**Referat wygłoszony w dniu 12 maja 2021r. na posiedzeniu Komisji Nauk Geologicznych PAN Oddział w Krakowie**

Mgr inż. Tomasz Powolny

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska,

Katedra Mineralogii, Petrografii i Geochemii

orcid logo 16px https://orcid.org/0000-0002-1359-3955

✉ powolny@agh.edu.pl

**Geneza oraz mechanizmy spilityzacji permskich skał wulkanicznych z niecki śródsudeckiej (Dolny Śląsk)**

1. **Wprowadzenie**

Skały wulkaniczne (wylewne), powstające na powierzchni Ziemi lub płytko pod nią, od zawsze odgrywały kluczową rolę w historii geologicznej naszej planety oraz prawdopodobnie przyczyniły się zarówno do rozwoju życia (Russell et al., 2010), jak i masowego wymierania wielu gatunków roślin i zwierząt (Payne i Clapham, 2012). W Polsce tego typu utwory występują w trzech formacjach wulkanogenicznych wydzielonych ze względu na wiek (Krzemińska i Awdankiewicz, 2011): (1) staropaleozoicznej (masyw ofiolitowy Ślęży), (2) dolnopermskiej (niecka śródsudecka i połnocnosudecka, obszar podkrakowski oraz Niż Polski) oraz (3) mezozoicznej (andezyty z Góry Wdżar w Pieninach oraz nefelinity z Góry Św. Anny), spośród których szczególnie ta druga stanowi przedmiot zainteresowania ze strony naukowców i kolekcjonerów. Należy przy tym wspomnieć, że z uwagi na dobrze zachowane formy morfologiczne związane z permską działalnością wulkaniczną, obszar pogórza kaczawskiego w Sudetach Zachodnich nie bez przyczyny nosi nazwę ,,Krainy Wygasłych Wulkanów” (Pijet-Migoń i Migoń, 2019). Wulkanity permskie z obszaru Polski cechują się również obecnością mineralizacji krzemionkowej w formie agatów i barwnych odmian kwarcu, w szczególności ametystu (Powolny et al., 2019). Jednocześnie mineralizacja krzemionkowa reprezentowana przez tzw. jasperoidy jest obecna w osadach chemiczno-detrytycznych występujących pomiędzy poszczególnymi cyklami wulkanizmu permskiego.

Zawarte w wulkanitach asocjacje mineralne (pirokseny, oliwiny czy skalenie) są zazwyczaj nietrwałe w warunkach subaeralnych i/lub subakwalnych, a także podczas oddziaływania procesów metamorfizmu niskiego stopnia (w tym procesów hydrotermalnych). Jednym z takich procesów, stosunkowo powszechnych w lawach poduszkowych jest tzw. spilityzacja, która prowadzi do powstania tzw. spilitów lub skał spilitowych. Termin „spilit” został po raz pierwszy zaproponowany w XIX wieku (Brongniart, 1827) i odnosi się do przeobrażonych skał o charakterze bazaltów lub diabazów, w których pierwotny wapniowy plagioklaz został całkowicie lub częściowo przeobrażony w albit (skaleń sodowy). Przemianie tej zazwyczaj towarzyszą takie procesy jak epidotyzacja, karbonatyzacja czy chlorytyzacja. Istnieje kilka modeli wyjaśniających powstanie asocjacji spilitowych w skałach wylewnych – ten najbardziej powszechny zakłada, że jony Na+ niezbędne do powstania wtórnego sodowego skalenia (albitu) są dostarczane poprzez reakcję miedzy wodą morską a magmą (Amstutz, 1974). Niemniej jednak spility mogą także tworzyć się w następstwie tzw. metamorfizmu z pogrzebania lub bezpośredniej krystalizacji z magmy (Smith, 1968).

1. **Cel i zakres badań**

Na obszarze Polski asocjacje spilitowe zostały stwierdzone na obszarze niecki śródsudeckiej (Dolny Śląsk), gdzie występują najczęściej w skałach zasadowych typu trachyandezytów (Powolny et al., 2018). Skały te tworzą subwulkaniczne ciała magmowe o charakterze lakolitów, silli czy potoków lawowych, budując częściowo pasmo Gór Kamiennych w Sudetach. W niniejszym referacie została zaprezentowana synteza dotychczasowych badań tych utworów, dotycząca rekonstrukcji przeobrażeń hydrotermalno-metasomatycznych o charakterze spilityzacji. Dogłębne zrozumienie procesu spilityzacji jest istotne z uwagi na fakt, że wulkanity permskie niecki śródsudeckiej powstały w następstwie działania tzw. subsekwentnego wulkanizmu środkowego czerwonego spągowca. Wulkanizm ten miał charakter kontynentalny i postorogeniczny (Awdankiewicz, 1999), co wyklucza ,,morską” genezę tego typu spilitów i sugeruje tym samym auto-hydrotermalny charakter przemian minerałów pierwotnych. Zagadnienia dotyczące mobilności poszczególnych pierwiastków mają natomiast znaczenie w określeniu potencjału złożowego związanego z oddziaływaniem fluidów bogatych w Na+ na macierzyste wulkanity i skały otoczenia. Zastosowane metody analityczne (m.in. katodoluminescencja czy datowanie apatytów metodą trakową), pomimo, że nie były do tej pory powszechnie wykorzystywane do interpretacji procesów spilityzacji pozwoliły dokonać skutecznej rekonstrukcji przeobrażeń hydrotermalno-metasomatycznych w wulkanitach permskich niecki śródsudeckiej.

