZŁÓŻ W POLSCE**

Apatyty rejonu Lao Kay powstały niewątpliwie na drodze osadowo-chemicznej wśród utworów geosynklinalnych. Złoża są typu osadowego, syngenetycznego w stosunku do otaczających je skał, z tym że na ostateczny charakter mineralogiczno-chemiczny apatytów miały duży wpływ czynniki wtórne, a zwłaszcza metamorfizm (przemiana fosforytów w apatyty) i wietrzenie skał, które doprowadziło do wzbogacenia  $P_2O_5$  w złożu. Biorąc pod uwagę fakt, iż złoża apatytów są ściśle związane z poziomem skał węglanowych należy sądzić, że powstały one w płytkich szelfowych seriach geosynkliny (zgodnie z teorią Kazakowa).

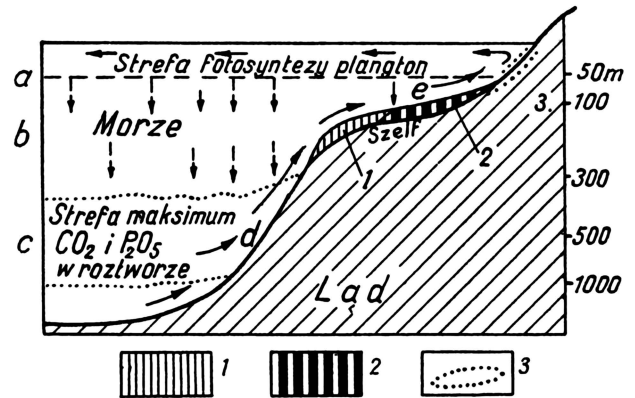
Rozważając możliwości występowania złóż apatytowych typu laokajskiego w Polsce należy wziąć pod uwagę dwa zasadnicze kryteria, mianowicie: możliwość istnienia podobnych warunków litofacjalnych w Polsce, które doprowadziły do powstania złóż laokajskiego i możliwość paralelizacji stratygraficznej i paleogeograficznej tych procesów skałotwórczych, jakie panowały w Azji Południowo-Wschodniej w okresie kambrosylurskim.



Ryc. 2. Schematyczny przekrój przez złożo apatytów w rejonie Lao Kay.



Ryc. 3. Schematyczny plan strukturalny złoża apatytów.



Ryc. 4. Uproszczony schemat tworzenia się fosforytów (wg Kazakowa).

1 — facja osadów wapiennych, 2 — facja fosforytowa, 3 — facja żwirów i piasków brzożnych.

**1. Warunki litofacjalne.** Osadowe złoża apatytów są to pierwotne złoża fosforytowe, które wskutek różnorodnych czynników fosforany wapnia (fosforyty) przekształciły w apatyty bądź to w czasie diagenety, tzw. proces apatytyzacji fosforytów (J. Tokarski), bądź w wyższych etapach metamorfozy.

Koncentracja fosforanów wapnia (fosforytów) w morzu może odbywać się na drodze biogeochemicznej i nieorganicznej. Według teorii Kazakowa (vide Szwiecow, 5, str. 279) powstawanie złóż fosforytowych na drodze biogeochemicznej zawdzięczamy:

procesom biogenicznym, tzn. obumieraniu różnorodnych planktonicznych organizmów morskich w płytkich warstwach oceanu (w strefie fotosyntezy), które opadają grawitacyjnie i ulegają rozkładowi, a fosfor pochodzący z rozkładu ulega koncentracji w głębszych partiach wód (maksimum skupienia na głębokości ok. 500 m), (ryc. 4). Wody bogate w  $CO_2$  i  $P_2O_5$  (do 300–600 mg/m<sup>3</sup>) są wynoszone prądami idącymi w stronę lądu, gdzie w partiach szelfowych wskutek zmian ciśnienia cząsteczkowego i temperatury następuje wytrącanie się:  $CaCO_3$  (facja osadów wapiennych) i  $P_2O_5$  (facja fosforytowa) w strefie głębokości 50–100 m.

