

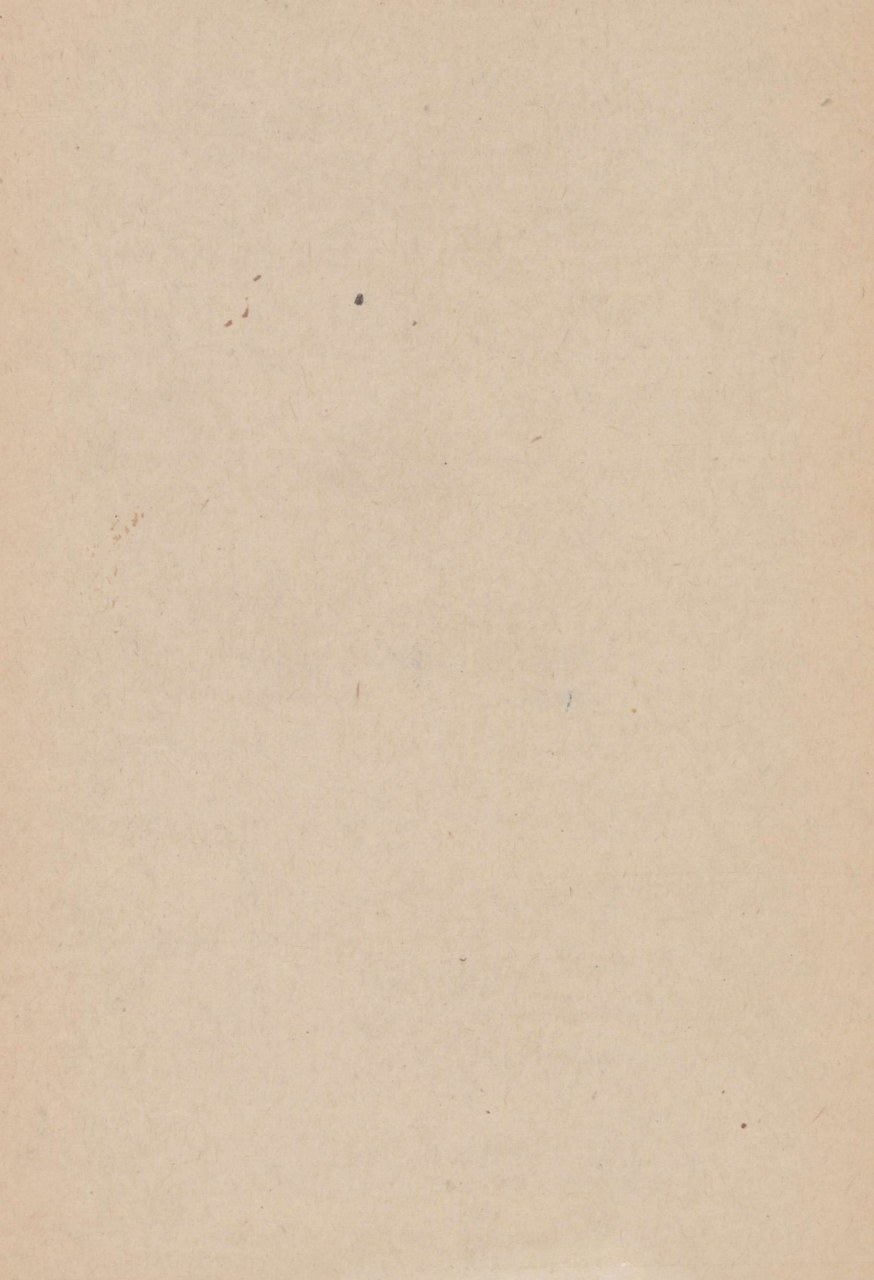
POPULAARTEADUSLIK SARI

F. BUBLENIKOV

# MAA AARDED

*RK*

„TEADUSLIK KIRJANDUS“



F. BUBLEINIKOV

# MAA AARDED

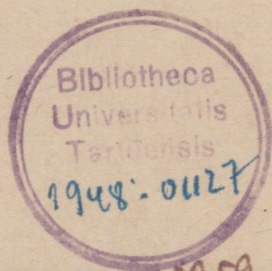
340-2157  
Kõustuslik kontrollüksus



RK „TEADUSLIK KIRJANDUS“  
TARTU, 1948

Tõlgitud teose järgi: Ф. Бублейников, Клады земли. Издательство  
ЦК ВЛКСМ „Молодая Гвардия“, 1946.

