

B. CAMBEL — V. ŠIMÁNEK — V. KLEINERTOVÁ*

UNTERSUCHUNG DER IN DEN KRISTALLINEN SCHIEFERN DER KLEINEN KARPATEN VORKOMMENDEN ORGANISCHEN SUBSTANZ*(Abb. 1–2, Tafel 1)*

Kurzfassung: Unter Einsatz von zur Orientierung dienenden geochemischen Forschungsarbeiten wurden der Anteil und die Zusammensetzung der in den Gesteinen des kristallinen Fundaments der Kleinen Karpaten dispergierten organischen Substanz verfolgt. Die Beziehungen der qualitativ-quantitativen Zusammensetzung der dispersen organischen Substanz zur lithologisch-faziellen Zusammensetzung der Sedimentgesteine, zum Charakter und zur Intensität der Gesteinsmetamorphose sowie zur stratigraphischen Einstufung und regionalen Verteilung des Gesteins wurden untersucht.

In den Gesteinen des kristallinen Fundaments der Kleinen Karpaten ist die disperse organische Substanz in Konzentrationen von 0,02 bis 0,5 Gew. % Org. enthalten. Die disperse organische Substanz befindet sich meist in einem stark fortgeschrittenen Stadium der Karbonifikationsmetamorphose. Der für die qualitative und quantitative Zusammensetzung der organischen Substanz entscheidende Faktor ist der Lithofaziescharakter des Gesteins. Schon in den durch schwache regionale Metamorphose umgewandelten Gesteinen ist die disperse organische Substanz zu einem hohen Grad karbonifiziert.

Резюме: При помощи ориентировочных геохимических исследований изучались содержание и состав рассеянного в породах кристаллического фундамента Малых Карпат органического вещества. Исследовались соотношения качественно-количественного состава диспергированного органического вещества и литолого-фациального состава осадочных пород, характера и интенсивности метаморфоза г. пород а также стратиграфической классификации и регионального распределения последних.

В породах кристаллического фундамента Малых Карпат содержится рассеянное органическое вещество в концентрациях от 0,02 до 8,5 веса Орг. В большинстве случаев рассеянное органическое вещество находится в весьма высокой стадии углефицирующего метаморфоза. Решающим фактором качественно-количественного состава органического вещества является литофациальный характер породы. Даже и в незначительно регионально-метаморфических породах рассеянное органическое вещество преобразовано до высокой стадии углефикации.

In der vorgelegten Arbeit berichten die Autoren über Untersuchungen der organischen Substanz, die einem Bestandteil der den kristallinen Untergrund der Kleinen Karpaten aufbauenden kristallinen Schiefer bildet. Die Schiefer der Kleinen Karpaten sind verschiedenartig und in verschiedenem Ausmass metamorphosiert. Man findet hier Serizitphyllite, Serizit-Chloritphyllite, biotitisch-granatisehen Glimmerschiefergneis, granatiseh-sillimanitisehen und staurolithisehen Zweiglimmergneis, alles mit verschiedenem Anteil an organischer Substanz. Es treten hier ferner relativ schwächer metamorphosierte, mehr oder weniger quarzige bituminöse Schiefer auf. Die geologischen Probleme des kristallinen Untergrunds der Kleinen Karpaten wurden von B. Cambel und Mitarbeitern in mehreren Arbeiten erläutert (B. Cambel 1954, B. Cam-

* Akademiker Prof. RNDr. B. Cambel, DrSc., Geologisches Institut der Slowakischen Akademie der Wissenschaften, ul. Obrancov mieru 41, 886 25, Bratislava; Ing. V. Šimánek, CSc., Geologische Zentralanstalt, Zweigstelle Brno, ul. Mozartova 1, 601 00, Brno; RNDr. V. Kleinertová, Naturwissenschaftl. Fakultät der Comenius-Universität, 801 00, Bratislava, Pauliny-Tótha 1.

bel — J. Valach 1956, T. Buday — B. Cambel — M. Mahel 1962, B. Cambel — O. Čorná 1974).

Es sei hier bemerkt, dass die in den Gesteinen der Kleinen Karpaten anwesende organische Substanz bei der Metamorphose eine Dämpfung des Metamorphoseeffekts bewirkt. Deshalb haben diese unter katazonalen Bedingungen in Anwesenheit organischer Substanz metamorphosierten Gesteine oftmals das Aussehen dunkelfarbiger Phyllite beibehalten.

Im Gebiet der Kleinen Karpaten verlief die Metamorphose als komplizierter und kombinierte Prozess. Die tonig-quarzigen Sedimente mit höherem oder niedrigerem Gehalt an organischer Substanz und die inmitten auftretenden Glieder der basischen Vulkanite (Ophiolite) wurden vorerst einer regionalen (epizonalen) und hierauf einer periplutonischen Kontaktmetamorphose unterworfen. Die Intrusion variseischer granitoider Gesteine schaffte in ihrer nächsten Umgebung metamorphe katazonale Bedingungen, was zur Bildung von Gneis und Kontaktmigmatiten führte; an entfernten Stellen des Kontakthofes entstanden biotitische Phyllite. Im Bereich des Granodioritmassivs von Modra entstanden an seinem Kontakt (Gebiet der Gemeinden Harmónia und Dubová) örtlich typische Kontakthornsteine, Fleckenschiefer und Knottenschiefer mit Andalusit, weiter Biotithornstein, Hornsteinphyllite und Erlane usw. Auch die retrograde alpine tektonische Metamorphose, die örtlich die vollkommene rück-schreitende Umwandlung des Gesteins zur Folge hatte, darf keinesfalls vergessen werden.

Der organische Bestandteil der Gesteine und die Untersuchung seiner chemischen Zusammensetzung kann uns ein Bild darüber geben, wie sich die organischen Stoffe bei der Gesteinsmetamorphose verhalten, wie ihre Umwandlung und Versteinierung vor sich ging. Es ist gleichfalls von Interesse zu untersuchen, wie die organische Substanz die Neukristallisierung der metamorphogenen Minerale im Gestein beeinflusst. Die organische Substanz des Gesteins kann der Sprecher und Träger anderer, oft polymetallischer, das Milieu charakterisierender Mikroelemente werden, was für die Metallgenetiker von Interesse ist. Die organische Substanz beeinflusst die petrogenetische Entwicklung des Gesteins aus der Sicht der Bildung des Redox-Potentials im Milieu, was wiederum die Wertigkeit der Elemente der Eisengruppe beeinflussen und durch Freigebung der biogenen Komponenten (CO_2 , H_2S , organische Komponenten) die Bildung von Karbonaten und Sulfiden im Gestein intensivieren kann. Da die palynologischen und mikropflanzen paläontologischen Forschungsarbeiten heute einen hohen Entwicklungsstand erreicht haben, könnte das systematische Studium der organischen Substanz im Gestein der Westkarpaten auch für die Palynologie und Mikropaläontologie aufschlussreiche Ergebnisse liefern.

Man kann voraussetzen, dass mittels systematischer Untersuchungen der organischen Substanz in den Gesteinen der Westkarpaten manche geochemische, lithologisch-genetische, stratigraphische, paläobiologische und mikrophytopaläontologische Probleme gelöst werden könnten, insbesondere falls diese Untersuchungen an die geologischen Forschungsarbeiten unmittelbar anknüpfen werden.

Wir sind uns dessen bewusst, dass die vorgelegten Teilergebnisse noch keine vollständige Lösung aller erwähnten Probleme bringen, doch zeigt auch die relativ kleine Anzahl der durchgeführten Analysen, dass die erhaltenen Daten für den Bedarf der Geologie verwertet werden können.

Die hier beschriebenen Arbeiten wurden in Zusammenarbeit mit dem Geologischen Institut der SAV, Bratislava, mit dem Lehrstuhl für Geochemie an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Comenius-Universität, Bratislava, und mit der Zweigstelle

der geologischen Zentralanstalt in Brno vorgenommen. Es kamen die in der Zweigstelle der Geologischen Zentralanstalt in Brno gebräuchlichen analytischen Methoden und Verfahren zur Anwendung. Die analytischen Arbeiten wurden von V. Kleiner-tová durchgeführt.

Den organischen Komponenten der kristallinen Schiefer der Westkarpaten wurde bislang nicht die ihnen gebührende Aufmerksamkeit gewidmet, obwohl die Anwesenheit dieser Komponenten im Gestein als wichtiges geochemisches, lithogenetisches und stratigraphisches Merkmal anzusehen ist.

Oft wird die organische Substanz im Gestein für Graphit gehalten und das Gestein als „Graphitschiefer“ bezeichnet, obwohl ihm eher die Benennung „Bitumenschiefer“, „dunkler Schiefer, dunkler Glimmerschiefer und Gneis“ zustehen würde. Die Bezeichnung „graphitisch“ wurde ohne optischen und anderen Graphitnachweis verwendet und wir haben es hier also mit der gebräuchlichen, aber unrichtigen Anwendung dieses Terminus für alle dunkelfarbigem, organische Stoffe enthaltenden Schiefergesteine zu tun.

Im Bereich des kristallinen Fundaments der gesamten Westkarpaten kommen dunkelfarbige, organische Substanz enthaltende Gesteine bekanntlich laufend vor. In den Kleinen Karpaten weisen vor allem die Schiefer des kristallinen Fundaments von Pezinok und Pernek, sowie die Schiefer der aufliegenden Harmónia-Schichtenserie einen hohen Gehalt an organischer Substanz auf. Der Schieferkomplex im Fundament gehört zum Silur-Devon, die Schiefer der Harmónia-Serie, die noch reicher an organogenen Stoffen, vor allem an pflanzlichen Zerfallsstoffen sind, werden nach den palynologischen Untersuchungen von O. Čorná (in B. Cambel — O. Čorná 1974) in das Oberdevon bis Unterkarbon gestellt.

