

JULIUSZ TEISSEYRE

On the Old-Paleozoic initial volcanism in the West Sudetes

ABSTRACT: The volcanogenic series comprise an essential part of the Old-Paleozoic rock complexes of the West Sudetes. Three main areas of volcanic rocks are compared and conclusions are drawn concerning two main maxima of volcanic activity in the Caledonian geosyncline of the West Sudetes. The older maximum is Upper Cambrian in age, the younger one — Upper Silurian. These volcanogenic complexes were metamorphosed during the Young-Caledonian orogeny.

INTRODUCTION

Since the classic work of E. Bederke (1924) it has been known that the main Caledonian foldings constitute an essential stage in the structural evolution of the West Sudetes. These movements whose main phase took place at the end of the Silurian, or in the Lower and even Middle Devonian, were preceded by a cycle of geosynclinal sedimentation (compare Schwarzbach 1939, 1943; Teisseyre 1956a, 1956b, 1960; Oberc 1966).

In the Caledonian fold structures of the Sudetes, three arches, namely the northern, southern and eastern have been recently distinguished by H. Teisseyre (1960). Their trend is subparallel to the margin of the triangular block of the Sowie Góry gneisses. During the Caledonian orogeny this unit acted as an intramontaneous block. The eastern arch which trends north-south is strongly disturbed by the Variscan movements. It probably contains some older structures whose age is difficult to establish. The Caledonian fold structures of the northern and southern arches are readily traceable at least in three areas. The largest area is represented by the Kaczawa Mountains and their eastern continuations in the Sudetic foreland.

The second area is the metamorphic mantle of the Variscan granite of Karkonosze. The third and the smallest area is the Kłodzko metamorphic region, surrounded by sedimentary rocks (fig. 1).

In all these areas the presence has been ascertained of the Old-Paleozoic sedimentary series accompanied by volcanogenic complexes. In the light of the present knowledge, these volcanic rocks obviously represent the so-called spilite-keratophyre association, which is closely connected with the initial phase of the geosynclinal magmatism.

Information about the Old-Paleozoic volcanic rocks of the West Sudetes are scattered in the regional literature. The only attempts of a synthesis of this subject are those made by F. Kalkowsky (1876), and by M. Schwarzbach (1943). Recent petrographical and stratigraphical researches have enabled a new synthesis.

THE KACZAWA MOUNTAINS

The Kaczawa Mountains are one of the largest structures of the West Sudetes. The Eocambrian-Old-Paleozoic geosynclinal series represents the so-called lower structural stage of the Kaczawa Mountains. This rock assemblage was folded and epimetamorphosed during Young-Caledonian movements. The overlying sediments and some volcanic rocks of the upper structural stage comprise deposits of the uppermost Carboniferous, Permian, Triassic and Upper Cretaceous. They are platform in character and represent the alternation of a continental and marine epicontinental succession.

The stratigraphy of the lower structural stage, comprising initial volcanic rocks, was established by F. Dahlgrün (1934). It is shown with minor modifications in the attached chart 1. The initial volcanism of the Caledonian cycle has developed in several phases. In the Radzimowice beds, representing the Eocambrian, several lenses of greenstone can be observed. It is not certain whether these greenstones occurring within the Eocambrian Radzimowice slates represent synsedimentary submarine eruptions, younger sills or tectonically squeezed masses.

Upper Cambrian volcanism, mostly basic, displays a much better development. It occurs above the Wojcieszów limestone — Lower and Middle Cambrian, according to F. Dahlgrün (1934) and J. Gorczyca-Skała (1966).

This series is named the Greenstone Formation and is estimated by various authors as being 1000—2000 meters thick. Except for the rather outdated work by F. Kalkowsky (1876) this series has not been thoroughly examined. It is generally known that dark rocks of basaltic composition (exceptionally ultramafic) play an important part in the

Chart (Tabela) 1

Comparative table of the lithology of the Old-Paleozoic series of the West Sudetes
 Tabela porównawcza litologii staropaleozoicznych serii w Sudetach Zachodnich

REGION	KACZAWA MOUNTAINS	METAMORPHIC MANTLE OF KARKONOSZE GRANITE		KŁODZKO METAMORPHIC REGION
		Southern part	Eastern part	
PERIOD	after F. Dahlgrün, W. Block, M. Schwarzbach, H. Teisseyre	after O. Kodym, J. Svoboda, I. Chlupač, V. Havlíček, M. Šnajdr	after G. Berg modified by J. Teisseyre	after T. Gunia and I. Wojciechowska
STAGE	Post-Silurian movements (strong folding and metamorphism)			
SILURIAN	Ludlovian	<i>Volcanic complex</i> (metadiabases, metagabbros, keratophyres, porphyroids, greenstones, prasynites, amphibolites)	<i>Metavolcanites</i> (metadiabases, metagabbros, metaspilites, porphyroides, greenstones, amphibolites) (diopside amphibolites in northern part)	<i>Metadiabases</i> and series of chlorite schists with limestone intercalations
	Wenlock	Black graptolitic phyllites with intercalations of meta-Edyites, sericite phyllite intercalations, subordinate metadiabases	Crystalline limestones and dolomites with fauna (graptolites)	Calcitic and dolomitic marbles
	Gala — Tarannon and Llandovery		Graphite phyllites with intercalations of metalidytes and fauna (graptolites)	Mica-graphite schists with intercalations of graphite quartzites
Movements of the Taconian Phase				
ORDOVICIAN	Argillaceous phyllites poor in micas, argillaceous phyllites with abundant micas with metaconglomerate intercalations, subordinate metavolcanites	Sericite phyllites, sericite quartzites with intercalations of metaarcozes and metaconglomerates, roofslates with subordinate metadiabases	Lack of deposits?	Lack of deposits?
Movements of the Sardinian Phase?				
CAMBRIAN	Upper	<i>Greenstone formation</i> (greenstone schists, diabases, amygdaloidal diabase tuffs, palaeopirites, keratophyres and keratophyre tuffs)		
	Middle Lower	Wojcieszów limestone, at the bottom part fragments of fauna (Phyllocaridae) at the top fauna (Cambrotrypa)	Lack of deposits	Lack of deposits
EOCAMBRIAN	Radzimowice beds phyllites, metagraywackes, metalidytes, graphite schists and quartz graphite schists			Lack of deposits

Greenstone Formation. Their most schistose and metamorphosed varieties are known under the traditional name of diabases, the rarer ultramafic varieties — under the name of paleopicrites.

K. Smulikowski (in: Geol. Reg. Polski, III, 1957) has pointed to the spilitic character of this series. W. Narebski (1964) has elaborated the petrochemistry of the varieties showing distinct relics of pillow-lava structure. He has distinguished at least two cycles, corresponding to two independent submarine eruptions. Moreover, in the vicinity of Świerzawa he has observed the prasinites in the Greenstone Formation.

Keratophyres and quartz keratophyres described by J. Ansilewski (1954) are much less frequent. That author supposed that at least a part of these rocks may be younger than Upper Cambrian. In the southern part of the Kaczawa Mountains the keratophyres are very rich in K_2O .

