

Rhenium in molybdeniet

weerspiegelt toename van zuurstof in de atmosfeer

door Tom van Loon

Geologisch Instituut, Adam Mickiewicz University, Poznan, Polen
tom.van.loon@wxs.nl; tvanloon@amu.edu.pl

In de beginperiode van ons zonnestelsel, toen de zon en later de planeten zich vormden uit minuscule deeltjes in de interstellaire ruimte, bevonden zich op die deeltjes mogelijk al ongeveer tien verschillende mineralen, zoals diopsied, anorthiet, perovskiet en fassaïet. Op dit moment zijn er op aarde meer dan 4700 mineralen bekend en er worden nog steeds meer mineralen ontdekt. Alleen al in de laatste tien jaar zijn er zeer veel nieuwe mineralen bekend geworden en sinds 2008 is het aantal zelfs met 400 toegenomen (zie Geonieuws, nummer 999).

Dat dit aantal de afgelopen decennia zo snel toeneemt, is te danken aan de ontwikkeling van geavanceerde apparatuur waarmee de chemische samenstelling van zeer kleine insluitsels in mineralen kan worden geanalyseerd, en vanzelfsprekend niet het gevolg van snel veranderende omstandigheden op aarde. De 'natuurlijke' toename van het aantal mineralen in het geologisch verleden is een gevolg van veranderende en steeds complexere omstandigheden. Toen ons zonnestelsel de eerste vaste grote 'brokken' gesteente bevatte (asteroïden), ongeveer 4,6-4,55 miljard jaar geleden, liep het aantal mineralen al tot zo'n 70 op. Wetenschappers concluderen dit op basis van de samenstelling van op aarde gevonden meteorieten die ooit deel uitmaakten van een asteroïde.

Toen de planeten gevormd werden, nam het aantal mineralen verder toe. Dat ging steeds sneller, vooral op de planeet aarde. In eerste instantie werd dit onder meer veroorzaakt door het voorkomen van een - voorlopig nog zuurstofarme - atmosfeer en grote hoeveelheden water, waarin al snel (primitief) leven ontstond. De interacties tussen lithosfeer, atmosfeer, hydrosfeer en biosfeer leidden vervolgens tot sterk uiteenlopende omstandigheden, die de juiste voorwaarden schiepen voor de vorming van nieuwe mineralen. Toen de aarde ongeveer een miljard jaar oud was, moeten er al zo'n 500 verschillende mineralen in de vroege aardkorst aanwezig zijn geweest.

Veranderende geochemie

De aarde kende echter nóg een belangrijk proces dat van grote invloed was op de vorming van mineralen: schollentektoniek. Door het bewegen en botsen van aardplaten kwamen mineralen die aan het aardoppervlak waren gevormd diep in de aarde terecht, terwijl 'vers' materiaal naar het aardoppervlak werd getransporteerd in de vorm van vulkanisch gesteente. Ook de veranderende samenstelling van de atmosfeer was van invloed op de mineraalvorming. Toen deze meer zuurstof ging bevatten - door de productie van dit gas door blauwalgen in de oceaan en later door groene (land)planten - werden nieuwe omstandigheden geschapen waardoor nieuwe mineralen zich konden vormen, al dan niet door biologische tussenkomst. In de zuurstofrijke oceanen kwamen bijvoorbeeld planten en dieren tot ontwikkeling die een in- of uitwendig kalk- of silica-skelet vormden, waarvoor ze stoffen aan het zeewater onttrokken en deze stoffen omzetten in voordien onbekende mineralen (bijv. vormen van CaCO_3 zoals aragoniet en vateriet). Vooral toen eenmaal het land was veroverd - eerst door planten, later ook door dieren - zorgden biogene activiteiten voor tal van nieuwe micromilieus (bijv. graafgangen en opeenhopingen van uitwerpselen) waarin nieuwe mineralen konden ontstaan. Dit leidde tot tal van geochemische veranderingen. Geochemisch onderzoek kan daarom inzicht verschaffen in de ontwikkeling van de aardkorst en van de omstandigheden zoals deze in het geologische

Afb. 1. Een cluster van molybdenietkristallen.

verleden aan het aardoppervlak en in de bovenste aardkorst voorkwamen.