Eine ähnlich erhöhte Vertretung von dunklen Schiefen mit organischen Komponenten sowie Lydit haben auch die kristallinen Schiefer aus verschiedenen Gebieten des kristallinen Fundaments der Westkarpaten. In erhöhtem Ausmass gilt dies für das Gebiet im Kohút-Kristallinum, ferner für das kristalline Grundgebirge der Veporiden im Gebiet der Kraklová-Zone. Wie aus den palynologischen Feststellungen von O. Čorná (persönliche Mitteilung) hervorgeht, haben diese Gesteine, ähnlich wie in den Kleinen Karpaten, einen erhöhten Gehalt an Zerfallsstoffen gefässericher Pflanzen, was gleichzeitig auf das paläozoische Alter (grösstenteils Silur-Devon bis Unterkarbon) dieses Gesteins hinweist. Besonders viele „dunkle Schiefer“ finden wir vor allem im schiefrigen Paläozoikum der Gömöriden.

Die Gesteine des jüngeren Paläozoikums, Karbons und Perms sowie die Schichtfolgen mit Melaphyrvorkommen sind reich an organischen Komponenten, doch wurden die organischen Bestandteile dieser Gesteine bisher nicht einmal grob analysiert, obwohl z. B. bekannt ist, dass sich die Uranakkumulationen im Perm deutlich und die Reste der organischen, vor allem der pflanzlichen Zerfallsstoffe konzentrieren. Eine erhöhte Radioaktivität der dunkelfarbigem Schiefer wurde auch in den altpaläozoischen Schichtfolgen des kristallinen Fundaments (z. B. in den Kleinen Karpaten und anderorts an mehreren Stellen beobachtet).

Die im Gestein dispergierte organische Substanz stellt eine quantitativ weniger bedeutende, aber geochemisch wichtige Komponente dar. Mit dem organischen Substrat steht die Bitumenbildung in genetischem Zusammenhang: die organische Substanz ist ein wichtiger Faktor der Minerogenese und bei der Diagenese wird ihr gleichfalls eine wichtige Rolle zugeschrieben: geochemische Untersuchungen der organischen Substanz kommen bei der Schichtung und Korrelation der Ablagerungen zur Geltung usw. Die von P. D. Trask (1932), B. D. Vassojević (1955), J. M. Hunt — G. W. Jamieson (1956) und A. B. Ronov (1958) durchgeführten umfassenden Unter-

suchungen hatten vor allem das Aufsuchen und die Erforschung von Kohlenwasserstofflagerstätten zum Ziel. Andere Autoren befassten sich mit Spezialproblemen, so z. B. studierten H. M. Gehman (1962) die organische Substanz der Karbonatgesteine, F. M. Swain (1963) die Humusgeochemie, W. D. Rolfe — D. W. Brett (1969) Fossilisierungsvorgänge, D. M. Welte (1969) die Zusammensetzung und den Ursprung der organischen Substanz in der geologischen Entwicklungsgeschichte der Erde.

Das charakteristische Kennzeichen der dispergierten organischen Substanz sind ihre chemischen Eigenschaften und die quantitative Beziehung zur Mineralkomponente des Sediments. Während der Kohlenstoff mit clark 2,3–10⁻³ unter den Elementen der Lithosphäre an 20. bis 25. Stelle steht, erhöht sich in der Masse der Gesteine sedimentären Typs (Tone, Schiefer) sein Anteil etwa 50 mal und steht mit clark 1 an achter Stelle (Vinogradov 1962). Laut L. G. Weeks (1958), der aus den durchschnittlichen Gehalten an organischer Substanz in den Sedimenten (P. D. Trask 1932, A. B. Ronov 1958, J. M. Hunt 1962, H. M. Gehman 1962) die Gesamtmenge der dispergierten organischen Substanz mit etwa 3,8–10¹⁵ t festlegte, ist in den abbauwürdigen Lagerstätten mineralischer Rohstoffe nur ein Bruchteil konzentriert; nach diesen Berechnungen stellen die Kohlenlagerstätten annähernd 1 500 und die Erdöllagerstätten 1 16 000 der gesamten dispergierten organischen Substanz dar. Der dispergierte Teil der organischen Substanz ist eine geochemisch sehr wichtige Komponente; er beteiligt sich an der Schaffung der physikalisch-chemischen Verhältnisse im Milieu (pH, rH), initiiert vor allem die anaeroben mikrobiologischen Vorgänge und dotiert energetisch die thermodynamisch nichtstöchiometrischen Reaktionen.

Die Erforschung der dispersen organischen Substanz bringt eine Anzahl von Problemen mit sich, die mit den chemischen Eigenschaften der organischen Stoffe und deren Sonderstellung im System der übrigen Naturstoffe in Zusammenhang stehen. Sehr deutlich kommt die Dispersion der organischen Substanz im Überschuss der Mineralphase des Gesteins zur Geltung. Wegen der äusserst labilen chemischen Struktur der meisten organischen Verbindungen können die letzteren im Überschuss der Mineralkomponente nicht als Individuen analysiert werden; bei den chemischen Analysen orientiert man sich daher auf das Verfolgen von „Spaltprodukten“ der im Gestein vertretenen organischen Verbindungen. Dadurch wird aber die Interpretation erschwert, denn bei der Präparation der Gesteinsproben werden neue Verbindungen synthetisiert, die in das System der ursprünglichen organischen Moleküle eindringen, ohne dass ihr Einfluss eliminiert werden kann. Aus denselben Gründen kann auch nach Entfernung des vorherrschenden Anteils der mineralischen Komponente eine direkte chemische Analyse der organischen Verbindungen keine Anwendung finden. Angesichts der veränderlichen Zusammensetzung des äusserst komplizierten Systems „organische Komponente — Mineralphase“ kann beim gegenwärtigen Stand der Technik die allgemein verlangte Reproduzierbarkeit der eine unterschiedliche Streuung aufweisenden analytischen Daten nicht sichergestellt werden. Dies betrifft vor allem die Angaben über den Gehalt an Huminstoffen und Bitumina. Dazu kommt bei beiden Kategorien von Verbindungen noch die uneinheitliche, in den einzelnen Fachgebieten (Geochemie, Bodenkunde, Gesteinskunde) oder Staaten gebräuchliche Terminologie, was schliesslich dazu führt, dass sich die Korrelation der an den einzelnen Arbeitsstätten erhaltenen Ergebnisse sehr schwierig gestaltet.



Abb. 1. Schematisierte geologische Karte des Kristallinums der Kleinen Karpaten nach B. Čambel (1962) mit eingezeichneten Abnahmestellen der laut Text der Arbeit bezifferten, analysierten Proben.

1. Neogen und Quartär
2. Untertriassische Quarzite
3. Zweiglimmerige granitoide Gesteine, Bratislavaer Typ
4. Biotitische Granodiorite, Modraer Typ
5. Schiefer der Harmonia-Serie (dunkle Hornfelsen, schieferige Gesteine)
6. Ton-quarzige Metamorphite des Liegenden der Harmonia-Serie (Phyllite, Glimmerschiefer, Gneise, Migmatite)
7. Zonen der Pyritvererzung mit erhöhtem Gehalt an bituminösen Schiefern, Pyroklastika und Amphiboliten
8. Amphibolite und Gabbroamphibolite
9. Mesozoikum insgesamt

Theoretische Grundlagen

Die geochemischen Untersuchungen der organischen Substanz in den Gesteinen der Tschechoslowakischen Karpaten beruhen auf der theoretischen Vorstellung einer schrittweisen Stabilisierung der Moleküle der mit der Mineralkomponente des Sediments gleichzeitig deponierten organischen Verbindungen. Die Stabilisierung erfolgt im allgemeinen in Richtung zur Bildung von Verbindungen mit einem geringeren Vorrat an freier Energie in den Molekülen. Charakteristisch hierfür ist der Verlust der heterogenen Elemente, die Disproportionierung des Wasserstoffs und die Bildung von energetisch ärmeren, mit Kohlenstoff (Karbonifikation) oder mit Kohlenstoff und Wasserstoff Bituminisierungen, angereicherten Molekülen. Unter natürlichen Bedingungen gehen beide Vorgänge in verschieden intensivem Ausmass gleichzeitig vor sich, so dass auch die Produkte dieser Vorgänge im Gestein in einem stark veränderlichen Verhältnis vertreten sind. Der Gehalt und die Zusammensetzung der organischen Substanz im Sediment werden im wesentlichen von zwei Faktoren bedingt: primär vom Charakter des Ablagerungsmilieus, sekundär vom Charakter und von der Intensität der Umbildung der organischen Substanz und von der Migration der entstandenen Komponenten. Die immobile, im Gestein verankerte Komponente, die bei unterschiedlichem Umwandlungsgrad „in situ“ erhalten bleibt, besteht aus den Produkten der fortgeschrittenen Karbonifikation mit hochmolekularen Bitumina und asphaltisch-teerigen Stoffen. Die mobile, d. i. die migrierende Komponente, die ihr Entstehungsmilieu unter günstigen Verhältnissen verlässt, besteht aus gasförmigen und flüssigen Kohlenwasserstoffen und aus einem Teil der Huminstoffe und der asphaltisch-teerigen Verbindungen. Die Zusammensetzung der dispergierten organischen Substanz ändert sich infolge der Stabilisierung der organischen Moleküle in Übereinstimmung mit der Intensität der Einwirkung der Metamorphosefaktoren (Temperatur, Druck) und mit der Intensität der Migration der mobilen Verbindungen (V. Š i m á n e k 1960, 1967).

