

BOHUSLAV CAMEL — JOZEF VESELSKÝ*

ERGEBNISSE DER K/Ar — MODELLALTERSBESTIMMUNG VON GESTEINEN UND PROZESSEN IM GEBIET DER KLEINEN KARPATEN

(Abb. 1, Tab. 1)



Kurzfassung: Im Beitrag werden die Ergebnisse von K/Ar- und teilweise auch solche von Rb/Sr-Analysen des Modellalters an 69 Proben granitoiden Gesteins und Metamorphiten der Kleinen Karpaten angeführt und deren Interpretation dargelegt. Die K/Ar-Methode erbrachte den Beweis vom variszischen Alter der Metamorphose verbunden mit granitoidem Plutonismus sowie auch dafür, dass diese Metamorphose progressive dominierende Metamorphose im kleinkarpatischen Gebiet ist. Die Ergebnisse weisen desgleichen auf Einflüsse tektonischer und tektonometamorpher hydrothermaler und metasomatischer Prozesse auf den Modellwert des anhand genannter Methoden bestimmten Alters hin. Gleichzeitig wird damit bewiesen, dass die subsekquenten Prozesse nicht nur die Migration des radiogenen Argons, sondern auch des Strontiums bewirken. Im Hinblick auf diese Tatsachen erweist es sich als notwendig, für die Datierung der Gesteine und subsekquenten Prozesse mehrere geochronologische Methoden und die Methoden deren graphischer Auswertung (Isochronenmethode) anzuwenden. Voraussetzung für eine richtige Interpretation ist eine entsprechende Kenntnis der geologischen Historie und des Baues des Gebietes zusammen mit jener der materiellen, mineralogisch-petrographischen Zusammensetzung des Gesteins im erforschten Gebiet. Auch die Genauigkeit der Aufbereitung der Probe zur Analyse ist von äusserster Wichtigkeit.

Резюме: В статье находятся результаты K/Ar и частично тоже Rb/Sr анализов веков из 69 образцов гранитоидных пород и метаморфитов Малых Карпат и тоже их интерпретация. K/Ar метод принес доказательство варисийского века метаморфоза сообщающего гранитоидный плутонизм а также то что этот метаморфоз преобладающим прогрессивным метаморфозом в области Малых Карпат. Результаты показывают тоже на отклонение тектонических и тектонометаморфных гидротермальных и метасоматических процессов на модельное значение века определенного введенными методами. Одновременно это доказывает что наложенные процессы причиняют не только миграцию радиогенного аргона, а также стронция. Учитывая эти данности нужным является использовать для датирования пород и наложенных процессов комплекс многих геохронологических метод и нужным является использование методов их графической оценки (метод изохрон). Предполагаем что для правильной интерпретации надо знать геологическую интерпретацию и структуру области вместе с материальным минералогическо-петрографическим составом пород исследованной области. Важной является тоже точность подготовки образцов для анализа.

Die Verfasser dieses Beitrages veröffentlichen in den vorhergehenden Jahren eine Reihe von Artikeln, welche sich mit der Altersbestimmung von Gesteinen anhand radiometrischer Methoden befassen. Der Grossteil an Analysen wurde

* Akad. B. Camel, DrSc., Geologisches Institut der Slov. Akad. d. Wissenschaften, 886 25 Bratislava, Dúbravská cesta 9, Univ.-Doz. J. Veselský, CSc., Lehrstuhl für Geochemie d. Naturwiss. Fakultät d. Komenský-Univ., 801 00 Bratislava, Paulínho-Tótha 1.

am Institut der geologischen Wissenschaften der Akademie der Wissenschaften der Armenischen SSR in Jerevan unter der Leitung von G. P. Bagdasarjan anhand der K/Ar-Methode durchgeführt. Anhand der U — Th — Pb-Methode wurden aus einigen Gesteinen der Kleinen Karpaten Analysen von Zirkon und Monazit in Kiew durchgeführt (B. Cambel — N. P. Ščerbak et al., 1977), bislang ist jedoch die Forschungsarbeit nicht abgeschlossen. Einige der Analysen wurden anhand der Rb/Sr-Methode in Jerevan durchgeführt. Die Ergebnisse werden zum Vergleich angeführt. Die Autoren gewannen bereits in einigen Fällen eine Übersicht darüber, welche Ergebnisse alle drei Methoden bei der Analyse ein und derselben Probe aus anderen Gebieten des Kristallinikums der Westkarpaten zeitigen (B. Cambel et al., 1980). Allerdings ist die Anzahl dieser Fälle noch gering. Aus genannten Gründen befassen wir uns in diesem, nur die Kleinen Karpaten betreffenden Beitrag mit der Auswertung und Interpretation der anhand der K/Ar-Methode gewonnenen Ergebnisse. Es werden dabei die grösstenteils bereits unter der Mitautorenschaft von G. P. Bagdasarjan und R. Ch. Gukasjan publizierten und herausgegebenen Arbeiten bzw. Ergebnisse verwendet. Diese Arbeiten werden im Literaturverzeichnis angeführt.

Die Kleinen Karpaten eignen sich zur geochronologischen Forschung besonders, da sie ein geologisch und metallogenetisch gut durchforschtes Gebiet darstellen. Lediglich in diesem Gebirge bestehen direkte stratigraphische und geologische Beweise vom paläozoischen oberdevonischen bis unterkarbonischen Alter granitoider Intrusionen. Dies geht daraus hervor, dass diese aus metamorphosierte Schichtenfolgen bestehen, welche als paläozoisch bestimmt wurden (Krinoiden in Kalken) und näher als oberdevonisch bis unterkarbonisch auf Grund der palinologischen Erforschung der sogenannten Harmonia—Serie (O. Čorná, 1968, 1969; B. Cambel — O. Čorná, 1974; Chlupáč in M. Máška — V. Zoubek, 1981). Im kleinkarpatischen Kristallinikum können klar zwei stratigraphische Schichtenfolgen ausgliedert werden und zwar eine jüngere Harmonia-Serie höchstwahrscheinlich oberdevonisch-unterkarbonisch und ein älteres Kristallinikum im Liegenden, welches ebenfalls laut Palinologie, sofern Pflanzenreste gefunden wurden, dem Devon bis Sillur zugeordnet wurde. Es können jedoch auch tiefere, bis ins obere Präkambrium reichende Horizonte vermutet werden, und es können ihnen jene Gesteine angehören, in denen keine palinologischen Überreste gefunden wurden.