The cataclasites of Cieszów investigated by K. Smulikowski (1956) are another rock assemblage genetically connected with the Greenstone Formation of the Kaczawa Mountains. These rocks previously regarded as „gequetschter Granit” by German geologists, have been shown to be products of repeated cataclasis and mylonitisation of: keratophyres, spilites and related rocks. The tectonic processes were accompanied by low temperature infiltrations of quartz and albite.

Contrary to the Cambrian only small masses of dark rocks of initial volcanism are connected with the Ordovician and Silurian. According to W. Block (1936) also post-Silurian diabase dykes (sensu stricto) occur in the Kaczawa Mountains. A short review of the stratigraphy of the older structural stage of the Kaczawa Mountains is presented on the accompanying chart. The geological structure of the Kaczawa Mountains is shown in figure 2.

THE METAMORPHIC REGION OF KŁODZKO

The metamorphic region of Kłodzko is situated south-east of the gneissic block of the Sowie Góry Mts. Young-Paleozoic sedimentary rocks surround it from the north and the north-west, on its eastern side it is bordered by the Variscan plutonic rocks of the Kłodzko — Złoty Stok intrusion.

According to the latest survey of I. Wojciechowska (1966) this region may be subdivided into three zones: the north-eastern, the central, and the south-western. Blastomylonitic albite-sericite gneiss, mylonites, granitoides are the main rock types of the central zone (Kozłowska-Koch 1960). This rock assemblage seems to be heterogenous in character. The two other zones (north-eastern and south-western) consist of another rock assemblage which has undergone low graded metamorphism. Its age has for a long time been regarded as Old-Paleozoic.

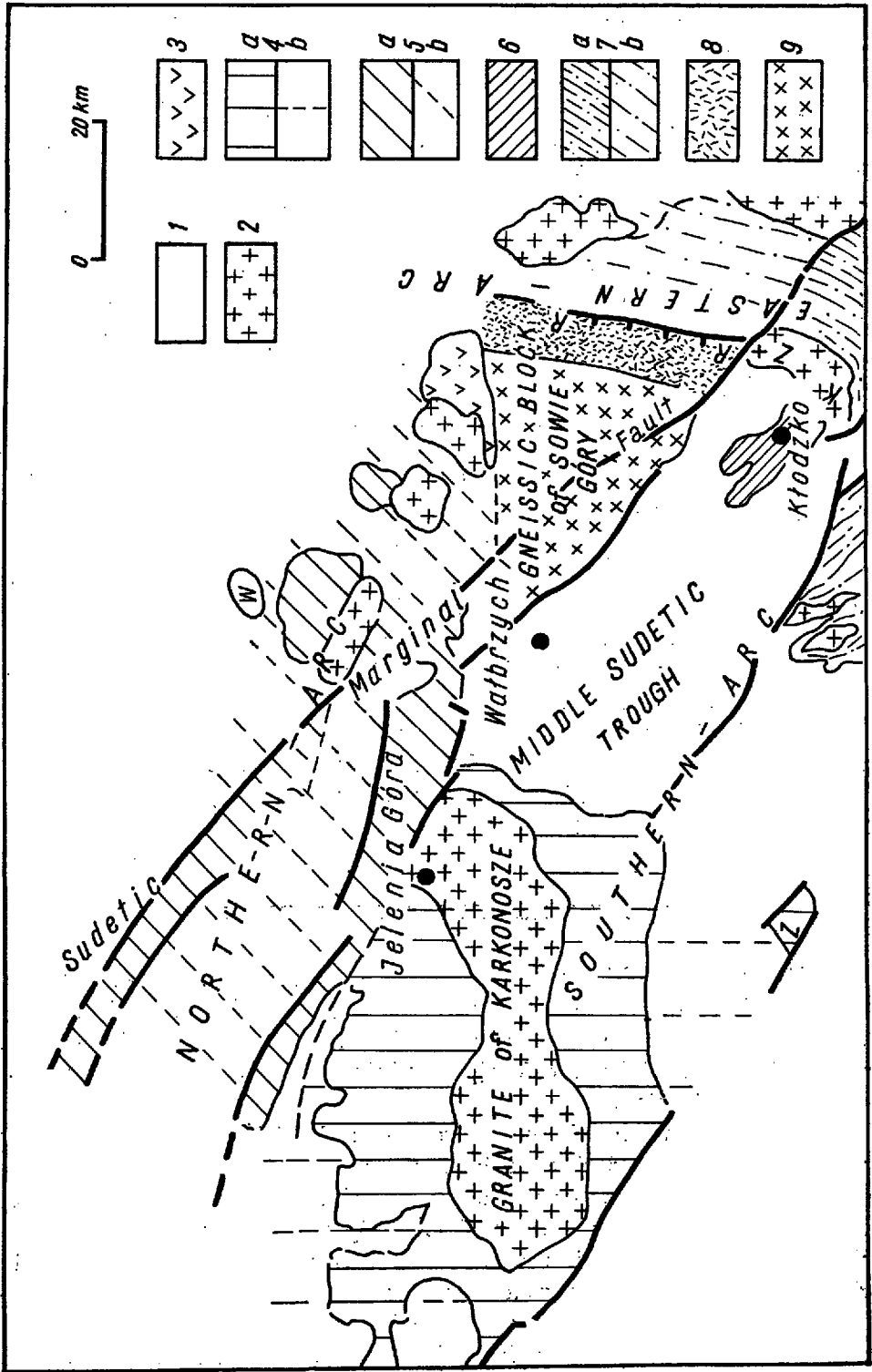


Fig. 1

Phyllites, marbles and the Greenstone Formation are the main members of this rock series. The only fossils found here are Anthozoa of Lower Ludlovian age from a marble intercalation (Gunia & Wojciechowska 1964). The Greenstone Formation is probably of Middle and Upper Ludlovian age. This rock group consists of chlorite schists, greenschists, amphibolites and some rocks displaying more distinct or less relic structures. To the latter group belong: metadiabases, metagabbros, keratophyres and metarhyolites. All this formation represents the spilite-keratophyre suite, typical of the initial stage of volcanism which has undergone a low degree of metamorphism.

The age of the maximum volcanic activity in the Kłodzko metamorphic region is the same as that for the southern Karkonosze (see below).

Neither series of the Kłodzko metamorphic region shows, however, any distinct analogy with the Old-Paleozoic of the Kaczawa Mountains as has previously been considered by German geologists (compare Finck, Meister, Fischer & Bederke 1941).