Art und Ziel der Bearbeitung

Bei den Untersuchungen der organischen Substanz in den Gesteinen des kristallinen Fundaments der Kleinen Karpaten verfolgten wir den Gesamtanteil der dispergierten organischen Substanz und den Anteil der einzelnen Glieder der genetischen Karbonifikations- und Bituminisierungsreihen: der Huminstoffe, der Bitumina und des stark karbonifizierten organischen Substrats (Kerogens). Da diese Komponenten keine chemisch definierten Individuen sind, wurden die Analysen auf Gewichtsprozent des in der entsprechenden Komponente enthaltenen elementaren Kohlenstoffs umgerechnet. Die qualitative Zusammensetzung der organischen Substanz wird durch die sog. Kohlenstoffbilanz, d. h. durch den Prozentanteil des elementaren Kohlenstoffs der jeweiligen Komponente im Gehalt des elementaren Kohlenstoffs der gesamten organischen Substanz charakterisiert. Die chemischen Analysen der bituminösen Komponente wurden durch eingehendere Untersuchungen bei Anwendung von Gaschromatographie und Infrarot-Spektroskopie ergänzt. Laborativ wurden 31 Gebirgsproben bearbeitet. Unser Ziel bei der Auswahl der Proben war das folgende:

1. eine Übersicht über die qualitativ-quantitative Zusammensetzung der dispergierten organischen Substanz zu bieten,
2. die qualitativen Änderungen des organischen Materials in Abhängigkeit von der lithologischen und von der Fazieszusammensetzung der Sedimentgesteine und vom Gehalt an organischer Substanz zu verfolgen,

3. den Anteil und die qualitative Zusammensetzung der organischen Substanz als Funktion der regionalen Faktoren zu untersuchen,
4. den Anteil und die qualitativen Änderungen der organischen Substanz als Funktion des Charakters und der Intensität der Umwandlung zu verfolgen,
5. die Abhängigkeit der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung der organischen Substanz von der Stratigraphie festzustellen.

Laboruntersuchungen

Bei den chemischen Analysen der dispergierten organischen Substanz und der Bitumina wurden die von J. Šmeral (1964, 1969) ausgearbeiteten Methoden angewandt. Das Verfahren beruht auf der Bestimmung der einzelnen Komponenten der organischen Substanz im Gestein nach Zersetzung des Karbonatanteils mit 10 %-iger Chlorwasserstoffsäure. Der Gesamtanteil der organischen Substanz wird als Summe der im Sauerstoffstrom bei 900 °C verbrennbaren Stoffe bestimmt. Die Huminstoffe werden durch rückschreitende oxydimetrische Titration des alkalischen Gesteinsextraktes (5 % NaOH) mit Chromschwefelsäure bestimmt (C_{hum}). Die Bitumina (C_{bit}) werden mittels Mikroelementaranalyse des Abdampfrestes des Chloroformextraktes aus dem dekalzinieren Gestein nachgewiesen. Die enthaltene stark karbonifizierte (unlösliche) organische Substanz (Kerogen), C_{res} , wurde aus folgender Beziehung berechnet:

$$C_{\text{res}} = C_{\text{org}} - (C_{\text{hum}} + C_{\text{bit}})$$

Bei der Mikroelementaranalyse kam der Analysen bei Einwaagen von 1–2 mg ermöglichende Mikroanalysator GHS laut Tschechoslowakischer Patentschrift Nr. 123615 zum Einsatz.

Die Komponentenanalyse der Bitumina — Nachweis des Gehaltes an Ölen, Harzen und Asphaltenen — erfolgte unter Anwendung des konventionellen elutionschromatographischen Verfahrens (J. Šmeral 1969) und mittels Mikroelementaranalyse des vom Lösungsmittel befreiten Elutionsmittels.

Die gaschromatographische Analyse der Ölfraction der Bitumina wurde nach der modifizierten Methode von D. E. Anders et al. (1973) und von D. V. Viktorovič und M. Šaban (1972) durchgeführt. Die Analysen wurden an einem „CARLO ERBA Fraktovar 2400 T“; Säule — 1–1,3 mm, Ø 2 mm, Packung 2 % OV 17 VWR 80/100 mesh, Empfindlichkeit 32/10 Helium 1,1 ml/min, programmierte Temperatur 110–300 °C, 6 °/min und an einem PERKIN ELMER Gerät; Säule 1 m, Ø 2 mm, Packung Chromosorb W SE-30; 0,2–0,25 mm, Trägergas Stickstoff 0,4 ml/min vorgenommen.

Die infraroten Absorptionsspektren der Bitumina wurden nach Abdampfen des Chloroforms und Lösung des Extrakts in Tetrachlormethan gemessen. Die Messungen erfolgten in 0,1 mm dicken Küvetten an einem UR-20 ZEISS Infrarot-Spektrographen. Zur Auswertung wurden die Vergleichsspektren von Bellami (1971) verwendet.

Ergebnisse

Charakteristik der dispers verteilten organischen Substanz

Der Anteil und die Zusammensetzung der organischen Substanz in den Gesteinen des kristallinen Fundaments der Kleinen Karpaten sind äusserst veränderlich; es konnten sehr hohe C_{org} -Konzentrationen (Gestein mit etwa 4 bis über 8 Gew. %, Gestein

mit erhöhtem Gehalt (etwa 1 Gew. $\frac{0}{0}$ C_{org}), mittelhohe Konzentrationen (0.5 — 1 Gew. $\frac{0}{0}$), sowie Gestein mit niedrigem Gehalt an organischer Substanz (mit weniger als 0.5 bis Hundertstel Gew. $\frac{0}{0}$ organischen Kohlenstoff(s)) nachgewiesen werden. Sehr verschieden ist auch die Zusammensetzung der dispergierten organischen Substanz: ein Teil des untersuchten Gesteins enthält stark, praktisch vollkommen karbonifizierte organische Substanz, die wiederum über 99 $\frac{0}{0}$ unlöslichen Kerogens enthält; in den meisten Gesteinen weist die organische Substanz ein fortgeschrittenes Stadium der Karbonifikationsmetamorphose auf (C_{res} beträgt etwa 90—99 $\frac{0}{0}$ relativ), in einer kleineren Anzahl der Gesteinsproben wurde eine bis zu einem niedrigeren Karbonifikationsstadium ($C_{res} < 90 \frac{0}{0}$) umgewandelte organische Substanz vorgefunden. Der relative Gehalt an Huminstoffen und Bitumina in der organischen Substanz entspricht in reziproker Abhängigkeit dem Kerogengehalt C_{res} . Der erhöhte Bitumengehalt wird meist von erhöhtem relativen Huminstoffgehalt begleitet. Die Berghbitumina aller analysierter Gesteinsproben haben den Charakter schwerer Asphalte. Die pauschal vorherrschende Komponente der Bitumina sind die Asphaltene, Öle sind schwächer vertreten, während die Harze eine Begleitkomponente darstellen. Die Öle bestehen hauptsächlich aus gesättigten paraffinischen Kohlenwasserstoffen mit 18 bis 30 Kohlenstoffatomen pro Molekül (Oktadekan bis Triakontan). Die bituminöse Komponente des kristallinen Gesteins enthält bis zu $n \cdot 10^{-1}$ Gew. $\frac{0}{0}$ gebundenen Schwefels. Die Ergebnisse der chemischen Analysen werden in Tafel 1 zusammengefasst.

Die organische Substanz in ihrer Beziehung zum Lithofaziestyp des Gesteins

Die Abhängigkeit der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung der dispergierten organischen Substanz von der Lithofaziesausbildung des Gesteins wird durch die graphische Darstellung der Ergebnisse in Abb. 1. und die Beziehungen zu den geologischen Faktoren im allgemeinen (Lithologie, Gesteinsmetamorphose, Stratigraphie und regionale Gliederung) werden in Abb. 2 illustriert.

Wie aus den Ergebnissen hervorgeht, ist die Lithologie der den Anteil und die qualitative Zusammensetzung der dispergierten organischen Substanz entscheidend beeinflussende Faktor. Die dunklen bis grauschwarzen Pelite (Graphitschiefer) haben eine pauschal hohe Konzentration der dispersen organischen Substanz und auch die dunklen, etwas grobkörnigeren Schiefer weisen einen erhöhten Gehalt an organischer Substanz auf. Die grauen und hellen mittelkörnigen Gesteine enthalten dagegen nur kleine bzw. Spurmengen der dispersen organischen Substanz. Diese Feststellung steht mit den Untersuchungen der dispersen organischen Substanz der Sedimentgesteine in den tschechoslowakischen Karpaten und mit den umfangreichen ausländischen Forschungsarbeiten (V. Šimánek 1974, P. D. Trask 1932, A. B. Ronov 1958) in Einklang. Aus den Ergebnissen kann man ersehen, dass die Konzentration C_{org} eine Funktion der Korngrößenverteilung des Gesteins ist; sie ändert sich in reziproker Abhängigkeit vom Sandgehalt im Muttergestein. Primär hängt sie von der Differenzierung des abgelagerten Materials und von den physikalisch-chemischen Faktoren ab, die die Erhaltung der organischen Substanz im Küstenteil und im zentralen Teil des Sedimentationsraums (Abtragungsgeschwindigkeit, Umschiebung, etc.) bedingen. Lithologiebedingt ändert sich auch die qualitative Zusammensetzung der dispersen organischen Substanz. Mit Ausnahme der bituminösen Permischefer aus dem Hangenden der Harmónia-Serie (Gesteinsprobe 9) ist die organische Substanz der dunkelfarbigsten bis grauschwarzen Pelite („Graphitschiefer“) zur Gänze karbonifiziert; der Kerogengehalt beträgt 99.7—99.9 $\frac{0}{0}$ relativ. Die Bitumina und die Huminstoffe stellen in

