

Pokrywa zwietrzelinowa masywu Szklar i jej nikloność

Jerzy Niškiewicz

Institut Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego, pl. Maksa Borna 9, 50-204 Wrocław, Poland

Key words: serpentinite weathering, metamorphic rock weathering, magmatic rock weathering, nickel-bearing capacity, Szklary massif, Fore-Sudetic Block.

Abstract The thickness of the weathering cover on the Szklary Massif ranges from zero (no cover) to 76 metres. The weathered rock forms troughs and sinks of different shapes and depths. Its form indicates that a fissure network played an important role in the evolution of the weathering processes. The fissures allowed the weathering processes to penetrate deeply. The weathering cover is composed of alteration products of three rock varieties: serpentinites, metamorphic and magmatic rocks. The author distinguished 9 varieties of serpentinite, 6 varieties of metamorphic rock and 3 varieties of magmatic rock weathering covers. The thickness of these covers ranges from several cm to 47.9 metres. The weathering cover types of the three different rock varieties generally have sharp boundaries, while within a given rock variety, the weathering cover types have boundaries which, as a rule, are poorly expressed.

The nickel in the weathered rocks of the Szklary massif is genetically related to serpentinite rocks containing from 0.18 to 0.28 wt % Ni. The largest nickel concentration occurs in the weathering cover of the central area, at Mount Szklana Góra. The serpentinite weathering covers are the main centre of nickel concentration, while the metamorphic and magmatic rock weathering covers have higher nickel contents where they are in contact with the serpentinite weathering covers, or if they were within the scope of activity of local nickel-bearing weathering solutions.

Manuscript received 15 December 1999, accepted 20 October 2000.

WSTĘP

Masyw Szklar położony jest przy trasie komunikacyjnej Wrocław–Kłodzko, około 5 km na południe od Niemczy. Wznosi się on około 80 m ponad otaczający go teren i wyraźnie zaznacza się w morfologii jako Wzgórze Szklarskie o wydłużeniu południkowym.

W XVIII wieku na obszarze masywu Szklar prowadzono roboty górnicze (szybiki, sztolnie) w poszukiwaniu chryzoprazu (Sachanbiński, 1985). W XIX wieku ukazują się pierwsze publikacje dotyczące geologii i petrografii skał masywu Szklar (Roth, 1867; Fischer, 1871; Traube, 1884 i inni, *vide* Niškiewicz, 1967). Odkrycie złoża rudy niklu i jego eksploatacja (Niškiewicz, 1963) znacznie zwiększyły zainteresowanie geologów, mineralogów i petrografów masywem Szklar, a także rejonem jego występowania, co znalazło wyraz w licznych publikacjach (*vide* Niškiewicz *et al.*, 1995).

W latach 1957–1964 na obszarze masywu Szklar odwiercono 385 otworów badawczo-poszukiwawczych, których celem było bliższe rozpoznanie nikloności pokrywy zwietrzelinowej masywu. Na bazie wyników tych wierceń Przedsiębiorstwo Geologiczne w Krakowie

opracowało, w latach 1960–1965 dokumentację geologiczną złoża rudy niklu "Szklary", która stanowiła podstawę do działalności Zakładu Górniczo-Hutniczego "Szklary", a który został zamknięty w 1983 roku.

W niniejszym artykule przedstawiono bliższą charakterystykę zwietrzelin skał budujących masyw Szklar i ich nikloność. Z wyżej wymienionych 385 otworów wiertniczych autor przebadał i opisał rdzenie z 337 otworów, a dla 48 otworów wyniki ich badań zaczerpnął z wyżej wspomnianej dokumentacji geologicznej. Należy nadmienić, że wszystkie otwory przewiercały warstwę zwietrzliny i kończyły się w świeżej skale. Najgłębszy otwór osiągnął głębokość 137.2 m. Wyniki tych badań dały podstawę do opracowania mapy miąższości zwietrzliny na masywie Szklar, natomiast mapę jej nikloności opracowano w oparciu o wyniki oznaczeń zawartości niklu w badanych zwietrzelinach. Oznaczeń tych dokonano w Laboratorium Chemicznym Przedsiębiorstwa Geologicznego w Krakowie i zamieszczono w wyżej wymienionej dokumentacji złoża rudy niklu "Szklary".

ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ MASYWU SZKLAR

Masyw Szklar występuje w strefie dyslokacyjnej Niemczy (Teisseyre *et al.*, 1957) stanowiącej jedną z jednostek geologicznych wydzielonych na obszarze bloku przedsudeckiego. Od zachodu strefa ta graniczy z blokiem sowiogórskim, a od wschodu z krystalinikiem Wzgórz Niemczańskich. Budują ją mylonity z wkładkami amfibolitów i łupków metamorficznych, oraz intruzywne skały granitoidowe. W południowej części strefy dyslokacyjnej Niemczy, zwanej też lineamentem Niemczy (Oberc, 1972) występuje masyw Szklar zbudowany z serpentynitów, których otoczeniem są skały metamorficzne strefy Niemczy. Kontakt serpentynitów ze skałami metamorficznymi jest w zasadzie tektoniczny, lecz miejscami skały te zająbiają się (Niśkiewicz, 1967). Nadto serpentynity są poprzecinane intruzywnymi, kwaśnymi skałami magmowymi. Masyw serpentynitowy Szklar jest jednym z masywów skał ultrazasadowych występujących wokół bloku sowiogórskiego zaliczanych do tektonitów płaszczowych należących do paleozoicznej sekwencji ofiolitowej (Pin *et al.*, 1988, *vide* Mazur & Pajak, 1995). Według Mazura i Puziewicza (1995) strefa dyslokacyjna Niemczy stanowi przesuwczą, lewoskrętną strefę ścinania obejmującą gnejsy wschodniej krawędzi bloku Gór Sowich, a pomiary orientacji foliacji w skałach tej strefy wskazują na jej zapad ku NNW, tj. pod blok sowiogórski.

Masyw Szklar budują serpentynity i otaczające je skały metamorficzno-mylonityczne (Niśkiewicz, 1967). Serpentynity i skały osłony są poprzecinane intruzywnymi skałami granitoidowymi, żyłami aplitowymi i pegmatytowymi, rzadziej żyłami lamprofirowymi. Wymienione skały pokrywa warstwa zwietrzliny *in situ*, na której zalegają osady czwartorzędowe. Na powierzchni serpentynity odsłaniają się tylko lokalnie

Serpentynity są skałami o strukturze afanitowej, barwy zmiennej szarozielonej do czarnej, zwykle z odcieniem brązowym lub brunatnym, często z połyskującymi kryształami aktynolitu lub z widocznymi, czarnymi punktami kryształów magnetytu. Wyróżnić można dwie podstawowe odmiany serpentynitu – serpentynit właściwy zbudowany z minerałów grupy serpentynu, a oliwin stanowi minerał poboczny (reliktowy) oraz serpentynit oliwinowy zbudowany z minerałów grupy serpentynu i oliwinu, jedne i drugie są minerałami głównymi. Serpentynity Szklar reprezentują zserpentynizowane skały ultrazasadowe – dunit, harzburgity, lherzolity i werlity (Majerowicz, 1979; Gunia, 1992; Ciemniwska, 1993). Stopień zserpentynizowania skały wyjściowej – protolitu jest niezależny od głębokości jego występowania, co wykazały badania petrograficzne skał serpentynitowych z głębokiego otworu odwiercanego na masywie Szklar (Juskiwiak, 1957).

Skałami osłony masywu Szklar są gnejsy, amfibolity,

katakazyty i mylonity. Gnejsy występują w trzech głównych odmianach – gnejsy laminowane drodnogranoblastyczne o teksturze łupkowej, gnejsy soczewkowo-oczkowe granoblastyczne o teksturze gnejsowej i gnejsy o słabo zaznaczonej teksturze kierunkowej wykazujące strukturę granoblastyczną, często gruboblastyczną i teksturę słabo ukierunkowaną, partiami bezładną. Wśród skał osłony występują dwie główne odmiany skały amfibolowej – amfibolity soczewkowo-oczkowe o strukturze granonemato-blastycznej i teksturze laminowo-łupkowej, niekiedy fałdowej, oraz amfibolity masywne o strukturze granonemato-blastycznej, teksturze bezładnej, rzadziej kierunkowej. Katakazyty i mylonity występują sporadycznie wśród skał osłony najbliższego otoczenia masywu serpentynitowego Szklar. Katakazyty posiadają zwykle strukturę porfirową i teksturę bezładną i tworzą wkładki w obrębie gnejsów, z którymi łączą je odmiany pośrednie. Mylonity posiadają strukturę afanitową z pojedynczymi większymi ziarnami, zwykle jaśniejszej barwy i teksturę masywną, czasami foliacyjną. Wkładki mylonitów stwierdzono na granicy gnejsów z amfibolitami.

Intruzywne skały granitoidowe oraz żyły aplitowe i pegmatytowe, a sporadycznie też żyły lamprofirowe przecinają serpentynity i skały ich osłony. Skały granitoidowe wykazują strukturę drobno- i średniokrystaliczną, a teksturę bezładną, rzadko kierunkową; natomiast aplity mają strukturę drobno-lub bardzo drobnokrystaliczną, teksturę bezładną i występują w dwóch odmianach: białej (aplity kwarcowo-skalenio-we) i szarej (aplity skalenio-w-kwarcowe z domieszką minerałów ciemnych). Pegmatyty wykazują strukturę grubokrystaliczną, teksturę bezładną, a głównymi minerałami są kwarc, skalenie, a także muskowitz i turmalin. Żyły lamprofirowe są reprezentowane przez kersantyt – o strukturze porfirowej i teksturze masywnej, bezładnej i przez spessartyt – o strukturze afanitowej i teksturze masywnej. Opiswane skały intruzywne uważa się za apofizy granitoidów strefy dyslokacyjnej Niemczy.

Skały masywu Szklar są w strefie przypowierzchniowej bardzo silnie zwietrzałe, a pokrywa zwietrzelin *in situ* ma bardzo zmienną miąższość – od zera do kilkudziesięciu metrów. Szczegółowy opis zwietrzelin tej pokrywy przedstawiono na dalszych stronach niniejszego opracowania.

Na pokrywie zwietrzelinowej, a miejscami bezpośrednio na niezwiertrzałych skałach omawianego masywu, zalegają osady czwartorzędowe miąższości do 59 m. Osady te są reprezentowane przez glinę pylastą, glinę morenową, ility, mułowce, piaski i żwiry. Ich miąższość, generalnie biorąc, wzrasta wraz z odległością od osi masywu.

CHARAKTERYSTYKA ZWIETRZELIN

W stropie skał budujących masyw Szklar zalega pokrywa zwietrzliny *in situ*. Jedynie na obszarze Wzgórza Tomickiego w części północnej i na obszarze Wzgórza Siodłowego w części południowej odsłaniają się serpentyny nie zwietrzałe lub mało zwietrzałe. Nadto w części północnej i południowej masywu, głównie na jego obrzeżeniu, mamy osiem niewielkich obszarów, gdzie osady czwartorzędowe zalegają bezpośrednio na skałach podłoża (brak zwietrzliny). Miąższość pokrywy zwietrzelinowej jest w poszczególnych punktach (otworach badawczych) bardzo zmienna (Fig. 1a i 1b). Zwietrzlina wypełnia liczne zagłębienia lejcowate lub rynnowe o bardzo nieregularnych zarysach. Ich głębokość waha się od 1 do 76 m. Największe i najgłębsze zagłębienia występują głównie w centralnej i południowej części masywu Szklar. Mimo dużej nieregularności zarysów zagłębień, zaznacza się pewna generalna prawidłowość, a mianowicie są one wydłużone zasadniczo w kierunku od dłuższej N-S osi masywu ku jego brzegom lub w kierunku prostopadłym do tej osi (Fig. 1a i 1b). Pokrywa zwietrzelinowa o miąższości powyżej 10 metrów zajmuje około 60% powierzchni masywu Szklar, w tym około 10% powierzchni przypada na pokrywę zwietrzelinową, o miąższości od 30 do 76 m. Pokrywę zwietrzelinową tworzą różne odmiany zwietrzelin skał budujących masyw Szklar: zwietrzliny serpentynitów, zwietrzliny skał metamorficznych i zwietrzliny skał magmowych (Sachanbiński *et al.* 1999, vide tabele 1 i 2).

Zwietrzliny serpentynitów

Wśród zwietrzelin skał budujących masyw Szklar zwietrzliny skał serpentynitowych są najbardziej zróżnicowane. Wydzielono dziewięć ich odmian: zwietrzelinę ziemistą, zwietrzelinę z bločkami serpentynitu, bločkami serpentynitu, zwietrzały serpentynit o zachowanej strukturze pierwotnej, zwietrzelinę z bločkami skrzemieniałego serpentynitu, zwietrzelinę z bločkami zmienionego serpentynitu, zwietrzały serpentynit zmieniony, bločkami serpentynitu i skały syenitowej, oraz bločkami chalcedonu będącym produktem wietrzenia skał masywu Szklar.

Zwietrzlina ziemista charakteryzuje się strukturą bardzo drobnoziarnisto-pelitową, którą uznać można za ziemistą, a jej wietrzenie za równomierne. Barwa zwietrzliny jest bardzo różna, lecz zwykle przeważa brązowa w różnych odcieniach: jasnobrązowa, szarobrązowa, brunatna, rdzawobrunatna, brunatnoczerwona, brunatnoszarozielonawa, żółto-rdzawa, rdzawa, czerwona lub zielona z odcieniem szarym. Może ona też mieć barwę pośrednią między wymienionymi barwami. Tekstura zwietrzliny jest zbita, porowata, lub komórkowa (puste przestrzenie osiągają średnicę 10–50 mm). Pory lub komórki są często wypełnione minerałami krzemionkowymi, węglanowymi lub niklonośnymi. W opisywanej zwietrzelinie spotyka się partie o wyraźnie zachowanej pierwotnej strukturze serpentynitu, miąższości do kilkunastu centymetrów. Występują w niej również żyłki (1–10 cm) i żyły (o miąższości od kilkunastu do 30 cm, sporadycznie grubsze), a także gniazda i nieregularne skupienia minerałów krzemionkowych (głównie chalcedonu), magnezytu, minerałów magnezowo-krzemionkowych, rzadziej minerałów

niklonośnych – pimelitu, z grupy schuchardtytów lub garnierytów (Ostrowicki, 1965; Dubińska, 1995). W zwietrzelinie tej czasami spotyka się pojedyncze bločki silnie zwietrzałego serpentynitu, bločki magnezytu lub chalcedonu, a wyjątkowo chryzoprazu.

Skład chemiczny zwietrzliny ziemistej jest stosunkowo zmienny:

SiO ₂	36.49–62% wag.
Al ₂ O ₃	1.72–17.76% wag.
Fe ₂ O ₃	9.53–27.11% wag.
Na ₂ O	0.10–2.08% wag.
K ₂ O	0.08–0.40% wag.

W zwietrzelinie tej stwierdzono występowanie, obok niklu, również innych metali: Mn, Ti, Cr, Co i Cu, oraz śladowe ilości V i Mo (Tabela 1, analiza nr 1, 2 i 3). Stwierdzono również obecność węgla organicznego w ilości 0.18–0.37% wagowych.

Na obszarze pokrywy zwietrzelinowej masywu Szklar zwietrzlina ziemista zajmuje piąte miejsce wśród wyróżnionych odmian zwietrzelin serpentynitowych, gdy idzie o jej częstotliwość występowania w otworach badawczych. Miąższość wystąpienia zwietrzliny ziemistej waha się od 0.6 m do 28.0 m i zwykle stanowi ona wkładki – przewarstwienia wśród innych odmian zwietrzliny serpentynitowej, najczęściej w zwietrzelinie z bločkami serpentynitu. Wyjątkowo stanowiła ona jedyną odmianę zwietrzliny serpentynitowej w profilu pokrywy zwietrzelinowej masywu Szklar.

Zwietrzlina z bločkami serpentynitu jest zwietrzeliną ziemistą z ostrokrawędzistymi bločkami serpentynitu o wielkości od kilku do kilkunastu centymetrów, których ilość wynosi do 40% objętości skały, sporadycznie więcej. Bločki reprezentują serpentynit o różnym stopniu zwietrzenia – od stosunkowo świeżego, czarnozielonawoszarego do bardzo silnie zwietrzałego barwy brunatnoszarej, szaropopielatej, zielonkawobrunatnej, czerwionordzawej lub żółtordzawej. Bločki, bardzo silnie zwietrzałe, są często kruche i zwykle wykazują zachowaną strukturę pierwotną. Wielkość bločków jest różna – od kilku do kilkunastu centymetrów, sporadycznie większa. Przecinają je często milimetrowe (do 10 mm) żyłki krzemionki (chalcedonu, opalu, rzadziej chryzoprazu), magnezytu lub jasnozielonych, wietrzniowych minerałów niklonośnych, głównie pimelitu. Na niektórych powierzchniach spękań bločków występują powłoczki zwykle białej krzemionki, magnezytu, połyskujących łuseczek talkowo-serycytowych, oraz rzadziej zielone powłoczki wietrzniowych minerałów niklowych lub granatowoczarne dendryty manganowe. Spotyka się też bločki zwietrzałego serpentynitu impregnowane krzemionką lub magnezytem, sporadycznie jasnozielonymi minerałami niklu – pimelitem. Stopień impregnacji bywa różny. Z reguły stopień zwietrzenia bločków serpentynitu, pocięcia ich żyłkami mineralnymi, a także stopień impregnacji maleje wraz z głębokością zalegania opisywanej zwietrzliny. Czasami w zwietrzelinie tej, obok głównej masy bločków serpentynitu, spotka się bločki serpentynitu skrzemieniałego, serpentynitu zmienionego, np. skały chlorytowo-serpentynitowej, a sporadycznie bločki skały granitoidowej, skały amfibolowej lub łupku talkowo-chlorytowego.

Zwietrzlina, w której opisane bločki serpentynitu występują, jest podobnie wykształcona jak wcześniej opisana zwietrzlina ziemista. Również i tu mamy drobne żyłki, gniazda i drobne nieregularne skupienia krzemionki, magnezytu i minerałów niklonośnych, głównie pimelitu. Ku spągowi opisywanej zwietrzliny, generalnie, wzrasta ilość bločków serpentynitu.