Fig. 1

Geological sketch-map of the West Sudetes

1 post-Silurian sediments; 2 Variscan granitoids; 3 gabbros and serpentinites in the vicinity of the Sowie Góry; 4 metamorphic rocks of the Karkonosze block: a on the surface, b covered by younger sediments and volcanic rocks; 5 metamorphic Eocambrian and Old-Paleozoic of the Kaczawa Mts.: a on the surface, b covered by younger sediments and volcanic rocks; 6 metamorphic region of Kłodzko; 7 metamorphic series of the Bystrzyca and the Orlica Mts. and the crystalline massif of Ładek-Snieżnik; 8 diaphorites of Niemcza zone; 9 gneisses and migmatites of the Sowie Góry. Abbreviations: K-Z Kłodzko Złoty Stok intrusions, R-R Ramsów line, W gneisses of Wądroże Wielkie, Z metamorphic region of Zwičina

Szkicowa mapa geologiczna Sudetów Zachodnich

1 posylurskie serie osadowe; 2 wariscyjskie granitoidy; 3 gabra i serpentynity w otoczeniu Gór Sowich; 4 skały metaforficzne bloku Karkonoszy: a odsłonięte na powierzchni, b przykryte młodszymi osadami i skałami wulkanicznymi; 5 zmetamorfizowana seria eokambru i starszego paleozoiku Gór Kaczawskich: a odsłonięte na powierzchni, b przykryte młodszymi osadami; 6 metamorfikum Kłodzkie; 7 serie metamorficzne Gór Bystrzyckich, Orlickich i Masywu Ładka-Snieżnika; 8. diaforyty stref Niemczy; 9 gnejsy i migmatyty Gór Sowich. Skrót: K-Z intruzja kłodzko-złotostocka, R-R linia ramzowska, W gnejsy Wądroża Wielkiego, Z metamorfikum Zwičiny

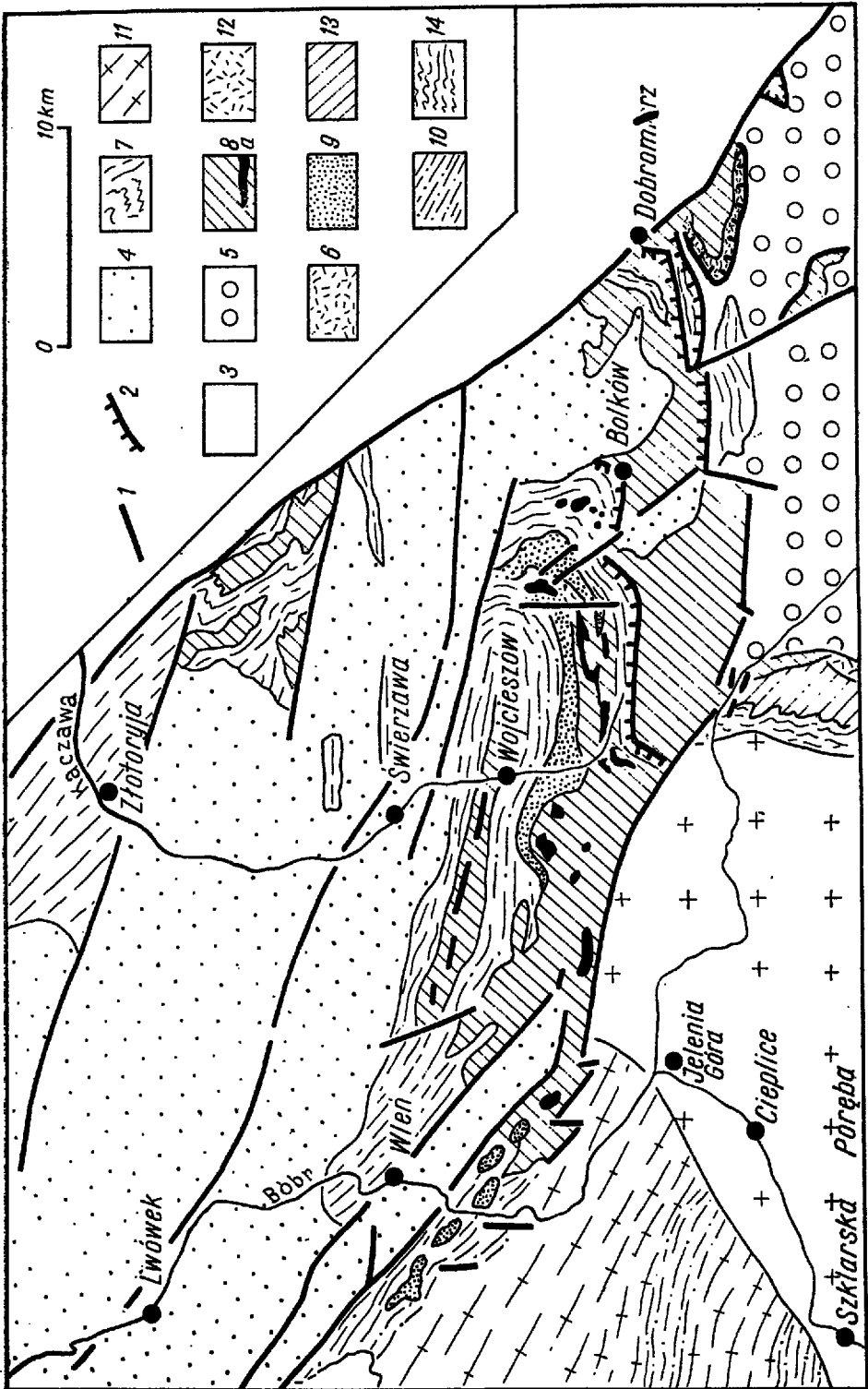


Fig. 2

THE METAMORPHIC MANTLE OF THE KARKONOSZE GRANITE

The Variscan granite of Karkonosze is bordered from the east, the south and the west by older metamorphic rocks. This metamorphic mantle consists of rocks of various age. Among them the uppermost Devonian and lowermost Carboniferous slightly metamorphosed rocks of the Ještěd Mountains are the youngest. The Old-Paleozoic Ordovician-Silurian series and a complex of gneisses with accompanying mica-schists and amphibolites constitute the older rock assemblage. The Ordovician-Silurian sequence is paleontologically dated, but the chronology of the gneiss complexes is under controversial discussion. The metamorphic mantle consists of two parts: the north-western part with a preponderance of gneisses with minor mica-schist intercalations and the much more diversified south-eastern part. These parts are divided by the Ještěd krystallinum (see fig. 3a).

Fig. 2

Geological sketch-map of the Kaczawa Mountains

1 faults; 2 overthrusts; 3 Tertiary and Quaternary; 4 sediments and volcanic rocks of the upper structural stage (Uppermost Carboniferous, Permian, Triassic Cretaceous); 5 Culin in the Middle Sudetic trough; 6 cataclasites of Cieszów; 7 Ordovician and Silurian of the Kaczawa Mts. (phyllites, metaconglomerates, metavolcanites); 8 greenstone formation (Upper Cambrian); 9 keratophyres and porphyroides; 9 Wojcieszów limestone (Lower Cambrian); 10 phyllites of Radzimowice beds and mica-schists of the Izera Mts. (Eocambrian-Algonician?); 11 gneisses of the Izera Mts.; 12 cataclastic quartz-albite gneisses of Rudawy Janowickie; 13 amphibolites of Rudawy Janowickie (Upper Silurian?); 14 mica-schists and leptynites of Rudawy Janowickie (Lower and Middle Silurian). The sketch-map is based on the materials of J. Jerzmański, J. Gorczyca-Skała, W. Smulikowski, H. Teisseyre and J. Teisseyre