Aus mehreren bereits publizierten und teilweise auch unpublizierten Daten wurde Tabelle 1 der analysierten Gesteine aus dem Gebiete der Kleinen Karpaten zusammengestellt. Genannte Tabelle der Werte des Modellalters kern-geochronologischer Analysen ist Grundlage der Interpretation. Die Veränderlichkeitskonstanten und das Urverhältnis an Strontiumisotopen, laut welchen das Modellalter spezifiziert wurde, sind in Tabelle 1 angeführt. Die Ergebnisse der Rb/Sr-Analysen der einzelnen Minerale werden nur deshalb angegeben, um eine Möglichkeit zur Verfolgung der Geochemie der Gesteine und Minerale zu bieten, zumal vom Standpunkt der Migration von Rb und Sr unter Einfluss der Wirkung jüngerer geologischer Prozesse, und um diese mit der Migration von K und Ar vergleichen zu können. Die Proben wurden den Oberflächenabräumen entnommen, oder einige bei Bohrarbeiten, welche gegenwärtig im Gebiet der Antimonitlagerstätte von Pezinok (Bösing) durchgeführt werden.

Die bisherigen, mittels K/Ar-Methode durchgeführten Forschungsarbeiten im Gebiet der Kleinen Karpaten haben wesentliche interpretative Bedeutung, da die Autoren auch solche Forschungen anstellten, die es nicht nur ermöglichen die, die Altersbestimmung der Prozesse und der Entstehung des Gesteins betreffende Fragen zu verfolgen, aber auch jene der Freisetzung oder Anreicherung radiogenen Argons während primärer, aber auch nachträglich eintretender geologischer Prozesse. Die Ergebnisse radiometrischer Datierungen der Gesteine können wie folgt zusammengefasst werden:

1. Es zeigte sich, dass bei zahlreichen Proben, zumal jenen aus granitoiden Gesteinen die Modellwerte des Alters ziemlich variieren je nachdem, um welches Mineral es sich handelt, und in welcher Stufe der Umwandlung sich das konkrete Mineral befindet. Am wenigsten halten Späte Argon zurück und auch Biotit, falls er der Chloritisierung oder anderen Umwandlungen unterliegt. Dies verursacht eine unverhältnismässige Senkung der Bestimmung von Modellwerten im Vergleich zum Muskovit, der Umwandlungen gegenüber widerstandsfähiger ist. Diese bereits bekannte Feststellung wurde konkret an Biotit und Muskovit in ein und denselben Proben beglaubigt, oder an verschiedenen Proben von Granitoiden des gleichen Typs aus dem Gebiet der Kleinen Karpaten. Den Beobachtungen nach resultiert, dass bei Biotiten aus Granitoiden die Modellwerte des Alters zwischen 167 und 353 Mio. Jahren schwanken (Probe Nr. 1 — 14). Verringerte Gehalte an Kalium im Biotit indizieren, dass die ausseparierten Fraktionen verschiedene Anteile Chlorites, bzw. anderer sekundärer Minerale enthielten. Dies ist die Hauptursache der Verringerung des Modellalters beim Biotit. Beim Muskovit beträgt dieses 321 bis 389 Mio. Jahre (Probe Nr. 1 bis 14). Interessant ist es, dass bei einigen Altersbestimmungen von Biotit und Muskovit aus ein und derselben Probe (Probe Nr. 3, 8) sich das Mittel dieser Werte innerhalb der Modellzeitlimite bewegt, welche ungefähr der Hauptintrusivphase spätorogener Granitoide (290 — 330 Mio. Jahre) entsprechen.

2. Das Studium der Gesteine in den Kleinen Karpaten brachte die Autoren zu der Ansicht, welche N. N. Amšinskij et al. (1974, 1976 a, b) aussprach, dass es bei Muskoviten, zumal bei Neubildungen zu einem Auffangen radiogenen Argons kommt. Die Autoren vermuten, dass auch in den Gesteinen der Kleinen Karpaten es wahrscheinlich bei Glimmern durch Sammelkristallisation der Zerfallsprodukte von Späten zu einer Retention des beim Zerfall primärer Minerale freigesetzten Argons kommt, was aus dem gesteigerten Modellwert des Alters resultiert. Dadurch konnte der gesteigerte Wert des bestimmten Modellalters gedeutet werden, nämlich auf Grund der lichten Glimmer im Vergleich mit den übrigen Mineralen der gleichen Probe (Probe Nr. 10, 11, 13, 15, 16).

3. Aplitoide und pegmatitoide, bzw. leukokrate Ganggranitoide, welche manchmal auch dünne Zwischenschichtintrusionen bilden, ergeben auch bei verhältnismässig erhaltenem Stand des Gesteins niedrige Modellalter, die den Werten zwischen 140 und 270 Mio. Jahren entsprechen (Probe Nr. 17). Die Möglichkeiten der Erörterung der Streuung dieser Werte wurden bereits vorher erwähnt. Es kann sich um eine leichtere Lösung des Argons bei tektonischen und anderen Prozessen bei Gesteinen mit grossem Übergewicht an Späten handeln, ungeachtet, dessen, dass das Modellalter der Gesteine durch die Modellwerte der Alter einzelner Minerale beeinflusst wird. Niedrige Werte

resultieren beim Bohrmaterial aus dem Gebiet der Sb-Lagerstätte Pezinok, wo nebeneinander leukokrates Ganggestein und biotitische Granodiorite liegen, aus welchen Biotit einen Modellwert des Alters von 311 Mio. Jahren ergibt (Pr. Nr. 2) und gemäss dem Gesamtgestein der biotitische Granodiorit (Pr. Nr. 6 und 4) ein Modellalter von 249 und 306 Mio. Jahren resultiert. Die daneben sich befindlichen aplitoiden Granite ohne Glimmer (Pr. Nr. 23, 24, 25) haben demgegenüber Modellalterswerte zwischen 80 und 141 Mio. Jahren. Es muss jedoch bemerkt werden, dass ähnliches leukokrates Gestein mit einem Alter von 243 Mio. Jahren (Pr. Nr. 22) sich an einer Stelle befindet, wo in der Bohrung kein Aufschub älteren Kristallinikums auf die jüngere Harmonia-Serie festgestellt wurde. Es bestehen jedoch auch Angaben von höherem Modellalterswert bei Gangleukograniten die dem Muskovit nach bestimmt wurden, z. B. Probe Nr. 15 — 311 Mio. Jahre und Pr. Nr. 16 — 344 Mio. Jahre. Die höheren Alterswerte leukokrater Gesteine lassen sich teilweise durch den Gehalt an Muskovit im Gestein erklären und das erschwerte Freiwerden des Argons aus diesem Mineral bei tektonischen Prozessen. Eine weitere Erklärung kann sich auf die Hypothese stützen, dass während der autometamorphen serizitischen Zersetzung der Spate und bei der Entstehung von Neubildungen des Muskovits, im Gitter erhöhte Gehalte Argons angereichert wurden. Die genannten Gesteine haben nämlich gänzlich zu glimmerigen Mineralen umgewandelte Spate. Diese Hypothese ist nicht experimentell erwiesen. N. N. Amšinskij et al. (1974, 1976) hält sich an sie. Uns überzeugt ihre Richtigkeit jene Tatsache, dass mehrere Muskovitneubildungen, auch wenn sie später entstanden, in den subsequenten Prozessen den hohen Modellalterswert beibehalten, welcher dem Alter dieser Prozesse nicht entspricht. Das Verhältnis des radiogenen Argons zum Kalium in den studierten Muskoviten deutet jedoch zum Unterschied vom Amphibol nicht auf eine Retention des Argons hin. Es geht hier wahrscheinlich um das Auffangen von Argon in den interaggregaten Zwischenräumen und nicht direkt in der Gitterstruktur.