Skład chemiczny zwietrzliny z bločkami serpentynitu, w

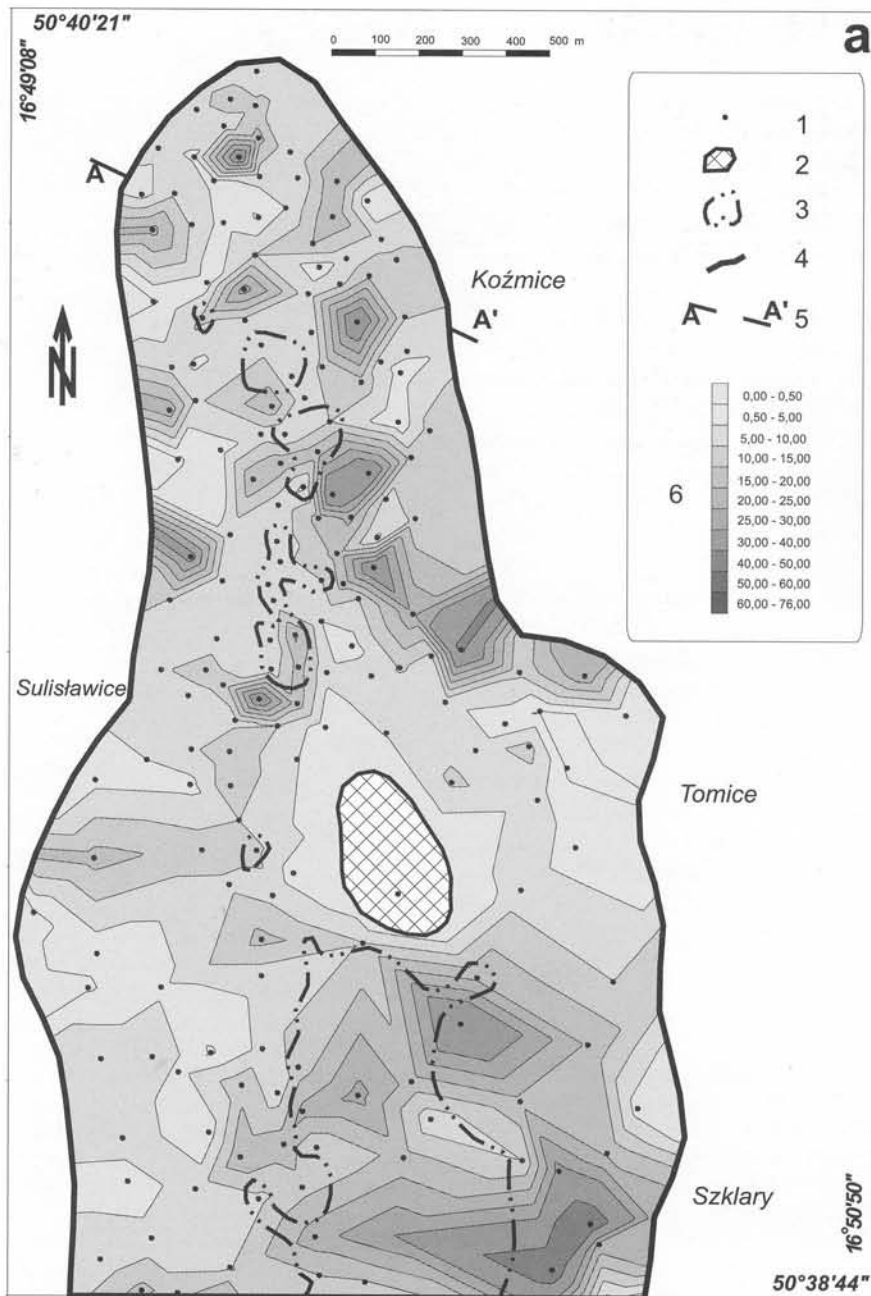


Fig. 1. (a, b) Masyw Szklar. Mapa miąższości zwietrzliny. Opracowanie geologiczne: Jerzy Niśkiewicz; opracowanie komputerowe: Piotr Limisiewicz. 1 – lokalizacja otworów; 2 – wychodnie nie zwietrzałego, masywnego serpentynitu; 3 – obszary zwietrzliny bez osadów czwartorzędowych (nadkładu); 4 – granica obszaru badań; 5 – linie przekrojów geologicznych; 6 – miąższość zwietrzliny w metrach; współrzędne geograficzne WGS 84.

The Szklary massif. Weathering cover thickness map. Geology by Jerzy Niśkiewicz; computer processing by Piotr Limisiewicz. 1 – location of the boreholes; 2 – outcrops of unweathered massive serpentinite; 3 – areas of weathering cover without Quaternary sediments (overburden); 4 – limit of the study area; 5 – geological cross-section lines; 6 – thickness of the weathering cover in metres, geographical co-ordinates WGS 84.

świeżo wykonanych analiz jest, podobnie jak zwietrzliny ziemistej, stosunkowo zmienny:

SiO₂ 44.61–68.94% wag.

Al₂O₃ 1.75–9.04% wag.

Fe₂O₃ 6.36–23.65% wag.

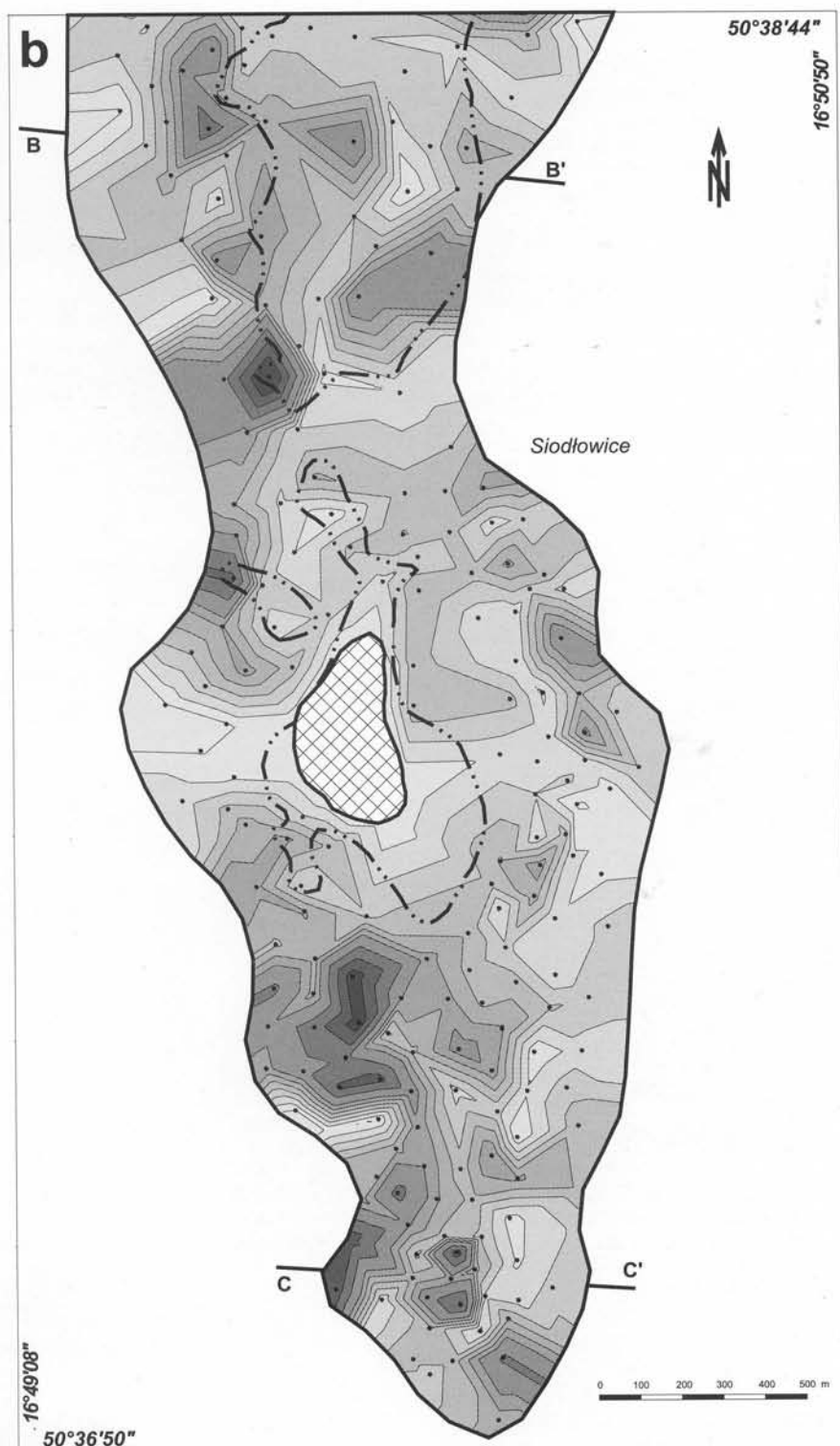
Na₂O 0.06–0.82% wag.

K₂O 0.08–0.38% wag.

W opisywanej odmianie zwietrzliny występują, obok niklu, również takie metale jak: Mn, Ti, Cr, Co i Cu, oraz śla-

dowe ilości V i Mo, natomiast zawartość węgla organicznego waha się od 0.10 do 0.41% wagowych (Tabela 1, analiza nr 4, 5 i 6).

Zwietrzlina z bloczkami serpentynitu jest najczęściej występującą zwietrzliną na obszarze pokrywy zwietrzelinowej masywu Szklar. Jej występowanie stwierdzono w 223 otworach badawczych, a jej miąższość waha się od 0.7 do 59.6 m, zwykle wynosi od kilkunastu do 30 metrów. W zwietrzlinie tej występują przewarstwienia innych odmian zwietrzliny serpentyni-



towej, najczęściej zwierzeliny ziemistej lub bloczków serpentynitu. Granice opisywanej zwierzeliny z innymi odmianami zwierzeliny serpentynitowej są z reguły niewyraźne, tylko czasami granica z serpentynitem świeżym bywa wyraźna.

Bloczki serpentynitu są odmianą zwierzeliny, która po zwierzelinie z bloczkami serpentynitu była najczęściej spotykana w badanych otworach wiertniczych. Jej wykształcenie jest całkowicie podobne do zwierzeliny z bloczkami serpentynitu, tylko stosunek ilościowy części ziemistej zwierzeliny do bloczków jest odmienny – udział ziemistej zwierzeliny wynosi zwykle

tylko kilka do kilkanaście % objętościowych skały, rzadko więcej. Również skład chemiczny tej zwierzeliny wykazuje podobną zmienność jak zwierzeliny z bloczkami serpentynitu, z wyjątkiem tlenków sodu i potasu, których udział ilościowy waha się w znacznie szerszych granicach:

SiO ₂	41.62–58.06% wag.
Al ₂ O ₃	3.23–8.54% wag.
Fe ₂ O ₃	5.59–20.81% wag.
Na ₂ O	0.12–2.53% wag.
K ₂ O	0.08–0.22% wag.

Tabela (Table) 1

Analizy chemiczne zwietrzliny serpentynitowej (% wag.)
Chemical analysis of serpentinite weathering (wt %)

Analiza - Analysis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Otwór wiertniczy - Borehole	Sz-55	Sz-207	Sz-259	Sz-22	Sz-22	Sz-41	Sz-152	Sz-246	Sz-266	Sz-298
Próbkę pobrano z głębokości (m) Sample taken from depth of (m):	17.0-18.0	20.5-22.0	7.0-8.0	2.0-3.0	11.0-12.0	10.0-11.0	12.0-14.0	5.0-8.0	46.2-46.7	15.6-15.9
SiO ₂	53.14	40.58	51.96	61.47	41.99	52.10	41.62	56.76	43.59	49.06
Fe ₂ O ₃	13.36	27.11	11.15	17.92	27.46	10.62	20.81	19.83	6.15	7.77
Al ₂ O ₃	3.80	1.72	4.64	5.65	8.09	3.08	3.23	4.84	2.53	14.09
CaO	0.69	4.37	1.25	0.13	0.13	0.89	2.37	0.98	4.42	4.24
MgO	13.04	12.80	20.79	6.01	11.96	20.78	16.66	10.13	27.00	12.16
straty prażenia - LOI	4.03	3.56	3.40	5.21	6.88	6.67	5.55	3.23	9.67	4.52
H ₂ O-	4.77	2.75	3.10	0.84	0.44	1.74	3.85	0.73	3.55	3.91
H ₂ O+	2.65	3.70	0.70	0.43	0.38	0.86	2.80	2.09	1.06	1.77
Ni	2.39	0.94	2.30	0.41	0.62	1.53	1.18	0.62	0.28	0.25
Co	0.0160	0.010	0.007	0.018	0.031	0.016	0.006	0.021	0.005	0.003
Mn	0.087	0.26	0.15	0.11	0.25	0.10	0.22	0.40	0.05	0.08
TiO ₂	0.087	0.26	0.20	0.25	0.32	0.12	0.28	0.22	0.10	0.61
Cr	0.10	0.89	0.033	0.32	0.36	0.28	0.49	0.34	0.036	0.180
V	0.00	0.002	0.001	0.00	0.00	0.00	0.002	0.004	0.002	0.002
Cu	0.01	0.011	0.060	0.005	0.018	0.008	0.026	0.07	0.03	0.003
Mo	0.00	0.001	0.000	0.000	0.000	0.00	-	0.002	0.000	0.000
C org.	0.30	0.32	0.18	0.10	0.05	0.15	0.47	0.26	0.20	0.11
Na ₂ O	0.72	0.40	0.68	0.08	0.26	0.56	0.16	0.10	1.64	1.13
K ₂ O	0.15	0.22	0.28	0.12	0.05	0.15	0.16	0.14	0.36	0.74
Suma - Total	99.34	99.904	100.88	99.07	99.29	99.65	99.88	100.70	100.67	100.63
Analiza nr 1 i 2 - zwietrzelnina ziemista Analiza nr 3 - zwietrzelnina ziemista o zachowanej strukturze pierwotnej Analiza nr 4 i 6 - zwietrzelnina z bloczkami serpentynitu Analiza nr 5 - zwietrzelnina z bloczkami zmienionego serpentynitu Analiza nr 7 - blozki serpentynitu Analiza nr 8 - zwietrzelnina z bloczkami skrzemieniałego serpentynitu Analiza nr 9 i 10 - zwietrzały serpentynit zmieniony					Analysis 1 & 2 - earthy weathering Analysis 3 - earthy weathering with preserved initial structure Analysis 4 & 6 - blocky serpentinite weathering Analysis 5 - weathering with altered serpentinite blocks Analysis 7 - serpentinite blocks Analysis 8 - blocky silicified serpentinite weathering Analysis 9 & 10 - weathered altered serpentinite					

Wykonane analizy chemiczne wskazują również na występowanie obok niklu, w niewielkich ilościach, takich metali jak: Mn, Ti, Cr i Cu, oraz śladowych ilości V i Mo. Nadto występuje również węgiel organiczny w ilości 0.17-0.47% wagowych. Przykładowa pełna analiza tej zwietrzelniny została przedstawiona w tabeli 1, analiza nr 7.

Miąszość opisywanej zwietrzelniny waha się od 0.7 do 33.0 m. Współwystępuje ona najczęściej ze zwietrzelniną z bloczkami serpentynitu i ze zwietrzelniną ziemistą. Rzadziej stwierdzono jej współwystępowanie z innymi odmianami zwietrzelniny serpentynitowej lub ze zwietrzelninami skał metamorficznych czy magmowych. Blozki serpentynitu tworzą warstwy lub przewarstwienia, występując często w spągu zwietrzelniny z bloczkami serpentynitu i stanowią pośrednie ogniwo litologiczne między tą zwietrzelniną a głębiej zalegającym, świeżym, masywnym serpen-

tynitem. Granice między opisywaną odmianą zwietrzelniny serpentynitowej a innymi zwietrzelninami są z reguły nieostre, jedynie granica z masywnym serpentynitem występującym w podłożu jest zwykle ostra.

Zwietrzały serpentynit o zachowanej strukturze pierwotnej stanowi odmianę zwietrzelniny serpentynitowej rzadko spotykaną wśród zwietrzelnin pokrywy zwietrzelninowej masywu Szklar. Stwierdzono jego występowanie tylko w 7 otworach badawczych. Opisywaną odmianą zwietrzelniny jest bardzo silnie zwietrzały serpentynit, kruchy, lekki w stosunku do masywnego serpentynitu świeżego, często o konsystencji ziemisto-ilastej i zawsze, z mniej lub bardziej wyraźnie, zachowaną strukturą pierwotną. Barwa jego jest rdzawobrazowa, brunatnoszarzielona lub szarzielona. Stopień zwietrzenia jest stosunkowo równomierny we wszystkich wystąpieniach. Zazwyczaj opisy-

wany zwietrzały serpentynit jest spękany na bloczki lub są spękane tylko pewne jego partie. Sporadycznie niektóre bloczki są mniej zwietrzałe lub lekko skrzemieniałe. Miąższość wystąpień opisywanego zwietrzałego serpentynitu waha się od 1.6 m do 8.2 m. Stanowi on wkładki wśród zwietrzelin serpentynitowych, a granice z nimi są z reguły nieostre.

Zwierzelnina z bloczkami skrzemieniałego serpentynitu jest bardzo podobnie wykształcona, jak opisana zwierzelnina z bloczkami serpentynitu, tylko bloczki stanowi serpentynit skrzemieniały. Ich udział w opisywanej zwierzelninie może wynosić do 30%, rzadko więcej. Skrzemienienie serpentynitu w bloczkach jest różne, lecz z reguły wysokie i zależy od stopnia zwietrzenia serpentynitu przed procesem sylikacji. Im stopień zwietrzenia był wyższy, tym sylikacja – skrzemienienie jest intensywniejsze. Ma to również wyraz w barwie bloczków. Intensywnie skrzemieniałe bloczki mają barwę czerwoną, rdzawo-czerwoną, mniej skrzemieniałe – żółtordzawą, brunatnordzawą, a najmniej skrzemieniałe – barwę brunatnoszarą, szarozielonawą, lub szaropopielatą. Generalnie biorąc stopień skrzemienienia bloczków maleje ku spągowi opisywanej zwierzelniny i w tym kierunku również odpowiednio zmienia się barwa bloczków. Wielkość bloczków jest różna, a ich średnica nie przekracza z reguły kilkunastu centymetrów, sporadycznie jest większa. Zarysy bloczków są ostrokrawędziste, rzadziej zaokrąglone. Często przecinają je cienkie (milimetrowe) żyłki krzemionki (chalcedonu, opalu, chryzoprazu), magnezytu lub pimełitu. Minerale te mogą też wypełniać pory i nieregularne wolne pustki w bloczkach skrzemieniałego serpentynitu o teksturze porowo-komórkowej. Wśród bloczków tej zwierzelniny rzadko występują bloczki serpentynitu słabo zwietrzałego lub nie zwietrzałego, bądź silnie zwietrzałego o zachowanej strukturze pierwotnej. Czasami spotyka się bloczki serpentynitu zmienionego np. skały chlorytowo-talkowo-serpentytowej, lub skały amfibolowej, czy łupka talkowo-chlorytowego. Ziemista część opisywanej zwierzelniny w zasadzie nie różni się od zwierzelniny ziemistej i od ziemistej części zwierzelniny z bloczkami serpentynitu. Podobnie jak w odmianach zwietrzelin serpentynitowych wcześniej opisywanych, w części ziemistej opisywanej zwierzelniny spotyka się żyłki oraz nieregularne skupienia minerałów krzemionkowych, magnezytu i wietrzeniowych minerałów niklowych. Często minerały krzemionki i magnezytu występują, w ziemistej części zwierzelniny, w formie drobnych okruchów.