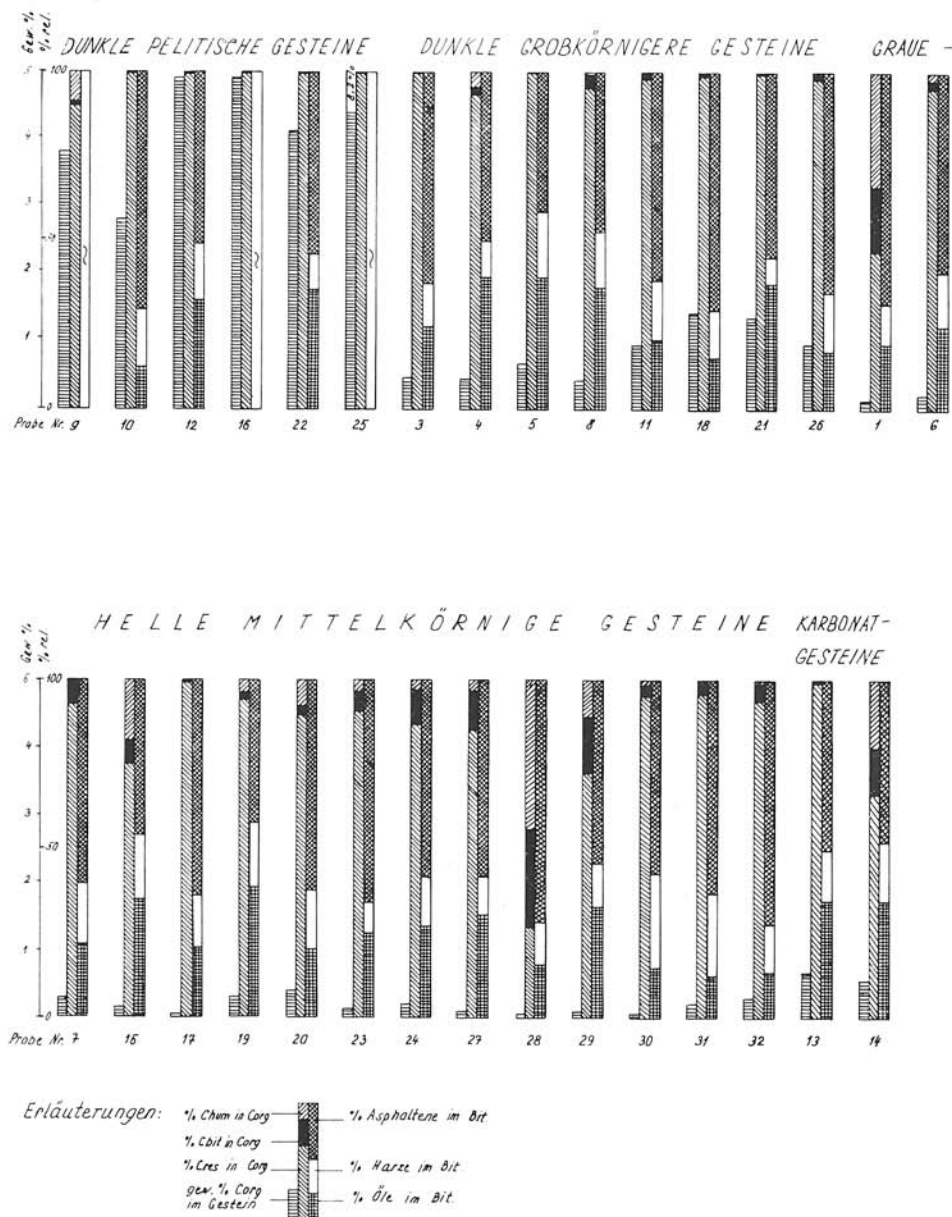


Abb. 2. Gehalt und Zusammensetzung der organischen Substanz in den Gesteinen des kristallinen Fundaments der Kleinen Karpaten als Funktion der Gesteinseigenschaften

Tafel 1

Die organische Substanz in den Gesteinen des kristallinen Fundaments
der Kleinen Karpaten

Erläuterungen: A. Metamorphose

1. Kontakt-M.

2. Regional-M.

a) Gneis

b) Glimmerschiefer

c) Phyllit

3. Nicht metamorphed

B. Stratigraphie

1. Fundament

2. Harmónia-Serie

3. Karbon-Perm

4. jünger

Probe Nr.	A	B	C	Gew. ‰ im Gestein			
				C _{org}	C _{res}	C _{hum}	C _{bit}
1	1	2	3	0.11	0.05	0.04	0.02
3	3	4	2	0.48	0.47	Sp.	0.01
4	3	4	2	0.46	0.43	Sp.	0.03
5	2c	2	2	0.66	0.63	—	0.03
6	1	2	3	0.21	0.20	0.005	0.005
7	2b	1	3	0.28	0.26	—	0.02
8	2c	3	3	0.41	0.39	—	0.02
9	2c	3	1	3.82	3.41	0.37	0.02
10	2c	3	1	2.82	2.80	0.0	0.02
11	2c	1	2	0.95	0.92	Sp.	0.03
12	2c	2	1	4.93	4.92	—	0.01
13	3	4	4	0.64	0.63	0.01	Sp.
14	3	4	4	0.52	0.34	0.10	0.08
15	2b	1	3	0.15	0.11	0.03	0.01
16	2b	1	1	4.94	4.93	—	0.01
17	2c	1	3	0.03	0.02	0.01	Sp.
18	2a	1	2	1.42	1.41	Sp.	0.01
19	2a	1	3	0.29	0.27	0.02	0.004
20	2b	1	3	0.38	0.34	0.03	0.01
21	2b	1	2	1.34	1.33	—	0.01
22	2b	1	1	4.1	4.09	—	0.01
23	2b	1	3	0.13	0.11	0.01	0.01
24	2b	2	3	0.19	0.17	0.01	0.01
25	2b	1	1	8.28	8.25	0.01	0.02
26	1	2	2	0.98	0.97	Sp.	0.01
27	2c	1	3	0.07	0.06	0.002	0.008
28	2b	1	3	0.03	0.01	0.01	0.008
29	2b	1	3	0.07	0.05	0.01	0.01
30	2c	2	3	0.20	0.19	0.04	0.06
31	2b	1	3	0.24	0.23	Sp.	0.01
32	2c	2	3	0.30	0.28	0.04	0.13

diesem Gestein nur die restlichen relativen 0.3—0.1 ‰ dar. Die organische Substanz der dunkelfarbigten Schiefer von größerer Körnung ist ähnlicher Natur. Die durch den relativen Gehalt an Huminstoffen charakterisierte Karbonifikationsmetamorphose hat das gleiche Ausmass wie bei den Graphitschiefern, die größere Körnung des Muttergesteins kommt in der Zusammensetzung der organischen Substanz durch eine kleine Erhöhung des Bitumenanteils zum Ausdruck (C_{bit} bildet 0.3—6.2 ‰ des C_{org}-Gehaltes). Deutlich unterscheidet sich hiervon der qualitative Bestand der in den grauen bis

C. Lithologie

1. sehr dunkle Pelite
2. dunkle körnigere Gesteine
3. graue bis helle mittelkörnige Gesteine
4. Karbonatgesteine

Kohlenstoffbilanz			Komponentenanalyse der Bitumina			Gew. $\frac{0}{0}$ S im Bit.
C _{res}	C _{hum}	C _{bit}	Öle	Harze	Asphalte	
46,9	34,8	18,3	19,3	11,8	68,9	—
99,6	< 0,1	0,2	24,5	12,6	62,9	—
93,7	0,1	6,2	39,2	10,7	50,0	0,09
99,7	—	0,3	39,2	19,5	41,3	—
95,0	2,5	2,5	24,6	15,7	59,7	—
92,5	—	7,5	31,7	17,7	60,6	0,006
95,7	—	4,3	36,4	16,4	47,2	0,005
89,8	9,6	0,6	—	23,3	76,7	0,014
99,7	—	0,3	12,5	16,4	71,9	—
98,1	0,2	1,7	20,8	17,2	61,9	0,009
99,9	—	0,1	32,8	16,2	51,0	—
99,5	0,5	—	34,7	15,1	50,2	—
66,2	20,0	13,8	34,7	17,2	48,0	—
75,6	18,2	6,2	34,8	19,0	46,1	0,001
99,9	—	0,1	—	—	—	—
99,6	0,25	0,15	20,3	15,5	64,2	—
99,1	—	0,9	15,2	13,8	70,9	—
94,5	4,1	1,4	38,6	19,2	42,2	—
89,7	8,1	1,8	20,0	17,2	62,8	0,118
99,1	—	0,9	37,1	7,8	55,1	0,195
99,7	—	0,3	35,9	10,0	54,1	—
90,9	3,8	5,2	25,0	14,3	60,7	0,114
86,8	3,1	10,1	26,9	14,4	58,6	0,054
99,7	0,1	0,2	—	—	—	—
98,7	0,5	0,8	17,7	17,1	65,1	0,07
85,4	3,3	11,2	30,3	11,1	58,6	—
27,0	44,4	28,9	15,8	12,2	72,0	—
72,4	11,3	16,3	32,8	12,9	54,4	0,089
95,1	1,9	3,0	14,9	27,6	57,5	—
96,1	1,0	2,9	12,2	24,5	63,3	0,003
94,3	1,3	4,4	13,2	14,5	72,3	0,002

hellen mittelkörnigen Schiefern verteilten organischen Substanz. Die Umwandlung der organischen Substanz reicht von starker Karbonifizierung (99,6 relative $\frac{0}{0}$ C_{res}, 0,2 relative $\frac{0}{0}$ C_{hum}) in den grauen Serizitphylliten bis zu den Anfangsphasen der Karbonifikation, für die 27,0 $\frac{0}{0}$ C_{res} und 44,4 C_{hum} (Glimmerschiefergneis) charakteristisch sind. Die Abhängigkeit des qualitativen Bestandes der dispers verteilten organischen Substanz von der Lithologie tritt in diesen Gesteinen deutlich hervor und kommt insbesondere in der Abhängigkeit des Anteils des mobilen Teils der organischen Sub-

stanz von der Gesteinskörnung zur Geltung. Der Bitumenanteil in der Kohlenstoffbilanz der in diesem Gestein dispergierten organischen Substanz schwankt im Bereich von 0,15 bis 28,9⁰/₀. Ein geringerer als 1⁰/₀-iger Anteil wurde nur in einer Gesteinsprobe (grauer feinkörniger stark gefalteter Serizitphyllit, Nr. 17), in der die Herabsetzung des Bitumenanteils mit der Fäktelung des den untertriadischen Quarziten untergelagerten Biotitphyllits in Zusammenhang stehen dürfte, vorgefunden, während dieser Anteil im Grossteil der untersuchten Gesteinsproben 10⁰/₀ überschreitet. Der erhöhte Bitumenanteil in der Bilanz des organischen Substanz dient als Beweis für den epigenetischen Charakter dieser Bitumina, wogegen die vorherrschende asphaltisch-harzige Komponente auf Bitumenreste nach der Emigration der mobilen, vorwiegend kohlenwasserstoffhaltigen Komponente (Öle) im Verlauf der Gesteinsverdichtung hinweist (V. Šimánek 1967) (Vgl. Tafel 1 und Abb. 1 und 2).