Tõlkinud E. Rängel.



12959

A-16558

## Eessõna.

Suurele Isamaasõjale eelnenud aastail ja praegu, neljandal stalinlikul viisaastakul, hoogustus meie riigi maapõue rikkuste uurimine. Meie kodumaa rahvamajanduse ja kaitsevõime tõstmisel omab aga äärmiselt suurt tähtsust nende rikkuste kasutamine.

Maapõue uurimisel kasutavad meie geoloogid uusimaid geofüüsikalisi meetodeid, mis võimaldavad avastada kasutatavate maapõuevarade nähtamatuid kuhjumeid, ja uue teaduse — geokeemia tulemusi, mille loomisel etendasid silmapaistvat osa meie teadlased akadeemikud V. I. Vernadski ja A. J. Fersman.

Geokeemia uurib seadusi, mis iseloomustavad keemiliste elementide jaotumust ja ümberpaigutumist maakoores, ja ennustab üksikute alade mineraloogilise uurimise alusel, milliseid maapõuevarasid võidakse teataval alal leida. Selles seisnebki geokeemia tähtsus maakide ja mineraalide otsingu-praktikas.

Mineraloogiast ja geoloogiast võrsunud geokeemia juhindub oma uurimistes keemia seadustest ja puutleb materia ehituse probleemiga. Aatomi struktuur, millest sõltub mitmesuguste ainete moodustumine, tingib ka elementide paigutuse maakoores. Maakoores elementide ümberpaigutuse uurimisega tegelev geokeemia on seepärast ka aatomi ajalugu.

Nii on selle teaduse ülesandeks rea üldiste looduseaduste püstitamine ja ta osutub, nagu astronoomiagi, üheks distsipliiniks, millel on oluline tähtsus materialistliku maailma-vaate süsteemis.

Autor võttis endale selle väikesemahulise raamatuga raske ja keeruka ülesande — tutvustada meie noorsugu uurimistulemustega mitmete distsipliinide alalt, mida see tähtis ja huvipakkuv teadusharu ühendab. Autori poolt kasutatavad analoogiad ja võrdlused aitavad isegi võhiklikul lugejal saada kujutluse nende keemiliste protsesside olemusest, mis toimuvad maakooses ja mis on maagimaardlate tekkimise põhjustajaiks.

Meie noorsoole tuleb igati soovitada tutvumist sellise tähtsa ja huvitava teaduse ülesannete ja tulemustega, nagu seda on geokeemia. See tutvumine soodustab niihästi meie noorsoo silmaringi laiendamist kui ka uute kaadrite kaasatõmbamist teaduslikule tööle ja meie maa loodusvarade uurimisele ning töötlemisele.

*Akadeemik D. S. Beljankin.*

## 1. Maa uurijad.

„Oleme veendunud, et uuendunud inimkonna elus parimad ja ilusaimad looduse vormid, alateš kaunist ja õrnast lillekesest ning lõpetades kunstipärase kiviga, sulavad ühtsaks harmooniliseks pildiks.”

*A. J. F e r s m a n, Mineraalide värvused.*

Juba lapse-eas armastas mäeohvitseri, Berezovski tehase juhataja poeg Nikolai Kokšarov ilusaid kive. Viibides isa kabinetis vaatles ta kaua neid „surnud” looduse käsipalasi — mineraale, nagu teadlased neid nimetavad. Peagi tundis ta hästi väävelräha kuldkollaseid kristallikesi, terasevärvilist tinaläiku, punast seatinamaaki ja erekollast ehedat väävlit — kulla alatisi kaaslasi Uurali kullasoontes.