Skład chemiczny zwierzelniny z bloczkami skrzemieniałego serpentynitu, w świetle wykonanych analiz, jest podobnie zmienny jak we wcześniej opisywanych odmianach zwierzelniny serpentynitowej:

SiO ₂	55.13–56.76% wag.
Al ₂ O ₃	3.86–10.15% wag.
Fe ₂ O ₃	16.63–19.83% wag.
Na ₂ O	0.10–0.22% wag.
K ₂ O	0.14–0.36% wag.

Podobnie jak w poprzednich odmianach zwietrzelin serpentynitowych, również w tej, obok niklu występują takie metale jak: Mn, Ti, Cr, Co i Cu, oraz śladowe ilości V i Mo. W badanych próbkach zawartość węgla organicznego waha się od 0.26 do 0.35% wagowych. Przykładowa pełna analiza chemiczna tej zwierzelniny – tabela 1, analiza nr 8.

Zwierzelnina z bloczkami skrzemieniałego serpentynitu jest po bloczkach serpentynitu najczęściej spotykaną odmianą zwierzelniny serpentynitowej. Miąższość opisywanej zwierzelniny waha się od 0.9 m do 37.0 m. Najczęściej jej miąższość wynosiła kilka metrów, rzadziej kilkanaście, a sporadycznie powyżej 20 m. W omawianej zwierzelninie występują wkładki innych odmian zwietrzelin serpentynitowych, rzadziej ona stanowi w nich przewarstwienia. Granice między kontaktującymi odmianami zwietrzelin są zazwyczaj nieostre, wyjątkowo ostre. Przy więk-

szej miąższości opisywanej zwierzelniny ku spągowi wyraźnie maleje stopień skrzemienienia bloczków i zwykle odpowiednio zmienia się barwa zwierzelniny.

Bloczki skrzemieniałego serpentynitu stanowią odmianę zwierzelniny serpentynitowej podobną do zwierzelniny z bloczkami skrzemieniałego serpentynitu z tą różnicą, że udział zwierzelniny ziemistej jest niewielki lub może ona nie występować. Jej udział wynosi zwykle kilka do kilkunastu procent objętościowych zwierzelniny, sporadycznie więcej. Cechy petrograficzne bloczków skrzemieniałego serpentynitu tej zwierzelniny, także ich zarysy, barwa oraz zmienny stopień zwietrzenia i skrzemienienia są podobne jak u bloczków w zwierzelninie z bloczkami skrzemieniałego serpentynitu. Również część ziemista zwierzelniny współwystępująca z bloczkami opisywanej zwierzelniny jest podobnie wykształcona jak część ziemista zwierzelniny z bloczkami skrzemieniałego serpentynitu.

Miąższość opisywanej zwierzelniny waha się od 1 do 38.4 m i występuje ona w formie warstw i przewarstwień. Najczęściej współwystępuje ze zwierzelniną z bloczkami skrzemieniałego serpentynitu, zwykle w jej spągu stanowiąc przejściową warstwę do serpentynitu masywnego, świeżego, występującego w podłożu. Często współwystępuje ona również ze zwierzelniną z bloczkami serpentynitu. Z innymi odmianami zwietrzelin występujących na obszarze pokrywy zwierzelninowej masywu Szklar współwystępuje ona rzadko. Podobnie rzadko stwierdzono jej samodzielne występowanie w badanych otworach. Granice w stropie i w spągu wystąpień opisywanej zwierzelniny są z reguły nieostre, a tylko sporadycznie ostre.

Zwierzelnina z bloczkami zmienionego serpentynitu należy do dosyć często występującej odmiany zwierzelniny serpentynitowej na obszarze masywu Szklar. Składa się ona, podobnie jak wyżej opisywane zwierzelniny z bloczkami, ze zwierzelniny ziemistej i z bloczków serpentynitu zmienionego, których udział w zwierzelninie zwykle wynosi do 20% objętościowych, sporadycznie jest większy, a wyjątkowo spotyka się tę zwierzelninę bez bloczków. Ziemista część zwierzelniny wykazuje zmienną konsystencję ziemisto-pylastą, pylastą lub ziemisto-ilastą, często jest tłusta w dotyku lub plastyczna. Barwa jej jest bardzo różna, najczęściej szarozielonawa, jasnopopielata, szaropopielatobrazowa, żółto- lub zielonobrazowa lub czerwonawordzawo-brunatna. Występujące w tej zwierzelninie bloczki reprezentują w różnym stopniu zmieniony i zwietrzały serpentynit. Najczęściej jest to serpentynit schlorytyzowany, stalkowany, lub uległy obu tym procesom. Czasami bloczki stanowią już skałę chlorytową, talkową, talkowo-chlorytową, lub talkowo-chlorytowo-serycytową. Niekiedy bloczki są poprzecinane żyłkami krzemionki, magnezytu i minerałów niklowych. Nierzadko bloczki wykazują teksturę łupkową bądź, mniej lub bardziej wyraźnie, laminowaną. Zarysy bloczków są różne, zwykle ostrokrawędziste, rzadziej zaokrąglone. Ich wielkość dochodzi do kilku centymetrów, sporadycznie są większe. Na powierzchniach spękań bloczków występują często powłoczki krzemionki, magnezytu, rzadziej minerałów niklowych lub powłoczki fuszek azbestu. Niekiedy wśród bloczków opisywanej odmiany zwierzelniny, spotyka się bloczki skrzemieniałego serpentynitu lub kruszego, zwietrzałego serpentynitu o zachowanej strukturze pierwotnej. W opisywanej zwierzelninie intensywność makroskopowo dostrzegalnej mineralizacji (żyłki, gniazda, impregnacje) krzemionkowej jest podobna jak w wyżej opisanych odmianach zwierzelniny serpentynitowej, natomiast wyraźnie mniejsza jest intensywność mineralizacji magnezytowej, a zwłaszcza niklowej.

Skład chemiczny zwierzelniny z bloczkami zmienionego serpentynitu ilustruje analiza nr 5 zamieszczona w tabeli 1. Należy przyjąć, że skład chemiczny jest bardzo zmienny biorąc pod uwagę dużą zmienność litologiczną tej odmiany zwierzelniny.

liny. Wskazuje na to również duża zmienność zawartości Ni, która waha się, w tej odmianie, w granicach od 0.08 do 1.47% wag.

W badanych otworach, a także w odkrywkach kopalniowych, miąższość zwierzeli z bloczkami zmienionego serpentynitu waha się od 1.5 do 21.9 m – najczęściej wynosi kilka do kilkunastu metrów. Tworzy ona mniej lub bardziej mięszsze przewarstwienia z innymi odmianami zwierzeli serpentynitowej, a także ze zwierzelinami skał metamorficznych i magmowych. Najczęściej współwystępuje ona ze zwierzeliną z bloczkami serpentynitu. Granice z innymi zwierzelinami są zwykle nieostre, sporadycznie ostre. Przy większych miąższościach z reguły zwiększa się w niej, ku spągowi, udział bloczków.

Zwierzalą serpentynit zmieniony jest odmianą zwierzeli serpentynitowej stosunkowo rzadko spotykaną na obszarze masywu Szklar. Jest to serpentynit w różnym, ale zawsze wysokim stopniu zwierzalą i zmieniony – schlorityzowany, stalkowany, lub skrzemionkowany. Czasami jest on wzbogacony w drobne, punktowo-soczkowe skupienia skaleni, kwarcu i fyszczyków lub igielkowe skupienia aktynolitu. Barwa jego jest zwykle rdzawobrunatnoszarzielona ze zmienną przewagą jednej z barw. Zwykle wykazuje dobrze zachowaną strukturę afanitową lub drobnokrystaliczną i teksturę bezładną, porowatą lub cienko laminowaną. Jest skałą kruchą, spękaną na bloczki, z mniejszą lub większą domieszką zwierzeli ziemistej, która wykazuje konsystencję ziemisto-ilastą i bywa "tłusta" w dotyku. Opisywaną zwierzelinę przecinają często milimetrowej grubości żyłki krzemionki, magnezytu lub minerałów niklowych. W przypadku występowania tekstur porowych, pory mogą być wypełnione wymienionymi minerałami, a zwłaszcza krzemionką. Na powierzchniach spękań często występują powłoczki białe – krzemionkowo-magnezytowe lub jasnozielone – minerałów niklowych, głównie pimełitu.

Skład chemiczny opisywanej zwierzeli (Tabela 1, analiza nr 9 i 10) wykazuje znaczną zmienność i jest, generalnie biorąc, podobny do składu chemicznego już opisywanych zwierzeli serpentynitowych. Jest on wyraźnie uzależniony od stopnia przeobrażenia pierwotnego serpentynitu. Również zmienność zawartości niklu jest duża. Jak wykazały badania, niklonosność zmienia się w granicach od 0.05 do 1.59% wag. Ni.

W badanych otworach zwierzalą serpentynit zmieniony miał miąższość od 0.3 do 8.4 m. Występował zwykle jako przewarstwienia wśród innych odmian zwierzeli serpentynitowej. Często oddzielał on zwierzelinę serpentynitową zalegającą w stropie od zalegającej w spągu skały, lub od zwierzeli aplitowej bądź gnejsowej. Granice między opisywaną odmianą zwierzeli i kontaktującymi z nią innymi zwierzelinami są z reguły nieostre.

Bloczki serpentynitu i syenitu są odmianą zwierzeli serpentynitowej występującej tylko w jednym z badanych otworów. Występuje ona bezpośrednio pod osadami czwartorzędowymi, ma miąższość 27.2 m i zalega na zwierzelinie z bloczkami serpentynitu. Granica między tymi odmianami zwierzeli serpentynitowej jest wyraźna. Opisywaną zwierzelinę budują głównie bloczki serpentynitu w różnym stopniu zwierzalą, barwy od brunatnoczerwonej do brunatnoczarnej. Zarysy bloczków są z reguły ostrokrawędziste, rzadko słabo zaokrąglone, a ich wielkość waha się od kilku do kilkunastu centymetrów – napotkano kilka bloczków wielkości 20–30 cm stanowiących fragmenty rdzenia wiertniczego. Wiele bloczków jest pociętych cienkimi żyłkami krzemionki, magnezytu i minerałów niklowych, głównie pimełitu. Czasami minerały te tworzą w serpentynie, zwłaszcza silniej zwierzalą, mniejsze lub większe, nieregularne skupienia lub impregnują go. Wiele bloczków jest w różnym stopniu skrzemieniałych. Część ziemista opisywanej zwierzeli wykazuje konsystencję ziemisto-ilastą i

barwę rdzawobrazową, partiami ciemnobrunatną. Jej udział w całej masie tej zwierzeli jest niewielki – szacunkowo do 10% objętościowych. Obok bloczków serpentynitu, w opisywanej zwierzelinie występują też bloczki skały syenitowej. Struktura tej skały jest drobnokrystaliczna i tekstura bezładna. Barwa jest ciemnozielona do czarnozielonawej w biały, drobny deseń – z jasnych minerałów, a na niektórych bloczkach widoczne są dodatkowo drobne, smużyste brunatnoczarne skupienia biotyty. Badania petrograficzne tej skały (Gunia, 1988) pozwoliły określić ją jako zmieniony syenit bogaty w hornblendę uralitową. Blozki zmienionego syenitu w znacznie podwyższonej ilości, towarzyszą blozkom serpentynitu w opisywanej zwierzelinie na głębokości 37.0–38.0 m i 39.0–40.0 m.

Blozki chalcedonu stwierdzono w trzech badanych otworach. Występują one w zwierzelinie serpentynitowej lub jako wkładki między nią, a serpentynitem. Budujący blozki chalcedonu, w poszczególnych wystąpieniach, wykazuje różną barwę. W jednym otworze ma barwę rdzawoczerwonawą, jest porowaty i tną go żyłki jasnozielonego pimełitu. Niklonosność tej wkładki, miąższości 0.4 m, wynosi 0.23% wag. Ni. Na powierzchniach spękań bloczków spotyka się niebieskoczarne powłoczki minerału manganowego. W drugim otworze blozki chalcedonu mają barwę jasnozieloną i wraz z nimi występuje domieszka zwierzeli ziemisto-pylastej, wyraźnie talkowej. Niklonosność tej wkładki, miąższości 1.0 m wynosi 0.20% wag. Ni. W trzecim otworze blozki chalcedonu są szkliste, barwy szaroniebieskiej, a niklonosność tej wkładki, miąższości 1.5 m, wynosi 0.07% wag. Ni. Występowanie w odkrywkach dawnej kopalni "Szklary" żył chalcedonowych miąższości kilkudziesięciu centymetrów pozwala przyjąć, że opisaną wyżej wkładki bloczków chalcedonu reprezentują przewiercone żyły chalcedonowe, które występują w pokrywie zwierzelinowej masywu Szklar i są genetycznie związane z procesem wietrzenia serpentynitów.

Zwierzeli skał metamorficznych

Zwierzeli skał metamorficznych nawiercono w 113 otworach badawczych. W stwierdzonych wystąpieniach wyróżniono 6 odmian tej zwierzeli: zwierzelinę gnejsową ziemistą, zwierzelinę gnejsową z bloczkami, blozki gnejsu, zwierzelinę skały amfibolowej z bloczkami, blozki skały amfibolowej i zwierzelinę skał chlorytowo-talkowo-sercytowych.

Zwierzeliną gnejsową ziemistą należy do odmian zwierzeli skał metamorficznych najczęściej występujących na obszarze pokrywy zwierzelinowej masywu Szklar. Jest to zwierzeliną ziemisto-ilastą, pylasto-talkową lub piaszczystą barwy żółto-brązowej, żółtorzawej, szarej z odcieniem popielatym lub zielonawym, czasami rdzawoczerwona lub czerwona ("hematytowa"). Wymienione barwy mogą być urozmaicone jasnordzawymi, żółtorzawymi, brunatnoczarnymi lub białymi smugami i plamami. W zależności od stopnia zwierzeli, zwierzeliną ta może wykazywać mniej lub bardziej wyraźnie zachowaną strukturę i teksturę skał pierwotnych, które to cechy, zwykle ku spągowi, stają się wyraźniejsze. Najczęściej jest to struktura bardzo drobno-, drobno-, lub średnioziarnista, a tekstura bezładna, smużysta lub drobnowarstwowa – laminowana. Opisywana zwierzeliną może różnić się ilościowym udziałem kwarcu, skaleni, muskowitu i biotyty. Minerały te czasami tworzą większe kryształy lub skupienia, zwykle smużyste, wyraźnie zaznaczające się w strukturze skały. Skalenie i biotyt są z reguły w dużym stopniu zwierzalą. Lokalnie opisywana zwierzeliną może być dodatkowo zabarwiona (barwa nałożona) jasnozielono lub mogą ją przecinać milimetrowej grubości żyłki minerału jasnozielonego (pimełitu). Minerale ten może też występować w formie drobnych, rozproszonych skupień. Sporadycznie występują w niej

pojedyncze bloczki silnie zwietrzałego, kruchego gnejsu. Ziemiasta zwietrzelnina gnejsowa występuje najczęściej w formie warstwy zalegającej na nie zwietrzałych gnejsach, lub na zwietrzelninie gnejsowej z bloczkami, wykazując zwykle w spągu nieostry granicę, gdy jej granica z nadległymi osadami czwartorzędowymi jest zawsze wyraźna. W kilku badanych otworach zwietrzelnina ta stanowiła warstwę zalegającą na gnejsach nie zwietrzałych, a na niej zalegała zwietrzelnina serpentynitowa i osady czwartorzędowe (Fig. 2). Miąższość opisywanej zwietrzelniny na obszarze masywu Szklar waha się od 1.0 do 56.5 m.