Recent geochemisch onderzoek naar de evolutie van de aardkorst is onder meer uitgevoerd aan de hand van het mineraal molybdeniet (MoS_2). Afb. 1 en 2. 442 monsters, variërend in ouderdom tussen 2,91 miljard tot 6,3 miljoen jaar en afkomstig van 135 locaties op aarde, werden hiertoe geanalyseerd. Bij deze monsters werd onder meer gekeken naar de verontreiniging van het mineraal met het chemische element rhenium omdat dit element de mogelijkheid biedt om de vroegere reactie met atmosferische zuurstof te reconstrueren. De onderzoekers concludeerden dat de concentratie van dit sporenelement in molybdeniet gedurende de laatste 3 miljard jaar maar liefst achtmaal zo hoog is geworden. Dit moet verklaard worden door een (steeds snellere) toename van de oxiderende omstandigheden aan en nabij het aardoppervlak. De ouderdom van de monsters toont aan dat het zuurstofgehalte



Afb. 2. Molybdenietkristal uit Quebec (foto John Chapman).

in de atmosfeer en oceanen zo'n 2,4 miljard jaar geleden (in het Archeïcum) plotseling sterk steeg, waarna de toename, zij het veel langzamer, doorging tot in het Cambrium. Daarna traden er geen fundamentele veranderingen meer op. Dit maakt duidelijk dat de 'evolutie' van het mineralenrijk vooral te danken is aan de *Great Oxidation Event* die zo'n 2,4 miljard jaar geleden plaatsvond, toen het zuurstofgehalte in de atmosfeer in (geologisch) korte tijd omhoog schoot als gevolg van het ontstaan van mariene micro-organismen die zuurstof produceerden.

Invoel van continentverschuivingen

Een andere interessante uitkomst van het onderzoek is dat de afzettingen met relatief grote hoeveelheden molybdeen vooral werden gevormd gedurende de vijf perioden waarin supercontinenten (Kenorland, Nuna, Rodinia, Pannotia en Pangea) werden gevormd. Al eerder werd vastgesteld dat in deze perioden ook veel nieuwe mineralen ontstonden. Waarschijnlijk hangt dit samen met geologische processen in deze perioden zoals geberg-

tevoorming en subductie van lithosfeerschollen en de daarmee samenhangende vulkanische en hydrothermale activiteit. Gedurende perioden van langdurige tektonische rust ontstonden veel minder nieuwe mineralen.

Voor de toename van zuurstof in de atmosfeer en gebergtevoorming (met alle daarmee geassocieerde processen) hebben bijgedragen aan de steeds verdere toename van het aantal mineralen op aarde.

Referenties

Geonieuws nr. 999. Geonieuws is het elektronische tijdschrift van de NGV. www.geo.uu.nl/ngv/geonieuws/geonieuws.php

Golden, J., McMillan, M., Downs, R.T., Hystad, G., Goldstein, I., Stein, H.J., Zimmerman, A., Sverjensky, D.A., Armstrong, J.T. & Hazen, R.M., 2013. Rhenium variations in molybdenite (MoS₂): evidence for progressive subsurface oxidation. *Earth and Planetary Science Letters* 36, 1-5.

Boekbespreking



Mineralien der Kanarischen Inseln, door Rudolf Frantz Ertl. Uitgeverij Publicaciones Turquesa, 2009. ISBN 978-84-92648-45-0. Duits, 232 pagina's, meer dan 220 foto's. De prijs varieert.