Poisikese sirgudes saatis isa ta Peterburi „kullakaravaniga”, mis viis kulda Rahapajasse. Seal tuli Nikolai Kokšarovil astuda Kadettide Mäeasjanduse Korpusse, mis möödunud sajandi algul valmistas ette Venemaal mäeasjanduse eriteadlasi.

Selles õppeasutises õppis Nikolai Kokšarov põhjalikult tundma maakoore ehitust käsitlevat teadust — geoloogiat, kuid kõige rohkem veetlesid teda ikkagi kivid. Olles suvistel ekskursioonidel Soomes, viibis ta tundide kaupa kivimurdudes, otsides mitmesuguseid mineraale. Ja juba siis tärkas temas soov kirjeldada oma maa mineraale. Pärast Mäeasjanduse Korpuse lõpetamist saatis noor mäeohvitser

Nikolai Kokšarov silmapaistvat inglise geoloogi Murchisoni tema rännakuil mööda Venemaad ja Uuralis. Oma matkadel jätkas Nikolai Kokšarov kivide käsipalade kogumist.

Selles töös abistasid noort teadlast agara osavõtuga värviliste kivide otsijad ja kaevanduste insenerid Uuralis, kes olid kogunud rohkesti ilusaid ja sageli väga hinnalisi mineraale.

Möödunud sajandi keskel avaldas Nikolai Kokšarov oma laiaulatusliku töö esimese köite Venemaa mineraalidest.



Joon. 1. Mäekristalli kristallid.

Järgnevail aastail ilmusid üksteise järel mitu köidet sellest tähelepanuväärsest teosest, milles oli kirjeldatud meie maal leiduvaid sadu erinevaid mineraale. Kokšarovi töödes kuulub esikoht meie kodumaa maapõuerikkuste varakambri — Uurali kividele.

Pisut hiljem jätkas Kokšarovi tööd vene mineraalide tuntud eriteadlane P. V. Jeremejev. Ka paljud teised vähem tuntud teadlased andsid oma panuse teadusele kividest, otsides

ja kirjeldades üha uusi mineraale. Nad leidsid läbipaistvaid mäekristalle, ereroheliselt helkivaid smaragde, tardunud veega sarnanevat akvamariini, mitmevärvilisi granaate... Nad leidsid terveid panku rohelist malahhiiti, kirjut jaspist ja punast kvartsi. Insenerid avastasid vasesooni, raualademeid, kullapahtlaid... Kuid kõik need leiud olid peaaegu juhuslikud, ja otsijad ei suutnud siis veel ette näha, mida nad avastavad maakihtides.

Tollal näisid mineraalid eksponaatidena, mis olid juhuslikult paigutatud looduse muuseumi vitriinidesse — Maa kivistesse kihtidesse. Alles hiljem, kui teadlased hakkasid huvituma tingimustest, milledes mineraalid looduses esinevad, ja kivide tekkimise protsessidest, õnnestus laialipillatud tähelepanekuist luua üldpilt ainete pidevast muundumisprotsessist maakooses.

Nüüd ei olnud teadlaste uurimise eesmärgiks enam üksik, olgugi ereda värvusega läikiv kivi, vaid need keemilised protsessid, millede tagajärjel moodustuvad seesugused mineraalid. Teadlaste püüdeks oli avastada neid seadusi, millede järgi toimub maakooses mineraalide jaotumine. Nad ei käsitlenud mineraale enam „surnud” looduse igaveste näidistena, vaid kui ainete olelu pidevalt muutuvat ajutist vormi nende muundumiste sarjas maakooses.