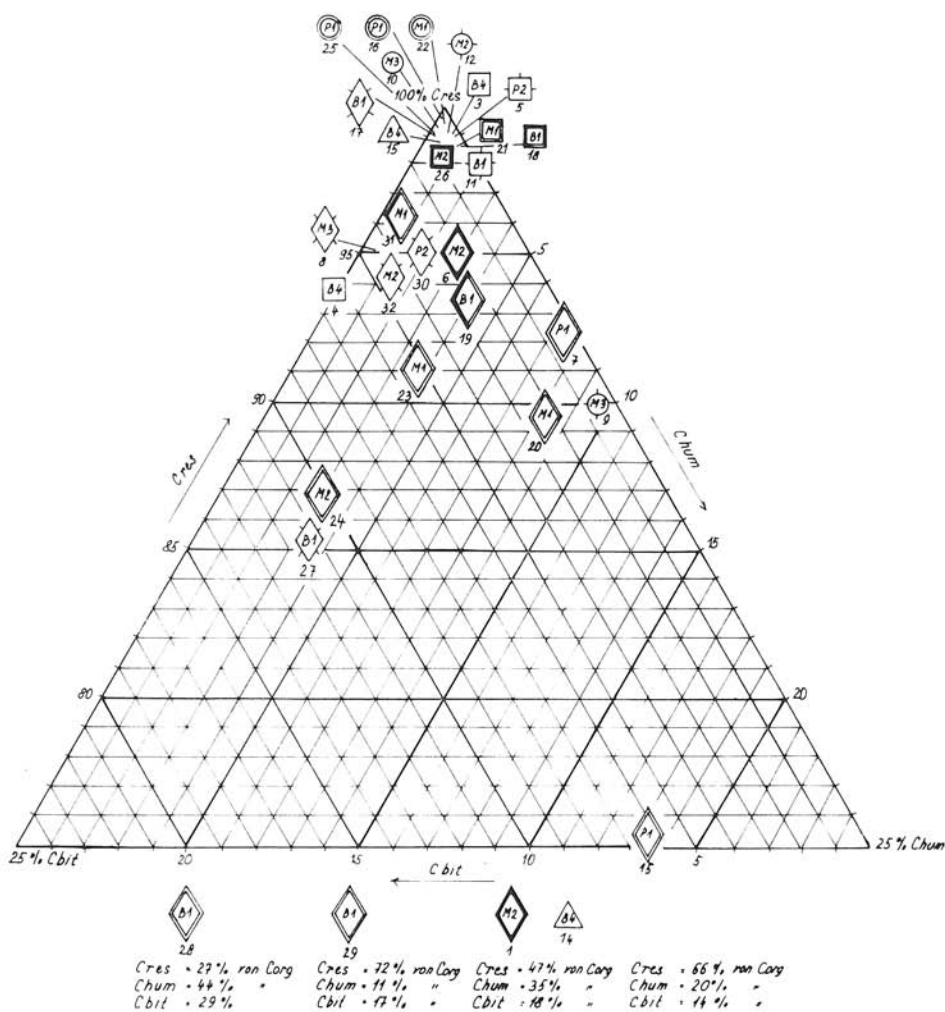
Die organische Substanz in ihrer Beziehung zur Region

Aus der primär bedingten Abhängigkeit der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung der dispersen organischen Substanz von der lithofaziellen Gesteinsausbildung geht die Abhängigkeit ihrer regionalen Verteilung hervor; sie wird durch die Vertretung der einzelnen Lithofaziestypen des Gesteins in den Teilregionen bestimmt. Abgesehen von den Gesteinsproben Nr. 16 und 25 befindet sich in den Gebieten von Bratislava und Pezinok-Pernek das Gestein mit niedrigerem Gehalt an organischen Substrat in einem weniger fortgeschrittenen Stadium der Karbonifikationsmetamorphose. Die Proben Nr. 16 und 25 bestehen aus pyritisierten Graphitschiefern aus dem Gebiet der kleinkarpatischen syngenetischen Kiesvererzung. Diese Ausnahme kann mit den besonderen genetischen Bedingungen, unter denen die syngenetische Vererzung in der Periode des submarinen geosynklinalen ophiolitischen Vulkanismus vor sich ging, sowie mit den speziellen gemässigten Metamorphosebedingungen im Hangenden der Amphibolitlagen in Zusammenhang stehen. Im Gebiet von Modra und Orešany führt die grössere Verbreitung der dunkelfarbigten und grauschwarzen Pelite eine regional erhöhte Konzentration der zu einem höheren Grad karbonisierten organischen Substanz mit sich.

Die disperse organische Substanz und die Gesteinsmetamorphose

Die Beziehungen zwischen der qualitativ-quantitativen Zusammensetzung der dispersen organischen Substanz und den Metamorphosefaktoren (Temperatur, Druck, geologisches Alter, Ablagerungstiefe) in den Sedimentgesteinen der tschechoslowakischen Karpaten wurden von V. Šimánek (1974) untersucht. Für durch Regional — bzw. Kontaktmetamorphose umgewandelte Gesteine wurde dieses Problem vorläufig noch nicht behandelt. In Hinblick auf das untersuchte Gestein des kleinkarpatischen kristallinen Untergrunds kann das Problem anhand der in Tafel 1 angeführten und in Abb. 2 graphisch dargestellten Ergebnisse besprochen werden.

Aus den Ergebnissen geht hervor, dass die Konzentration der dispersen organischen Substanz in den kristallinen Gesteinstypen weder vom Stadium noch von der Art der Metamorphose (Regional-, Kontaktmetamorphose) abhängig ist; der qualitative Bestand des organischen Anteils zeigt ebenfalls keine korrelierbare Beziehung zu den Metamorphosefaktoren. Diese Beziehung ist durch den autochthonen Charakter der dispersen organischen Substanz bedingt, wobei die Abhängigkeit vom Sedimentationsregime bzw. von den sedimentologischen Verhältnissen der primäre entscheidende Faktor ist.



Lithologische Charakteristik:
nicht metamorphes Gestein:

- dunkle — schwarze Gesteine
 □ dunkles grobkörniges Gestein
 ◇ graues — helles
 mittelkörniges Gestein
 ▲ Kalkstein

Metamorphosegrad:

Kontaktmetamorphose:

Regionalmetamorphose:

- 


- Gneis
 Glimmerschiefer
 Phyllite

Einstufungsgebiet:

- Ⓑ** Bratislava
⒑ Pezinok — Pernek
Ⓜ Modra — Orešany
① Fundament
② Harmónia — Serie
③ Karbon — Perm
④ jünger

Stratigraphie:

- Probe Nr.
x — n

Es wird mit Recht vorausgesetzt, dass die Metamorphose des Muttergesteins nur zu geringfügigen Änderungen im Gehalt an disperser organischer Substanz führen kann. Bei der anaeroben Umbildung der organischen Substanz gehen Abbauprozesse der heterogenen Elemente, Aromatisierung und Kondensation der Ringe, sowie Stabilisierungsvorgänge in der Struktur der organischen Verbindungen vor sich. Der Prozess als Ganzes wird durch den ansteigenden Anteil von Kerogen (C_{res}) in der Kohlenstoffbilanz der organischen Substanz charakterisiert; der Kohlenstoff tritt in eine stabilere Struktur der organischen Moleküle ein und, abgesehen von Verlusten an der Masse, mit der die Bildung der emigrierenden gasförmigen bzw. flüssigen Produkte dotiert wird, bleibt sein Anteil unverändert.

Die Forschungsarbeiten haben die Abhängigkeit der qualitativen Zusammensetzung der dispersen organischen Substanz von den physikalischen Faktoren der Metamorphose gezeigt. In Sedimentationsbecken mit erhaltener Auflagerung der Sedimente wird diese Abhängigkeit durch den Anstieg der Karbonifikationsmetamorphose, d. h. durch den Anstieg des Kerogenanteils und durch das Absinken des Huminstoffanteils in der Kohlenstoffbilanz der organischen Substanz mit Ablagerungstiefe und mit dem geologischen Alter des Muttergesteins, gekennzeichnet. In den tertiären Becken der tschechoslowakischen Karpaten ist die disperse organische Substanz in 1000–4000 m Tiefe zu 95–99 % karbonifiziert. In den Gesteinen der mesozoischen bzw. paläozoischen Altersstufe erreicht die Karbonifikation dieses Ausmass schon in Tiefen unter 1000–2000 m (V. Šimánek 1974). Wie aus den Untersuchungen der Gesteinsproben aus dem kristallinen Untergrund der Kleinen Karpaten hervorgeht, weist die disperse organische Substanz die gleiche fortgeschrittene Karbonifikation schon in den schwach metamorphen bis schiefrigen bzw. phyllitisierten Gesteinen (Mariataler Schiefer, Phyllite, vgl. Tafel 1, Abb. 2) auf. In den fortgeschrittenen Stadien der Regionalmetamorphose erfolgte anscheinend nur das „Nachformen“ der chemischen Struktur des unlöslichen Kerogens zum Endprodukt — Graphit. In diesem Zusammenhang ist die Tatsache interessant, dass, mit Ausnahme der Permschiefer aus dem Hangenden der Harmónia-Serie (Gesteinsprobe Nr. 9), die auch in den schwach metamorphen Gesteinen (Phyllite) in grossen Mengen verbreitete organische Substanz praktisch gänzlich karbonifiziert ist (als Graphit bezeichnete Schiefer). Der erhöhte relative Gehalt an Huminstoffen in einigen stark (durch Kontaktmetamorphose umgewandeltes Gestein, Gneis) bzw. schwach metamorphen (Glimmerschiefer Gesteinen dürfte allochthonen Ursprung haben. Dafür spricht auch der gleichzeitig erhöhte relative Gehalt an epigenetischen Bitumina, der mit den gröberen und mittelkörnigen Gesteinen in Verbindung steht.