Tijdens mijn vakantie op Lanzarote afgelopen voorjaar ontdekte ik in een boekenwinkel in het centrum van de hoofdstad Arrecife eindelijk een boek over de mineralen van de Canarische eilanden: *Mineralien der Kanarischen Inseln* (voor de prijs van 22 euro). Toen hij het boek schreef was de auteur,

Rudolf Frantz Ertl, al meer dan twintig jaar verbonden aan het Organismo Autónomo de Museos y Centros (OAMC) van de eilandregering van Tenerife. Jarenlang verzamelde en onderzocht hij mineralen op de Canarische eilanden. Het boek is, voor zover mij bekend, tot nu toe de enige publicatie waarin een compleet overzicht gegeven wordt van mineralogie en geologie van deze eilandengroep. Het manuscript is in het Duits geschreven, vervolgens in het Spaans vertaald en uitgegeven. Later is er ook een Duitse versie uitgegeven.

Het eerste hoofdstuk behandelt de geschiedenis van mineralogisch onderzoek, van de prehistorie via de oude Grieken en Romeinen naar Georg Bauer (Agricola, de 'vader' van de mineralogie) en van daar via o.a. Cronstedt, Scheele, Hauy, Berzelius en Miller naar onze moderne tijd. Het hoofdstuk geeft vervolgens een historisch overzicht van het mineralogisch onderzoek op de Canarische eilanden.

Een inleiding in de geologie van de Canarische eilanden wordt in het tweede hoofdstuk gegeven. Ook in dit hoofdstuk vinden we een stuk geschiedenis. Daarnaast is er aandacht voor platentektoniek en het ontstaan van de verschillende soorten vulkanen en vulkanische gesteenten, toegespitst op de Canarische eilanden. Opmerkelijk was voor mij de constatering dat het

ontstaan van Lanzarote en Fuerteventura duidelijk afwijkt van dat van de overige eilanden.

Hoofdstuk 3, goed voor meer dan de helft van het boek, behandelt alle mineralen van de Canarische eilanden. Na een korte inleiding over de indeling van de mineralen in klassen (de indeling volgens Strunz, elementen, sulfiden, halogeniden etc.) volgt een tabel met alle van de Canarische eilanden bekende mineralen. Vervolgens worden alle mineralen per klasse besproken.

Op de achterkant van het boek staat vermeld dat er 136 mineralen gedetailleerd in beschreven staan. Dat klopt alleen als bijv. rookkwarts en amethyst als verschillende mineralen worden beschouwd. Gaat het om de officieel erkende mineralen, dan blijft de teller echter op 88 steken.

Bij elk mineraal staat een korte beschrijving, een of meer foto's en in veel gevallen kristaltekeningen. Verder staat er beschreven op welke eilanden het mineraal gevonden is. Soms zijn de vindplaatsaanduidingen erg vaag, soms behoorlijk gedetailleerd. Wat de foto's betreft is het jammer dat er bij mineralen die op de Canarische eilanden niet in mooie vorm gevonden worden, gekozen is voor foto's van mooie stukken afkomstig van andere vindplaatsen. Zo staan er foto's in van een prachtig stuk steenzout uit Wieliczka (Polen) en van mooie kwartsen (o.a. amethyst en agaat) uit Brazilië, Zwitserland en Idar Oberstein. Liever had ik hier foto's gezien van minder mooie stukken van de Canarische eilanden zelf, zodat duidelijk zou zijn wat je hier zelf zou kunnen vinden.

Al met al vond ik het een goed leesbaar en zeer nuttig boek. Wat mij betreft een absolute *must* voor iedereen die iets heeft met (de mineralen van) de Canarische eilanden. In Nederland wordt het boek aangeboden door 'De Bodemschat' (ook aanwezig op veel mineralenbeurzen, dat scheelt verzendkosten). Op de eilanden zelf is het goedkoper, maar dan is het maar de vraag of het ergens op voorraad is. Mijn exemplaar was in elk geval het laatste Duitstalige in de betreffende winkel.

Paul Mestrom
pmestrom@home.nl