Nii sündis käesoleva sajandi algul uus teadus — maa keemia ehk geokeemia, mis kuulsa nõukogude teadlase akadeemik A. J. Fersmani sõnade järgi uurib „üksikute keemiliste elementide levikut maakooses, maakoore üksikutes protsessides, kestades, kivimites, eri piirkondades ning elementide ümberpaigutumise (migratsiooni), hajumise või kuhjumise seadusi”.

See uus teadus loodi meie maal meie kuulsa mineraloogi Vladimir Ivanovitš Vernadski ja tema andeka õpilase —

Aleksandr Jevgenjevitš Fersmani töödega. Need on nimed, mida me mainime korduvalt ka edaspidi.

Looduseuuriija-filosoofi juurdleva mõistusega nägi V. I. Vernadski ette materia jaotumise üldiste seaduste kehtivust looduses. Tema tähelepanu köitis ainete, nagu näiteks galliumi hajumus. Viimane ei moodusta ülemises maakooses



Joon. 2. Geokeemia rajajad — akad. V. I. Vernadski (vasemal) ja akad. A. J. Fersman.

mineraale, vaid esineb kivimitemassiivis ainult „jälgedena”. Nagu see teadlane oletas, on hajumine ainete väljalangemine ringlusest, mida nad sooritavad maakooses. Selles nähtuses nägi V. I. Vernadski looduses ühtede ainete kuhjumise ja teiste ainete võrdlemisi haruldase esinemise mõistatuse seletust, millest kõneleme allpool.

V. I. Vernadski oli üks esimesi, kes täheldas taimede ja loomade elutegevuse tähtsat osa Maakeral toimuva ainete muundumise tsükliks.

A. J. Fersman harrastas juba poisikesena kristallikeste ja värviliste kivide otsimist suvila ümbrusest Krimmis, kus tema omaksed sageli veetsid suve. Hiljem asus ta tõsiselt kive uurima.



Joon. 3. Akad. A. J. Fersmani ekspeditsioon spetsiaalsetel autodel Kara-Kumi kõrves.

Olles tunginud Koola poolsaare polaarringi-tagustele uurimata aladele, matkab ta 1920. a. Hibinõ mägede jäätunud nõlvadel. Siin leiab ta tähelepanuväärseid, seni Venemaal hoopis tundmatuid mineraale: kirsspunast eudialiiti, mis sisaldab haruldast ainet — tsirkooniumi, mille lisandamine terasele annab viimasele haruldase kõvaduse ja sitkuse; kollast lovtšoriiti, mis on rikas keemikute poolt „haruldasteks muldadeks” nimetatud ainetest. Mõned aastad hiljem näeme

A. J. Fersmanit Kara-Kumi kõrves, kus ta otsib eheda väävli lademeid.

A. J. Fersman uuris raugemata energiaga meie laialdase kodumaa kiive. Oma tulise suhtumisega uurimistöösse innustas ta kasvavat noorsugu astuma maakoore uurimise teele.

Kuid A. J. Fersman ei olnud lihtne kividekoguja: teda huvitasid mitte üksnes mineraalid ise, vaid ka see, kuidas nad looduses on tekkinud. Oma teadlase-poeedi jõurikka kujutlusvõimega püüdis ta luua selget pilti ainete jaotumusest maakoores ja kogu universumis. Ta kõndis aatomi — selle nähtamatu, kuid maailmaruumi täisvõimulise asuka radu. A. J. Fersman otsis aatomi ehituses ja tema „käitumises”, nagu ütlevad teadlased, seletust põhjusele, mis ajendas ainete jaotumise Maakeral, meie päikesesüsteemis ning kaugetes tähtede maailmades.

Ta otsis samas aatomi ehituses põhjust, miks maakoores kuhjusid kasulikud elemendid, geokeemias aga nägi teadust, mis lubab ennustada maagimaardlate leiukohti.

„Geokeemia... viib meid ühelt poolt keemilise füüsika, kosmilise keemia ja astrofüüsika teoreetiliste kujutluste ja vallutuste valdkonda, teiselt poolt aga liidab need andmed kasutatavate maapõuevarade uurimise probleemidega,” ütleb A. J. Fersman.