Zwietrzelnina gnejsowa z bloczkami zasadniczo nie różni się od zwietrzelniny gnejsowej ziemistej, jedynie udział bloczków gnejsowych jest stosunkowo duży i dochodzi do 30% objętości skały, rzadko wynosi więcej. W opisywanej zwietrzelninie należy więc wyróżnić zwietrzelninę ziemistą i bloczki. Zwietrzelnina ziemista jest barwy szarej, brunatnej, brązowej, popielatej lub zielonawej i zwykle barwy te wzajemnie się przenikają. Rzadziej jest ona barwy ciemnoczerwonej. Barwa ma często odcień srebrzysty, a także urozmaicają ją smugi i plamy jaśniejsze lub ciemniejsze, również białe lub czarne. Zwietrzelnina ta ma konsystencję gliny lub iłu ze zmienną ilością ziarn minerałów odpornych na wietrzenie, głównie kwarcu, skaleni, biotytu, muskowitu. Czasami jest ona wyraźnie piaszczysta lub pylasta, a niekiedy tłusta w dotyku (talkowa). Spotyka się w niej drobne, nieregularne skupienia minerału jasnozielonego – pimitu. Bloczki współwystępujące z opisaną zwietrzelniną ziemistą reprezentują różne rodzaje skał gnejsowych i łupków krystalicznych. Wielkość bloczków wynosi zwykle kilkanaście centymetrów, a ich zarysy są bardzo nieregularne. Stopień zwietrzenia jest różny – od silnie zwietrzałych do bardzo słabo zwietrzałych. Są to skały o strukturze drobno- i średniokrystalicznej z pojedynczymi większymi kryształami, oraz o teksturze beładnej (najczęściej), bądź kierunkowej – laminowanej, smużystej, a także oczkowej lub falistej. Głównymi minerałami są kwarc, skalenie i łuszczki, głównie biotyt. Nadto w niektórych bloczkach występują nagromadzenia – nieregularne skupienia chlorytu, serycytu, rzadziej talku. Opisywane bloczki mogą przecinać żyłki krzemionkowe, krzemionkowo-magnezytowe, rzadziej magnezytowe lub minerału jasnozielonego (pimitowe). Wymienione minerały mogą też tworzyć powłoczki na powierzchniach spękań bloczków. Bardzo rzadko spotykano bloczki skrzemionkowane – impregnowane krzemionką. W opisywanej odmianie zwietrzelniny gnejsowej można wyróżnić zwietrzelniny z bloczkami gnejsów kwarcowo-skaleniowo-łuszczkowych, równoziarnistych, laminowanych, oczkowych i smużystych, rzadziej z bloczkami gnejsów migmatytowych lub z bloczkami łupków krystalicznych – kwarcowo-skaleniowo-chlorytowych, kwarcowo-chlorytowo-serycytowych bądź serycytowo-talkowych. Ilość bloczków zwykle wzrasta ku spągowi warstwy zwietrzelniny. Skład chemiczny zwietrzelniny gnejsowej z bloczkami prezentują przykładowo dwie analizy (Tabela 2, analiza 1 i 2). Podwyższona zawartość niklu w analizie nr 2 związana jest z występowaniem jasnozielonego minerału niklowego w formie cienkich powłoczek na powierzchniach spękań bloczków. W obrębie pokrywy zwietrzelninowej masywu Szklar zwietrzelnina gnejsowa z bloczkami tworzy warstwy i przewarstwienia miąższości od 0.4 m do 47.0 m. Zwykle zalega ona na gnejsowych skałach podłoża, a w jej stopie występują osady czwartorzędowe lub sporadycznie zwietrzelnina serpentynitowa in situ. Nadto opisywana zwietrzelnina występuje też w formie przewarstwień – wkładek w obrębie zwietrzelniny serpentynitowej, między osadami czwartorzędowymi i serpentynitem masywnym, między zwietrzelniną serpentynitową i zwietrzelniną skały magmowej, a także między zwietrzelniną serpentynitową i zwietrzelniną skały serycytowo-talkowej. Opisywana zwietrzelnina ma nieostre granice z gnejsami, na których zalega. Natomiast ze zwietrzelninami serpentynitowymi, zwie-

Tabela (Table) 2
Analizy chemiczne zwietrzelnin skał metamorficznych
(% wag.)
Chemical analyses of serpentinite weathering (wt %)

Analiza - Analysis	1	2	3
Otwór wiertniczy - Borehole	Sz-257	Sz-261	Sz-150
Próbkę pobrano z głębokości (m) Sample taken from depth of (m):	33.0-34.0	15.0-17.0	4.5-6.0
SiO ₂	62.01	53.82	55.71
Fe ₂ O ₃	7.49	9.62	4.51
Al ₂ O ₃	16.96	15.19	7.88
CaO	2.68	3.90	1.13
MgO	2.07	7.56	19.31
straty prażenia - LOI	2.38	3.02	6.61
H ₂ O-	0.54	1.72	2.29
H ₂ O+	0.42	0.58	1.14
Ni	0.02	0.24	0.66
Co	0.001	0.001	0.007
Mn	0.07	0.07	0.04
TiO ₂	0.72	0.50	0.08
Cr	0.022	0.039	0.130
V	0.013	0.003	0.000
Cu	0.080	0.060	0.050
Mo	0.000	0.000	0.000
C org.	0.20	0.14	0.23
Na ₂ O	3.60	1.30	0.24
K ₂ O	1.50	2.10	0.10
Suma - Total	100.78	99.86	100.12
Analiza nr 1 i 2 – zwietrzelnina gnejsowa z bloczkami Analiza nr 3 – zwietrzelnina skały chlorytowo-talkowo-serycytowej			
Analysis 1 & 2 – blocky gneiss weathering Analysis 3 – chlorite-talc-sericite rock weathering			

trzelinami skał magmowych i z osadami czwartorzędowymi jej granice są ostre.

Bloczki gnejsowe z małą ilością zwietrzelniny ziemistej występują w pokrywie zwietrzelninowej Szklar stosunkowo rzadko. Wykształcenie tej odmiany zwietrzelniny skał metamorficznych jest bardzo podobne do opisywanej zwietrzelniny gnejsowej z bloczkami, tylko udział zwietrzelniny ziemistej jest dużo mniejszy i nie przekracza 10% objętości skały, wyjątkowo większy. Część ziemista opisywanej zwietrzelniny ma podobną barwę i konsystencję jak w zwietrzelninie gnejsowej z bloczkami. Również bloczki gnejsowe są bardzo podobne. Najczęściej są to bloczki gnejsów kwarcowo-skaleniowo-biotytowych lub gnejsów kwarcowo-biotytowych, rzadziej gnejsów hornblendowych. Ich struktura jest masywna, jawnokrystaliczna, czasami afanitowa, a tekstura beładna, smużysta, laminowana lub łupkowa. Z reguły bloczki wykazują wysoki stopień zwietrzenia. Stopień zwietrzenia bloczków i udział zwietrzelniny ziemistej w opisywanej zwietrze-

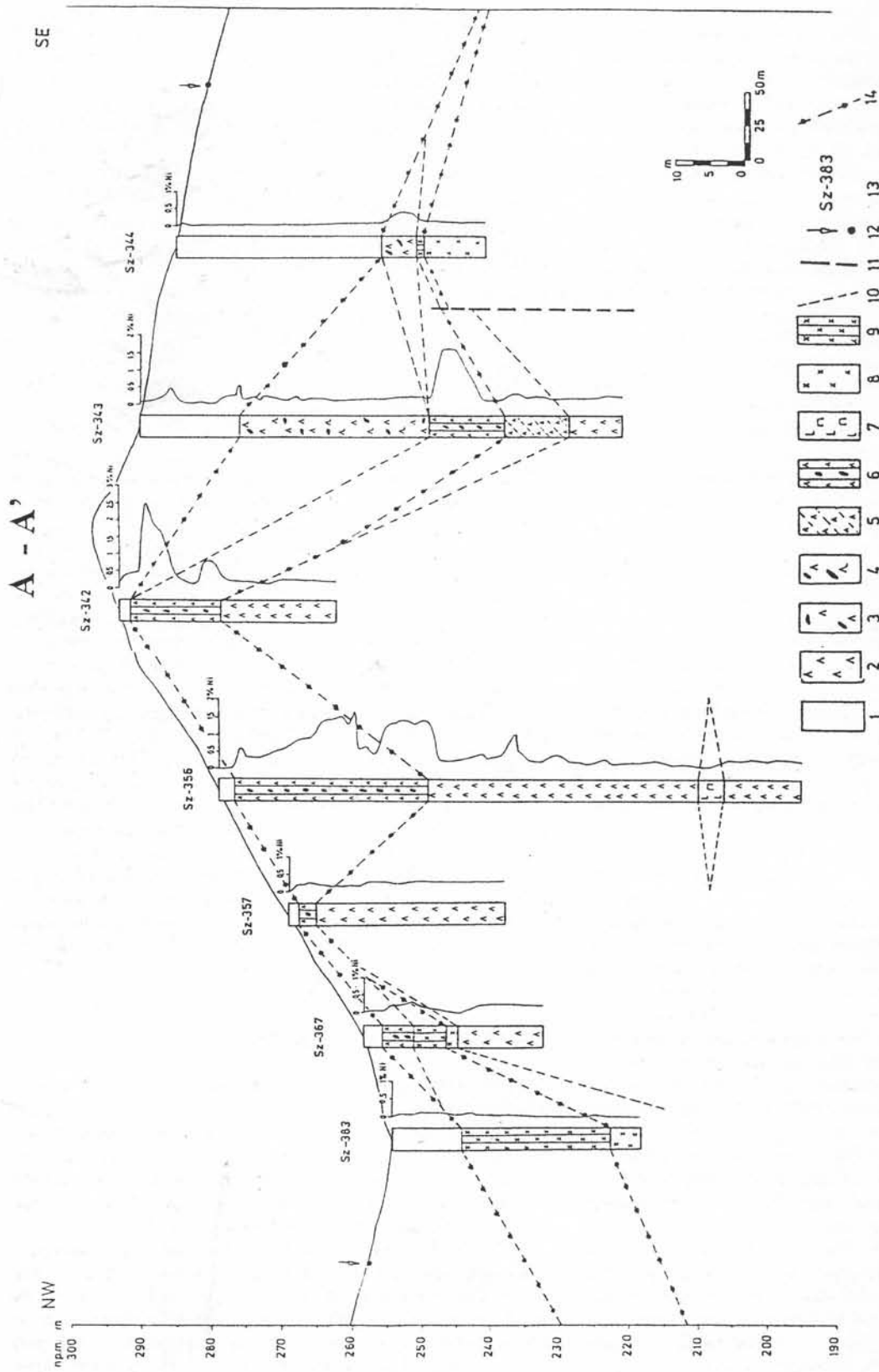


Fig. 2. Przekrój geologiczny A-A'. 1 - osady czwartorzędowe; 2 - serpentynit; 3 - bloczki serpentynitu i syenitu; 4 - bloczki serpentynitu i syenitu; 5 - serpentynit zwietrzały; 6 - zwietrzalina z bloczkami serpentynitu; 7 - skała chlorytowo-talkowa; 8 - gnejs; 9 - zwietrzalina gnejsowa z bloczkami; 10 - granice wydzieleni litologicznych; 11 - przypuszczalny uskok; 12 - granica obszaru badań; 13 - numer otworu badawczego; 14 - granica pokrywy zwietrzelinowej.

Geological cross-section A-A'. 1 - Quaternary sediments; 2 - serpentinite; 3 - blocks of serpentinite and syenite; 4 - blocks of serpentinite and syenite; 5 - weathered serpentinite; 6 - blocky serpentinite weathering; 7 - chlorite-talc rock; 8 - gneiss; 9 - blocky gneiss weathering; 10 - boundaries of the lithological units; 11 - inferred fault; 12 - limit of the weathering cover; 13 - the number of the prospecting borehole; 14 - limit of the weathering cover.

linie z reguły maleją ku spągowi. Bloczki gnejsu występują w formie warstw lub przewarstwień, a ich miąższość waha się od 1.0 do 8.4 m. Występują one zwykle w spągowej partii pokrywy zwietrzelinowej zalegając na niezwiertzałym serpentynie lub gnejsach podłoża. Granica z serpentynitem jest zawsze wyraźna, a z gnejssem niewyraźna. Bloczki gnejsowe tworzą najczęściej przewarstwienia w obrębie zwietrzliny gnejsowej z bloczkami, a granice między tymi zwietrzelinami są niewyraźne.

Zwietrzelina skały amfibolowej z bloczkami występuje rzadko w pokrywie zwietrzelinowej badanego obszaru. W jej składzie wyróżnić należy zwietrzelinę ziemistą i bloczki, których udział nie przekracza 30% objętościowych. Zwietrzelina ziemista jest barwy szarozielonej, czarnozielonej, rdzawożółtawej lub czerwono rdzawej, często posiada jaśniejsze smugi i cętki. Czasami występują w niej żyłki i drobne skupienia minerału jasnozielonego – pimitu. Konsystencja zwietrzliny ziemistej jest ziemista, pylasta bądź ilasta lub pośrednia między nimi. Niekiedy jest ona mniej lub bardziej wyraźnie talkowa – tusta w dotyku. Bloczki skały amfibolowej są barwy zielonej, czarnozielonej lub czarnej, często w białoszare smugi lub cętki. Ich struktura jest afanitowa lub drobnokrystaliczna a tekstura masywna, laminowana lub łupkowa. Wielkość bloczków nie przekracza z reguły 20 cm, a wyjątkowo jest większa. Zarysy bloczków są bardzo nieregularne, na powierzchniach spękań spotyka się powłoczki granatowoczarne – manganowe, rdzawobrunatne – żelaziste lub sporadycznie jasnozielone – pimitowe. Bloczki są w różnym stopniu zwiertzałe i w zależności od tego przyjmują barwę brunatno-rdzawo-czerwoną, której natężenie wzrasta wraz ze stopniem zwiertzenia. W zwietrzelinie tej niekiedy występują kruche lub miękkie w dotyku bloczki zwiertzałej skały amfibolowej o zachowanej pierwotnej strukturze. Zwietrzelina skały amfibolowej z bloczkami tworzy w pokrywie zwietrzelinowej masywu Szklar warstwy lub przewarstwienia miąższości od 0.6 do 34.4 m. Najczęściej zalega ona na bloczkach skały amfibolowej lub bezpośrednio na skale amfibolowej, rzadziej tworzy przewarstwienia w zwietrzelinie serpentynitowej, a sporadycznie występuje między zwietrzeliną serpentynitową i zwietrzeliną gnejsową lub między zwietrzeliną gnejsową i zwietrzeliną skały chlorytowo-talkowej. Granice między opisywaną zwietrzeliną a innymi zwietrzelinami czy skałami są z reguły wyraźne.

Bloczki skały amfibolowej stanowią kolejną odmianę zwietrzelin skał metamorficznych budujących pokrywę zwietrzelinową masywu Szklar. Ta odmiana różni się od opisywanej zwietrzliny skały amfibolowej z bloczkami w zasadzie tylko znikomym udziałem lub brakiem zwietrzliny ziemistej. Bloczki skały amfibolowej są barwy czarnej, szaroczarnej, szarozielonej lub ciemnozielonej. Często barwa jest urozmaicona białymi lub jasnoszarymi cętkami, smużkami lub smugami skalenioowo-kwarcowymi. Struktura bloczków jest drobnokrystaliczna, rzadziej afanitowa, gdy smugi i cętki są zwykle grubiej krystaliczne. Tekstura jest bezładna lub drobnolaminowana, rzadziej łupkowa. Stopień zwiertzenia bloczków jest różny, zwykle są one przeciętnie zwiertzałe a sporadycznie silnie lub bardzo silnie zwiertzałe (o głuchym uderzeniu). Wiele bloczków wykazuje spękania zwarte. Wielkość bloczków waha się od kilku do kilkunastu centymetrów średnicy, bardzo sporadycznie stanowią one kilkucentymetrowe fragmenty rdzenia wiertniczego. Zarysy bloczków są nieregularne. Niekiedy wraz z bloczkami występuje niewielka domieszka zwietrzliny ziemisto-ilastej lub ziemisto-pylastej. Bloczki skały amfibolowej tworzą zwykle przewarstwienia miąższości od 0.5 do 7.4 m, występujące wśród zwietrzliny serpentynitowej lub między zwietrzeliną skały amfibolowej z bloczkami i skałą amfibolową podłoża, bądź też między zwietrzeliną gnejsową i gnejssem podłoża. Mogą one także stanowić przewarstwienia między świeżą skałą amfibolową w spągu i osadami czwartorzędowymi w stropie. Granice przewarstwień

bloczków skały amfibolowej z otaczającymi zwietrzelinami lub skałami są z reguły wyraźne, a tylko sporadycznie niewyraźne.

Zwietrzelina skał chlorytowo-talkowo-serycytowych, obok zwietrzliny gnejsowej z bloczkami i zwietrzliny gnejsowej ziemistej, należy do odmian zwietrzelin skał metamorficznych najczęściej występujących w pokrywie zwietrzelinowej masywu Szklar. Opisywana zwietrzelina składa się ze zwietrzliny ziemistej i bloczków skalnych o różnym stopniu zwiertzenia. Zwietrzelina ziemista ma konsystencję ziemistą, ziemisto-ilastą, ziemisto-pylastą lub pylastą, czasami z wyraźną domieszką bardzo drobnych ziarn kwarcu. Jej barwa jest szaropopielata, szarozielonawa, szarosrebrzystozielonawa, rzadko brązowobrunatna. Barwy te mogą być urozmaicone smugami, smużkami, plamami lub cętkami białoszarymi, jasnozielonymi, czerwono rdzawymi, żółtawymi lub brunatnoczerwonymi. W zwietrzelinie ziemistej mogą też występować drobne skupienia minerału jasnozielonego – pimitu. Udział bloczków w opisywanej zwietrzelinie jest zmienny, zwykle jednak nie przekracza 30% jej objętości. Są to bloczki głównie skały talkowej lub skały chlorytowo-talkowej, rzadziej chlorytowo-talkowo-serycytowej, a sporadycznie skały chlorytowej. Stopień zwiertzenia bloczków jest różny, nawet w obrębie tego samego wystąpienia. Struktura i tekstura skał pierwotnych są z reguły dobrze zachowane. Struktura jest drobnolaminowana lub afanitowa, a tekstura bardzo drobnolaminowana, czasami łupkowa. Barwa bloczków jest szaropopielatozielonawa, szaropopielata lub szarozielona, często w białoszare lub białe smugi bądź cętki drobnokrystalicznego skalenia i kwarcu, lub tylko skalenia. Wielkość bloczków nie przekracza kilkunastu centymetrów, najczęściej ich średnica jest poniżej 10 cm. Zarysy bloczków są bardzo różne. Niekiedy ich makrowyksztalność wskazuje, że reprezentują one skały silnie wymięte tektonicznie. Skład chemiczny omawianej zwietrzliny przedstawia przykładowo analiza nr 3 zamieszczona w tabeli 2. Zwietrzelina skał chlorytowo-talkowo-serycytowych występuje głównie jako przewarstwienia. Jej miąższość waha się od 0.2 do 20.3 m, lecz najczęściej nie przekracza 3 m. Zwykle stanowi ona przewarstwienia w zwietrzelinie serpentynitowej, sporadycznie występuje między zwietrzeliną serpentynitową i gnejsową, lub zalega bezpośrednio na skale amfibolowej, a w stropie występują osady czwartorzędowe. W jednym otworze badawczym stanowi ona wkładkę w obrębie zwietrzliny skały aplitowej. Granice między opisywaną zwietrzeliną a innymi współwystępującymi zwietrzelinami są z reguły niewyraźne, natomiast wyraźne granice zaznaczają się ze skałami podłoża a także z osadami czwartorzędowymi.

Zwietrzeliny skał magmowych

Na badanym obszarze występowanie zwietrzelin skał magmowych stwierdzono w 16 otworach badawczych. Występują one również w starych wyrobiskach górniczych – odkrywkach dawnej kopalni "Szklary". Przeprowadzone badania pozwoliły wyróżnić trzy odmiany tych zwietrzelin: zwietrzelinę skały granitoidowej, zwiertzałą skałę granitoidową o zachowanej strukturze pierwotnej i zwietrzelinę skały aplitowej.