Die Problematik der Bestimmung des tatsächlichen Alters mittels K/Ar-Methode bei Gang-Spatgestein geht aus der Analyse des granitoiden Ganggesteins (Pr. Nr. 28) hervor, welches den Kalkstein der Harmonia-Serie durchstösst und Amphibole enthält, welche wahrscheinlich das Produkt einer Kontamination sind. Der Spatanteil des Gesteins ergibt ein Alter von 142 Mio. Jahren und der Amphibol ein solches von 358 Mio. Jahren. Die Interpretation dieser Bestimmung ist nicht eindeutig, zumal man die Altersbestimmung von 232 Mio. Jahren des aplitoiden Granits (Pr. Nr. 27) aus dem selben Gebiet berücksichtigt. Die Freisetzung des Argons durch die Spatmaterie, sein Auffangen durch das Amphibolgitter, als auch die Unterschiedlichkeit der Kristallisations- und kritischen Temperaturen der Freisetzung des Argons bei Amphibol und Spaten beseitigen das auf den ersten Blick widersprüchliche Ergebnis der Modellalter.

4. Im Gebiet der Kleinen Karpaten, aber auch auf dem gesamten Gebiet der Westkarpaten trat nach Gewinnung zahlreicher Daten mittels K/Ar-Methode das Problem auf, was Ursache der niedrigen Bestimmungswerte des Modellalters zahlreicher leukokrater Gesteine aus den Kerngebirgen und Veporiden sein könnte. Es ist unklar, ob es sich um Freisetzung radiogenen Argons unter Einfluss tektonischer Prozesse handelt oder darum, dass das

Gesamtgestein immer gesenktes Modellalter ergibt. Es kann sich nämlich auch wenn dies nur die Beglaubigung des Alters einiger leukokrater Gangnen im Verlaufe der Entwicklung jungvariszischer oder neoider plutonischer Prozesse gekommen sein konnte. Es kann sich auch um die Einwirkung von Prozessen handeln, welche die paläogeographische Entwicklung des alten Reliefs verursachen, während welcher bestimmte Teile der Karpaten zu verschiedenen Zeitabschnitten verschieden schnell emporgehoben wurden oder sanken, wodurch sich das Temperatur- wie auch das dynamische Regime der gesteinsbildenden Komplexe änderte und so verschiedene Stufen der Freisetzung von Argon ermöglicht wurden. Deshalb ist es bei diesen Gesteinen besonders notwendig ausser der K/Ar-Methode auch jene der Rb/Sr und U-Th-Pb aus den Zirkonen anzuwenden. Es ist notwendig die obenangeführten Daten zu vergleichen und eine richtige Interpretation zu finden. Auch bei den Kleinen Karpaten wird es notwendig sein dieses Problem zu lösen, auch wenn dies nur die Beglaubigung des Alters einiger leukokrater Gangkörper granitoider Gesteine (Pr. Nr. 23, 24, 25) betrifft, zum Unterschied vom Gebiet des Zips-Gömörer Erzgebirges oder der südlichen Teile der Veporiden, wo ein ausgedehnter Teil an Granitoiden oder auch von stark metamorphierten Schiefen festgestellt wurde, die mittels K/Ar-Methode ein ungefähres Alter von 90 Mio. Jahren ergeben.

5. In dem Gebiet der Kleinen Karpaten stellt die Existenz von Porphyroiden ein besonderes Problem dar von welcher einige Geologen der Vergangenheit (P. Lachmann, 1915 und M. Munda, 1944) voraussetzten, dass sie Ursprung der Sb-Vererzung ist. Das aus dem Antimonstollen (Sb-Lagerstätte Pezinok, Pr. Nr. 37) beträchtlich serizitisierte analysierte leukokrater Gestein, könnte solchem porphyroiden Gestein entsprechen, da es unter Anwendung der K/Ar-Methode ein Alter von 390 Mio. Jahren ergab. Gleichzeitig erlauben die niedrigen Altersbestimmungen der analogen aplidoiden Gesteine aus den Bohrungen der Umgebung der Sb-Lagerstätte nicht, die genannten sauren Gesteine, von denen in Abschnitt 3 gesprochen wurde (Pr. Nr. 37) für analog zu betrachten, auch wenn sie mehr oder minder konform gelagert sind, d. h. für synsedimentäre saure Extrusiva gehalten werden könnten, die in die Gruppe der geosynklinalen Sedimente, vulkanogen-sedimentärer Abfolgen gehören.

6. Aus den Forschungen folgt, dass die Bestimmung des Modellalters von Gesteinen oder Prozessen von der Intensität der Dynamometamorphose und Mylonitisation des Gesteins und der begleitenden Intensität der Umwandlung der Minerale abhängt. So z. B. ergaben die Proben granitoiden Gesteins, die aus verschiedenen Entfernungen von der Mylonitzone entnommen wurden oder in unterschiedlichem Masse mylonitisiert sind Werte, die nicht das Alter, sondern die Mylonitisationsstufe ausdrücken (Pr. Nr. 29 bis 36). Auch wurde festgestellt, dass die Gegenwart klastischen Glimmers im Myloniten beträchtlich steigt. Die oben genannten Erkenntnisse führen uns zu der Ansicht, dass die am wenigsten veränderten Gesteine und deren Minerale diejenigen sind, deren Modellalter sich innerhalb von 290 und 360 Mio. Jahren bewegen, was aus den Histogrammen der Modellwerte (Abb. 1) der einzelnen Minerale aus den Granitoiden (B. Cambel et al., 1980) resultiert. Den Histogrammen ist zu entnehmen, dass die Analysen des Gesamtgesteins verschiedentlich gesenkte Werte ergeben. (von 90 bis 290 Mio. J.)