Geokeemia hakkas iseseisvaks teadusharuks kujunema alles sellest hetkest, mil teadlased asusid tegelema maakoore „keskmise” keemilise koostise küsimustega.

Selle küsimuse juurde me nüüd siirdumegi.

## 2. Kiviriik ja tema rahvastik.

„Faktid on õhk, millele toetuvad teaduse tiivad.”

*I. P. Pavlov.*

Maakoos on Kiviriik, metalle leidub seal harva. Suurt vaeva näevad geoloogid, otsides vase jälgede helesiniseid ja rohelisti ribakesi, tinaokri kollaseid kirmeid ja metallide teisi tunnuseid.

Missugused ained „asustavad” siis Kiviriiki? Esimesena asus seda uurima möödunud sajandi teisel poolel ameerika geoloog ja keemik F. Clarke.

Teadlased on väga julged inimesed. Nad ei pörka tagasi ka näiliselt kõige lahendamatumate ülesannete ees. Nii asus kuulus vana-kreeka matemaatik Archimedes näiteks arvutama, kui palju liivateri võiks mahtuda tolle aja inimeste poolt kujutletud maailmaruumi (seda kujutleti õõnsa kerana või „sfäärina”, mille seesmisele pinnale on kinnistatud tähed), ja kirjutas tähelepanuvääriva töö pealkirjaga „Psammites ehk liivaterade arvutus”.

Hipparchos, teine tolle aja õpetlane, asus lugema taevatähti ja koostama nende nimestikku, kuigi see üritus tundus tema kaasaeglastele teostamatuna.

Midagi taolist tahtis teha ka F. Clarke, kes kavatses teada saada, missugustest ainetest koosneb kogu maakoos — kuni inimese uurimisele kättesaadava sügavuseni.

Kujutlege endale vaid 200 miljonit ruutkilomeetrit maismaad, mis nagu tohutu ehitis on moodustatud mitmesugustest kivimitest.

Ning oli tarvis teada saada, missugustest „keemilistest elementidest” see koosneb, nagu ütlevad teadlased.

Selle küsimuse lahendamisele võis asuda tõeliselt Archimedese julgust või Hipparchose mehisust omades. Need omadused olid geoloog Clarke'il olemas.

Kuid enne kõneleme, mida teadlased mõtlevad sõnade all „keemiline koostis” ja „keemiline element”.

Juba vana-kreeka filosoofid arvasid, et kõik looduses olelev koosneb vähestest ainetest. Nii pidas Herakleitos „tuld” aineks, millest koosneb kogu maailm. Ta õpetas, et „allapoole liikudes” muutub tuli veeks, vesi aga „maaks”. Vastupidisel liikumisel muutub maa veeks, vesi — õhuks, õhk — tuleks. Rääkides ainete igavesest muundumisest looduses, kirjutas Herakleitos: „Tuli elab maa surmast, vesi elab õhu surmast, maa — vee surmast.”

Sellel vanaaja filosoofil leiame juba kaasaegse õpetuse algeid ainete igavesest liikumisest ja muundumisest looduses.

Keskajal arvati, et kõik looduse ained koosnevad kolmest elemendist: väävlist, elavhõbedast ja soolast. Tolle aja teadlastele — alkeemikuile — näis, et inglistina erineb seatinast ainult selle poolest, et temas on rohkem elavhõbedat kui seatinas. Alkeemik Geber uskus, et „kellel õnnestub eraldada vasest punane värv, see muudab selle tagasi hõbedaks”. Ta arvas, et vask erineb hõbedast üksnes mingisuguse aine lisandi tõttu, mis annab talle punase värvuse. Seepärast püüdsidki alkeemikud leitud viisi, mis võimaldaks valmistada kulda ja hõbedat seatinast ja teistest tavalistest ainetest. Praegu teame aga, et

kõik need alkeemikute taotlused olid vaid võhiklikkude inimeste eksimused.