Zwietrzelina skały granitoidowej jest odmianą zwietrzliny skały magmowej najczęściej napotykaną w pokrywie zwietrzelinowej masywu Szklar. W opisywanej zwietrzelinie wyróżnić należy zwietrzelinę ziemistą i bloczki skały. Stosunki ilościowe między tymi składnikami zwietrzliny są zmienne. Z reguły większy udział mają bloczki. Zwietrzelina ziemista jest barwy szaropopielatej lub białoszarej, często z mniej lub bardziej intensywnym odcieniem zielonym. Konsystencja zwietrzliny jest ziemista, ziemisto-ilasta, ziemisto-pylasta, czasami ilasta. Zwykle występują w niej, w mniejszej lub większej ilości, drobne ziarna

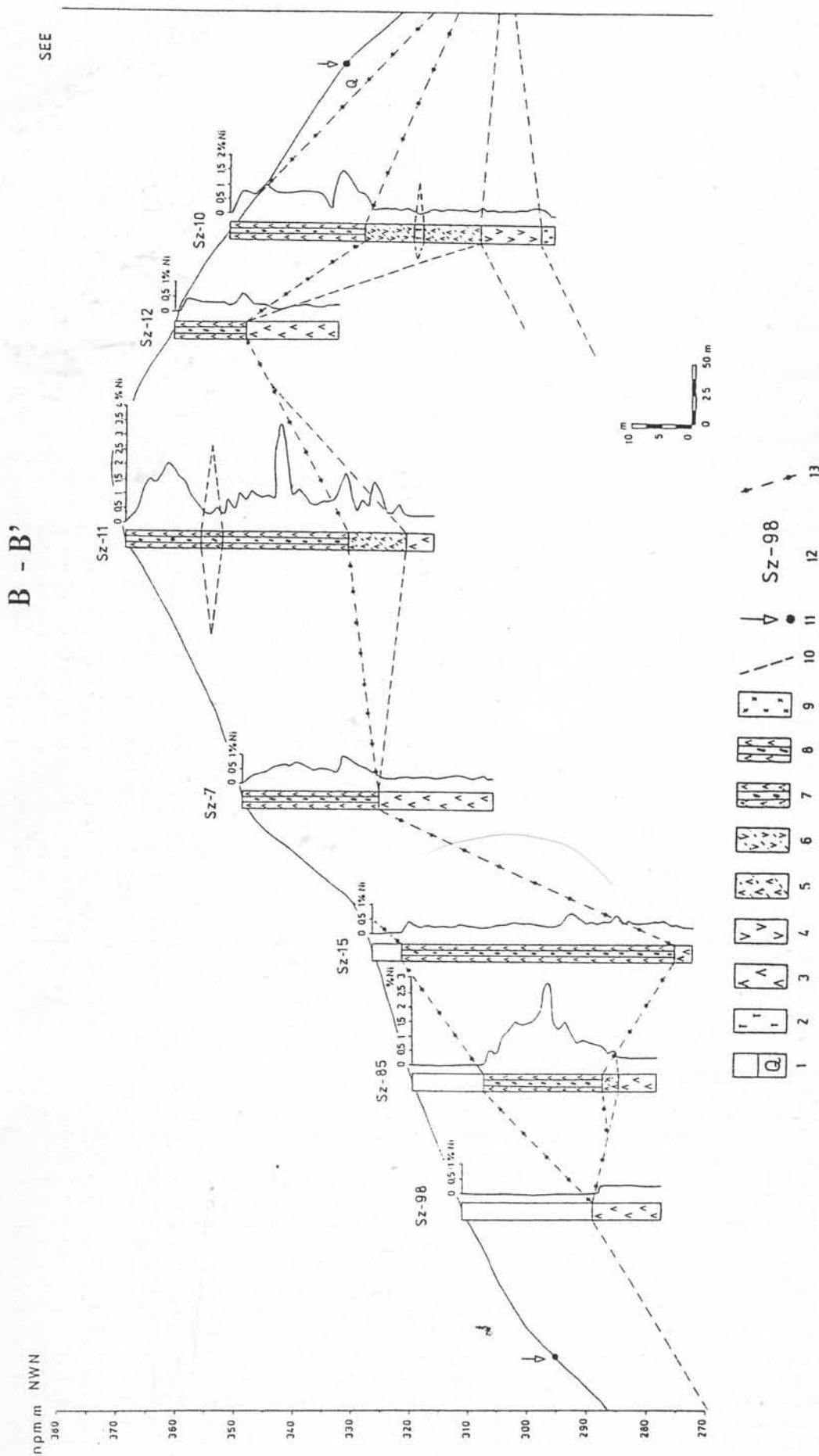


Fig. 3. Przekrój geologiczny B-B'. 1 - osady czwartorzędowe; 2 - skała melanokraticzna; 3 - serpentynit; 4 - serpentynit zmieniony; 5 - serpentynit zwietrzały; 6 - zmieniony serpentynit zwietrzały; 7 - zwietrzelnina z bloczkami serpentynitu; 8 - bloczki skrzemieniałego serpentynitu; 9 - gnejs; 10 - granice wydzieleni litologicznych; 11 - granica obszaru badań; 12 - numer otworu badawczego; 13 - granica pokrywy zwietrzelinowej.

Geological cross-section B-B'. 1 - Quaternary sediments; 2 - melanocratic rock; 3 - serpentinite; 4 - altered serpentinite; 5 - weathered serpentinite; 6 - weathered altered serpentinite; 7 - blocky serpentinite weathering; 8 - silicified serpentinite blocks; 9 - gneiss; 10 - boundaries of the lithological units; 11 - limit of the study area; 12 - the number of the prospecting borehole; 13 - limit of the weathering cover.

C - C'

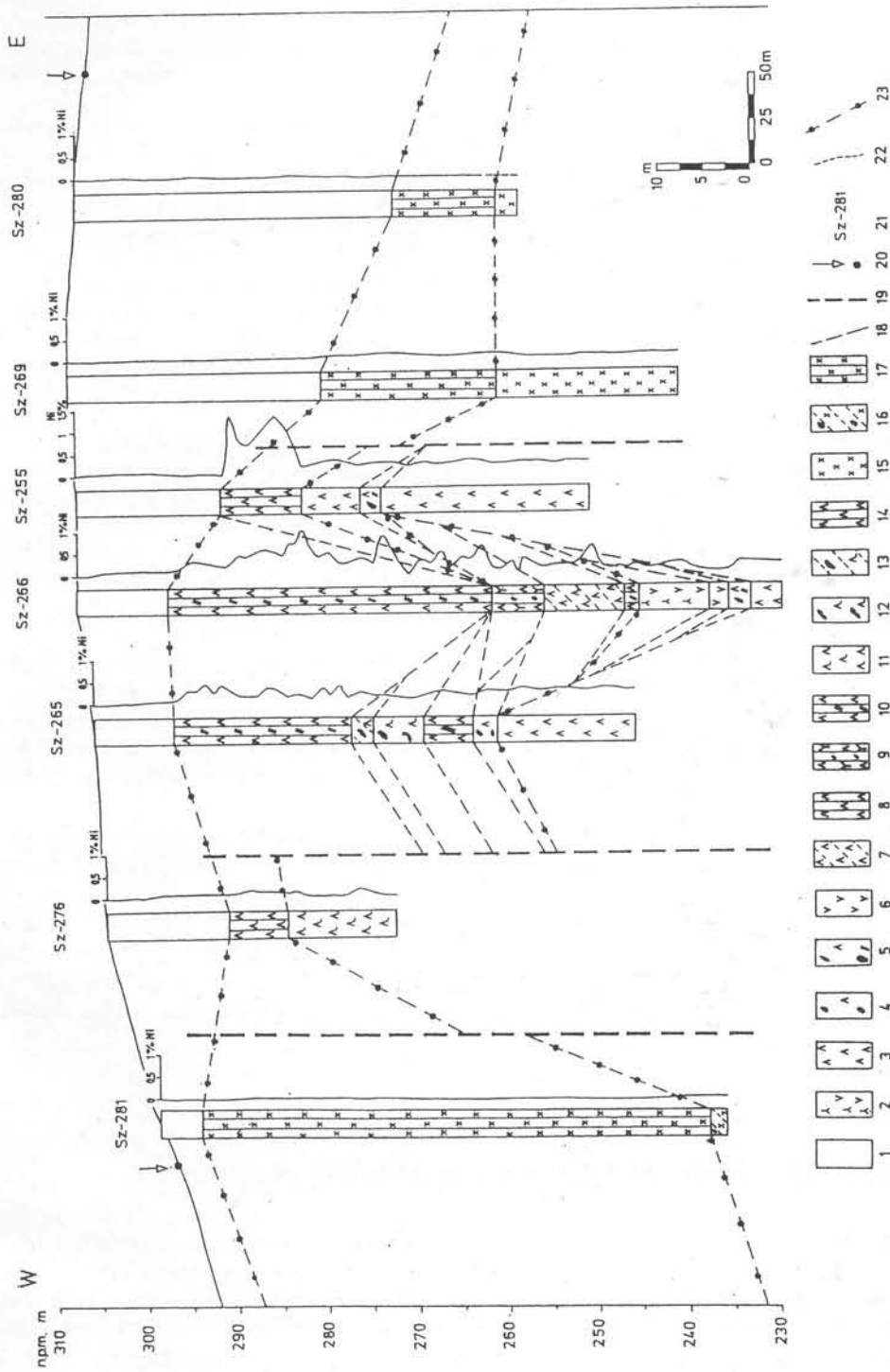


Fig. 4. Przekrój geologiczny C-C'. 1 - osady czwartorzędowe; 2 - skała aplitowa z enklawami zmienionego serpentynitu; 3 - serpentynit; 4 - bloczki serpentynitu; 5 - bloczki skrzemieniatego serpentynitu; 6 - serpentynit zmieniony; 7 - serpentynit zwietrzały; 8 - zwietrzela serpentynitowa ziemista; 9 - zwietrzela serpentynitowa z bloczkami serpentynitu i skały aplitowej; 10 - zwietrzela z bloczkami skrzemieniatego serpentynitu; 11 - skała amfibolowa; 12 - bloczki skały amfibolowej; 13 - bloczki zwietrzalej skały amfibolowej; 14 - zwietrzela skały amfibolowej; 15 - gnejs; 16 - bloczki zwietrzatego gnejsu; 17 - zwietrzela gnejsowa ziemista; 18 - granice wydzielen litologicznych; 19 - przypuszczalny uskoki; 20 - granica obszaru badań; 21 - numer otworu badawczego; 22 - przypuszczalna krzywa zawartości niklu; 23 - granica pokrywy zwietrzelinowej.

Geological cross-section C-C'. 1 - Quaternary sediments; 2 - aplite with enclaves of altered serpentinite; 3 - serpentinite 4 - blocks of serpentinite 5 - altered serpentinite; 6 - weathered serpentinite; 7 - earthy serpentinite and aplite weathering; 8 - blocks silicified serpentinite; 9 - earthy silicified serpentinite; 10 - amphibole rock blocks; 11 - weathered amphibole rock blocks; 12 - amphibole rock blocks; 13 - weathered amphibole rock blocks; 14 - amphibole rock weathering; 15 - gneiss; 16 - weathered gneiss blocks; 17 - earthy gneiss weathering; 18 - boundaries of the lithological units; 19 - inferred fault; 20 - limit of the study area; 21 - the number of the prospecting borehole; 22 - probable nickel concentration curve; 23 - limit of the weathering cover.

kwarcu, zwietrzałych skaleni i blaszki biotytu o różnym stopniu zwietrzenia. Bloczki skały granitoidowej są barwy białoszarej, ciemnoszarej lub białej w brunatnoczarne lub brązowozielonawe smugi i cętki. Struktura bloczków jest drobną i bardzo drobnokrystaliczna, a tekstura masywna, bezkierunkowa lub kierunkowa – słabo zaznaczająca się. Głównymi minerałami są kwarc, skalenie i biotyt. Czasami znaczny udział minerałów ciemnych nadaje skale ciemną barwę z pojedynczymi białymi cętkami lub smużkami. Stopień zwietrzenia bloczków jest bardzo różny, od mało zwietrzałych do bardzo silnie zwietrzałych – kruchych, o “głuchym” uderzeniu. Mniej zwietrzałe bloczki bywają spękane, a na powierzchniach spękań często występują nacieki żelaziste, rzadziej powłoczki zielone – chlorytowe lub jasnozielone – pimełitowe. Te ostatnie niekiedy występują też w formie drobnych, nieregularnych skupień. Zarysy bloczków są nieprawidłowe, a ich wielkość wynosi zwykle kilka centymetrów.

Zwierzdelina skały granitoidowej tworzy warstwy lub przewarstwienia. Warstwy mają miąższość od 1.7 do 22.0 m i zalegają bezpośrednio na skale granitoidowej, rzadziej na gnejsie, a w stropie występują osady czwartorzędowe. Granica omawianej zwierzdeliny ze skałą granitoidową lub gnejsową jest nieostra, natomiast z osadami czwartorzędowymi z reguły ostra. Przewarstwienia opisywanej zwierzdeliny występują w obrębie zwierzdeliny serpentynitowej i mają miąższość od 0.2 do 11.5 m. Granice zwierzdeliny granitoidowej ze zwierzdeliną serpentynitową są z reguły ostre.

Zwierzdelna skała granitoidowa o zachowanej strukturze pierwotnej została stwierdzona w dwóch otworach badawczych. W jednym otworze występuje ona w formie wkładki silnie zwietrzałych, kruchych bloczków skały granitoidowej, zalegającej wśród zwierzdeliny serpentynitowej (w stropie) i gnejsu (w spągu). Barwa bloczków jest biała lub białoszara w pojedyncze czarne smużki, które wraz ze wzrostem stopnia zwietrzenia przyjmują barwę intensywnie żółtordzawą. Bloczki te budują głównie skalenie, kwarc i biotyt, a ich struktura jest drobnokrystaliczna, tekstura niewyraźnie kierunkowa. Wielkość bloczków wynosi zwykle kilka centymetrów, lecz nie przekracza kilkunastu centymetrów. W drugim otworze opisywana zwierzdelina stanowi trzy przewarstwienia o miąższości 0.5 m, 2.3 m i 0.9 m, występujące w obrębie zwierzdeliny serpentynitowej. Granice tych przewarstwień ze zwierzdeliną serpentynitową są wyraźne, a tylko wzdłuż jednej granicy zaznacza się ząbienie obu odmian zwierzdelin. Zwierzdelna skała granitoidowa o zachowanej strukturze pierwotnej w omawianym otworze ma barwę białoszara w ciemnordzawę smugi, czasami jest dodatkowo zabarwiona na jasnozielono. Struktura tej skały jest afanitowa lub

bardzo drobnokrystaliczna, a tekstura bezładna. Większość bloczków kruszy się łatwo.

Zwierzdelina skały aplitowej została nawiercona, na obszarze masywu Szklar, w pięciu otworach badawczych. Zwierzdelinę tę tworzą zwierzdelina ziemista i bloczki skalne. Zwierzdelina ziemista ma barwę białoszaropopielatą, szarobrazową lub białoszara. Często barwa wykazuje wyraźny odcień zielonawy. Konsystencja zwierzdeliny ziemistej jest ziemista, ziemisto-ilasta lub ilasta, zwykle występuje w niej domieszka bardzo drobnych lub drobnych ziarn kwarcu i skaleni, sporadycznie blaszek muskowitu. Niekiedy występują w niej drobne, nieregularne skupienia minerału jasnozielonego – pimełitu. Bloczki skały aplitowej wykazują różny stopień zwietrzenia – od kruchych do mało zwietrzałych. Reprezentują one skałę kwarcowo-skaleniową, czasami z pojedynczymi łuseczkami muskowitu lecz bez minerałów ciemnych. Jej struktura jest drobnokrystaliczna lub bardzo drobnokrystaliczna, a tekstura bezkierunkowa. Barwa skały jest głównie białoszara, czasami jasnoszarzielonawa. Zarysy bloczków są nieregularne a ich wielkość z reguły nie przekracza kilku centymetrów. Są one często spękane a na powierzchniach spękań występują czasami jasnozielone powłoczki pimełitu. Udział bloczków w opisywanej zwierzdelinie jest różny i zwykle przekracza 50% objętości skały.

Zwierzdelina skały aplitowej występuje w formie przewarstwień wśród innych zwierzdelin pokrywy zwierzdelinowej masywu Szklar. Miąższość przewarstwień waha się od 0.2 m do 19.0 m. Granice tych przewarstwień w stropie i spągu są z reguły nieostre. Najczęściej zwierzdelina ta tworzy przewarstwienia w obrębie zwierzdeliny serpentynitowej.

Budowę wewnętrzną pokrywy zwierzdelinowej masywu Szklar ilustrują przekroje geologiczne (Fig. 2, 3 i 4). Wskazują one na dużą zmienność w występowaniu i miąższości poszczególnych odmian zwierzdelin budujących opisywaną pokrywę zwierzdelinową. Złożoność jej budowy dobitnie ilustruje przekrój C-C' (Fig. 4). Wzdłuż tego przekroju pokrywę zwierzdelinową budują różne odmiany zwierzdeliny serpentynitowej i skał metamorficznych. Ich miąższość jest bardzo zmienna, jak też miąższość całej pokrywy. Mniej złożoną budowę prezentuje przekrój A-A' (Fig. 2). Wzdłuż przekroju B-B' (Fig. 3) pokrywa zwierzdelinowa wykazuje stosunkowo stałą miąższość i buduje ją zwierzdelina z bloczkami serpentynitu.

NIKLONOŚĆ POKRYWY ZWIERZDELINOWEJ

Nikloność pokrywy zwierzdelinowej masywu Szklar przedstawiono na mapie nikloności (Fig. 5a i 5b). Z obrazu tej mapy wynika, generalnie biorąc, że zwierzdeliny stref brzeżnych pokrywy zwierzdelinowej i obszarów wokół wychodni masywnego, świeżego serpentynitu nie są wzbogacone w nikiel lub tylko minimalnie wzbogacone – do 0.15% wagowych Ni. Znaczne podkoncentrowanie niklu występuje w strefie centralnej pokrywy zwierzdelinowej. Tutaj koncentracja niklu waha się od 0.15 do 0.80% wag. Nadto w strefie centralnej występują dosyć liczne, chociaż z reguły niewielkie, obszary zwierzdeliny o koncentracji niklu od 0.80 do 1.50% wa-

gowych, oraz jeden mały obszar zwierzdeliny o koncentracji niklu 1.64% wag. Na mapie nikloności (Fig. 5a i 5b) przedstawiono średnią zawartość niklu dla całego profilu pokrywy zwierzdelinowej. Średnia zawartość niklu w poszczególnych odmianach zwierzdelin budujących pokrywę zwierzdelinową masywu Szklar waha się w podobnych granicach, z wyjątkiem jednego wystąpienia zwierzdeliny skał chlorytowo-talkowo-serycytowych, dla którego koncentracja Ni wynosi 4.68% wag.

NIKLONOŚNOŚĆ ZWIETRZELIN SERPENTYNITOWYCH

Zwierzczelina ziemista – średnia zawartość niklu waha się od 0.10 do 1.73% wag. W dwóch badanych wystąpieniach wynosiła ona 0.10 i 0.25% wag., w 13 wystąpieniach – od 0.26 do 0.60% wag. i w 12 wystąpieniach – od 0.61 do 1.73% wag.

Zwierzczelina z bloczkami serpentynitu – średnia zawartość niklu waha się od 0.11 do 1.63% wag. W 61 wystąpieniach wynosiła ona od 0.11 do 0.25% wag., w 106 wystąpieniach – 0.26 do 0.60% wag. i w 56 wystąpieniach – od 0.61 do 1.63% wag.

Bloczki serpentynitu – średnia zawartość niklu waha się od 0.18 do 1.14% wag. W 24 wystąpieniach wynosiła ona od 0.18 do 0.25% wag., w 27 wystąpieniach od 0.26 do 0.60% wag. i w 10 wystąpieniach od 0.61 do 1.14% wag.