Die organische Substanz in ihrer Beziehung zum geologischen Alter des Gesteins

Im untersuchten stratigraphischen Bereich (Paläozoikum — Mesozoikum) kann zwischen dem Anteil und der Zusammensetzung der dispersen organischen Substanz und der stratigraphischen Einstufung des Muttergesteins keine definierbare Beziehung festgelegt werden. Wie aus den Ergebnissen der chemischen Analysen ersichtlich ist (vgl. Tafel 1 und Abb. 2), enthält das Gestein des Grundgebirges je nach dem Lithofaziescharakter 0,03–8,3 Gew. % C_{org} . In primärer Abhängigkeit von den lithologischen Eigenschaften weisen die Konzentrationen des organischen Substrats auch in den Gesteinen der Harmónia-Serie (0,1–4,9 Gew. % C_{org}), sowie in den ins Permo-Karbon gestellten Gesteinen (1,4–3,8 Gew. %) bedeutende Schwankungen auf. In den jüngeren Gesteinen schwankt die Konzentration der dispersen organischen Substanz nur schwach (0,4–0,6 Gew. %). Auch die qualitative Zusammensetzung der dispergierten organi-

schen Substanz, ähnlich wie ihre Konzentration, ist sehr veränderlich. Aus den Ergebnissen kann geschlossen werden, dass im untersuchten stratigraphischen Bereich des kristallinen Fundaments der Kleinen Karpaten der „Altersfaktor“ nur von untergeordneter Bedeutung ist.

Schlussfolgerungen:

1. In den Gesteinen des kristallinen Untergrunds der Kleinen Karpaten ist die disperse organische Substanz in Konzentrationen von 0,02—8,5 Gew. % C_{org} enthalten.
2. Die disperse organische Substanz wird grösstenteils in einem stark fortgeschrittenen Stadium der Karbonifikationsmetamorphose vorgefunden.
3. Der Lithofaziescharakter des Gesteins ist für die qualitative und quantitative Zusammensetzung der organischen Substanz der primär entscheidende Faktor.
4. Die dispergierte organische Substanz wird schon in den durch schwache Regionalmetamorphose umgewandelten Gesteinen zu einem hohen Grad karbonifiziert. Die angewandte Methodik ermöglicht es jedoch nicht, die weiteren Phasen der Gesteinsmetamorphose in der Zusammensetzung der organischen Substanz zu verfolgen.
5. Die Rolle des geologischen Alters des Gesteins bei der Umwandlung der organischen Substanz im Bereich der Kleinen Karpaten konnte anhand der durchgeführten groben analytischen und nur zur Orientierung dienenden Forschungsarbeiten nicht ausreichend genau ausgewertet werden. Die verwendete Methodik, die nur die genetischen Endglieder der Umwandlung der organischen Substanz verfolgte, war nicht genug empfindlich, um die Artenunterschiede des paläontologischen, mittels palynologischer Untersuchungen von O. Čorná nachgewiesenen organischen Materials unterscheiden zu können. Zu diesem Zweck wollen wir in der nächsten Arbeitsetappe eingehende chemische Analysen der eigens hierfür separierten organischen Komponente durchführen.
6. Obwohl es wegen der geringen Analysenanzahl nicht möglich war alle, das Ziel unserer Forschungsarbeiten darstellenden Probleme zu lösen, konnte festgestellt werden, dass bei systematischen Untersuchungen der organischen Substanz die potenzielle Möglichkeit besteht wertvolle Forschungsergebnisse zu erhalten, die auch für den Geologen von Interesse sein werden.

Übersetzt von M. RADEKOVÁ.

SCHRIFTTUM

- ANDERS, D. E. — DOOLITTLE, F. G. — ROBINSON, W. E. 1973: Analysis of some aromatic hydrocarbons in a benzene-soluble bitumen from Green River Shale, Geochim. Cosmochim. Acta (London), 37, S. 1213—1228.
- BELLAMI, L. 1971: Neue Erkenntnisse aus den infraroten Spektren komplizierter Moleküle — in russisch. (Moskva), Mir.
- BUDAY, T. — CAMBEL, B. — MAHEU, M. et al. 1962: Vysvetlivky k prehľadnej geologickej mape ČSSR 1:200 000 (Wien, Bratislava), (Bratislava), S. 1—247.
- CAMBEL, B. 1954: Geologicko-petrografické problémy v SZ časti kryštalinika Malých Karpat. Geol. práce (Bratislava), 36, S. 1—74.
- CAMBEL, B. — ČORNÁ, O. 1974: Stratigrafia krystalického základu masívu Malých Karpat v svete palynologického výskumu. Geol. zborn. Slov. akad. vied (Bratislava), 25, Nr. 2, S. 241—255.
- CAMBEL, B. — VALACH, J. 1956: Granitoidné horniny v M. Karpatoch, ich geológia, petrografia a petrochémia. Geol. práce (Bratislava), 42, S. 113—262.
- ČORNÁ, O. 1968: Sur la trouvaille de restes d'organismes dans les roches graphitiques du

- eristallin des Petites Carpathes. Geol. zborn. Slov. akad. vied (Bratislava), 19, Nr. 2, S. 303—309.
- HUNT, J. M. — JAMIESON, G. W. 1956: Oil and organic matter in source rocks of petroleum. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol. (Tulsa), 40.
- ROLFE, W. D. L. — BRETT, D. W. 1969: Fossilisation Process: organic geochemistry (Methods and Results). Berlin—Heidelberg—New York, Springer Verlag, 213 S.
- ROXOV, A. B. 1958: Organičeskij uglerod v osadočnych porodach v svyazi s ich neftegazonosnostju. Geochimija (Moskva), Nr. 5.
- SWAIN, F. M. 1963: Geochemistry of humus: Organic geochemistry. (Inter. Ser. of Monographs on Earth Sci. (London—New York), Breger, vol. 16, S. 87.
- ŠIMÁNEK, V. 1960: Geochemický výskum organické hmoty sedimentů. Manuskript — Ústav pro naftový výskum, Brno.
- ŠIMÁNEK, V. 1967: Die epigenetischen Bitumina vom Standpunkt der geochemischen Untersuchung der organischen Substanz. Sammelband „Vorträge der V. Internat. Konferenz“ (Magdeburg).
- ŠIMÁNEK, V. 1974: Organická substance sedimentárních hornin neogenních pánví a flyšového pásma ř. Karpat. Manuskript. Geologische Zentralanstalt, Zweigstelle Brno.
- ŠMERAL, J. 1964: Die in der ČSSR angewandte Methodik zur geochemischen Untersuchung der organischen Substanz in Gesteinen. Sammelband „Vorträge der IV. Internat. Konferenz“, (Brno).
- ŠMERAL, J. 1969: Analytický výskum vysokomolekulárních horninových bitumenů a rop. Manuskript. Geologische Zentralanstalt, Zweigstelle Brno.
- TRASK, P. D. 1932: Origin and environment of source sediments of petroleum. Houston, Gulf Publish. Comp.
- VASSOJEVIČ, N. B. 1955: O neftematerijskích otloženíjach severovostočnogo Kavkaza. Sb. Proischoždenije nefti. (Moskva), Gostoptechnizdat.

Zur Veröffentlichung empfohlen von E. MECHÁČEK.

Petrographische Beschreibung der Gesteinsproben

Nr. 1. Durch Kontaktmetamorphose umgewandelte Hornsteinfleckschiefer der Harmónia-Serie. Steinbruch bei den Wegsperrern im Tal des Flusses „Kamenný potok“, Gemeinde Harmónia.

Zusammensetzung: Biotit, Serizit, stark muskovitisierter Andalusit, Quarz, Feldspat, Eisenoxide, organische Substanz. Der Biotit ist teils ausgebleicht und teils muskovitisiert, mehr oder weniger kristallonomisch, ausgebildet, orientiert. Die Quarz — und Feldspatgranoblasten haben eine Korngrösse von maximal 0,2 mm, minimal 0,03 mm, meistens 0,08 mm. Die Eisenoxide, bzw. das Kohlenstoffpigment haben Korngrößen von 0,01 bis 0,04 mm. In manchen Lagen befinden sich grosse Muskovite von 0,3 mm Länge und 0,05 mm Breite. Nr. 3. Mariátsaler Schiefer — (Lias). Steinbruch — Gemeinde Mariánka. Sehr dunkles, dünn-schiefriges Gestein. Die Struktur ist blastopelitisch. Von den Mineralen sind Serizit, Karbonate, Eisenoxide und Manganoxide anwesend. Die organische Substanz bildet ein von den Eisenoxiden schwer unterscheidbares Pigment. Die jüngeren Klüfte sind mit Kalzitgranoblasten ausgefüllt.