Siiski avastasid teadlased hiljem tõepoolest lihtained — elemendid, milledest koosnevad kivid, vesi, taim- ja loomorganismid. Nad tõestasid ka, et kõiki looduses leiduvaid kehi võib lagundada neid kehi moodustavaiks keemilisteks elementideks.

Nii näiteks kui sulandada soodaga punast mineraali kinaveri, siis leidub kolvi põhjas asetsevas sulandis elavhõbedat, mis eraldus kinaverist. Taolise katse sooritas juba XVIII sajandil meie kuulus teadlane Mihhail Lomonossov, kes kirjutas, et „kinaveris on elavhõbedat, kuid seda ei saa temas näha isegi kõige paremate mikroskoopide abil”.

See nähtus on tingitud sellest, et kinaver on elavhõbeda keemiline ühend väävliga, mitte aga mehhaaniline segu. Näiteks võib sama väävlipulbri mehhaanilises segus kriidipulbriga suurendusklaasi läbi eristada kriidi ja väävli üksikuid terakesi. Elavhõbeda keemilises ühendis väävliga ei saa aga näha ei elavhõbeda hõbedasi tilgakesi ega väävli kollaseid kübemekesi, vaid ainult hoopis muu, uue aine — kinaveri — punaseid kristallikesi.

Elavhõbe on raske vedel metall, mis külmub  $-40^{\circ}$  temperatuuril; teda on igaüks näinud termomeetri kuulikeses. Väävel on kollase värvusega tahke süttiv aine. Ühendatult muutuvad nad aga teemandiläikeliseks hapraks, mittesüttivaks mineraaliks — punaseks kinaveriks, mis ei sarnane ei elavhõbedaga ega väävliga.

Raudesemeid kattev rooste on samuti liitain: see on metalse raua vett sisaldav ühend hapnikuga, mis leidub gaasina õhus ja mis on vajalik hingamiseks loomadele ja inimestele. Kuumutades roostet koos söega võib seda ainet uuesti lagundada ja uuesti saada metalset rauda.

Kuid keemialaboratooriumis ei saa ei rauda ega elavhõbedat lagundada mingisugusteks koostuosadeks. Need on keemilised elemendid, s. o. ained, mis ei ole keemilisel teel lagundatavad mingisugusteks osisteks.

Tollest ajast saadik, mil keemikud seda teada said, on nad avastanud juba üle üheksakümne mitmesuguse elemendi.

Nagu osav kokk valmistab ühtedest ja samadest ainetest palju mitmesuguseid roogi, nii „valmistab” ka loodus



Joon. 4. Mererannal paljanduvad kihitatud kivimid.

vähetest elementidest tuhandeid mineraalide liike. Ja ta teeb seda nii osavasti, et ilma keemilise analüüsita ei olegi võimalik teada saada, missugustest ainetest koosneb see või teine kivi.

Enamik mineraale on looduse kõõgis „valmistatud” väga väheste keemiliste elementide oksüüdidest — hapnikuühendest — või väävliühendest. Kuid oksüüdid ei ole lihtsalt kokku segatud, nagu võib tangu segada liivaga. Mineraalid

ei sarnane elementidega, millest nad koosnevad, samuti nagu rooste ei sarnane rauaga ega kinaver elavhõbedaga.

Maakoores on leitud juba üle 3000 mitmesuguse mineraali. Kuid sageli esinevaid on loetletud ainult mõnekümne ümber. Nendest vähestest mineraalidest koosnevadki kõik kivimid.

Kivimid on mitmesuguste mineraalide lihtsad segud. Nii koosneb kõigile tuntud kivim graniit valge kvartsi terakeste, kollaka või punaka päevakivi pisiplaadikeste ja isegi palja silmaga kergesti eraldatava läikiva vilgu väikeste lehekeste segust.