Zwierzczeliny serpentynit o zachowanej strukturze pierwotnej – średnia zawartość niklu waha się od 0.15 do 0.79% wag. W trzech wystąpieniach wynosiła ona 0.15, 0.18 i 0.19% wag., w dwóch wystąpieniach – 0.38 i 0.42% wag. i w dwóch wystąpieniach – 0.68 i 0.79% wag.

Zwierzczelina z bloczkami skrzemieniałego serpentynitu – średnia zawartość niklu waha się od 0.13 do 1.66% wag. W 13 wystąpieniach wynosiła ona od 0.13 do 0.25% wag., w 35 wystąpieniach – od 0.26 do 0.60% wag. i w 11 wystąpieniach od 0.66 do 1.66% wag.

Bloczki skrzemieniałego serpentynitu – średnia zawartość niklu waha się od 0.03 do 1.62% wag. W 24 wystąpieniach wynosiła ona od 0.03 do 0.25% wag., w 11 wystąpieniach – od 0.26 do 0.60% wag. i w 4 wystąpieniach – od 0.61 do 1.62% wag.

Zwierzczelina z bloczkami zmienionego serpentynitu – średnia zawartość niklu waha się od 0.08 do 1.47% wag. W 12 wystąpieniach wynosiła ona od 0.08 do 0.25% wag., w 13 wystąpieniach – od 0.26 do 0.60% wag. i w 2 wystąpieniach – 1.06 i 1.47% wag.

Zwierzczeliny serpentynit zmieniony – średnia zawartość niklu waha się od 0.14 do 1.10% wag. W 5 wystąpieniach wynosiła ona od 0.14 do 0.25% wag., w 2 wystąpieniach – 0.28 i 0.33% wag. i w 3 wystąpieniach – 0.80, 0.94 i 1.10% wag.

Bloczki serpentynitu i syenitu – średnia zawartość niklu wynosi 0.14% wag., lecz w badanym wystąpieniu wahała się od 0.09 do 0.22% wag.

Bloczki chaledonu – średnia zawartość niklu waha się od 0.07 do 0.23% wag. W badanych trzech wystąpieniach wynosiła ona 0.23, 0.20 i 0.07% wag.

NIKLONOŚNOŚĆ ZWIETRZELIN SKAŁ METAMORFICZNYCH

Zwierzczelina gnejsowa ziemista – średnia zawartość niklu waha się od 0.00 do 0.32% wag. W 17 wystąpieniach wynosiła ona od 0.00 do 0.05% wag., w 6 wystąpieniach – od 0.06 do 0.15% wag., w 1 wystąpieniu – 0.16% wag. i w 1 wystąpieniu – 0.32% wag. Maksymalna zawartość niklu w omawianej zwierzczelinie wynosiła 0.53% wag. Wyższe zawartości niklu są związane z bezpośrednim lub pośrednim

jej kontaktowaniem się ze zwierzczeliną serpentynitową, lub z występującą w omawianej zwierzczelinie mineralizacją niklową – pimelitową w formie drobnych skupień, żyłek lub tylko jasnozielonego zabarwienia.

Zwierzczelina gnejsowa z bloczkami – średnia zawartość niklu waha się od 0.00 do 0.66% wag. W 36 wystąpieniach wynosiła ona od 0.00 do 0.05% wag., w 21 wystąpieniach – od 0.06 do 0.15% wag., w 5 wystąpieniach – od 0.16 do 0.30% wag., w 1 wystąpieniu – 0.37% wag. i w 2 wystąpieniach – 0.56 i 0.66% wag. Maksymalna, stwierdzona zawartość niklu w omawianej zwierzczelinie wynosiła 1.31% wag. Lokalnie spotykane znaczne podwyższenie niklu w opisywanej zwierzczelinie jest z reguły wynikiem jej impregnacji wietrzeniowymi minerałami niklowymi, głównie pimelitem. Wystąpienia zwierzczeliny o podwyższonej nikloności kontaktują zazwyczaj bezpośrednio z niklonością zwierzczeliną serpentynitową.

Bloczki gnejsu – średnia zawartość niklu waha się od 0.00 do 0.14% wag. W 2 wystąpieniach wynosiła ona 0.00 i 0.01% wag. i w 4 wystąpieniach – od 0.08 do 0.14% wag. Maksymalna, stwierdzona zawartość niklu w opisywanej zwierzczelinie wynosiła 0.36% wag. Podwyższone zawartości niklu w zwierzczelinie są efektem jej wzbogacenia w minerały nikloności, głównie pimelit, którego obecność podkreśla jasnozielone zabarwienie zwierzczeliny.

Zwierzczelina skały amfibolowej z bloczkami – średnia zawartość niklu waha się od 0.04 do 0.51% wag. W 1 wystąpieniu wynosiła ona 0.04% wag., w 6 wystąpieniach – od 0.06 do 0.15% wag., w 2 wystąpieniach – 0.16 i 0.28% wag., w 2 wystąpieniach – 0.32 i 0.39% wag. oraz w 1 wystąpieniu – 0.51% wag. Maksymalna, stwierdzona zawartość niklu w opisywanej zwierzczelinie wynosiła 0.82% wag. Znaczne podwyższenie zawartości niklu wiąże się bądź z bezpośrednim kontaktem tej zwierzczeliny z niklonością zwierzczeliną serpentynitową, bądź jest efektem wzbogacenia opisywanej zwierzczeliny w nikiel w wyniku procesów wietrzeniowych.

Bloczki skały amfibolowej – średnia zawartość niklu waha się od 0.01 do 0.29% wag. W 3 wystąpieniach wynosiła ona 0.01, 0.03 i 0.05% wag., w 2 wystąpieniach – 0.08 i 0.15% wag. oraz w 1 wystąpieniu – 0.29% wag. Wystąpienia opisywanej zwierzczeliny o podwyższonej zawartości niklu (0.15 i 0.29% wag.) stanowią przewarstwienia w zwierzczelinie serpentynitowej.

Zwierzczelina skał chlorytowo-talkowo-sercytowych – średnia zawartość niklu waha się od 0.02 do 4.68% wag. W 1 wystąpieniu wynosiła ona 0.02% wag., w 4 wystąpieniach – od 0.06 do 0.15% wag. oraz w 2 wystąpieniach – 0.24 i 0.30% wag., w 3 wystąpieniach – od 0.33 do 0.37% wag., w 4 wystąpieniach – od 0.53 do 0.91% wag. i w 2 wystąpieniach – 1.07 i 4.68% wag. Znacznie podwyższona nikloność omawianej zwierzczeliny, w 11 wystąpieniach na 26 badanych, jest związana głównie z jej zaleganiem wśród zwierzczelin serpentynitowych w formie przewarstwień. Wystąpienie o zawartości niklu 4.68% wag. miało miąższość 0.2 m i było miejscem szczególnie bogatej koncentracji wietrzeniowej mineralizacji niklowej, gdyż wystąpienie to stanowiło przewarstwienie w zwierzczelinie serpentynitowej o podwyższonej nikloności.

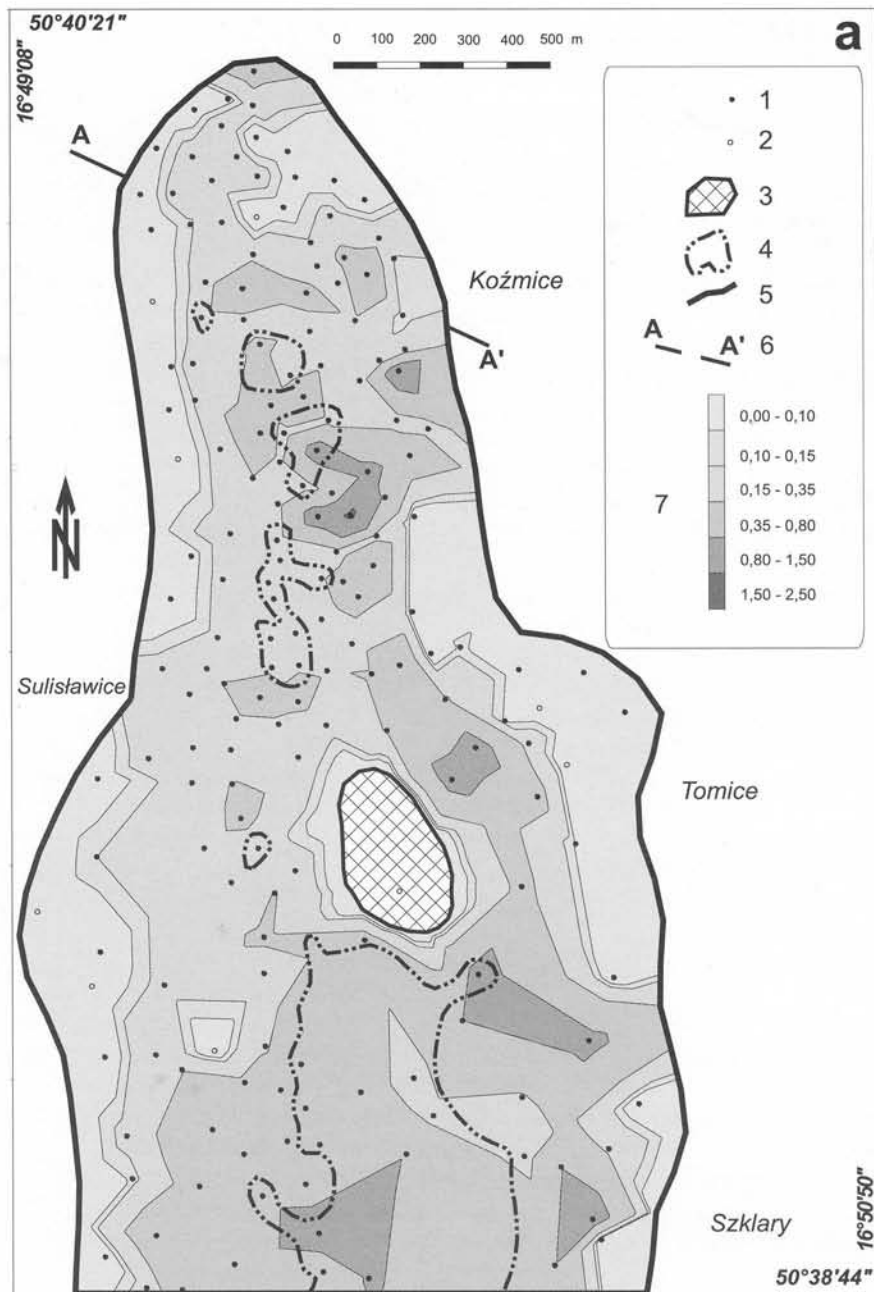


Fig. 5. (a, b) Masyw Szklar. Mapa nikloności zwietrzliny. Opracowanie geologiczne: Jerzy Niśkiewicz; opracowanie komputerowe: Piotr Limisiewicz. 1 - lokalizacja otworów ze zwietrzeliną; 2 - lokalizacja otworów bez zwietrzliny; 3 - wychodnie nie zwietrzałego, masywnego serpentynitu; 4 - obszary zwietrzliny bez osadów czwartorzędowych (nadkładu); 5 - granica obszaru badań; 6 - linie przekrojów geologicznych; 7 - zawartość niklu w procentach wagowych; współrzędne geograficzne WGS 84.

The Szklary massif. Nickel concentration in the weathering cover. Geology by Jerzy Niśkiewicz; computer processing by Piotr Limisiewicz. 1 - location of the boreholes with weathering; 2 - location of the boreholes without weathering; 3 - outcrops of unweathered massive serpentinite; 4 - areas of weathering cover without Quaternary sediments (overburden); 5 - limit of the study area; 6 - geological cross-section lines; 6 - nickel concentration in weight per cent; geographical co-ordinates WGS 84.

NIKLOŃNOŚĆ ZWIETRZELIN SKAŁ MAGMOWYCH

Zwietrzelina skały granitoidowej - średnia zawartość niklu waha się od 0.01 do 0.65% wag. W 2 wystąpieniach wynosiła ona 0.01 i 0.02% wag., w 2 wystąpieniach - 0.12 i 0.14% wag., w 3 wystąpieniach - 0.24, 0.28 i 0.29% wag.

oraz w 1 wystąpieniu - 0.65% wag. Wystąpienia o podwyższonej nikloności (powyżej 0.10% wag.) stanowią przewarstwienia w zwietrzelinie serpentynitowej lub kontaktują z nią powierzchnią stropową lub spagową. W dwóch wystąpieniach podwyższoną nikloność (0.14% wag i 0.29% wag.) należy wiązać z wędrówką wietrzniowych roztworów niklonościowych w obrębie pokrywy



wietrzeniowej, gdyż wystąpienia te nie kontaktują bezpośrednio ze zwietrzeliną serpentynitową będącą źródłem mineralizacji niklowej.

Zwietrzala skała granitoidowa o zachowanej strukturze pierwotnej – średnia zawartość niklu w jednym wystąpieniu wynosi 0,12% wag. a w drugim wystąpieniu 0,43% wag. Podwyższona nikloność omawianej zwietrzliny wynika z jej kontaktu ze zwietrzeliną serpentynitową, która w przypadku pierwszego wystąpienia zalega w jego stropie, a drugie wystąpienie stanowi trzy przewarstw-

wienia (o nikloności 0,28, 0,33 i 0,77% wag.) w obrębie zwietrzliny serpentynitowej o podwyższonej zawartości niklu.

Zwietrzalina skały aplitowej – średnia zawartość niklu waha się od 0,02 do 0,70% wag. W 4 wystąpieniach wynosi ona od 0,02 do 0,12% wag., w 1 wystąpieniu – 0,33% wag. oraz w 1 wystąpieniu – 0,70% wag. Podwyższone zawartości niklu w tej zwietrzelinie są związane z jej kontaktowaniem się ze zwietrzeliną serpentynitową. Średnia zawartość niklu wynosząca 0,70% wag. w jednym z wy-

stapien omawianej zwierzliny, jest znacznie wyzsza od sredniej niklonoosci zwierzliny serpentynitowej zalegajacej w stropie i spagu tego wystapienia. W tym przypadku opisywana zwierzlina wykazala lepsze od zwierzliny serpentynitowej wlasciwosci do koncentrowania zwiazkow niklu.

Na obszarze pokrywy zwierzelinowej masywu Szklar niklonozne sa glownie odmiany zwierzliny serpentynitowej z wyjatkiem "bloczkow serpentynitu i syenitu" oraz "bloczkow chalcedonu". Natomiast odmiany zwierzelin skal metamorficznych i skal magmowych

rzadko wykazuja podwyzszona (powyzej 0.25% wag.) srednia zawartosc niklu. Wyjatek stanowi zwierzlina skal chlorytowo-talkowo-serycytowych, ktorej wiekszosc badanych wystapien wykazala srednia zawartosc niklu powyzej 0.25% wag. Bardzo rzadko stwierdzano podwyzszona zawartosc niklu w osadach czwartorzędowych (Fig. 2, otwor Sz-343). Zmiennoosc zawartosci niklu w profilu pionowym wystapien wyrozniczonych odmian zwierzelin ilustruja krzywe niklonoosci podane przy profilach otworow badawczych zamieszczonych na przekrojach geologicznych (Fig. 2, 3 i 4).

PODSUMOWANIE

W budowie pokrywy zwierzelinowej masywu Szklar biora udzial zwierzliny serpentynitowe, skal metamorficznych i skal magmowych. W obszarze objętym badaniami przewazaja zwierzliny serpentynitowe. Zwierzliny skal metamorficznych wystepuja tylko na jego obrzezeniu, natomiast zwierzliny skal magmowych wystepuja lokalnie tworzac zwykle niewielkie wystapienia w obrębie pokrywy zwierzelinowej.

Wyrozniczono 10 odmian zwierzliny serpentynitowej: zwierzline ziemista, zwierzline z bloczkami serpentynitu, bloczki serpentynitu, zwierzlały serpentynit o zachowanej strukturze pierwotnej, zwierzline z bloczkami skrzemienialego serpentynitu, zwierzline z bloczkami zmienionego serpentynitu, zwierzlały serpentynit zmieniony, bloczki serpentynitu i syenitu oraz bloczki chalcedonu.

Zwierzliny skal metamorficznych sa reprezentowane przez 6 odmian: zwierzline gnejsowa ziemista, zwierzline gnejsowa z bloczkami, bloczki gnejsu, zwierzline skały amfibolowej z bloczkami, bloczki skały amfibolowej i zwierzline skal chlorytowo-talkowo-serycytowych.

Wśród zwierzelin skal magmowych wyrozniczono trzy odmiany: zwierzline skały granitoidowej, zwierzlała skała granitoidowa o zachowanej strukturze pierwotnej i zwierzline skały aplitowej.

Miazszosc wystapien wyzej wymienionych rodzajow zwierzelin i ich odmian jest zmienna i waha sie od 0.2 do 59.6 metra.

Granice miedzy wystapieniami zwierzelin serpentynitowych, zwierzelin skal metamorficznych i zwierzelin skal magmowych, w przypadku ich kontaktowania sie, sa z reguly wyraźne. Granice miedzy odmianami zwierzliny serpentynitowej, a takze miedzy odmianami zwierzliny skal magmowych, sa z reguly niewyraźne. Natomiast granice miedzy odmianami zwierzliny gnejsowej z jednej strony, a odmianami zwierzliny skały amfibolowej i zwierzliny skal chlorytowo-talkowo-serycytowych z drugiej strony, sa zwykle wyraźne. W przypadku kontaktowania sie zwierzliny skały amfibolowej lub zwierzliny skal chlorytowo-talkowo-sery-

cytowych z ktoraś z odmian zwierzliny serpentynitowej, granice miedzy nimi sa zwykle niewyraźne.

Miazszosc pokrywy zwierzelinowej masywu Szklar jest bardzo zmienna (Fig. 1a i 1b) i waha sie od zera (brak zwierzliny) do 76.0 metrow. Zwierzlina wypełnia liczne rynny i leje o roznych zarysach i o roznej glębości. Taka forma wykształcenia pokrywy zwierzelinowej wskazuje, ze na rozwój procesow wietrzeniowych istotny wpływ miala siec spekan wystepujaca w skałach masywu Szklar, ktora ulatwiala, na pewnych obszarach, znaczne wnikanie procesow wietrzeniowych w glab masywu.

Niklonoosc pokrywy zwierzelinowej masywu Szklar jest genetycznie zwiazana ze skałami serpentynitowymi, ktore zawieraja zwykle 0.18-0.28% wag. Ni.