Nr. 4. Mariátsaler Schiefer, Gemeinde Pernek, hinter den Gebäuden Nr. 232. Beschreibung wie bei Gesteinsprobe Nr. 3.

Nr. 5. Feinkörniger serizitischer-chloritischer biotitischer Phyllit. Der weiter westlich gelagerte Schieferkomplex der Harmónia-Serie beim Kontakt mit dem kristallinen Fundament. Halde des „Goldstollens“, Tal „Hrubá dolina“, bei der Hütte Koliba. Der Phyllit enthält grössere Quarz-Porphyrblasten. Die Kohlenstoffkomponente ist in Gestalt von 0,01 mm grossen Anhäufungen zerstreut. Der Biotit ist grösstenteils chloritisiert.

Nr. 6. Dunkelgrauer Fleckschiefer der Harmónia-Serie, Hegerhaus „Fugelka“ beim Wasserebehälter oberhalb der neuen Hütte. Granoblastisch-lepidoblastische Struktur, mit erkennbarem klastogenen Charakter der Sedimentskomponenten, die einzelnen Bruchstücke der Minerale, insbesondere die des Quarzes, sind noch nicht umkristallisiert. Der Biotit ist xenoblastisch (schwach ausgebildet), von kleinen Abmessungen und verwächst mit den Porphyrblasten des Muskovits. Die organische Substanz konzentriert sich in unterbrochenen Streifen vor allem dort, wo Glimmerminerale gebildet werden.

Nr. 7. Dunkelfarbiger Schiefer mit hellem Streifen. Kontakt mit der Harmónia-Serie. Pezinok-Gajla, Tal „Hrubá dolina“ von der Hütte „Koliba“ bis zur Hütte „Kablo“, 400 m

westwärts. Biotitisch-serizitischer Phyllit mit Sekretionsadern von teilweise granoblastisch zerfallenen Quarz. Abmessungen der Granoblasten: 0,2–0,3 mm. Das Grundgewebe besteht aus serizitisierten Feldspäten und Quarz. Der Serizit bildet ein systematisches Geflecht langgezogener Individuen, in denen sich örtlich xenoblastischer Muskowit zu bilden beginnt. Die Quarzkormester sind manchmal bis 0,3 mm gross. Die organische Substanz ist in Form von winzigen Anhäufungen (0,03 mm) zerstreut und konzentriert sich vorwiegend auf die zersetzten Feldspatlagen oder bildet längliche Streifen.

Nr. 8. Dunkelfarbiges dünnchiefriges Gestein. Perm. im Hangenden der Harmónia-Serie und im Liegenden der Quarzite. Gemeinde Dubová. Weg südostwärts vom Hegerhaus „Fugelka“. Wegeinschnitt etwa 200 m von der Urlauberhütte.

Nr. 9. Bituminöser quarziger und serizitisch-quarziger Schiefer mit welligen grösseren Quarzkörnern, aus dem Liegenden der Quarzite (Perm?). Hegerhaus „Fugelka“, etwa 300 m vom Hegerhaus. Weg oberhalb des Neubaus. Wegeinschnitt. Der Quarz bildet im Feldspat-Quarz-Grundgewebe Nester oder langgezogene Lagen. Das Kohlenstoffpigment bildet durchgehende Streifen.

Nr. 10. Bituminöser Arkoseschiefer, wahrscheinlich Perm. unterhalb der untertriadischen Quarzite. Gemeinde Dubová. Hegerhaus „Fugelka“ — Weg bergauf vom Neubau beim Quarzitblock, etwa 300 m von Neubau. Quarziges Gestein mit granoblastischen zerfallenen grösseren Quarzstücken, mit grösstenteils serizitisierten Feldspattrümmern, im Zement auch Tonminerallagen, an die sich das organische Pigment bindet.

Nr. 11. Quarzige serizitisch-chloritische diaphoritische Phyllite mit Biotitrelikten. Gemeinde Mariánka. grosser Steinbruch. Serizitisch-chloritischer diaphoritischer Phyllit. Die Muskowit-PorphYROblasten sind zur Gänze in parallel tafelförmige Aggregate zerfallen. Die Quarzite sind unzertrümmert und bilden Nester ungleichmässiger Körner von 0,2–0,3 mm Durchmesser. Die organische Substanz bildet längliche oder isometrische, 0,04–0,2 mm grosse Anhäufungen. Der Biotit ist relik, beinahe gänzlich chloritisiert und muskowitziert.

Nr. 12. Typischer dünnchiefriger bituminöser biotitisch-serizitischer Schiefer der Harmónia-Serie mit blastopelitischer Grundmasse. Oberdevon bis Unterkarbon. Untere Kalksteingrube Harmónia — Dolínkovský vrch. Die bituminösen Schiefer bilden Zwischenlagen zwischen den Kalksteinen und weisen Spuren von Sulfiden auf. Biotitisch-serizitischer quarziger feinkörniger bis pelitischer Schiefer mit höheren kristalloblastischen Quarzlagen von 0,1–1,0 mm Korngrösse. Die Grundmasse selbst ist feinkörnig bis blastopelitisches mit höheren Biotitkristalloblasten. Chlorit ist ebenfalls anwesend. Das Kohlenstoffpigment ist an die feinkörnige Grundmasse gebunden.

Nr. 13. Bituminöser Kalkstein, wahrscheinlich Mitteltrias oder Lias. Grosse Kalksteingrube im Tal „Čajlanská Hrubá dolina“. Westseite des Flusses. Tal Hrubá dolina. Pezinok-Čajla. Pelitischer feinkörniger dunkler Kalkstein mit ungleichlaufende Lagen bildenden organogenen Pigmentstreifen. Blastopelitisches Struktur. Von den klastischen Mineralen sind opake Minerale und in geringfügiger Menge auch Quarz anwesend.

Nr. 14. Bituminöser dunkler Kalkstein, wahrscheinlich Mitteltrias oder Lias. Kalksteinbruch bei der Strasse am Rand des Steinbruchs — unterer Teil. Tal Hrubá dolina — Ostseite der Hauptstrasse Pezinok-Pernek. Durchschnittliche Korngrösse des Kalksteins — 0,08 mm. Die grösseren Körner sind meist isometrisch oder länglich und lamellar. Das dunkle Pigment der organischen Substanz in Form von Streifen oder nestförmigen Anhäufungen konzentriert sich auf den intergranularen Raum oder auf bestimmte Lagen im Kalkstein. Es wurden auch grössere Stücke lamellarer 0,2–0,3 mm grosser Kalksteinkörner angetroffen.

Nr. 15. Serizitisch-biotitischer Glimmerschieferphyllit mit teilweise muskowitziertem Biotit und serizitisierten Feldspäten, schwach metamorphe kristallines Fundament von Pezinok und Pernek. Strasse Baba-Pernek. 300 m oberhalb des Gartenhauses. Die Feldspate blieben nur in Relikten erhalten. Korngrösse des Quarzes 0,2–0,3 mm, meist $0,08 \times 0,08$ mm. Das Kohlenstoffpigment konzentriert sich in streifenartigen Lagen, insbesondere an den Entstehungstellen von Biotit- und Serizitxenoblasten.

Nr. 16. Bituminöser dunkler quarziger serizitisch-chloritischer Schiefer, mit dünnchiefriger Textur. Halden des Augustin-Stollens, produktive pyritführende Schichtenfolge. Strasse Pezinok-Baba. Die Grundmasse ist feinkörnig, der Grössenordnung von 0,01 mm, die linsenförmigen Quarzenhäufungen sind 0,2 mm gross. Das Kohlenstoffpigment ist übereinstimmend mit der Schieferung gelagert. Die Quarze sind kristalloblastisch langgezogen. Chlorit, Glimmer und Serizit sind anwesend. Der Kohlenstoff bildet ein zerstreutes Pigment, das sich in Übereinstimmung mit der Schieferung in Bändern konzentriert.

Nr. 17. Phyllite des kristallinen Fundaments, schwach vererzt. Strasse unterhalb der Burg Devín am Donauufer. Der feingefaltete serizitische Phyllit enthält chloritisierten und relik-

ten Biotit. Die Kohlenstoffkomponente bildet in der serizitisch-quarzigen Grundmasse Anhäufungen. Die Adern des Sekretionsquarzes sind frei von Kohlenstoffpigment. Dieser Quarz hat Korngrößen von 0,1–1,0 mm. Pyrit oder seine Zersetzungsprodukte sind anwesend.

Nr. 18. Bituminöser Quarzschiefer in der Zone der metamorphen pyroklastischen Produkte. Umgebung des Krematoriums von Lamač. Weg zum Steinbruch, Waldrand. Die Quarzkörner sind von zweierlei Größe. Die grossen Körner enthalten in den Sekretionsädrchen Biotit und Muskowit. Die feinkörnige quarzige Grundmasse (Korngrösse etwa 0,01 mm) enthält Serizit und Muskowiteubildungen, Chlorit. Das Kohlenstoffpigment ist an die Zersetzungsprodukte der Feldspate gebunden. Die mit Kohlenstoffpigment angereicherten Lagen sind verhältnismässig kontinuierlich.

Nr. 19. Dunkelgrauer Gneis. Steinbruch beim Krematorium der Gemeinde Lamač. Biotitisch-granatischer Staurolithgneis von granoblastisch-lepidoblastischer Struktur. Im Gestein sind grosse Biotit- und Muskowitporphyroblasten, die einander häufig durchwachsen. Staurolith und farbloser Amphibol sind ebenfalls anwesend. Der Biotit ist stark pleochroitisch und zonal. Die quarzig-feldspatige Grundmasse enthält zerstreutes Pigment der organischen Substanz, das stellenweise auch im Biotit und in anderen porphyroblastischen Mineralen eingeschlossen ist. Auch Eisenoxide bzw. Sulfide sind anwesend. Die Quarzkörner bilden auch pigmentfreie Ädrchen und Linsen. Die Quarzkörner der Matrix liegen in der Größenordnung von 0,01–1,0 mm. Die Korngrösse des Biotits beträgt 0,1–1,0 mm.