Nagu juba öeldud, asus F. Clarke määrama maakoore keskmist koostist, s. o. uurima, missugustest elementidest ta koosneb.

Raske on isegi kujutleda, kuidas sellist üritust teostada. Maakera on ümbritsetud loendamatu hulga kivikihtidega ja -lademetega. Ühed neist asetsevad rõhtsalt, teised on murrustatud ja kurdudesse kortsutatud, nagu jämedakoelised rõivad kõhnunud inimese seljas. Paljudes kohtades aga tungivad kihte läbi murdes maa pinnale tohutud kompaktsed, kihitumatud kivilasundid.

Maakoore keskmise koostise täpseks määramiseks oleks tulnud teha igast kihist ja kivilasundist võetud proovide analüüsid. Kuid seda oleks vaevalt suudetud teostada isegi siis, kui sajad teadlased oleksid sellele tööle pühendanud kogu oma elu. Clarke oli aga üksi ja alles töö lõpul aitas teda teine keemik ja geoloog — H. Washington.

Clarke toimis nii, nagu seda teevad kaubateadlased, kes valivad proove mitmesugustest kastidest ja kottidest ning otsustavad nende järgi kogu kauba kvaliteedi üle.

Geoloogid murdsid tema jaoks kivitükke kihtidest, mis esinesid paljandites orgude nõlvadel ja jõgede järskudel kallastel. Mäeinsenerid kogusid neid pimedast maa-alus-

test käikudest, mis läbisid paljusid sügavaid maakihte. Ja lõpuks Clarke otsis hoolega ka teiste teadlaste poolt tehtud analüüside valmisresultaate.

F. Clarke veetis aastakümneid oma laboratooriumis. Ta hõõrus kogutud käsipalad pulbriks, lahustas need hapetes, aurutas ja filtreeris neid, kuivatas sademed ja kaalus need kõige täpsemate kaaludega. Seesuguseid keerulisi analüüse tehti rohkem kui viis tuhat, mis andsidki Clarke'ile võimaluse välja arvutada keemiliste elementide keskmise sisalduse maakooses.

Kui oleks võimalik kogu maakoort hiiglahumris peenestada, saadud pulber hästi läbi segada, sellest proov võtta ja seda analüüsida, siis saaks teadlaste arvates umbes sama tulemuse.

F. Clarke'i keskmine analüüs annab kuni 15 km paksusega maakoorekihi koostise. Seesugusest sügavusest ulatuvad maapinnale kivimite kihid, mille proove oli veel võimalik võtta.

Ja selgus, et suur Kiviriik on „asustatud” väheste „mineraalrahvustega” — päevakividega, kvartsiga ja väheste tumedate mineraalidega. Ülejäänud mineraalid on temas ainult „võõramaalased”.

Maakoore kivimites on kõige rohkem päevakive, neid kollase, punaka, valge või rohelise värvusega heledaid kõvu mineraale. Tunduvalt vähem on neis kõva kvartsi, mis on ka valge, kollaka või punaka värvusega, mõnevõrra klaasi meenutav hele mineraal. Hulga poolest vahepealseks on tumedad, sageli mustad mineraalid — augiidid, küünekivi ja pudelroheline oliviin. Neist omavahel mitmesugustes proportsioonides segatud mineraalidest koosnevadki kõik maakoort moodustavad kivimid.

Kui me tahaksime Maakerast valmistada mudeli ja selle katta krohviga, mille keskmine mineraloogiline koostis oleks

võrdne maakoore koostisega, siis tuleks selleks peenestada 58 kg päevakive, 16 kg tumedaid mineraale ja 13 kg kvartsi. Sellele segule tuleks lisandada veel mõned kilogrammid peenestatud rauamaaki, vilku ja kaltsiiti — kivi, millest põletamise teel saadakse lupja.