Zmiennoosc koncentracji niklu na obszarze pokrywy zwierzelinowej masywu Szklar prezentuje zalaczona mapa niklonoosci (Fig. 5a i 5b). Miejscem podwyzszonej koncentracji niklu sa glownie odmiany zwierzliny serpentynitowej, natomiast zwierzliny skal metamorficznych i zwierzliny skal magmowych wykazuja podwyzszone zawartosci niklu gdy bezposrednio lub posrednio kontaktuja z niklonoznymi zwierzelinami serpentynitowymi lub znalazly sie w zasiegu oddziaływania miejscowych niklonoznych roztworow wietrzeniowych.

W profilu pionowym poszczegolnych wystapien zwierzliny zaznacza sie znaczna zmiennoosc koncentracji niklu, co ilustruja krzywe niklonoosci na zalaczonych przekrojach geologicznych (Fig. 2, 3 i 4).

Z przeprowadzonej analizy niklonoosci badanych zwierzelin wynika, ze najlepsze wlasciwosci do podkoncentrowywania niklu maja zwierzliny serpentynitowe. W sporadycznych przypadkach zwierzlina innej skały moze wykazywac lepsze wlasciwosci do koncentracji niklu od zwierzliny serpentynitowej, czego przykladem jest wkładka zwierzliny skały chlorytowo-talkowo-serycytovej o sredniej zawartosci niklu 4.68% wag., wystepujaca wśród zwierzliny z bloczkami skrzemienialego serpentynitu o sredniej zawartosci niklu 0.49% wag.

WNIOSKI

Na masywie Szklar zalega pokrywa zwietrzelinowa o bardzo zmiennej miąższości – od centymetrów do 76 metrów. Zwietrzelina nie występuje jedynie w partiach szczytowych Wzgórza Koźmickiego i Wzgórza Siodłowego, a także na niewielkich obszarach w obrzeżeniu masywu.

Pokrywę zwietrzelinową budują różne odmiany zwietrzeliny serpentynitowej, skał metamorficznych i skał magmowych.

Miąższość wystąpień poszczególnych zwietrzelin i ich odmian jest zmienna i waha się od 0.2 m do kilkudziesięciu metrów.

Wyróżnione rodzaje zwietrzeliny i ich odmiany ząbają się wzajemnie a granice między rodzajami zwietrzelin są z reguły wyraźne, natomiast między odmianami poszczególnych rodzajów zwietrzelin są zwykle niewyraźne. Koncentracja niklu w pokrywie zwietrzelinowej masywu Szklar jest zmienna lecz podwyższone zawartości niklu występują głównie w jej obszarze centralnym.

Nie zaznacza się związek między miąższością pokrywy zwietrzelinowej a stopniem koncentracji w niej niklu.

Źródłem niklu jest serpentynit, który w stanie nie zwietrzałym zawiera od 0.18 do 0.28% wag. Ni, natomiast zwietrzeliny serpentynitowe są głównym miejscem wtórnej koncentracji niklu.

Zwietrzeliny skał metamorficznych i skał magmowych wykazują niższe koncentracje niklu w stosunku do zwietrzeliny serpentynitowej, a stopień koncentracji jest wyraźnie uzależniony od bezpośredniego lub pośredniego kontaktu tych zwietrzelin ze zwietrzeliną serpentynitową.

W profilach pionowych wystąpień odmian zwietrzeliny serpentynitowej zaznaczają się duże wahania krzywej zawartości niklu, natomiast w profilach pionowych odmian zwietrzelin skał metamorficznych i skał magmowych koncentracja niklu jest prawie równomierna – krzywe zawartości niklu nie wykazują większych wahań.

Podziękowania

Przedłożony artykuł jest zmodyfikowaną i skróconą wersją opracowania wykonanego w ramach projektu badawczego KBN nr PO4D 015 10 w latach 1996–1998.

LITERATURA – REFERENCES

- CIEMNIEWSKA, M., 1993. Ultramafity ze Zwróconej pod Ząbkowicami Śląskimi (Dolny Śląsk). *Przegląd Geologiczny*, 12; 844–848. {in Polish only}
- DUBIŃSKA, E., 1995. Zróżnicowanie materiału wyjściowego zwietrzeliny a rozwój laterytowych rud niklu. W: *Geologia i ochrona środowiska bloku przedsudeckiego. Przewodnik LXVI Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, Wrocław, pp. 207–212. {in Polish only}
- GUNIA, P., 1988. Charakterystyka petrograficzna skał masywu serpentynitowego Szklar. W: *Chromity, siarczki Ni, Co, Cu i innych metali w masywach ultrabazytowych i bazytowych Dolnego Śląska. Sprawozdanie z III etapu badań*, Archiwum AGH, Kraków, pp. 36–43. {in Polish only}
- GUNIA, P., 1992. Petrologia skał ultrabazowych z masywu Braszowice-Brzeźnica (blok przedsudecki). [Petrology of the ultrabasic rocks from the Braszowice-Brzeźnica Massif (Fore-Sudetic Block)]. *Geologia. Sudetica*, 26: 119–170.
- JUSKOWIAK, M., 1957. Opracowanie petrograficzne skał z wiercenia w Szklarach koło Ząbkowic Śląskich. [Petrographic description of rocks from the bore-hole of Szklary near Ząbkowice Śląskie]. *Kwartalnik Geologiczny*, 1: 133–138.
- MAJEROWICZ, A., 1979. Grupa górna Ślęży a współczesne problemy petrologiczne ofiolitów. W: *Wybrane zagadnienia stratygrafii, petrografii i tektoniki wschodniego obrzeżenia gnejsów sówiogórskich i metamorfiku kłodzkiego. [The Ślęża Mountain Group versus recent petrological problems of ophiolites. In: The selected stratigraphic, petrographic and tectonic problems of the region east of the Sowie Góry gneissic block and the Kłodzko metamorphic units]. Materiały Konferencji Terenowej, Nowa Ruda, 8–9 wrzesień 1979.*
- MAZUR, S., PUZIEWICZ, J., 1995. Mylonity strefy Niemczy. [Mylonites of the Niemcza Zone]. *Ann. Soc. Geol. Poloniae*, 64: 23–52.
- NIŚKIEWICZ, J., 1963. Eksploatacja rudy niklu na Dolnym Śląsku. *Przegląd Geologiczny*, 8: 393–394. {in Polish only}
- NIŚKIEWICZ, J., 1967. Budowa geologiczna masywu Szklar (Dolny Śląsk). [Geological structure of the Szklary Massif (Lower Silesia)]. *Ann. Soc. Geol. Poloniae*, 37: 387–416.
- NIŚKIEWICZ, J., CHOLEWICKA-MEISNER, D., DUBIŃSKA, E., FARBISZ, J., GUNIA, P., JAMROZIK, L., KUBICZ, A., MAZUR, S., PAJĄK, M. & SACHANBIŃSKI, M., 1995. Ofiolity z obrzeżenia bloku sówiogórskiego i towarzysząca im mineralizacja. W: *Geologia i ochrona środowiska bloku przedsudeckiego. [Ophiolites in the surrounding of the Góry Sowie and associated mineralization. In: Geology and environmental protection of the Fore-Sudetic Block]. Przewodnik LXVI Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, Wrocław, pp. 193–219. {in Polish only}
- OBERC, J., 1972. Sudety i obszary przyległe. W: *Budowa geologiczna Polski. Tom 4 - Tektonika, część 2*. Wydawnictwa Geologiczne. Warszawa. {in Polish only}
- OSTROWICKI, B., 1965. Minerale niklu strefy wietrzenia serpentynitów Szklar (Dolny Śląsk). [Nickel minerals of the weathering zone of serpentinites at Szklary (Lower Silesia)]. *Prace Mineralogiczne*, 1. Wydawnictwa Geologiczne. Warszawa, p. 92.
- PIN, C., MAJEROWICZ, A. & WOJCIECHOWSKA, I., 1988. Upper Paleozoic oceanic crust in the Polish Sudetes: Nd-Sm isotope and trace elements evidence. *Lithos*, 21: 195–205.
- SACHANBIŃSKI, M., 1985. Chryzopraz. *Mineralogia Polonica*, 16-1: 117–127. {in Polish only}
- SACHANBIŃSKI, M., MICHALIK, R. & NIŚKIEWICZ, J., 1999. Geochemia i mineralogia platynowców i złota w niklonośnych zwietrzelinach masywu Szklar. Projekt badawczy nr PO4D 015 10. Wrocław. Archiwum KBN, Warszawa. {in Polish only}
- TEISSEYRE, H., 1957. Budowa geologiczna Sudetów Środkowych. W: *Regionalna geologia Polski. Tom 3 - Sudety, zeszyt 1 - Utwory przedtrzęsiorzędowe*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Kraków, pp. 63–83. {in Polish only}

SUMMARY

The Szklary massif nickel-bearing weathering cover

INTRODUCTION

The Szklary massif is situated near the Wrocław-Kłodzko road, c. 5 km south of Niemcza. Its elevation above the surrounding terrain reaches 80 metres, and is expressed in the relief in the form of the meridionally stretched Wzgórza Szklarskie hills.

The 18th century saw intensive mining activities (shafts, adits) within the Szklary massif, the aim of which was chrysoprase prospecting (Sachanbiński, 1985). In the 19th century, the first papers on the geology and petrography of the Szklary massif rocks were published (Roth, 1867; Fisher, 1871; Traube, 1884 and other authors, *vide* Niśkiewicz, 1967). The discovery and exploitation of nickel ores (Niśkiewicz, 1963) focused the interest of geologists, mineralogists and petrographers on the Szklary massif and the surrounding area. Numerous publications resulted (*vide* Niśkiewicz *et al.*, 1995).

In the years 1957–1964, 385 prospecting boreholes were drilled in the Szklary massif area, in order to provide more data on the nickel content in the weathering cover. Based on the drilling results, in 1960–1965 the Geological Enterprise (Przedsiębiorstwo Geologiczne) in Kraków, prepared a geological documentation of the 'Szklary' nickel deposit, which formed the basis for operation of the Mining and Smelting Plant in Szklary (Zakład Górniczo-Hutniczy 'Szklary'), closed down in 1983.

This paper presents an extended description of the weathering covers of the Szklary massif rocks and their nickel contents. From among the 385 boreholes mentioned earlier, the author investigated and described drill logs from 337 boreholes, and for 48 boreholes, the results from mining documentation were used. It should be mentioned that the boreholes pierced the weathered rock layer and ended within the fresh rock. The deepest borehole reached 137.2 m. These investigations led to the preparation of a weathering cover thickness map, while a nickel content map was prepared on the basis of nickel content determinations for the weathered rocks. The measurements were made in the Chemical Laboratory of the Geological Enterprise in Kraków and included in the documentation for the 'Szklary' nickel ore deposit.

AN OUTLINE OF THE GEOLOGY OF THE SZKLARY MASSIF

The Szklary massif is part of the Niemcza dislocation zone (Teisseyre *et al.*, 1957) – one of geological units of the Fore-Sudetic Block. In the west, the zone is in contact with the Góry Sowie Block, and in the east, with the crystalline rocks of the Wzgórza Niemczańskie hills. It is composed of mylonites with enclosures of amphibolites, metamorphic schists and intrusive granitoids. In the southern part of the Niemcza dislocation zone, also known as the Niemcza lineament (Oberc, 1972), lies the Szklary massif composed of serpentinites surrounded by metamorphic rocks of the Niemcza zone. The contact between the serpentinites and the metamorphic rocks is mainly tectonic, however, in places these rocks interfinger (Niśkiewicz, 1967). The serpentinites are also cut by intrusive, acidic magmatic rocks. The serpentinite Szklary massif is one of several ultrabasic rock massifs around the Góry Sowie Block, regarded as mantle tectonites forming a part of a Palaeozoic ophiolite sequence (Pin *et al.*, 1988). According to Mazur and Puziewicz (1995), the Niemcza dislocation zone is a strike-slip, sinistral shear zone comprising gneisses of the eastern rim of the Góry Sowie Block. Foliation orientation measurements for the rocks of this zone indicate its NNW dip, i.e. under the Góry Sowie Block.

The Szklary massif is composed of serpentinites and, surrounding them, metamorphic-mylonitic rocks (Niśkiewicz, 1967). The serpentinites and the cover rocks are cut by intrusive granitoid rocks, aplite and pegmatite veins, and by rare lamprophyre veins. These rocks are covered by an *in situ* weathering cover, which is in turn overlain by Quaternary sediments. The serpentinites form only local outcrops.

The serpentinites have aphanitic texture, and are grey-green to black, as a rule with a brown or brownish tint, and frequently with shining actinolite crystals or visible, black spots – magnetite crystals. The two main serpentinite varieties are: (i) the serpentinite proper, composed of serpentine minerals, with olivine as an accompanying (relict) mineral, and (ii) the olivine serpentinite, composed of serpentine group minerals and olivine, all as main minerals. The Szklary massif serpentinites represent serpentinised ultrabasic rocks – dunites, harzburgites, lherzolites and wehrlites (Majerowicz, 1979; Gunia, 1992; Ciemniowska, 1993). The degree of serpentinisation of the source rock – the protolith – is independent of its occurrence depth, which was proved by petrographic studies of serpentinite rocks from a deep borehole drilled in the Szklary massif (Juskowiak, 1957).

The cover rocks of the massif include gneisses, amphibolites, cataclasites and mylonites. The gneisses form three main varieties: laminated fine-granoblastic gneiss with schistose texture, lenticular-augen granoblastic gneiss with gneissose texture, and gneiss with weakly expressed directional, in places unoriented, frequently coarse-granoblastic texture. Among the cover rocks are two major varieties of amphibolites: lenticular-augen amphibolites with grano-nematoblastic and laminated-schistose texture (in places with folds), and massive amphibolites with grano-nematoblastic, unoriented, rarely directional, texture. Cataclasites and mylonites occur rather sporadically among the cover rocks of the closest surroundings of the Szklary serpentinite massif. The cataclasites most frequently show porphyritic, unoriented texture. They form enclosures in the gneisses as well as intermediate varieties with them. The mylonites are mostly massive, aphanitic rocks, with individual, larger grains, frequently lighter in colour, in places with foliated texture. Enclosures of mylonites were found at the boundary between the gneisses and amphibolites.

Intrusive granitoids, aplite and pegmatite and sporadic lamprophyre veins cut the serpentinites and their cover rocks. The granitoids have fine- and medium-grained, most frequently unoriented texture. These rocks form two varieties: white (quartz-feldspar aplites) and grey (feldspar-quartz aplites with addition of dark minerals). The pegmatites have coarse-crystalline, massive texture, and their main minerals are quartz, feldspars, muscovite and tourmaline. The lamprophyres are represented by porphyritic kersantites and aphanitic, massive spessartites. These intrusive rocks are regarded as apophyses of granitoids from the Niemcza dislocation zone.

The subsurface part of the Szklary massive rocks is strongly weathered. The *in situ* weathering cover is of varying thickness, from zero to several tens of metres. A detailed description of the weathering cover is presented in this paper.

On the weathering cover, and in places directly on unweathered rocks of the massive, lie Quaternary deposits with thickness reaching 56 metres. These include silty clay, moraine till, clays, mudstones, sands and gravels. In general, their thickness increases with distance from the massif axis.

A DESCRIPTION OF THE WEATHERING COVERS

In the roof of the rocks composing the Szklary massif, lies the *in situ* weathering cover. Only in the Wzgórze Tomickie hills area in the N part and in the Wzgórze Siodłowe hill area in the S part do unweathered or weakly weathered serpentinites outcrop. Moreover, in the N and S parts of the massif, mostly in its rim, there are eight small areas where the Quaternary deposits lie directly on the basement rocks – there is no weathering cover. The weathering cover thickness varies considerably at individual points (study boreholes) (Figs. 1a and 1b). The weathered rock fills abundant sinks and troughs with irregular outlines. Their depth ranges from 1 to 76 m. The largest and deepest depressions are in the central and southern parts of the Szklary massif. Despite the irregularity of the depression outlines, a certain general principle can be observed – as a rule, the depressions are elongated in the direction from the longer, N-S axis of the massif towards its margins or in a direction perpendicular to this axis (Figs. 1a and 1b). Weathering cover with a thickness above 10 metres occupies over 60% of the Szklary massif, of which about 10% has a weathering cover from 30 to 76 m thick. The weathering cover consists of weathered forms of rocks that compose the massif, i.e. weathered serpentinites, weathered metamorphic rocks and weathered magmatic rocks (Sachanbiński *et al.*, 1999, *vide* Tabs. 1, 5 and 7).

The serpentinite weathering covers

Among the weathering covers of the rocks composing the Szklary massif, the serpentinite weathering covers are the most varied – nine varieties were described. The *earthy weathering cover* has an even degree of weathering, very fine-grained to pelitic structure and massive, porous or cellular texture. The pores and cells are frequently filled with silica minerals, carbonate or nickel minerals. These minerals also occur as veinlets, veins and clots (Ostrowicki, 1965; Dubińska, 1995). Apart from nickel, the weathering cover also contains Mn, Ti, Cr, Co and Cu and trace amounts of V and Mo (Tab. 1, analyses 1, 2 and 3). The thickness of the earthy weathering cover ranges from 0.6 to 28.0 m. It commonly forms intercalations within other serpentinite weathering cover types. *Blocky serpentinite weathering* is an earthy weathering cover variety containing sharp-edged blocks of serpentinite, up to several cm in diameter, which form up to 40% of the rock volume. The degree of weathering of the blocks varies; the blocks are from massive to brittle. In places they are impregnated with silica, magnesite and sporadic pimeleite. The occurrence of metals in this weathering cover resembles that of the earthy variety. This cover is the most common type in the Szklary massif; its thickness ranges from 0.7 to 59.6 m. *Serpentinite blocks* are a weathering cover variety that differs from the previous one in terms of its earthy parts / blocks ratio. The earthy part makes up several to a dozen-or-so volume per cent of the rock. The chemical composition of this weathering cover (Tab. 1, analysis 7) resembles the composition of weathering cover with serpentinite blocks. The blocks of serpentinite form 0.7 to 33.0 m thick layers, frequently present between weathering cover with serpentinite blocks in the roof and a fresh, massive serpentinite in the bottom. *Weathered serpentinite with preserved primary texture* is a very strongly weathered rock with an earthy-clayey consistence and more or less preserved primary texture. It forms intercalations, from 1.6 to 8.2 m thick in the serpentinite weathering covers. As a rule, the intercalation boundaries are not sharp. This variety is rarely encountered within the Szklary massif. *Blocky silicified serpentinite weathering* resembles the blocky serpentinite weathering described above, with the exception that the blocks are composed of silicified serpentinite or in places an altered ser-

pentinite, e.g. chlorite-talc-serpentinite rock. The chemical composition (Tab. 1, analysis 8) is also similar. The thickness of this cover ranges from 0.9 to 37.0 m. Within the cover, intercalations of other weathered serpentinite are common. The reverse situation is very rare. In the case of greater thicknesses, the degree of silicification decreases towards the bottom. *Blocks of silicified serpentinite* are a similar variety to the one described above, the difference being that the amount of earthy weathered serpentinite is small or nil. The blocks form intercalations with thicknesses from 1.0 to 38.4 m, and as a rule, are an intermediate layer between the weathering cover with blocks of silicified serpentinite in the roof and a fresh serpentinite in the bottom. *Blocky altered serpentinite weathering* is rather common in the Szklary massif. Blocks make about 20 vol. %. The rocks composing the blocks are chloritised and/or talcified serpentinite, and, in places, chlorite, talc-chlorite or talc-chlorite-sericite rocks. Locally, the blocks are cut by silica, magnesite and nickel minerals veins. The chemical composition (Tab. 1, analysis 5) is varied due to extensive lithologic differences within this weathering cover type. It forms 1.5 to 21.9 m thick intercalations with other types of serpentinite weathering cover and with metamorphic and magmatic rock weathering covers. *Weathered altered serpentinite* is a rare variety in the Szklary massif. This is a strongly altered serpentinite-talcified, chloritised or silicified. It is brittle, cracked into blocks and contains earthy-clayey weathered rock. The chemical composition (Tab. 1, analyses 9 and 10) is strongly varied and depends on the degree of alteration of the initial serpentinite. *Weathered altered serpentinite* forms 1.3 to 8.4 m thick intercalations within other serpentinite weathering cover types. It is frequently present separating a serpentinite weathering cover in the roof from an aplite or gneiss weathering cover in the bottom. *Blocks of serpentinite and syenite* is a weathering cover type which was only found in one borehole. It consists of sharp-edged or poorly rounded serpentinite and syenite blocks with a small amount (up to 10 vol. %) of earthy-clayey material. The blocks size ranges from several to around a dozen or so cm across. This weathering cover is 27.2 m thick. The syenite blocks represent altered syenite with high uraltite hornblende content (Gunia, 1988), and are present in higher amounts in 2 m thick intercalations in this weathering cover. *Blocks of chalcidony* form 0.4 to 1.5 m thick intercalations in the serpentinite weathering cover. They represent pierced chalcidony veins that are genetically related to the serpentinite weathering process. The nickel content in these intercalations (tested in 3 study boreholes) is between 0.07 and 0.23 wt % of Ni.