7. Da im Gebiet der Kleinen Karpaten auch Äusserungen hydrothermaler Aktivität, verbunden mit Prozessen der Sb-Vererzung auftreten und hier auch metasomatische Derivate der Umwandlung von Granitoiden des Modraer Massivs vorkommen (K- und Na-Metasomatose), versuchten sich die Autoren auch in der Datierung dieser Prozesse. Aus dem Lagerstättengebiet wurden hydrothermal umgewandelte granitoide Gesteine analysiert, welche ein Alter von 92 bis 198 Mio. Jahren ergeben (Pr. Nr. 38, 39, 40). Aus dem Gesagten folgt, dass die Modellaltersbestimmung auf Grund der Erforschung alterierender Gesteine anhand der K/Ar-Methode nicht die Information vom tatsächlichen Alter bietet, was damit zusammenhängt, dass der Alterswert von der Alterationsstufe und der Intensität des Einflusses verschiedener Faktoren beeinflusst wird, was den Stand des Gesteins im Abbaubereich bestimmt (z. B. der Einfluss von Sulfatlösungen). Einige Analysen von Metasomatiten (Pr. Nr. 41) oder aus ihnen ausseparierten K-Spaten (Pr. Nr. 42) ergeben ein Alter von 190 Mio. Jahren beim Gestein und 177 Mio. Jahren beim K-Spat. Auch diese Angaben sind für die Bestimmung des Alters der Metasomatose nicht ausschlaggebend, aber dennoch deutet die Analyse des K-Spates an, dass es zum Prozess in Abhängigkeit zum Granitplutonismus kam.

Es muss noch erwähnt werden, dass die von Metasomatose betroffenen Schiefer der Harmonia-Serie anhand der K/Ar-Methode ein Modellalter von 342 Mio. Jahren ergeben, (Pr. Nr. 69), während diejenigen Schiefer der Harmonia-Serie, in welchen sich Metasomatite befinden mittels Rb/Sr-Methode ein solches von 370 Mio. Jahren ergeben. Das Ergebnis der Metasomatose stellt ein der kersantit-aplitischen Zusammensetzung nahes Gesteinsprodukt.

8. Es wurde festgestellt, dass Metabasite (Amphibolite) oder ausseparierte Amphibole eine bedeutende Senkung der erwarteten Altersbestimmung ergeben (zwischen 115 und 239 Mio. Jahren), falls es sich um mylonitisirtes oder anderswie betroffenes Gestein handelt (Pr. Nr. 52 bis 55). Bei progressiver variszischer Metamorphose ergeben amphibolische Gesteine variszisches Alter. Ähnlich ist dies auch im Falle von intrusive oder hypoabyssalen amphibolischen Metamorphiten, Gabbroamphiboliten, Fleckenamphiboliten und amphibolischen Gabbren (Pr. Nr. 47 bis 51). Diese Gesteine sind Glieder des vorvariszischen basischen Magmatismus, infolge von Metamorphose ergeben sie jedoch variszisches Alter (von 273 bis 303 Mio. Jahren). Ein Teil der Amphibolgabbren, die aus Tortongeröllen stammen und analysiert wurden, kann variszischen Granitoiden angehören.

9. Dioritisches Gestein, oder aus diesem ausseparierte Amphibole, die sich in Graniten befinden, zeigen wahrscheinlich eine Retention Argon gegenüber, was eine Erhöhung der Bestimmung der Alterswerte verursacht, und dies in der Spanne zwischen 345 und 483 Mio. Jahren (Pr. Nr. 43 bis 46). Der letztere Wert kann fast schon jenen des ursprünglichen Modellalters dieser metabasischen Gesteine in der superkrustalen Serie der Kleinen Karpaten darstellen. Diese Gesteine können für Xenolite und unvollkommen assimilierte Überreste des schieferigen Mantels unter Einfluss des Granitplutonismus angesehen werden. Gestützt auf die bereits bekannte Möglichkeit der Anreicherung von radiogenen Argon in Amphibolen im Verlaufe der metamorphen Rekristallisation, kann die Steigerung der Werte des Modellalters dahingehend interpretiert werden, dass sie durch die gesteigerte Fähigkeit zur Retention des Argons durch die Gitter des Amphibols aus amphibolischem

Gabbro der Lokalität Hlboká cesta [Tiefer Weg] verursacht wurde (Pr. Nr. 43). Beispiel für das günstige Freisetzen des Argons durch die Spat- Materie und die Retention radiogenen Argons durch Amphibole ist die bereits erwähnte Amphibolprobe aus aplitoidem Granit der Lokalität Dolínkovský vrch, wo dieses Gestein in die Harmonia-Serie eindringt (Pr. Nr. 28).

10. Erwiesen hat es sich, dass auch Metamorphite variszisches Alter der Metamorphose zeigen und ähnliche Modellalterswerte zeigen wie Granitoide. Aber ähnlich, wie dies bei Granitoiden war, können tektonische und andere jüngere Prozesse eine Senkung der Altersbestimmung der metamorphen Rekristallisation der genannten Gesteine verursachen. Zumal Biotite, die ganz sicher das Produkt metamorpher Prozesse sind (periplutonische Kontaktmetamorphose) die metamorphe Aureolen verursachen und auch isometamorphe Zonen um die Ausläufer und Massive granitoider Intrusionen ergeben, falls sie nicht von sekundären Veränderungen betroffen wurden (Chloritisation und Epidotisation), in der Regel Alter innerhalb von 305 bis 363 Mio. Jahren (Pr. Nr. 57, 59, 60, 61).