Szkicowa mapa geologiczna Gór Kaczawskich

1 uskoki; 2 nasunięcia; 3 osady i wulkanity czwartorzędu i trzeciorzędę; 4 osady i wulkanity górnego pietra strukturalnego (najwyższy karbon, perm, trias, kreda); 5 kulm niecki śródsudeckiej; 6 kataklazyty cieszowskie; 7 ordowik i sylur Gór Kaczawskich (fyllity, metacongloeraty, metawulkanity); 8 formacja zielenkowa (kambr górny); 9 keratofiry i porfiroidy; 9 wapień wojcieszowski (kambr dolny); 10 fyllity warstw z Radzimowic i łupki lyszczkowe Gór Izerskich (eokambrian-algonk?); 11 gnejsy Gór Izerskich; 12 kataklazytne gnejsy albitowo-igwarcowe Rudaw Janowickich; 13 amfibolity Rudaw Janowickich (górný sylur?); 14 łupki lyszczkowe i leptynity Rudaw Janowickich (dolny i środkowy sylur?). Mapę zestawiono na podstawie materiałów J. Gorczycy-Skały, J. Jerzmańskiego, W. Smulikowskiego oraz H. Teisseyre'a i J. Teisseyre'a

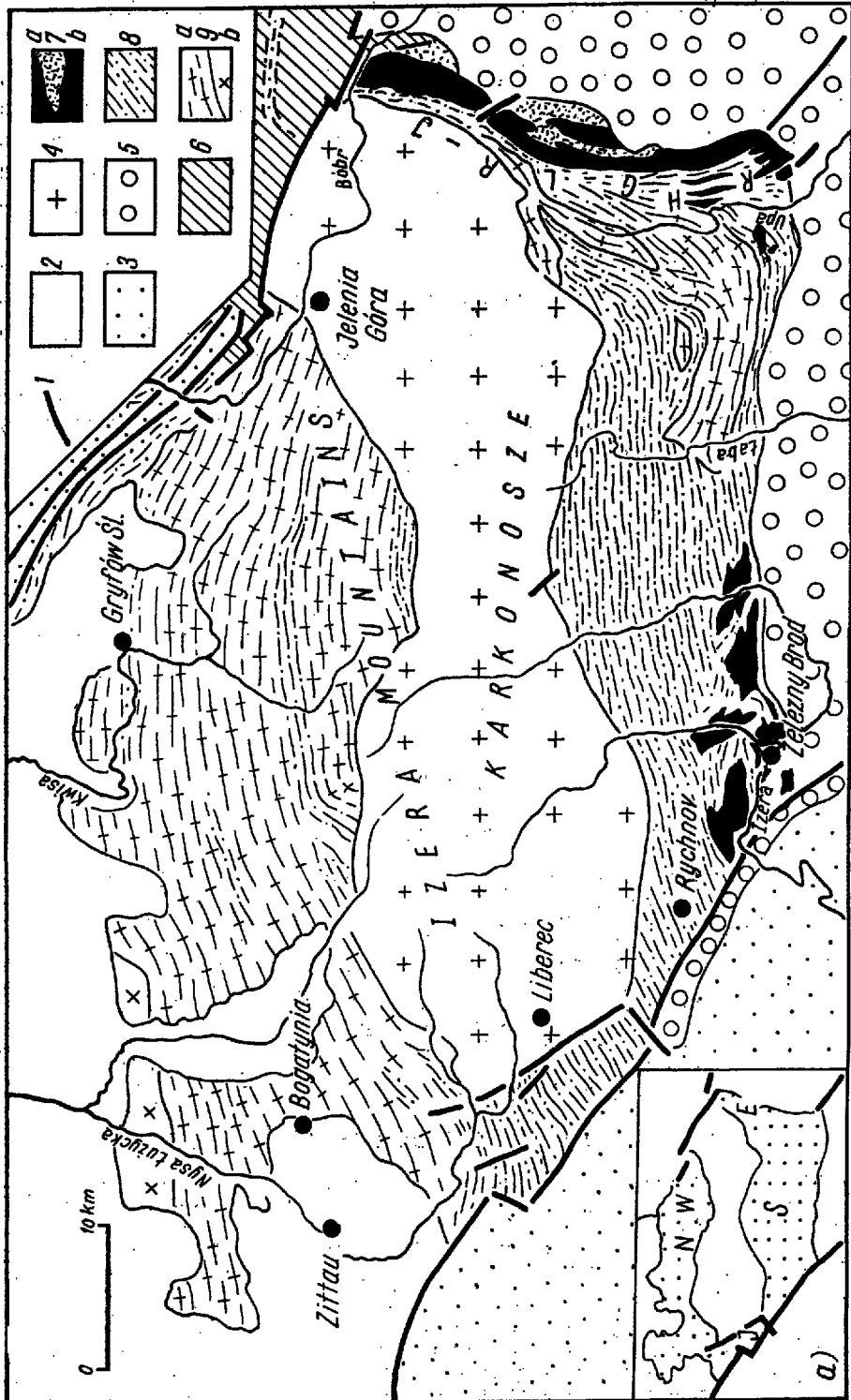


Fig. 8

*The north-western part of the metamorphic mantle
of the Karkonosze granite*

The Izera gneisses comprise the north-western mantle of the Karkonosze granite. Rocks of undoubtedly volcanic origin are rather rare among the gneisses and accompanying metamorphic rocks. Only amphibolites and a part of quartzites forming several intercalations in the gneisses are ascribable there. According to W. Smulikowski (1966) these quartzites contain relatively numerous relics of structures proving the tuffogenic character of the initial rocks. In addition some sills occur in the Izera gneisses, in many cases their age is controversial.

*The south-eastern part of the metamorphic mantle
of the Karkonosze granite*

Two large areas of volcanogenic rocks occur in the south-eastern part of the mantle of the Karkonosze block. One is that of Żelazny Brod while the other forms the eastern slopes of Rudawy Janowickie and Lasocki Grzbiet.

Fig. 3

Geological sketch-map of the Karkonosze block

1 faults; 2 Tertiary and Quaternary; 3 Cretaceous; 4 Variscan granitoids (Karkonosze granite); 5 Permian and Carboniferous; 6 greenstone formation of the Kaczawa Mts.; 7 volcanic complex: a cataclastic albite-quartz gneisses, b metavolcanites (mostly basic); 8 phyllites and mica-schists of various age; 9: a gneisses, b granites of Rumburk. Abbreviations: G-L Lasocki Grzbiet, R-H Rychorskie Hory, R-J Rudawy Janowickie

Szkicowa mapa geologiczna bloku Karkonoszy

1 uskoki; 2 osady i wulkanity czwartorzędu i trzeciorzęd; 3 kreda; 4 granitoidy waryscyjskie (granit Karkonoszy); 5 permio-karbon; 6 formacja zielenicowa Gór Kaczawskich; 7 kompleks wulkaniczny (górnny sylur): a gnejsy kataklastyczne kwarcowo-albitowe, b metawulkanity (głównie zasadowe); 8 fyllity i łupki luszczkowe różnego wieku; 9: a gnejsy, b granity rumburskie. Skróty: G-L Lasocki Grzbiet, R-H Rychorskie Hory, R-J Rudawy Janowickie

Fig. 3a

Subdivision of the metamorphic mantle of the Karkonosze granite

Metamorphic mantle — dotted area: E eastern part, S southern part, N-W north-western part, J metamorphic rocks of Ještěd