Powyższy pogląd Kazakowa został uzupełniony w odniesieniu do złóż typu Karatau poglądem, że warunkiem wytrącania się fosforanów jest dopływ do płytkiej strefy szelfowej alkalicznych wód kontynentalnych, pochodzących ze strefy skał efuzywnych (Smirnow, 1962).

Powstanie fosforytów na drodze nieorganicznej związane jest z wietrzeniem zasadowych skał magmowych. Powstałe w ten sposób roztwory fosforonośne mogą tworzyć fosforyty przy zetknięciu się ze skałami wapiennymi (K. Smulikowski, 1952). Biorąc pod uwagę obie możliwości prowadzące do powstania złóż fosforytów na drodze osadowo-chemicznej optymalne warunki dla koncentracji fosforanów wapnia istniały w strefie szelfowej wielkich kontynentów, w miejscach występowania u brzegów zasadowych skał magmatogenicznych.

2. Paralelizacja stratygraficzna i paleogeograficzna. Mimo że powstawanie osadów fosforanowych jest zjawiskiem powtarzającym się we wszystkich okresach geologicznych, to jednak tylko niektóre z nich wydają się być szczególnie predystynowane do znacznej koncentracji fosforanów wapnia. Do nich należy kambr (szczególnie środkowy i górny) oraz ordowik. W tym okresie powstały bogate złoża Karatau (wg Tian-Szań), złoża wschodniej Syberii nad Podkamską Tunguską, złoża Kazachstanu (Dżany-tasz i Czulak-tau), złoża formacji Chattanooga (Tennessee, USA) oraz w stanach Arkanzas i Kentucky, jak również platformowe złoża naddnieprzańskie i krajów nadbałtyckich oraz wiele innych (1). W tej grupie znajdują się również wietnamskie kambro-ordowickie złoża apatytów. Jak z tego wynika w kambro-ordowiku istniały sprzyjające warunki biogeochemiczne i paleogeograficzne do powstawania złóż fosforytów oraz apatytów.

Stosując podane kryteria do rozważań nad możliwościami poszukiwawczymi złóż apatytów w Polsce należy zwrócić szczególną uwagę na węglanowe serie kambro-ordowickie występujące w pobliżu staropaleozoicznych i starszych skał efuzywnych oraz zasadowych skał magmowych. Pod tym kątem należałoby przebadać serie staropaleozoiczne w Górach Kaczaw-

skich i na bloku przedsudeckim. W utworach ordowicko-sylurskich na bloku przedsudeckim notowane są wystąpienia apatytów w kwarcytach w miejscowości Domanica (2). Szczególną uwagę należałoby zwrócić na węglanowe zwietrzliny utworów kambro-ordowickich występujących pod trzeciorzędem lub czwartorzędem na bloku przedsudeckim i w Górach Kaczawskich. W trzeciorzędzie istniały odpowiednie warunki paleoklimatyczne, które mogły doprowadzić do wzbogacenia ewentualnych wapieni apatytosnych i powstania złóż apatytów. W tym celu należałoby przebadać na  $P_2O_5$  próbki z dotychczas wykonanych wierceń w tych rejonach, jak również większą uwagę zwrócić należałoby na wydobyte odpowiednich próbek z otworów wykonywanych dla innych celów. Oprócz Gór Kaczawskich wapienie apatytosne mogły powstać w Górach Bardzkich i metamorfiku kłodzkim. W celu potwierdzenia koncepcji należałoby w tych strefach wykonać zdjęcia fosforonośne. Oprócz Dolnego Śląska warunki do powstania złóż apatytowych, czy też fosforytów mogły istnieć w kambro-ordowiku na platformie wschodnioeuropejskiej. Bardzo interesujący pod tym względem jest obszar wyniesienia Sławatycz, a zwłaszcza w miejscu, gdzie węglanowe skały ordowickie występują w pobliżu kambryjskich tufitów i wylewówców.