Nr. 20. Dunkler biotitischer Phyllit. Halde unterhalb des Pukliš-Stollens. Gemeinde Kuchyňa. Tal von Modrá. Die Korngrösse der feldspatig-quarzigen Grundmasse des Biotitphyllits liegt um 0,04 mm. Der Biotit erreicht durchschnittlich 0,04–0,08 mm Länge. Pyrit ist anwesend. Das Kohlenstoffpigment ist gleichmässig im ganzen Gestein verteilt.

Nr. 21. Dunkler biotitischer Phyllit. Tal von Modrá bei der Gemeinde Kuchyňa. Berg oberhalb des Stollens im Tal. Quarziger serizitisch-biotitischer Phyllit mit Wechsellagerung von grobkörnigen Quarzgranoblasten. Korngrösse 0,08–0,2 mm. Die Feldspate sind zersetzt. Die organische Substanz ist als Pigment in den Lagen des blasto-pelitischen Grundbelags gelagert. Der Biotit befindet sich im Anfangsstadium seiner Entwicklung. Aber auch hier findet man grosse Biotitkörner von 0,6 mm Durchmesser.

Nr. 22. Quarziger feldspatiger dunkler Schiefer mit Muskowit-Porphyroblasten. 20 m südostwärts vom Gipfel des Gajdoš-Bergs, Bergrücken. Gebiet der Gemeinde Kuchyňa. Die Muskowite sind bis 0,3 mm lang. Die Feldspatkörner sind gänzlich serizitisiert. Das reich verteilte Kohlenstoffpigment bildet oft in der wenig Feldspat enthaltenden quarzigen Grundmasse zusammenhängende Lagen. Amphibol und Pyrit sind gleichfalls anwesend. Der Quarz hat eine Korngrösse von 0,2–0,37 mm. Die Pyritvorkommen konzentrieren sich auf den Amphibol.

Nr. 23. Biotitischer quarziger Phyllit. Gemeinde Horné Orešany bei der Kapelle am Dorfrand. Der biotitische Phyllit ist stark quarzhaltig, der Biotit ist xenoblastisch und durchwächst den Muskowit. Die Feldspate sind teilweise serizitisiert. Die mittlere Korngrösse beträgt 0,04–0,1 mm. Das Kohlenstoffpigment ist ungleichmässig verteilt und bildet Anhäufungen.

Nr. 24. Die in Übergangsform auftretenden Schiefer der Harmónia-Serie sind teilweise gefaltet. Muskowitisch-biotitischer Glimmerschiefer mit Relikten klastogener Feldspate und Quarzrelikten. Trávniky. Einschnitt des südöstlich von Dolány aus dem Tal des Rozárovský-Flusses zum Bergrücken führenden Weges. Korngrösse des Quarzes: 0,2 mm. Das Grundgewebe ist serizitisch muskovitisch und biotitisch. Der Biotit wurde nachträglich muskovitisiert. Die klastogenen Komponenten der Feldspate und des Quarzes weisen keine undulose Auslöschung auf. Die Sekretionsmobilisierung des Quarzes wird durch granoblastischen Zerfall der grösseren, bis um 0,35 mm Durchmesser erreichenden Körner nicht gestört. Das Kohlenstoffpigment bildet kleine Anhäufungen (0,04 mm Abmessungen), die sich vorwiegend an den Stellen sekundärer Mineralzersetzung konzentrieren, und bildet auch kontinuierliche Lagen.

Nr. 25. Bituminöser dunkler quarzitischer Schiefer (biotitischer Metaquarzit), alte Halde unterhalb des Misarský-Bergs. Strasse Baba-Pernek, kristallines Fundament von Pezinok und Pernek. Bituminöser Metaquarzit mit reichem Gehalt an organischem Pigment, das zwischen den Quarzkörnern (Quarzkorngrösse 0,08–0,3 mm) zusammenhängende Lagen und netzförmige Akkumulationen bildet. Vereinzelt sind kleine Muskowit- und Biotitkörner xenoblastischer Ausbildung anwesend.

Nr. 26. Knottenschiefer der Harmónia-Serie, biotitischer Feldspatphyllit. Berg Dolinkovský vrch westlich der Höhenkote Nr. 382. Gebiet der Gemeinde Harmónia. Die Korngrösse der Grundmasse beträgt im Mittel rund 0,04 mm. Die Porphyroblasten mit Biotit und Muskowit

sind etwa 0,2 mm lang. Die Feldspat—sowie die Andalusitkörner sind zum Grossteil serizitisiert und muskowitziert. Ein Teil der Gesteinskomponenten ist auch klastogener Natur. Die Mikrotextur des Schiefers zeigt im Gestein Wechsellagerung von grobkörnigeren quarzigen Lagen und feinkörnigeren, grösstenteils Feldspat enthaltenden Lagen, die ziemlich stark zersetzt sind. Der Andalusit hat sich an mehreren Stellen gut erhalten und erreicht bis zu 0,4 mm Korngrösse. Einige Muskowite sind 0,3 mm lang. Die organische Substanz ist verhältnismässig schwach vertreten und gleichmässig verteilt.

Nr. 27. Biotitisch-chloritischer diaphoritischer Phyllit. Záhorská Bystrica, Steinbruch bei den Leihlingsheimen. Im Biotitphyllit ist der Biotit ziemlich stark chloritisiert, gegebenenfalls ausgebleicht (baueritisiert). Die Feldspate sind zur Gänze serizitisiert und ihre Reste bleiben nur in Relikten erhalten. In den linsenförmigen Quarzlagen haben die Quarzgranoblasten 0,03—0,02 mm Grösse. Die grösseren Nester haben Quarzkörner von 0,2—0,3 mm Korngrösse. Der Quarz ist mechanisch nicht zerstört.

Nr. 28. Biotitisch-granaticher Glimmerschieferphyllit. Strasseneinschnitt zwischen der Gemeinde Lamač und der Glashütte, etwa 300 m nördlich des Einschnitts. Der Glimmerschieferphyllit enthält 0,2—0,3 mm grosse Granaten, der Biotit ist 0,2 mm lang. Häufig geht er in Muskowit splittiger Natur über. Die Muskowite sind parallel oder auch ungleichlaufend orientiert. Das Grundgewebe besteht aus Feldspat und Quarz, es ist granoblastisch, von annähernd 0,04—0,08 mm Korngrösse, die vereinzelt nachträglich in Zonen mobilisierten Quarzkörner haben 0,2—0,3 mm Korngrösse. Die organische Substanz bildet im Grundgewebe ein zerstreutes Pigment oder Streifen.

Nr. 29. Biotitphyllit von hellgrauer Farbe. Strasse Lamač — Devínska Nová Ves, Ausbiss beim Eisenbahnaviadukt. Etwas weniger metamorphes Gestein als Gesteinsprobe Nr. 28. Biotitphyllit mit 0,3 mm mächtigen Quarzsekretionszonen, der nur teilweise granoblastisch zerfallen und nicht wellig ist. Im Feldspatgrundgewebe befinden sich orientierte stäbchenförmige Serizit— bzw. Muskowitaggregate und der mehr oder weniger idiomorphe Biotit ist reich vertreten. Das Kohlenstoffpigment bildet ungleichmässige Nester länglicher Form von 0,2—0,3 mm Länge. Die Feldspate sind grösstenteils serizitisiert.

Nr. 30. Schwach fleckiger Hornsteinphyllit der Harmónia-Serie. Südwestlicher Ausläufer des Bergrückens des Malá Cajlanská Homola-Bergs, Gebiet Pezinok-Cajla. Im feinkörnigen serizitischquarzigen Grundgewebe sind klastogene Feldspate anwesend. Der Biotit befindet sich hier im Anfangsstadium seiner Ausbildung, er ist zum Teil chloritisiert und muskowitziert (baueritisiert). Die Kohlenstoffkomponente tritt als nestförmiges Gebilde, insbesondere in der Nähe der sich zersetzenden Feldspate, oder als zur Gänze zerstreutes Pigment auf.

Nr. 31. Quarzbiotit — Muskowitphyllit selten auch mit Granaten. Steinbruch Častá, Tal Častianska dolina, kristallines Fundament unter der Harmónia-Serie. Der xenoblastische bzw. idiomorphe Biotit hat 0,2—0,3 mm Korngrösse oder ist auch kleiner. Der Feldspat ist serizitisiert, der Quarz undulös und ungleichmässig granoblastisch, zerfallen. Primäre klastische Produkte der Feldspate von bis 0,35 mm Korngrösse sind ebenfalls anwesend. Das Grundgewebe hat eine Körnung von 0,03—0,04 mm. Das Kohlenstoffpigment ist ungleichmässig zerstreut und vor allem an die Lagen des blasto-psammitischen Grundgewebes gebunden.

Nr. 32. Typischer pelitischer-psammitischer dünnschieferiger dunkler biotitisch-serizitischer Phyllit der Harmónia-Serie aus dem Gebiet von Častá, Ende der Gärten bei der Häuserreihe entlang des Wegs zur Burg, Gemeinde Častá. Der Biotitphyllit enthält eine grössere Menge von Kohlenstoffpigment, das vereinzelte selbständige Nester oder längliche Streifen und kontinuierliche Zonen bildet. Das feldspatig-quarzige blastopelitisches Grundgewebe ist serizitisiert, es wird darin Biotit gebildet. Ausser Quarz befinden sich hier auch grössere klastogene Feldspate (0,2 mm) mit gut erhaltener lamellarer Zwillingverwachsung. Ein Teil der im Dünnschliff sichtbaren gelben Masse gehört zu den organischen pflanzlichen Komponenten. Epidot ist anwesend, dessen Korngrössen denen des granoblastischen Quarzes (0,02—0,1 mm) ähnlich sind.