Podział metamorficznej osłony granitu Karkonoszy

Metamorficzna osłona — powierzchnia zakreskowana: E część wschodnia, S część południowa, N-W część północno-zachodnia, J metamorfik ještědski

In the area of *Żelezny Brod*, an Ordovician-Silurian series was examined in detail. Volcanogenic rocks are its essential part. Small masses of volcanogenic rocks most probably representing products of synsedimentary extrusions occur within the roofing phyllites of Tremadocian age. The Ludlovian volcanic complex is, however, more important. According to F. Fediuk (1962), the Upper Silurian volcanic complex of the vicinity of *Żelezny Brod* consists of extrusive rocks, though the intrusive character of some varieties is obvious. Among pyroclastic rocks: keratophyres, tuffs, diabase tuffs and agglomerates have been recognized. A considerable part of the Upper Silurian volcanic complex was metamorphosed and sheared during Young-Caledonian orogenic movements. Fairly abundant greenschists and less common chlorite schists, talc schists and mylonites originated during this stage. These rocks do not contain distinct relics either textural or mineral, hence no conclusion can be drawn as to their primary character. They are accompanied by prasinites and glaucophane schists, according to F. Fediuk (1962) they represent the rock types occurring in zones of extremely high orogenic stresses. In the opinion of the same author ultrabasic rocks sporadically occurring in the vicinity of *Żelezny Brod* represent a late post-tectonic stage of the Caledonian volcanism. In the light of this opinion they cannot be assigned to the initial geosynclinal stage of volcanic activity.

The metavolcanites of the Rudawy Janowickie range and of the Lasocki Grzbiet are of particular interest. They comprise a northern continuation of the Old-Paleozoic of Rychorskie Hory and to the north they are separated by a fault from the Upper Cambrian greenstones of the Kaczawa Mts. The metavolcanites of Rudawy Janowickie and Lasocki Grzbiet classed by G. Berg (1912) as „Gruppe der Amphibolite” (amphibolitic group) were recently ascribed to the Precambrian series by J. Oberc (1960). The present writer does not agree with this conclusion, because this series shows strong analogies in the lithology and in the sequence of rock types — with the Ordovician-Silurian series of the southern Karkonosze. The main difference is the higher degree of metamorphism, increasing toward the north. In this light the rocks of the „amphibolite group” of G. Berg (1912) might correspond to the volcanic complex of the Ludlovian of *Żelezny Brod* and Rychorskie Hory. According to the description of G. Berg and the unpublished materials of the present writer, the metabasites of the Rudawy Janowickie and Lasocki Grzbiet closely resemble the Upper Silurian complex of Rychorskie Hory and *Żelezny Brod*.

According to G. Berg's maps the metavolcanites of Rudawy Janowickie and Lasocki Grzbiet are 1000—2000 m. thick. This figure seems to be rather exaggerated.

Several amphibole and chlorite rock varieties have been distinguished by G. Berg (1912) in this group. Very common massive varieties

display considerable differentiation. The primary character of these rocks can be easily deciphered because of numerous well preserved structural and textural relics. It seems that a particular role is played there by the dark spilite-like rocks (some chemical analyses show increased quantity of Na_2O and a decrease of CaO). These rocks often show distinct relic structures, the trachytic or porphyritic ones being especially frequent. Subvolcanic and dyke varieties as metadiabases are widespread, they often show blastophitic or blastointergranular structures.

Keratophyres were not noted by G. Berg (1912) in the area under discussion, but they have been found by the present writer during his recent researches. Their role, however, cannot as yet be precisely determined. The lightest varieties of volcanic rocks were described by G. Berg (1912) as porphyroides. Chemically these rocks are similar to the quartz keratophyres in sodium (SiO_2 up to 75%, Na_2O up to 6%). It is not certain whether these rocks form sills or are tuffs in origin.

Diopside amphibolites, which occur in the northern part of Rudawy Janowickie are probably of tuffitic origin. These rocks show distinct lamination probably corresponding to primary stratification. The diopside amphibolites continuously grade into lime-silicate rocks. The latter have probably originated in a mixed series composed of tuffites and dolomitic ferruginous marls.

Metasomatic processes, in particular regional silification and albitisation are apparently an essential petrogenic factor in the whole area of Rudawy Janowickie and Lasocki Grzbiet. It seems that at least a part of the Paczyn gneisses (Gruppe des Petzelsdorfer Gneisses of G. Berg, 1912) has been formed due to strong albitisation and silification of cataclased rocks of the amphibolitic group. Most cataclastic varieties of the Paczyn gneisses are very similar to the Cieszów cataclasites, described by K. Smulikowski (1956).

CONCLUSIONS

The study of the Old-Paleozoic volcanic rocks of the West Sudetes is far from being completed. Nevertheless, several conclusions may be drawn from the present geological and petrological stage of knowledge.

The age of the maxima of volcanic activity differs in various parts of the Caledonian geosyncline of the West Sudetes. In the Kaczawa Mts., belonging to the Northern Arc of the Sudetic Caledonides (Teisseyre 1960), the maximum of volcanic activity is Upper Cambrian in age. All structures of the Southern Arc of Karkonosze, Rudawy Janowickie and the Crystalline Area of Kłodzko display by far the strongest development of volcanic rocks in the Upper Silurian time. Already in the

pre-ectonic stage of the evolution there were probably strong differences between various parts of the Caledonian geosyncline in the West Sudetes.

Young-Caledonian orogenic movements were accompanied mostly by low grade regional metamorphic processes. Most of the Old-Paleozoic series exhibit a mineral association of the greenschist facies. Some rocks, rather similar to the prasinites of the alpine ophiolitic formation, occur in the West Sudetes in zones where the strongest orogenic stresses were in operation (Fediuk 1962, Narebski 1964). It must be also taken into account that rocks of the keratophyre-spilitic association, like most of the Old-Paleozoic volcanic rocks of the West Sudetes, often show distinct autometasomatic alternations. In some cases it is rather difficult or even impossible to discern between the effects of autometasomatic transformation and the low grade metamorphic processes, because of similarities in the mineral paragenesis they produce.

The metamorphic processes connected with Young-Caledonian orogenic movements do not represent the latest stage of rock evolution in the West Sudetes. The Caledonian structures in these mountains have been submitted to subsequent Variscan movements, owing to which some regions were affected by strong faulting, folding or even overthrusting (compare Teisseyre 1956a, 1956b, 1960, 1964). Rock fracturing, cataclasis or even mylonitisation of the Old-Paleozoic volcanites locally resulted from those movements. In strongly disturbed parts signs of diaphoresis may be detected.

The intrusion of Variscan granites brought about more or less distinct thermal metamorphism, which affected some Old-Paleozoic volcanites, too. The best known are the contact metamorphic phenomena caused by the intrusion of the Karkonosze granite.

The Kimmerian and the far more intense Tertiary movements were mostly of a faulting and tilting character. They did not affect the Old-Paleozoic volcanites except for signs of local rock fracturing.