## LITERATURA

1. Bychower N. A. — Распределение мировых ресурсов минерального сырья по эпохам рудообразования. Госгеолтехиздат, Москва 1963.
2. Fabian H. J. — Das Nordsudetische Schiefergebirge in seinem Vorlandsanteil. Berlin 1939.
3. Geologický Průzkum — Wietnamské fosfority. 1962, nr 11.
4. Калмыков А. Ф., Соловьев А. С., Тuszina А. М. — Апатитные месторождения Мау-Кок во Вьетнаме. Тр. Гос. н.-и. Ин-та горнохим. сырья. 1962, вып. 7.
5. Швец М. С. — Петрография осадочных пород. Госгеолтехиздат, Москва 1948.

## SUMMARY

In the Lao-Cai region (Democratic Republic of Vietnam) there occur large apatite deposits of world-wide importance. The area of the deposits is estimated to be about 150 km<sup>2</sup>, the entire resources being 1.2 milliard tons. Content of  $P_2O_5$  in the first quality ore ranges from 35 to 40 per cent.

The apatite series occurs within the folded and metamorphosed Cambro-Ordovician deposits (Koc-San series) approximately 300 m in thickness. The series contains numerous lamprophyre dikes concordantly folded together with the beds of Koc-San series. Here three horizons are apatite-bearing, the middle one — the so-called ore-bearing horizon, 10–12 m in thickness — being of economic value. The ore-bearing horizon consists of carbonate-apatite deposits and constitutes the exploitation seam. The monomineral apatite ores occurring in the weathering zone of the deposit are of greatest economical importance.

The apatites of the Lao-Cai region have undoubtedly originated, within geosynclinal formations, as a result of sedimentary-chemical activity. The deposits are of sedimentary type, syngenetic one in relation to the adjacent rocks. However, the ultimate mineralogico-chemical character of the apatites was greatly influenced by secondary factors, mainly by metamorphic processes (transition of phosphorites into apatites) and by rock weathering, which led to an enrichment in  $P_2O_5$  in the deposit. Taking into consideration a fact that the apatite deposits are closely connected with the horizon of carbonate rocks, we may assume that they were formed in the shallow zones of shelf area.

On palaeogeographical and tectonological data an attention was paid to a possibility of searching for such type deposits in the Cambro-Ordovician formations in Poland, particularly in Sudetes, where trace of apatite occurrence have recently been ascertained.

## РЕЗЮМЕ

В районе Лао-Цай (Вьетнамская Демократическая Республика) находятся крупные месторождения апатитов, имеющие мировое значение. Площадь занимаемая месторождениями определяется величиной порядка 150 кв. км, общие запасы — 1,2 млрд т. Содержания  $P_2O_5$  в руде первого сорта колеблется от 35 до 40%.

Апатитоносная свита залегает в смятых и метаморфизованных кембрие-ордовикских породах (свита Коц-Сан) мощностью до 300 м. В этой свите распространены лампрофировые дайки, перематые согласно с слоями свиты Коц-Сан. Выделяются три апатитосных горизонта, причем средний, так называемый рудный горизонт, мощностью 10–12 м, имеет промышленное значение. Рудный горизонт сложен карбонатно-apatитовыми породами. Наибольшее значение имеет мономинеральная апатитовая руда, залегающая в коре выветривания месторождения.

Апатиты района Лао-Цай образовались несомненно в процессе химической седиментации в геосинклинальных условиях сингенетически с вмещающими их породами. Однако на окончательное формирование минералогико-химического характера апатитов большое влияние оказали вторичные изменения, особенно метаморфизм (преобразование фосфоритов в апатиты) и выветривание, обусловившее обогащение  $P_2O_5$ . Приуроченность апатитов к горизонту карбонатных отложений свидетельствует о их образовании в мелководной шельфовой зоне моря.

Палеогеографические и тектонические предпосылки указывают на перспективность поисков месторождений такого типа в Польше, особенно в кембрие-ордовикских породах Судет, в которых были выявлены апатитовые проявления.