Beim Vergleich der anhand K/Ar- und Rb/Sr- Methoden muss bemerkt werden, dass im selben Gebiet analysierter biotitischer Phyllit der Harmonia-Serie (Lokalität Častá beim Steinbruch) mittels K/Ar-Methode einen Alterswert von 313 Mio. Jahren und anhand Rb/Sr-Methode einen solchen von 370 Mio. Jahren ergibt. Biotitischer Phyllit der Lokalität Pezinská Baba (Pr. Nr. 68) ergibt der K/Ar-Methode nach 267 Mio. Jahre und mittels Rb/Sr-Methode 430 Mio. Jahre. Daraus ist ersichtlich, dass das Alter von Schieferen in den Kleinen Karpaten erfolgreicher nach der Rb/Sr-Methode bestimmt werden kann, selbstverständlich am besten unter Anwendung von Isochronen. Die K/Ar-Methode liefert in diesem Falle auf Grund der Biotitanalyse bloss das Alter der letzten progressiven Metamorphose der Schiefer, wobei sich bestätigt, dass dominierende Bedeutung für die Metamorphose der Schiefer der variszische Granitplutonismus hat (B. Cambel, 1976; B. Cambel et al., 1980). Dies bestätigen Terrainserforschungen, zumal aber Kontaktaureolen und isometamorphe Zonen um Granitmassive herum. Die K/Ar-Methode bestimmt das Alter des Erreichens der kritischen Temperatur bei Gesteinsmineralen, unterhalb welcher radiogenes Argon aufhört zu entweichen und sich anzuhäufen beginnt. Die K/Ar-Methode bestimmt also den Zeitpunkt, wann sich bei den einzelnen Mineralen der Nullpunkt des Gehaltes an radiogenem Argon einstellte und wann die Bildung radiogenen Argons begann. Dieser kritische Punkt hängt von der Abkühlgeschwindigkeit ab und beträgt bei Muskoviten um 350 °C und bei Biotiten ungefähr 300 °C (S. P. Clark, 1979).

Durch das Modellalter anhand der Rb/Sr-Methode wird eher jene Epoche angedeutet, da es zu einer geochemischen Homogenisation des Gesteins im Hinblick auf eine homogene Verteilung von Strontiumisotopen im Gestein kam. Aus dem Angeführten ist es klar, dass beide Arten der Datierung in ihren Resultaten nicht übereinstimmen müssen, ja im Gegenteil und tatsächlich oftmals unterschiedliche Ergebnisse bestehen, zumal bei den Gesteinsanalysen.

11. Insgesamt wurden aus dem Gebiet der Kleinen Karpaten 69 Proben analysiert, davon 46 verschiedene bis zu einer verschiedenen Stufe und auf verschiedene Art umgewandelte Granitoidentypen. Weiters wurden analysiert 14 Proben von Schieferen der Schiefer-Serie im Liegenden und der Harmonia-

Tabelle 1

Ergebnisse der Altersbestimmungen kristalliner Gesteine der Kleinen Karpaten

Lfd. Nr.	Pr. - Nr.	Name des Gesteine — Lokalisation	Gestein Mineral	Meth. u. Mio. K/Ar	Alter in Jahren* Rb/Sr
1.	G—36	<i>Granitoide</i> Granodiorit [Modraer] Modra-Harmonia, Bruch Žliabok	Biotit	353 ± 12	372
2.	G—110	Granodiorit Pezinok—Kolársky vrt, Bohrung KV—24, 72 m	Biotit	311,6 ± 0,8	
3.	G—111	Granodiorit Jur-Myslenice, Strassen- einschnitt	Biotit Muskovit	251,1 ± 1,4 321,4 ± 15	
4.	G—116	Biotitischer Granit Pezinok—Kolársky vrch Bohrung KV—24, 72 m	Gesamt- gestein	306,6 ± 3,3	
5.	G—120	Biotitischer Granit Jur-Myslenice, Strassen- einschnitt	Gesamt- gestein	292,6 ± 9,0	
6.	G—123	Biotitischer Granit Pezinok—Kolársky vrch, Bohrung KV—24, 79—80 m	Gesamt- gestein	249,0 ± 3,0	
7.	G—54	Hybrider, biotitisch-muskoviti- scher Granit Jur-Myslenice, Strassenein- schnitt	Biotit	309 ± 1	
8.	G—47	Biotitisch-muskovitischer, grob- körniger Granit Borinka-Propadlé	Muskovit Biotit	331 ± 13 281 ± 13	358 297
9.	G—38	Quarziger doppelglimmeriger Granodiorit Bratislava, Bruch Železná studnička (Eisenbrünnel)	Muskovit Biotit	389 ± 11 314 ± 6	291
10.	G—40	Doppelglimmeriger Granit Karlova Ves—Devín, Abraum bei der Kapelle	Muskovit Biotit	348 ± 2 167 ± 10	332 180
11.	G—45	Leukokrater doppelglimmeriger Granodiorit Záhorská Bystrica, Berg Cymbal	Muskovit Biotit	345 ± 12 186 ± 2	344 226
12.	G—48	Leukokrate Granitfazies Marianka—Grmolinský potok	Muskovit	382 ± 2	337
13.	G—39	Doppelglimmeriger Granit Karlova Ves, Grosssteinbruch unterhalb des Breh (Schiessplatz)	Biotit	334 ± 0	316
14.	G—79	Mittelkörniger doppelglim- meriger Granit Karlova Ves—Devín, Bruch hin- ter dem Schiessplatz	Biotit	278,2 ± 6,6	

Tab. 1 (Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Pr. - Nr.	Name des Gesteine — Lokalisation	Gestein Mineral	Meth. u. Mio. K/Ar	Alter in Jahren* Rb/Sr
		<i>Leukokrate Gang-Granite Pegmatite und Aplite</i>			
15.	G—46	Leukokrater Gang-Granit Borinka, Horvátka	Muskovit	311 ± 2	291
16.	G—119	Muskovitischer Pegmatit Jur—Myslenice, Strasseneinschnitt	Muskovit	344,3 ± 2	
17.	G—8	Aplit-Zone des Pegmatits Bratislava, Čelakovského	Gesamtgestein	275 ± 7	
18.	G—10 A	Muskovitischer Gang-Leukogranit Marianka, Kamm des Berges Sv. vrch	Gesamtgestein	222 ± 1	
19.	G—10 B	Spatiger Gang-Leukogranit Limbach, Tri kamenné kopce	Gesamtgestein	155 ± 1	
20.	G—7 A	Aplitoider Gang-Granit Modra-Harmonia, S von Berg Dolinkovský vrch	Gesamtgestein	248 ± 6	
21.	G—1	Gang granitoiden Gesteins in Fleckenamphiboliten des oberen Steinbruchs Bratislava, Železná studnička	Gesamtgestein	191 254	
22.	G—113	Leukokrates aplitoides Gestein Pezinok, Kolársky vrch, Bohrung KV—3	Gesamtgestein	243,8 ± 0,3	
23.	H—17	Leukokrates aplitoides Gestein Pezinok, Kolársky vrch, Bohrung KV—24	Gesamtgestein	80,5 ± 1,1	
24.	G—121	Leukokrates aplitoides Gestein Pezinok-Kolársky vrch, Bohrung KV—24, Tiefe 269 m	Gesamtgestein	138 ± 3,5	
25.	G—122	Leukokrates aplitoides Gestein Pezinok-Kolársky vrch, Bohrung KV—24, Tiefe 269—270 m	Gesamtgestein	141,5 ± 3,6	
26.	G—7	Lichter Mikrogranit Modra-Harmonia, S des Berges Dolinkovský vrch	Gesamtgestein	162 ± 4	
27.	G—2	Aplit-Gang in Kalken der Harmonia—Serie Modra-Harmonia, SO des Berges Dolinkovský vrch	Gesamtgestein	232 ± 1	
28.	G—3	Gang-Granit in Kalken der Harmonia—Serie Modra-Harmonia, S des Berges Dolinkovský vrch	Amphibol	358 ± 7	
			Gesamtgestein	142 ± 6	