Metamorphic rock weathering covers

Within the Szklary massif, six varieties of metamorphic rocks weathering covers occur. *Gneissic earthy weathering* is earthy-clayey, silty-talc or sandy and, depending on the degree of weathering, shows more or less clearly preserved initial texture. The thickness of the weathering cover ranges from 1.0 to 56.5 m. *Blocky gneissic weathering* is the weathering cover described above but with up to 30 vol. % gneiss blocks. The blocks are from several to a dozen or so cm across, and show various degrees of weathering. The higher nickel content (Tab. 2, analyses 1 and 2) encountered in some places is above all connected with a thin nickel mineral coating on the surface of cracks in the gneiss blocks. This weathering cover forms layers and intercalations with thicknesses from 0.4 to 47.0 m. *Gneissic blocks* are a variety similar to the gneissic weathering cover with blocks, but the earthy weathered rock content does not exceed 10 vol. %. They form 1.0 to 8.4 m intercalations. *Blocky amphibole rock weathering* consists of earthy weathered rock and blocks making up less than 30 vol. %. The earthy weathered rock has earthy, silty or clayey consistency, while the blocks are weathered to a different

degree and they are below 20 cm across. Intercalations of this weathering cover type range from 0.6 to 34.4 m thick, and their boundaries with other weathering cover types are mainly sharp. *Amphibole rock blocks* strongly resemble the previous variety, but their earthy weathered rock content is very low or nil. They form 0.5 to 7.4 m thick intercalations within other types of weathering cover. *Chlorite-talc-sericite rock weathering* consists of earthy weathering cover and blocks of talc, chlorite-talc or, less frequently, of chlorite-talc-sericite or sericite rock. The earthy weathering cover has earthy, earthy-clayey, earthy-silty or silty consistency. The blocks are weathered to various degrees, and they are chiefly up to 10 cm across. This weathering cover forms intercalations, 0.2 to 20.3 m thick, with the majority below 3 m thick. The chemical composition is presented in Tab. 2, analysis 3.

Magmatic rock weathering covers

Within the study area, three varieties of magmatic rock weathering covers occur. *Granitoid weathering* is the most common type. It consists of earthy weathering cover and blocks, which are present in various proportions. The consistency of the earthy weathering cover is earthy, earthy-clayey, earthy-silty and in places clayey. The blocks reach several cm in diameter, their shapes are irregular and their degree of weathering is varied. The granitoid weathering cover forms 1.7 to 22.0 m thick layers on granitoid rock and rarely on gneiss. In its roof, Quaternary sediments occur. It also forms 0.2 to 11.5 m thick intercalations within the serpentinite weathering cover. *Weathered granitoid with preserved initial texture* has the form of strongly weathered, brittle blocks up to a dozen or so cm across. It occurs in 0.5 to 2.3 m thick intercalations within the serpentinite weathering cover or between the serpentinite and the gneissic weathering covers. *Aplite weathering* is an earthy weathering cover with earthy, earthy-clayey or clayey consistency, containing blocks weathered to various degrees. The amount of blocks in the weathering cover varies, but as a rule is greater than 50%. This type forms 0.2 to 19.0 m thick intercalations within other weathering cover types in the Szklary massif.

The internal composition of the Szklary massif weathering cover is presented in geological cross-sections (Figs. 2, 3 and 4). They reveal great variability in the occurrence and thickness of the individual weathering types that compose the weathering cover under study. The complexity of its composition is very clearly shown by the cross-section C-C' (Fig. 4). Along this cross-section line, the weathering cover consists of various serpentinite and metamorphic rock weathering varieties. A less complicated composition is presented in the cross-section A-A' (Fig. 2). Along the cross-section line B-B' (Fig. 3), the weathering cover has a relatively constant thickness and consists of blocky serpentinite weathering.

THE NICKEL CONTENT IN THE WEATHERING COVER

The nickel content in the Szklary massif weathering cover is shown on a map (Figs. 5a and 5b). In general, weathering in the margins of the weathering cover and around outcrops of fresh, massive serpentinite have almost nil or minimal nickel content – up to 0.15 wt %. High nickel concentration occurs in the central part of the weathering cover, with nickel contents ranging from 0.15 to 0.80 wt %. Moreover, in the central part, are numerous – but in most cases small – areas of weathering with nickel concentrations from 0.80 to 1.50 wt %, and one tiny area of weathering with 1.64 wt % Ni. The nickel concentration map (Figs. 5a and 5b) presents an average nickel content for the whole weathering cover profile. The average nickel contents of the individual

weathering types composing the Szklary massif weathering cover are within similar limits, with the exception of one occurrence of chlorite-talc-sericite rocks, in which it reaches 4.68 wt %.

The nickel content in the serpentinite weathering cover

The earthy weathering – the average nickel content ranges from 0.10 to 1.73 wt %. In two places it amounted to 0.10 and 0.25 wt %, in 13 places – from 0.26 to 0.60 wt %, and in 12 places – from 0.61 to 1.73 wt %.

The blocky serpentinite weathering – the average nickel content is from 0.11 to 1.63 wt %. In 61 places, the Ni concentration was from 0.11 to 0.25 wt %, in 106 places – 0.26 to 0.60 wt %, and in 56 – from 0.61 to 1.63 wt %.

The serpentinite blocks – the average nickel content ranges from 0.18 to 1.14 wt %. In 24 places, this content was from 0.18 to 0.25 wt %, in 27 places – from 0.26 to 0.60 wt %, and in 10 – from 0.61 to 1.14 wt %.

The blocky silicified serpentinite – the average nickel content is from 0.13 to 1.66 wt %. In 13 places, the nickel content was from 0.13 to 0.25 wt %, in 35 places – from 0.26 to 0.60 wt %, and in 11 – from 0.66 to 1.66 wt %.

The silicified serpentinite blocks – the average nickel content ranges from 0.03 to 1.62 wt %. In 24 places, it was from 0.03 to 0.25 wt %, in 11 places – from 0.26 to 0.60, and in 4 – from 0.61 to 1.62 wt %.

The altered blocky serpentinite weathering – the average nickel content ranges from 0.08 to 1.47 wt %. In 12 places, it was from 0.08 to 0.25 wt %, in 11 places – from 0.26 to 0.60 wt %, and in 2 – from 1.06 to 1.47 wt %.

The weathered altered serpentinite – the average nickel content ranges from 0.14 to 1.10 wt %. In 5 places, it was from 0.14 to 0.25 wt %, in 2 places – from 0.28 to 0.33 wt %, and in 3 – from 0.80 to 1.10 wt %.

The blocks of serpentinite and syenite – the average nickel content is 0.14 wt %. In the place studied, it ranged from 0.09 to 0.22 wt %.

The blocks of chalcedony – the average nickel content ranges from 0.07 to 0.23 wt %. In the three places studied, it was 0.23, 0.20 and 0.07 wt %.

The nickel content in the metamorphic rock weathering cover

The gneissic earthy weathering – the average nickel content ranges from 0.00 to 0.32 wt %. In 17 places, it was from 0.00 to 0.05 wt %, in 6 places – from 0.06 to 0.15 wt %, in one place – 0.16 wt %, and in one place – 0.32 wt %. The maximum nickel concentration came to 0.53 wt %. The higher nickel concentrations are related to a direct or indirect contact of this weathering with the serpentinite weathering, or with nickel mineralization – pimplite forming small clots, veins or only light-green pigmentation.

The blocky gneiss weathering – the average nickel content ranges from 0.00 to 0.66 wt %. In 36 places, it was from 0.00 to 0.05 wt %, in 21 places – from 0.06 to 0.15 wt %, in 5 places – from 0.16 to 0.30 wt %, in 1 place – 0.37 wt %, and in 2 places – 0.56 and 0.66 wt %. As a rule, the maximum nickel concentration measured in this weathering is a result of impregnation with nickel weathering minerals, mainly pimplite. The occurrences of weathering with higher nickel contents are mostly in contact with nickel-bearing serpentinite weathering.

The blocks of gneiss – the average nickel content ranges from 0.00 to 0.14 wt %. In 2 places, the nickel concentration was 0.00 and 0.01 wt %, and in 4 places – from 0.08 to 0.14 wt %. The maximum nickel concentration measured in the weathering described was 0.36 wt %. The higher nickel concentrations in this weathering are connected with higher nickel mineral – mainly pimplite – content, whose presence is expressed in the green colouring of the weathering.

The blocky amphibole rock weathering – the average nickel concentration ranges from 0.04 to 0.51 wt %. In one place, it was 0.04 wt %, in 6 places – from 0.06 to 0.15 wt %, in 2 places – 0.16 and 0.28 wt %, and in 1 place – 0.51 wt %. The maximum nickel concentration measured in the weathering described, was 0.82 wt %. Higher nickel concentrations in this weathering could be related to direct contact with the nickel-bearing serpentinite weathering, or it could be an effect of an increase in nickel content as a result of weathering processes.

The amphibole rock blocks – the average nickel concentration ranges from 0.01 to 0.29 wt %. In 3 places, it was 0.01, 0.03 and 0.05 wt %, in 2 places – 0.08 and 0.15 wt %, and in 1 – 0.29 wt %. Occurrences with higher nickel concentrations (0.15 and 0.29 wt %) form intercalations in the serpentinite weathering.

The chlorite-talc-sericite rock weathering – the average nickel content ranges from 0.02 to 4.68 wt %. In 1 place, it was 0.02 wt %, in 4 places – from 0.06 to 0.15 wt %, in 2 places – 0.24 and 0.30 wt %, in 3 places – from 0.33 to 0.36 wt %, in 4 places – from 0.53 to 0.91 wt %, and in 2 places 1.07 and 4.68 wt %. The very high nickel content in this weathering – present in 11 of 26 places studied – is mostly related to its occurrence within serpentinite weatherings in the form of intercalations. The occurrence that contains 4.68 wt % of nickel is 0.20 cm thick and represents a place of particularly rich weathering nickel mineralization. It forms intercalations in the serpentinite weathering with higher nickel content.

The nickel content in the magmatic rock weathering covers

The granitoid weathering – the average nickel content ranges from 0.01 to 0.65 wt %. In 2 places, it was 0.01 and 0.02 wt %, in 2 places – 0.12 and 0.14 wt %, in 3 places – 0.24, 0.28 and 0.29 wt %, and in 1 place – 0.65 wt %. Occurrences with higher nickel content (above 0.10 wt %) form intercalations in the serpentinite weathering or are in contact with this weathering at their roof or base. In two occurrences, the higher nickel content (0.14 and 0.29 wt %) can be connected with the migration of weathering nickel-bearing solutions through the weathering cover, because these occurrences have no direct contact with the serpentinite weathering which is the source of the nickel mineralization.

Weathered granitoid with preserved initial texture – the average nickel content in one place was 0.12 wt % and in the second – 0.43 wt %. The higher nickel content in this weathering is related to its contact with the serpentinite weathering, which is present in its roof, while the second one forms three intercalations (with nickel contents of 0.28, 0.33 and 0.77 wt %) within the serpentinite weathering with enhanced nickel concentration.

Aplite weathering – the average nickel contents ranges from 0.02 to 0.70 wt %. In 4 places, it ranges from 0.02 to 0.12 wt %, in 1 place, it is 0.33 wt %, and in 1 place – 0.70 wt %. Higher nickel concentrations in this weathering are connected with its contacts with the serpentinite weathering. The average nickel content of 0.70 % in one occurrence of this weathering is much higher than the nickel concentration of the serpentinite weathering present in its roof and base. In this case, the weathering described here has a better nickel concentration capacity than the serpentinite weathering.

Within the Szklary massif weathering cover, the highest nickel content is observed in the serpentinite weathering varieties, with the exception of the 'blocks of serpentinite and syenite' and 'blocks of chalcedony'. In the metamorphic and magmatic rock weatherings, a higher average nickel content (above 0.25 wt %) is rare. An exception is the chlorite-talc-sericite rocks weathering, most of whose occurrences have an average nickel content

above 0.25 wt %. A higher nickel content in the Quaternary sediments was very seldom observed (Fig. 2, borehole Sz-343). The vertical changeability of the nickel content of the weathering covers described is illustrated by the nickel content curves presented next to the profiles of study boreholes shown in the geological cross-sections (Figs. 2, 3 and 4).

SUMMARY

The Szklary massif weathering cover contains serpentinite, metamorphic rock and magmatic rock weatherings. Within the area under study, serpentinite weatherings predominate. The metamorphic rock weathering occur only in the marginal parts of the massif, while the magmatic rock weatherings are present locally in the form of small occurrences within the weathering cover.

The author described 10 varieties of the serpentinite weathering, i.e. earthy weathering, blocky serpentinite weathering, serpentinite blocks, weathered serpentinite with preserved initial texture, blocky silicified serpentinite weathering, blocky altered serpentinite weathering, weathered altered serpentinite, serpentinite and aplite blocks, and chalcedony blocks.

The metamorphic rock weatherings are represented by 6 varieties, i.e. earthy gneissic weathering, blocky gneissic weathering, gneiss blocks, blocky amphibole rock weathering, amphibole rock blocks and chlorite-talc-sericite rock weathering.

Among the magmatic rock weatherings, three varieties were distinguished, i.e. granite weathering, weathered granitoid with preserved initial texture and aplite weathering.

The thickness of the weatherings and that of their varieties listed above ranges from 20 cm to 59.6 m.

The boundaries between the serpentinite, magmatic rock and metamorphic rock weatherings are mostly well expressed. The boundaries between the serpentinite weathering varieties, and also between the magmatic rock weathering varieties are in most cases poorly visible while boundaries between the two varieties of the gneissic weathering and the amphibole rock weathering and the chlorite-talc-sericite rock weatherings are in most cases well expressed. Where the amphibole rock weathering is in contact with one of the serpentinite weathering varieties, their boundaries poorly visible, are as rule.

The thickness of the Szklary massif weathering cover varies widely (Figs. 1a and 1b) – from zero (no weathering) to 76.0 m. The weathering fills abundant sinks and troughs with different outlines and depths, implying the fissure network in the Szklary massif rocks played a significant role in enabling the weathering process to deeply penetrate in certain areas.

The nickel content of the Szklary massif weathering cover is genetically related to the serpentinite rocks which generally contain from 0.18 to 0.28 wt % Ni.

The changes in the nickel concentration within the weathering cover of the Szklary massif are presented on a map (Figs. 5a and 5b). The higher nickel content is present chiefly in the serpentinite weathering, while the metamorphic and magmatic rock weatherings have higher nickel contents where they are in direct or indirect contact with the nickel-bearing serpentinite weathering varieties, or where they were within the range of activity of nickel-bearing weathering solutions.

In the vertical profiles of individual occurrences of the weathering cover, it is easy to observe a wide variability in nickel concentrations. This is best illustrated by the nickel content curves on the geological profiles (Figs. 2, 3 and 4).

The results of the comparison of the nickel content in the weathering varieties studied implies that the best suited for nickel concentration formation are the serpentinite weatherings. In rare cases, the weathering of a different rock may reveal better prop-

erties for nickel concentration formation. An example of such a rock could be the chlorite-talc-sericite rock enclosure with an average nickel content of 4.68 wt %, which occurs within the blocky silicified serpentinite weathering containing 0.49 wt % nickel on average.

CONCLUSIONS

The Szklary massif has a weathering cover with a thickness ranging from centimetres to 76 m. The weathering is only absent from the top parts of the Koźmickie and the Siodłowe hills, and in small areas of the massif margin.

The weathering cover consists of numerous varieties of serpentinite, metamorphic rock and magmatic rock weatherings.

The thicknesses of occurrences of the individual weathering types and their varieties range from 20 cm to several tens of metres.

The weathering types and their varieties interfinger. The boundaries between different types of weathering are in general well expressed, while the boundaries between the varieties of individual types are as a rule poorly visible. The nickel concentration in the Szklary massif weathering cover varies. However, in

principle, higher nickel concentrations mainly occur in its central area.

No connection was observed between the weathering cover thickness and the level of nickel concentration.

The nickel source is serpentinite, which in an unweathered state, has from 0.18 to 0.28 wt % Ni. The serpentinite weatherings are also the main location of secondary nickel concentration.

The metamorphic and magmatic rock weatherings contain less nickel than the serpentinite weathering, and the level of concentration is strongly dependent upon the direct or indirect contact of these weatherings with the serpentinite weathering.

In the vertical profiles of the serpentinite weathering occurrences, it is possible to notice strong variations of the nickel content curve, while in the vertical profiles of the metamorphic and magmatic weatherings, the nickel concentration is almost uniform – the nickel concentration curves are almost smooth.

Acknowledgements

This paper is a revised and shortened version of a paper that formed a part of KBN study project no. PO4D 015 10 in the years 1996–1998.