*Institute of Geology
Polish Academy of Sciences
Warszawa 22, Al. Zwirki i Wigury 93
Warsaw, June 1967*

REFERENCES

- ANSTILEWSKI J. 1954. Keratofiry Gór Kaczawskich (The keratophyres of the Kaczawa Mts.). — *Arch. Miner.*, t. 22, z. 2. Warszawa.
- BEDERKE E. 1924. Das Devon in Schlesien und das Alter des Sudetenfaltung. — *Fortschr. Geol. Paläont.*, H. 7. Berlin.
- BERG G. 1912. Die Krystallinschifer des östlichen Riesengebirges. — *Abh. Königl. Preuss. Geol. L.-A., N. F.*, H. 68. Berlin.

- BLOCK W. 1938. Das Altpaläozoicum des östlichen Bober-Katzbachgebirges. — Geotekt. Forsch., H. 2. Berlin.
- CHALOUPSKÝ J. 1966. Kaledonska a variska orogeneze v ještědském krystaliniku (Caledonian and Variscan folding in the Ještědské pohori Mountains). — Sborn. Geol. Věd Rada G, sv. 10.
- CHLUPAČ I. 1953. Nalez graptolitu v metamorfovaným siluru u Železného Brodu v Podkrkonoší. — Věstn. Ústř. Úst. Geol., roč. 28, č. 5. Praha.
- DAHLGRÜN F. 1934. Zur Altersdeutung des Vordevons im Westsudetische Schiefergebirge. — Z. Deutsch. Geol. Ges., Bd. 86. Berlin.
- FEDIUK F. 1958. Staropaleozoické basicke vulkanity v Rychovských Horách (Die altpaleozoischen basischen Vulkanite in Rychovské hory — Rehorn östl. Riesengebirge). — Práce Krajsk. Musea v Hradci Králové, ser. A I, f. 2—5. Hradec Králové.
- 1962. Vulkanity železnobrodského krystalinika (Volcanic rocks of the Železný Brod metamorphic region). — Rozpr. Ústř. Úst. Geol., sv. 29. Praha.
- FINCK L. L., MEISTER E., FISCHER G. & BEDERKE E. 1941. Geologische Karte des Deutschen Reiches 1 : 25 000. Erläuterungen zu den Blättern Glatz, Königshain, Reichenstein und Landeck. Berlin.
- GORCZYCA-SKALA J. 1966. Structural researches in the boundary area between Kaczawa Mts. and the Izera Region. — Bull. Acad. Pol. Sci., Sér. Sci. Géol. Géogr., vol. 14, no. 3. Varsovie.
- GUNIA T. & WOJCIECHOWSKA I. 1964. Silurian Anthozoa localised in the Metamorphic in the Middle Sudetes (Preliminary investigation). — Ibidem, vol. 12.
- HAVLIČEK V. & ŠNAJDR M. 1955. Někteří problémy paleogeografie středoevropského ordoviku (Some problems of the paleogeography of the Central Bohemian Ordovician). — Sborn. Ústř. Úst. Geol., sv. 21, odd. geol., díl. 1. Praha.
- KALKOWSKY F. 1876. Über grüne Schiefer Niederschlesiens. — Tscherm. Mineralogische Mitt., Bd. 2. Wien.
- KODYM O. sen. & SVOBODA J. 1948. Kaledonska přikrovová stavba Krkonoše a Jizerských Hor (The Caledonian nappe structure of Krkonoše and Jizerské Hory). — Sborn. Státn. Geol. Úst. ČSR, sv. 15. Praha.
- KOZŁOWSKA-KOCH M. 1960. Gnejsy Ścinawki i towarzyszące im skały krystaliniku kłodzkiego (Granite-gneisses of Ścinawka and associated rocks of the metamorphic area of Kłodzko, Middle Sudeten, Poland). — Arch. Miner., t. 22, z. 2. Warszawa.
- NAREBSKI W. 1964. Petrochemia law puklistych Gór Kaczawskich i niektóre ogólne problemy petrogenезы spilítów (Petrochemistry of pillow lavas of the Kaczawa Mountains and some general petrogenetical problems of spilites). — Prace Muzeum Ziemi, nr 7. Warszawa.
- OBIERC J. 1960. Tektonika wschodnich Karkonoszy i ich stanowisko w budowie Sudetów (Eastern Karkonosze tectonics and their position in the Sudeten structure). — Acta Geol. Pol., vol. 10, no. 1. Warszawa.
- 1966. Ewolucja Sudetów w świetle teorii geosynklin (Evolution of the Sudetes in the light of geosyncline theory). — Praca I. G. (Trav. Inst. Géol. Pol.), t. 47. Warszawa.
- SCHWARZBACH M. 1939. Die Tektonik des Bober-Katzbachgebirges. Schles. Ges. f. Vaterländ. Kultur. Breslau.
- 1943. Vulkanismus und Senkung in der Kaledonischen Geosynklinale Mitteleuropas. — Geol. Rundschau, Bd. 34, H. 1. Stuttgart.
- SMULIKOWSKI K. 1956. Katakazyty okolic Cieszowa na Dolnym Śląsku (Cataclastites in the neighbourhood of Cieszów — Lower Silesia). W: Z badań geolo-

- gicznych na Dolnym Śląsku, t. 4 (*In: Some geological researches in Lower Silesia, v. 4*). — *Biul. I.G. (Bull. Inst. Géol. Pol.)* 112. Warszawa.
- SMULIKOWSKI W. 1966. Some geological observation concerning the eastern part of the Izera Gneiss Complex (West Sudetes). — *Bull. Acad. Pol. Sci., Sér. Sci. Géol. Géogr.*, vol. 14, no. 4. Varsovie.
- SVOBODA J. 1955. Vapence Krkonoš a Jizerskich Hor. — *Geotechnica*, sv. 21. Praha.
- TEISSEYRE H. 1956a. Some remarks on the tectonic structure of Caledonides and Variscides in the Sudeten. — *Bull. Acad. Pol. Sci., Cl. III*, vol. 4, no. 3. Varsovie.
- 1956b. Depresja Świebodzic jako jednostka geologiczna (Świebodzice-Depression as a geological unit). *W: Z badań geologicznych na Dolnym Śląsku, t. 3 (In: Some geological researches in Lower Silesia, v. 3)*. — *Biul. I.G. (Bull. Inst. Géol. Pol.)* 106. Warszawa.
- 1960. The principal structural features of the Sudetic Caledonides. — *XXI Intern. Geol. Congr., Part. 19*. Copenhagen.
- 1964. Uwagi o ewolucji strukturalnej Sudetów (Some remarks on the structural evolution of the Sudetes). — *Acta Geol. Pol.*, vol. 14, no. 4. Warszawa.
- TURNER F. & VERHOOGEN J. 1961. *Igneous and Metamorphic Petrology*.
- WOJCIECHOWSKA I. 1966. Budowa geologiczna metamorfiku dorzecza Ścinawki Kłodzkiej (Geology of the metamorphic massif in the basin of the Ścinawka Kłodzka). — *Geologia Sudetica*, vol. 2. Warszawa.