Tab. 1 (Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Pr. - Nr.	Name des Gesteine — Lokalisation	Gestein Mineral	Meth. u. Mio. K/Ar	Alter in Jahren* Rb/Sr
29.	M—1	<i>Mylonitisiertes Granitgestein</i> Ultramylonit des Granits des Bratislavaer Masivs Borinka, Anfang des Tales Propadlé	Gesamtgestein	132 ± 6	
30.	M—2	Dunkler Ultramylonit Granits Borinka, Anfang des Tales Propadlé	Gesamtgestein	138 ± 6	
31.	M—3	Epimylonit Modraer Granodiorits Modra-Harmonia, Pfeffenberg	Gesamtgestein	166 ± 8	
32.	M—4	Epimylonit des Modraer Massivs Modra-Harmonia Pfeffenber	Gesamtgestein	108 ± 2	
33.	M—5 A	Tonminerale der Mylonitzone Bratislava—Železná studnička	Tonminerale	150 ± 6	
34.	M—5 B	Tonminerale der Mylonitzone Bratislava—Železná studnička	Tonminerale	144 ± 6	
35.	M—7	Mylonit in Graniten Jur bei Bratislava, Ortsanfang	Splitt a. d. Mittelteil d. Mylonits	152 ± 1	
36.	M—6	Mylonit in saueren Graniten Borinka, 1 km NW der Ortschaft	Splitt a. d. Mittelteil des Mylonits	85 ± 3	
37.	H—2	<i>Metasomatite und Hydrothermal Umgewandelte Granite</i> Albitische Gestein problematischer Genese — Serizitisation Pezinok-Cajla, Antimonitstollen	Gesamtgestein	390 ± 10	
38.	H—1	Gang hydrothermal veränderten Granits Pezinok-Cajla, Antimonitstollen	Gesamtgestein	198 ± 1	
39.	H—18	Hydrothermal veränderter Granodiorit Pezinok-Cajla, Pyritstollen	Gesamtgestein	173,6 ± 2,2	
40.	H—19	Hydrothermal veränderten Granodiorit Pezinok-Cajla, Antimonitstollen	Gesamtgestein	92,1 ± 1	
41.	G—4b	Metasomatisch umgewandelter biotitischer Granodiorit	Gesamtgestein	190 ± 1	
42.	G—124	Metasomatisch umgewandelter Granit Modra-Harmonia, NW des Berges Dolinkovský vrch	K-Spat	177,6 ± 4,5	

Tab. 1 (Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Pr. - Nr.	Name des Gesteine — Lokalisation	Gestein Mineral	Meth. u. Mio. K/Ar	Alter in Jahren* Rb/Sr
<i>Diorite</i>					
43.	A—25	Mela-Diorit in Graniten Bratislava—Čapková—Hlboká cesta	Amphibol	483 ± 11	
44.	G—29	Mela-Diorit Bratislava—Krčméryho	Amphibol	373 ± 4	
45.	G—14	Mela-Diorit Bratislava—Krčméryho	Amphibol	365	
46.	A—15	Diorit Bratislava—Hlboká cesta	Biotit Amphibol	345 ± 1 368 ± 20	
<i>Metabasite</i>					
47.	A—2	Hornblendit (1. St. d. Metamorphose) Pernek 1000 m N d. Berges Pleš	Amphibol	303 ± 2	
48.	A—4	Fleckenamphibolit Pernek, 1000 m N d. Berges Pleš	Amphibol	301	
49.	A—3	Gabbroamphibolit Pernek, 1000 m N d. Berges Pleš	Amphibol	288 ± 5	
50.	A—7	Hypoabyssaler Gang-Amphibolit Pezinok-Baba, Wegeinschnitt 200 m W von der Halde beim Stollen Augustin	Amphibol	287 ± 3	
51.	A—12	Fleckenamphibolit Bratislava-Železná studnička oberer Amphibolitsteinbruch	Amphibol	273	
52.	A—6	Hornfelsamphibolit Pezinok-Baba, Wegeinschnitt, 200 m W d. Halde b. Stollen Augustin	Amphibol	223	
53.	A—8	Hypoabyssaler Gang mylonitisierten Gabbros in Amphiboliten Pernek, Steinbruch	Amphibol	115 ± 5	
54.	A—10	Metamorphierter grobkörniger Gabbroamphibolit Pernek 1000 m N d. Berges Pleš	Amphibol	239 ± 2,5	
55.	A—1	Amphibolit, retragred. metam. Pernek 500 m N d. Berges Pleš	Amphibol	115 ± 7	
<i>Metapelite</i>					
56.	G—117	Muskovitisch-biotitischer Mimatit Jur—Myslenice, Abraum bei d. Strasse	Gesamtgestein	315,2 ± 1,5	