1. **Wnioski**

* Albityzacja zasadowych plagioklazów z wulkanitów permskich niecki śródsudeckiej zachodziła w niskich temperaturach (<100ºC), a metasomatyzujące roztwory wnikały sukcesywnie w głąb pierwotnego plagioklazu poprzez szczeliny w obrębie płaszczyzn zbliźniaczeń polisyntetycznych. Proces ten doprowadził do powstania czystego chemicznie albitu (Ab~99 mol. %), który w obrazach katodoluminescencyjnych nie wykazuje świecenia w przeciwieństwie do pierwotnego plagioklazu o zielono-szarej barwie CL aktywowanej przez domieszkę Mn2+. Wtórny albit jest lokalnie silnie porowaty oraz wyraźnie oddziela się w obrazach BSE od pierwotnego plagioklazu, co sugeruje udział procesów rozpuszczania-rekrystalizacji. Potencjalne źródło Na+ do powstania wtórnego albitu mogły stanowić pierwotne sodowe pirokseny, które są niemal całkowicie przeobrażone w Mg-chloryty;
* Badania geochemiczne skał ujawniły, że pierwiastki ziem rzadkich (REE) wykazują ograniczoną mobilność podczas procesów spilityzacji. Na uwagę zasługuje natomiast wzrost cezu w skałach silnie przeobrażonych, połączony ze znaczącym spadkiem strontu. Zmiany te należy odpowiednio tłumaczyć krystalizacją minerałów chlorytowych (lub/i procesami wietrzenia) i rozpuszczaniem pierwotnego plagioklazu zawierającego śladowe ilości Sr2+ w podstawieniu za Ca2+;
* Datowanie apatytów z wulkanitów o różnym stopniu przeobrażeń metoda trakową (AFT) wskazało na wiek skał w przedziale 182-161 Ma (środkowa jura). Wiek ten pokrywa się z wynikami datowań seladonitu (wypełniającego pustki pogazowe w bazaltach) z niecki północnosudeckiej metodą K-Ar (Pękala et al., 2003) oraz hydrotermalnego (autigenicznego) anatazu z osadów klastycznych karbonu z niecki śródsudeckiej metodą U-Pb (Dunkl et al., 2015). Sugeruje to, że uzyskane dane trakowe prawdopodobnie odzwierciedlają wiek spilityzacji wulkanitów permskich z niecki śródsudeckiej;
* Rozwój mineralizacji agatowej w wulkanitach permskich jest genetycznie związany ze spilityzacja, co potwierdzają krzywe REE uzyskane dla agatów i macierzystych skał wulkanicznych. W agatach stwierdzono ponadto mineralizacje kruszcową, m.in. piryt, markasyt, baryt, mottramit i dickit;
* Roztwory pomagmowe związane z wulkanizmem permskim oddziaływały częściowo na skały wapienne, które występują lokalnie w obrębie osadów detrytycznych (tzw. łupki międzyeruptywne) oddzielających poszczególne cykle wulkanizmu permskiego w niecce śródsudeckiej. Doprowadziło to do powstania bogatych w minerały krzemionkowe skał   
  o charakterze tzw. jasperoidów, w obrębie których stwierdzono takie fazy hydrotermalne jak adular, albit, baryt, cyrkon i apatyt.

**Literatura:**

1. Amstutz, G. C. (Ed.). (1974). Spilites and spilitic rocks (Vol. 4). Berlin Heidelberg New York: Springer.
2. Awdankiewicz, M. (1999). Volcanism in a late Variscan intramontane trough: Carboniferous and Permian volcanic centres of the Intra-Sudetic Basin, SW Poland. Geologia Sudetica, 32(1-74), 13-47.
3. Brongniart, A. (1827). Classification et caractèresminéralogiques des rocheshomogènes et hétérogènes. FG Levrault.
4. Dunkl, I., Gerdes, A., Wolff, R., Botor, D., Wellhäuser, A.,Döhmann, M., von Eynatten, H. (2015).Geo- and thermo- chronology of anatase as benchmarks for basin evolution . W: Goldschmidt2015, Praga, Sierpień 16–21 2015, s. 78.
5. Krzemińska, E., Awdankiewicz, M. (2011). Historia geologiczna aktywności wulkanicznej na obszarze Polski. Kosmos, 3(60), 261-275.
6. Payne, J. L., Clapham, M. E. (2012). End-Permian mass extinction in the oceans: an ancient analog for the twenty-first century? AnnualReview of Earth and PlanetarySciences, 40.
7. Pękala, M., Wójtowicz, A., Michalik, M. (2003). Post-eruptive history of Lower Permian volcanic rock (trachybasalt from Lubiechowa; the North-Sudetic Basin). Mineralogical Society of Poland–Special Papers, 23, 145-147.
8. Pijet-Migoń, E., Migoń, P. (2019). Promoting and interpreting geoheritage at the local level—bottom-up approach in the Land of Extinct Volcanoes, Sudetes, SW Poland. Geoheritage, 11(4), 1227-1236.
9. Powolny, T., Dumańska-Słowik, M., Sikorska-Jaworowska, M. (2018). The petrogenesis of albitized Early-Permian trachyandesites from Świerki quarry (Lower Silesia, Poland)-constraints on spilitization supported by mineralogical and geochemical data. Lithos, 320, 118-133.
10. Powolny, T., Dumańska-Słowik, M., Sikorska-Jaworowska, M., Wójcik-Bania, M. (2019). Agate mineralization in spilitized Permian volcanics from “Borówno” quarry (Lower Silesia, Poland)–microtextural, mineralogical, and geochemical constraints. Ore Geology Reviews, 114, 103130.
11. Russell, M. J., Hall, A. J., Martin, W. (2010). Serpentinization as a source of energy at the origin of life. Geobiology, 8(5), 355-371.
12. Smith, R. E. (1968). Redistriution of Major Elements in the Alteration of Some Basic Lavas during Burial Metamorphism. Journal of Petrology, 9(2), 191-219.