J. TEISSEYRE

O STAROPALEOZOICZNYM WULKANIZMIE INICJALNYM W SUDETACH ZACHODNICH

STRESZCZENIE: Staropaleozoiczne serie skalne Sudetów Zachodnich zawierają jako istotny składnik zespoły skał wulkanicznych. Autor porównując trzy główne obszary występowania tych skał dochodzi do wniosku, że w geosynklinie kaledońskiej na terenie Sudetów Zachodnich istniały dwa maksima aktywności wulkanicznej. Starsze odpowiadające górnemu kambrowi przejawiało się szczególnie silnie w tak zwanym łuku północnym. Natomiast młodsze, górnosiurskie jest szczególnie charakterystyczne dla łuku południowego. Powstałe wówczas zespoły skał mają szereg cech charakterystycznych dla inicjalnego stadium rozwoju aktywności wulkanicznej. Staropaleozoiczne skały wulkaniczne uległy procesom metamorficznym w czasie orogenezy kaledońskiej.

WSTĘP

Zainteresowanie geologów staropaleozoicznymi seriami Sudetów Zachodnich jest szczególnie duże począwszy od klasycznej pracy E. Bederkego (1924), który zwrócił pierwszy uwagę na rolę, jaką w strukturze Sudetów Zachodnich odegrała

orogeneza kaledońska oraz poprzedzający ją staropaleozoiczny cykl sedymentacyjny. Na geosynkлинаalny charakter serii staropaleozoicznych zwracali uwagę M. Schwarzbach (1939, 1943), H. Teisseyre (1956a, 1956b, 1960, 1964), a ostatnio J. Oberc (1966).

W kaledonidach sudeckich zostały ostatnio (Teisseyre 1960) wyróżnione trzy większe jednostki orogeniczne, tak zwane łuki: północny, południowy i wschodni. Łuk wschodni należy do jednostek kaledońskich najsilniej przebudowanych w czasie ruchów waryscyjskich i z tego względu zarówno stratygrafia tworzących go serii skalnych jak też i budowa geologiczna jest w wielu punktach niejasna; z tych przyczyn obszar ten nie będzie brany pod uwagę przy dalszych rozważaniach. Jako najbardziej reprezentatywne i najlepiej zbadane w łuku północnym wybrano Góry Kaczawskie. Natomiast stosunki panujące w łuku południowym przedstawiono na przykładzie okrywy granitu Karkonoszy i metamorfikum kłodzkiego (fig. 1).

GÓRY KACZAWSKIE

Zespół skalny dolnego piętra strukturalnego Gór Kaczawskich (eokambry — starszy paleozoik) ma wiele cech serii eugeosynkлинаalnej, w przeciwieństwie do skał górnego piętra strukturalnego (najwyższy karbon — górna kreda), które mają charakter epikontynentalno-platformowy. Stratygrafię serii eokambryjsko-staropaleozoicznej Gór Kaczawskich podał F. Dahlgrün (1934) na podstawie korelacji litologicznej z podobnymi skałami Łużyc. Pomimo licznych zastrzeżeń, do dziś stanowi ona podstawę badań geologicznych tego regionu i jest przedstawiona z niewielkimi zmianami na tabeli 1. Skały pochodzenia wulkanicznego występują począwszy od eokambry (znane są m.in. z łupków radzimowickich). Pojedyncze wystąpienia wulkanitów znane są także z ordowiku i syluru. Główna jednak masa skał wulkanicznych należy do górnego kambry. Tworzące ją skały osiągają znaczną miąższość, która dochodzi — zdaniem różnych autorów — do tysiąca a nawet dwu tysięcy metrów. Seria górnego kambry, podobnie zresztą jak cały eokambryjsko-paleozoiczny zespół skalny, uległa epizonalnemu metamorfizmowi regionalnemu, związanemu ściśle z orogenezą kaledońską. Wśród skał formacji zieleńcowej przeważają ciemne skały obojętne lub zasadowe (metaspility, metabazalty, metadiabazy i ich tufy), mniej liczne są jasne skały kwaśne lub obojętne (porfiroidy i keratofiry kwarcowe i bezkwarcowe), sporadycznie występują skały ultrazasadowe (paleopikryty). Szereg odmian uległ tak silnym przemianom metamorficznym, że odtworzenie ich pierwotnego pochodzenia jest niemożliwe (zieleńce, łupki chlorytowe, prazynity).

Z formacją zieleńcową związana jest szczególna grupa skalna tak zwane kataklazyty cieszowskie. Skały te uważane dawniej za zmiażdżony granit, są raczej — zgodnie z nowymi badaniami K. Smulikowskiego (1956) — produktem kataklazy i metasomatycznych przemian (sylikacja, albityzacja) skał należących do formacji zieleńcowej. Rozprzestrzenienie staropaleozoicznych skał pochodzenia wulkanicznego podaje szkicowa mapa Gór Kaczawskich (fig. 2).

METAMORFIKUM KŁODZKIE

Metamorfikum kłodzkim nazywa się niewielki obszar zbudowany ze skał metamorficznych i otoczony bądź przez młodopaleozoiczne serie osadowe, bądź też przez plutoniczne skały należące do waryscyjskiego cyklu magmowego.

I. Wojciechowska (1966) wyróżniła tutaj trzy strefy: północno-wschodnią, środkową i południowo-zachodnią. Interesujące nas zespoły skał staropaleozoicznych występują w strefie północno-wschodniej. Zgodnie z nowszymi poglądami na

wiek i następstwo warstw (Gunia & Wojciechowska 1964), staropaleozoiczny zespół skalny reprezentuje tutaj sylur, przy czym w spągu tej serii występują fyllity bożkowskie, powyżej nich spotyka się soczewy wapieni z fauną (Anthozoa) dolnego ludlowu, a strop stanowią skały związane z rozwojem w środkowym i górnym ludlowie sporej serii wulkanicznej. Ta ostatnia grupa skalna, złożona z metadiabazów, metagabr, keratofirów i metaryolitów, wykazuje szereg cech typowych dla inicjalnego stadium rozwoju wulkanicznej aktywności.

OKRYWA METAMORFICZNA GRANITU KARKONOSZY

Waryscyjski pluton granitowy Karkonoszy jest otoczony od strony wschodniej, południowej, zachodniej i północno-zachodniej przez starsze skały metamorficzne. Okrywa granitu Karkonoszy jest wiekową niejednorodna; w Górach Jesztedzkich występuje między innymi epimetamorficzny najwyższy dewon i najniższy karbon, a w południowej części okrywy duże rozprzestrzenienie ma seria ordowicko-syliurska. Obok tych zespołów o stratygrafii poznanej przynajmniej w ogólnym zarysie, w skład okrywy wchodzi gnejsy nieokreślonego wieku, szczególnie rozprzestrzenione w jej północno-zachodniej części.

Północno-zachodnia część okrywy granitu Karkonoszy

Ten stosunkowo rozległy obszar zbudowany jest głównie z różnych odmian gnejsów, wśród których występują stosunkowo nieliczne skały wulkanicznego pochodzenia. W literaturze tego regionu dość rozpowszechniony jest pogląd, że wkładki amfibolitów zawdzięczają swoje powstanie jakimś ciemnym skałom wulkanicznego pochodzenia. Nowością natomiast jest przypisywanie podobnego charakteru występującym tu „kwarcytom”. Zdaniem W. Smulikowskiego (1966) przynajmniej część wkładek „kwarcytowych” zawdzięcza swe powstanie metamorfizie tufów ryolitowych.