Tab. 1 (Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Pr. - Nr.	Name des Gesteine — Lokalisation	Gestein Mineral	Meth. u. Mio. K/Ar	Alter in Jahren* Rb/Sr
57.	G—52	Migmatit Jur bei Bratislava, W Ortsrand	Biotit	305 ± 2	370
58.	G—118	Muskovitisch-biotitischer Migmatit Jur—Myslenice, Abraum b. d. Strasse	Gesamt- gestein	280,8 ± 5	
59.	G—53	Gneis Pezinok—Pezinská Baba	Biotit	363 ± 6	
60.	G—51	Granatischer Gneis Bratislava—Lamač, Hüttengebiet	Biotit	330 ± 4	
61.	G—50	Gneis Bratislava—Železná studnička (Lager)	Biotit	322 ± 7	
62.	M—26	Gneis (progressiv metamor- phosiert) Bratislava—Železná studnička	Muskovit	302 ± 9	
63.	B—6	Schiefer der Harmonia-Über- gangsserie Častá-Tal Veľká Častianská dolina	Gesamt- gestein	313	
64.	B—3	Harmonia-Schiefer Častá, Grube Mária Baňa	Gesamt- gestein	225 ± 5	
65.	B—7	Schiefer, Übergangstyp Dolany, NO d. Kirche, 300 m	Gesamt- gestein	221	
66.	B—1	Biotitischer dunkler, fleckiger Phyllit der Harmonia-Serie Pezinok, Pezinok Berg Malá Homola	Gesamt- gestein	185	
67.	B—5	Serizitischer Phyllit Záhorská Bystrica, Steinbruch	Gesamt- gestein	232	430
68.	G—49	Biotitischer Phyllit Pezinok—Baba, 2 km NW	Gesamt- gestein	267	
69.	G—6	Metasomatisch umgewandelter Schiefer der Harmonia-Serie Častá-Tal Veľká Častianská dolina K 521,8	Gesamt- gestein	342 ±	

* Konstanten zur Berechnung des Modellalters
anhand der K/Ar-Methode:

$$\lambda_K = 0,581 \cdot 10^{-10} \cdot \text{J}^{-1}$$

$$\lambda_\beta = 4,962 \cdot 10^{-10} \cdot \text{J}^{-1}$$

anhand der Rb/Sr-Methode:

$$\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86} = 0,706$$

$$\text{Rb}^{87} - \lambda_\beta = 1,42 \cdot 10^{-11} \cdot \text{J}^{-1}$$

Serie im Hangenden. Neun Bestimmungen wurden an basischen Gesteinen gemacht. Alle diese Ergebnisse wurden in einem Histogramm zusammengefasst (Abb. 1) welches klar beweist, dass das Hauptintervall des Modellalters des Granit magmatismus laut K/Ar-Methode sich innerhalb des Limits von 300 bis 360 Mio. Jahren bewegt, was mit dem Alter der progressiven Metamorphose der Schieferschichtenfolge korrespondiert. Dadurch wird be-

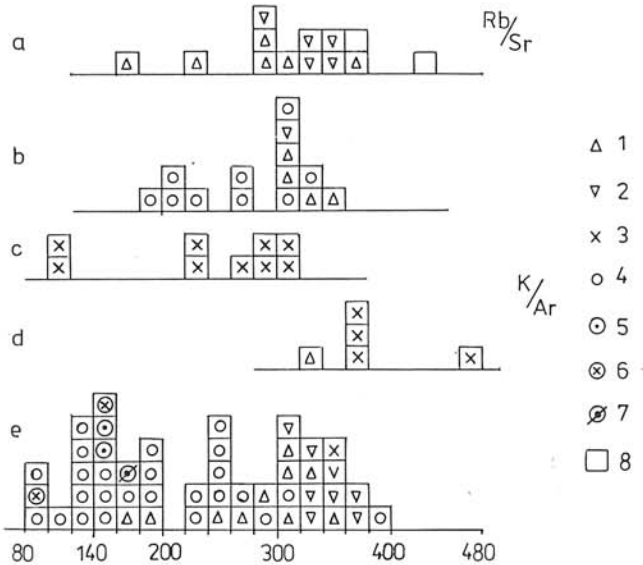


Abb. 1: Histogramme der Modellaltersbestimmungen von kristallinem Gestein mittels K/Ar- und Rb/Sr-Methode.

1 — Biotit; 2 — Muskovit; 3 — Amphibol; 4 — Gesamtgestein; 5 — Tonmineralen; 6 — Mylonit; 7 — K-Spaten; 8 — gemäss dem metapelitischen Gesamtgestein. Modellaltersbestimmung anhand der Rb/Sr-Methode: a — von Granitoiden und Metapeliten;

Modellaltersbestimmung mittels K/Ar-Methode: b — von Metapeliten, c — Metabasiten, d — Dioriten, e — Graniten.

wiesen, dass die Prozesse des Granitplutonismus dominierenden Einfluss auf die Bestimmung der Altersangaben bei kristallinen Schiefen hatten. Die alpinischen subsekquenten Prozesse widerspiegeln sich ebenfalls in der graphischen Darstellung Nr. 1, was aus deren komplizierter Form resultiert. Die Verteilung der geochronologischen Werte äussert sich in einer Linie mit drei Peaks und wird verursacht entweder nur durch alpinische Tektonometamorphose, oder aber ist es möglich, eine Kombination anderer metamorpher Eingriffe vorauszusetzen. In künftigen Arbeiten muss beglaubigt werden, ob ein Teil der Angaben der leukokraten granitoiden Gesteine nicht auch wirkliche jungvariszische oder jüngere neoide Phasen von Plutonismus indiziert. Eine Beglaubigung kann aber lediglich anhand anderer Methoden erreicht werden als es die K/Ar-Methode ist, wobei die Rb/Sr-Methode die günstigste zu sein scheint.

12. Vergleicht man die Ergebnisse gemäss K/Ar- mit den bisherigen Bestimmungen der Rb/Sr-Methode nach, kann konstatiert werden, dass in einem gewissen Masse sich bei der Analyse der Minerale die Werte nähern, und in gewissen Sinne decken; d. h., dass die nach der K/Ar-Methode gewonnenen gewöhnlich gesteigerten oder gesenkten Modellalterswerte auch nach der Rb/Sr-Methode als verhältnismässig wenig erhöhte oder gesenkte Werte erhalten werden und umgekehrt. Dies zeugt davon, dass sowohl radiogenes Argon als auch radiogenes Strontium unter Einfluss geologischer Prozesse der Migration unterliegen. Diese ist aber unterschiedlich in der Intensität beim Argon und beim Strontium! Beim Argon ist die Migrationsfähigkeit höher.

Schluss

Die Autoren versuchten auf Grund der K/Ar-Analysen an 69 Proben granitoider Gesteine und ton-quarziger Metamorphite (Gneise und Phyllite, als auch Metabasite) eine Interpretation über das Alter der Gesteine bzw. anderer subsequenter Prozesse zu bieten und verwiesen auf die Möglichkeiten der Freisetzung oder Zurückhaltung (Retention) des Argons bei bestimmten Veränderungsbedingungen der Gesteine und Minerale, wobei sich die Retention zumal im Gitter mineraler Neubildungen abspielt (Amphibole und wahrscheinlich auch Neubildungen sekundären Muskovits).