Południowo-wschodnia część okrywy granitu Karkonoszu

Południowo-wschodnia część okrywy granitu Karkonoszy wykazuje o wiele większe zróżnicowanie litologiczne. W tej części bloku Karkonoszy istnieją dwa większe skupienia skał wulkanicznych staropaleozoicznego wieku — pierwsze w okolicach Żelaznego Brodu, a drugie na obszarze Rudaw Janowickich, Grzbiecia Lasockiego i ich południowego przedłużenia — Gór Rychorskich (fig. 3).

W okolicach Żelaznego Brodu niewielkie żyły i inne ciała intruzywne były notowane już w osadach tremadoku. Główna jednak masa skał wulkanicznych, zgodnie z przyjętą przez geologów czeskich stratyfacją (Chlupač 1953, Havlíček & Šnajdr 1955, Kodým & Svoboda 1948), jest młodszą od najwyższego wenloku i być może najniższego ludlowu. Według F. Fediuka (1962) są to główne skały wulkaniczne i piroklastyczne, niemniej intruzywny charakter niektórych zespołów skalnych nie budzi wątpliwości. Pod względem petrograficznym metawulkanity okolic Żelaznego Brodu mają bardzo podobny charakter do innych paleozoicznych zespołów skalnych Sudetów Zachodnich pochodzenia wulkanicznego. Szczególnie bliskie analogie łączą kompleks wulkaniczny z ich analogami występującymi w Rudawach Janowickich i Grzbiecie Lasockim.

Seria metamorficzna Rudaw Janowickich i Grzbietu Lasockiego stanowi północne przedłużenie sylurskiego zespołu skalnego Gór Rychorskich. Kompleks metawulkanitów Rudaw Janowickich i Grzbietu Lasockiego jest złożony głównie z ciemnych skał typu spilitowego, ich tufów oraz towarzyszących im odmian żyłowych (metadiabazów). Występowanie nieznanymi dotychczas z tego regionu keratofirów zostało stwierdzone przez autora niniejszej pracy. Najjaśniejszymi odmianami skalnymi kompleksu metawulkanitów są opisane przez G. Berga (1912) porfirydy, których skład chemiczny odpowiada skrajnie bogatym w sód keratofinom kwarcowym. Obok skał o wyraźnie zachowanych strukturach reliktowych występują na terenie Rudaw Janowickich i Grzbietu Lasockiego odmiany, w których silne złupkowanie oraz równoczesne bądź późniejsze procesy blastazy zatarły te struktury doszczętnie. Skały takie z reguły nie zawierają żadnych reliktyw mineralnych i z tego względu odtworzenie ich pierwotnego charakteru jest bardzo utrudnione lub wręcz niemożliwe. Należałoby tu wymienić liczne odmiany amfibolitów, zieleńców, łupków chlorytowych i epidotowych. Obok skał żyłowych bądź wylewnych na pewno znaczny stosunkowo udział w tej grupie skał mają zmetamorfizowane tufy bądź tufty. Występujące w dużych masach w północnej części Rudaw Janowickich amfibolity smużyste, zawierające często piroksen, stwarzające z erlanami, wydają się być produktem metamorfozy złożonej serii węglanowo-tufitowej. Skały te stanowią prawdopodobnie przejście pomiędzy kompleksem zmetamorfizowanych wulkanitów a niżej leżącym zespołem skał węglanowych.

Na uwagę zasługuje tak zwana grupa gnejsów z Paczyna (Petzelsdorfer Gneisse Gruppe — Berg 1912); skały te towarzyszą kompleksowi metawulkanitów na dużym obszarze. Charakter petrograficzny gnejsów z Paczyna jest zbliżony raczej do opisanych przez K. Smulikowskiego (1956) kataklazytów cieszkowskich, niż do ortognejsów.

WNIOSKI KOŃCOWE

Badania nad staropaleozoicznym wulkanizmem w Sudetach Zachodnich dalekie są od zakończenia, niemniej znaczny postęp znajomości stropaleozoicznych serii pozwala na rewizję pewnych dawnych poglądów i sformułowania nowych wniosków. Nowe prace stratygraficzne pozwalają na krytyczne ustosunkowanie się do niektórych hipotez M. Schwarzbacha (1943). Bardziej ogólne wnioski odnoszące się do rozwoju staropaleozoicznego wulkanizmu inicjalnego na terenie Sudetów Zachodnich są podane poniżej.

W różnych częściach geosynkliny kaledońskiej maksimum aktywności wulkanicznej przypada na różne okresy. W Górach Kaczawskich, należących do wyróżnionego przez H. Teisseyre'a (1960) łuku północnego, maksimum to odpowiada górnemu kambrowi. Natomiast struktury należące do łuku południowego wykazują najsilniejszą działalność wulkaniczną w górnym sylurze (ludlow). Wydaje się zatem, że zróżnicowanie kaledonidów sudeckich zaznacza się już bardzo wyraźnie w zasadniczo przedtektonicznym stadium geosynklinalnym. Młodokaledońskim fałdowaniem towarzyszy regionalny metamorfizm. Stopień metamorfozy wulkanogenicznych skał nie przekracza na ogół stopnia epi (przeważają asocjacje mineralne facji zieleńcowej). W strefach najsilniejszych nacisków górotwórczych powstają skały dość podobne do prazynitów alpejskiej formacji ofiolitowej (Fediuk 1962, Narebski 1964). Ze względu na to, że większość staropaleozoicznych skał wulkanicznych reprezentuje typową dla inicjalnego wulkanizmu asocjację spilitowo-keratofirową z wyraźnie zaznaczonymi pomagmowymi procesami autometasomatycznymi, istnieją pewne trudności w odróżnieniu etapu autometasomatycznego od późniejszych procesów metamorficznych.

Metamorfoza związana z młodokaledońskimi ruchami nie kończy cyklu rozwojowego staropaleozoicznych skał wulkanicznych. Późniejsze ruchy cyklu waryscyjskiego doprowadziły do silnej przebudowy starszych struktur (por. Teisseyre 1956b, 1960, 1964). W wielu przypadkach kataklaza i mylonityzacja oraz związane z nimi procesy diaforezy dają się wykazać również w przypadku staropaleozoicznych skał wulkanicznych. Intruzjom waryscyjskich granitów towarzyszą zmiany kontaktowe, najlepiej zbadane z granitu Karkonoszy. Intruzje późnoorogenicznych granitów warsycyjskich kończą orogeniczny cykl rozwojowy w Sudetach Zachodnich. Cała ta skomplikowana struktura przechodzi w reżim platformowy. Wszelkie młodsze od górnego karbonu ruchy tektoniczne mają charakter odnawiania się starych linii uskókowych; ich wpływ na staropaleozoiczne skały wulkaniczne był niewielki i ograniczył się do lokalnego brekcjowania.

*Zakład Nauk Geologicznych PAN
Pracownia Mineralogii, Petrografii i Geochemii
Warszawa 22, Al. Żwirki i Wigury 93
Warszawa, w czerwcu 1967 r.*