Spatige aplitoide Gesteine setzen am günstigsten Argon frei und deshalb ist eine nähere Bestimmung deren Alters nur anhand anderer Methoden möglich. Es bestätigt sich, dass die K/Ar-Methode Beweise über das variszische Alter der letzten progressiven Metamorphose der Schiefer erbringt, verbunden mit granitoidem Plutonismus, und dass diese Metamorphose dominierende progressive Metamorphose im kleinkarpatischen Gebiet ist.

Es erwies sich der grosse Einfluss tektonischer und tektonomorpher, als auch hydrothermaler und metasomatischer Prozesse bei der Gewinnung der Modellalterswerte von studierten Gesteinsproben der Kleinen Karpaten. Bewiesen wurde, dass die gewonnenen Angaben in erster Linie abhängig sind von der Intensität der Veränderungen der Gesteine und nicht die Möglichkeit bieten, eine reale Alterschronologie dieser Prozesse zu bestimmen.

Beim Vergleich der Ergebnisse der Datierung anhand K/Ar-Methode mit jenen gemäss Rb/Sr-Methode wird bewiesen, dass nachfolgende Prozesse nicht nur eine Migration des Argons, sondern auch des Strontiums verursachen und deshalb stimmen die einzelnen Angaben der Datierung von Mineralen aus den gleichen Proben, gewonnen anhand beider Methoden überein oder kopieren einander, was heisst, dass eine Steigerung oder Senkung der Modellalterswerte bei den einzelnen Mineralen gemäss K/Ar-Methode, von einer gewissen Senkung der gemäss Rb/Sr-Methode gewonnenen Ergebnisse begleitet wird.

Es zeigte sich, dass bei der Erforschung des Alters des Kristallinikums der Kleinen Karpaten und der Westkarpaten überhaupt, (da die Gesteine polymetamorphe Prozesse durchmachten) dass mehrere geochronologische methodische Verfahren angewendet werden müssen und die Interpretation anhand der Auswertung mehrerer Methoden resp. deren Kombination gemacht werden muss. Wichtig ist dabei die Kenntnis der Geltendmachung verschiedener

geologischer Prozesse und die Kenntnis der geologischen Historie, die das erforschte Gestein durchmachte. Gleichzeitig ist es notwendig die litologische, mineralogische und petrographische Zusammensetzung des Gesteins zu kennen und es muss die Qualität des separierten und zur Analyse zubereiteten Forschungsmaterials beachtet werden.

Übersetzt von E. Walzel

SCHRIFTTUM

- AMŠINSKIĬ, N. N. — DERGAČEV, V. B. — MELENEVSKIĬ, V. N., 1974: Geologičeskije aspekty kalij-argonovogo datirovanija granitoidov. Trudy ZSOVMO (Novosibirsk), 1, S. 3—18.
- AMŠINSKIĬ, N. N. — MELENEVSKIĬ, V. N., 1976a: Problemy kalij-argonovogo datirovanija granitoidov. Trudy ZSOVMO (Novosibirsk), 3, S. 3—9.
- AMŠINSKIĬ, N. N. — MELENEVSKIĬ, V. N., 1976b: O vzaimosviati degidratacii i vydelenia argonov sljudami pri nagrevanii. Trudy ZSOVMO (Novosibirsk), 3, S. 10—14.
- BAGDASARJAN, G. P. — CAMBEL, B. — VESELSKÝ, J. — GUKASJAN, R. CH., 1977: Kalij-argonovyje opredelenija vozrasta porod krystalličeskich kompleksov Zapadnyh Karpat i predvaritel'naja interpretacia rezul'tatov. Geologický zborník — Geologica carpathica (Bratislava), 28, 2, S. 219—242.
- CAMBEL, B., 1976: Probleme der Metamorphose und der Stratigraphie des Kristallins der West Karpaten mit Hinsicht auf die Forschungen in dem Bereich der Kleinen Karpaten. Geologický zborník — Geologica carpathica (Bratislava), 27, 1, S. 103—116.
- CAMBEL, B. — BAGDASARJAN, G. P. — AGAMALJAN, V. A. — VESELSKÝ, J. — ČIBUCHČIAN, Z. D., 1977: Radio-geochronologia gornych porod i molodych naložennych processov oblasti Malých Karpat. (Slovakija). Sb. Opyt korreľacii magmatičeskich i metamorfičeskich porod Českoslovakii i nekotorych rajonov SSSR. Izd. Nauka, Moskva, S. 199—208.
- CAMBEL, B. — BAGDASARJAN, G. P. — VESELSKÝ, J. — GUKASJAN, R. CH., 1979: Novyje dannyje opredelenija vozrasta porod Slovakii rubidij-stronciovym i kalij-argonovym metodami i vozmožnosti ich interpretacii. Geologický zborník — Geologica carpathica (Bratislava), 30, 1, S. 45—60.
- CAMBEL, B. — BAGDASARJAN, G. P. — VESELSKÝ, J. — GUKASJAN, R. CH., 1980: To problems of interpretation of nuclear-geochronological data on the age crystalline rocks of the West Carpathians. Geologický zborník — Geologica carpathica (Bratislava), 31, 1—2, S. 27—48.
- CAMBEL, B. — ČORNÁ, O., 1974: Stratigrafija kristalličeskogo osnovanija massiva Malých Karpat v svete palinologičeskich issledovanij. Geologický zborník — Geologica carpathica (Bratislava), 25, 2, S. 241—255.
- CLARK, S. P., 1979: Thermal Models of the Central Alps. In: Lectures of Isotope Geology. Editor: E. Jäger — J. C. Hunziker, Springer Berlin, 329 S.
- ČORNÁ, O., 1968: Sur la trouvaille de restes d'organismes dans les roches graphitiques du cristallin des Petites Carpathes. Geologický zborník — Geologica carpathica (Bratislava), 19, S. 303—309.
- ČORNÁ, O., — 1969: Bemerkungen zur Verbreitung palynologischer Mikrofossilien vom Präkambrium bis zum Unterkarbon. Geologický zborník — Geologica carpathica (Bratislava), 20, 2, S. 399—416.
- MÁŠKA, M. — ZOUBEK, V. et al., 1961: Tektonický vývoj Československa, ČSAV Praha, 232 S.
- MUNDA, M., 1944: Dösing (Slowakei). Das Antimonerz und Schwefelkies—Vorkommen mit Betrachtungen zu der dort geplanten. Schwefelkies—Gewinnung. Bericht. (manuskript).

Zur Veröffentlichung empfohlen
von J. BURCHART

Manuskript eingegangen
am 1. Dezember 1980