Edasi tuleks Maa mudeli kuivanud krohvi pragudesse paigutada vase-, tsingi-, seatina- ja inglisiinamaagi terakesi, mis kujutaksid nende maardlaid maakoores. Et need Maa mudelil olevad maardlad vastaksid oma mõõtmeilt tõeliste maagimaardlatele maakoores, siis peaksid nad sisaldama 10 g vaske, 4 g tsinki, 2 g seatina ja mõned kümnendikud grammid inglisiinina.

See maakide kogus on, võrreldes Maa mudeli kooreks võetud 100 kg ainetega, niivõrd tühine, et kui nad pulbriks peenestada ja kogu krohvimassiga segada, siis me ei leiaks võetud proovis nende jälgi. Nii on see ka maakoores: kui vase-, tsingi-, seatina- ja inglisiinamaagid jaotuksid ühtlaselt kivimite massis, siis oleks võimatu neid metalle toota. Me ei peaks siis vaske, seatina, tsinki ja inglisiinina laiatarbelseks materjaliks masinate ja mitmekesiste majapidamise tarbeseemete jaoks, vaid kõige haruldasemateks aineteks, mida võib näha vahest ainult eeskujulikulis laboratooriumis või apteegis.

Tähendab, maagimaardlad on tõepoolest Maa „aarded”, mida loodus kogus, korjates tüki tükikese juurde maakoore lõhedesse, nii nagu vanasti kaupmehed talletasid münte savikruusis ja peitsid maa sisse.

Clarke ei määranud kindlaks mitte ainult maakoore mineraloogilise, vaid ka tema keemilise koostise. Osutus, et loodus valis kõigi kivimite loomiseks, milledest on ehitatud Maa 15 km paksune pindmine koorik, üksnes räni, alumiiniumi, raua, magneesiumi, kaltsiumi, naatriumi ja kaaliumi oksüüde, s. o. hapnikuühendeid.

Neisse oksüüdidesse kuuluv hapnik moodustab poole kogu maakoore ainetest. Räni moodustab nendest kaalult neljandiku osa. See puhtal kujul tavalises elus mitte-esinev aine on mõnede omaduste poolest sarnane keemilise elemendi süsinikuga, mida tunneme hästi kivisöe, grafiidi ja teemandi kujul. Umbes ühe kaheksandiku maakoore ainetest moodustavad meile kõigile hästi tuntud metallid — raud ja alumiinium. Fotoasjandusega tegelejad tunnevad ka magneesiumi. See on pehme kerge valge metall, mille pulber süüdatakse, kui tahetakse pimedas toas ülesvõtet teha.

Kuid juba päris kindlasti võib öelda, et kivimites tohutuis hulkades leiduvat naatriumi, kaaliumi ja kaltsiumi tunnevad vähesed puhtal kujul. Need on väga kerged, pehmed metallid, mis nii kiiresti oksüdeeruvad, et neid saadakse puhtal kujul ainult laboratooriumides, kus neid oksüdeerumise vältimiseks hoitakse petrooleumis. Öhu käes lagunevad nad kiiresti sööbeleelise pulbriks, vees aga löövad isegi lõkkele ja põlevad, muutudes leeliseks.

Need kaheksa elementi moodustavadki kogu maakoore kuni 15 km sügavuseni. Teistele elementidele langeb ainult umbes kaks protsenti maakoore kaalulisest koostisest.

Millest juhindus siin loodus, valides need kaheksa elementi maakoore loomiseks?

Need on peaaegu kõik kerged elemendid, nagu osutas juba meie kuulus keemik D. I. Mendelejev. Nad on veest kergemad või ainult pisut raskemad. Ja ainult ühe raske elemendi, raua, on loodus viinud tundavas koguses kivimite koostisse.

Teised rasked metallid — vask, seatina, inglistina, tsink — on hajutatud Maa koort moodustavate kergete räni- ja alumiiniumoksüüdide sekka. Ainult seetõttu, et rasked metallid kujundasid kogumikke, muutusid nad inimesele kasutamiseks kättesaadavaks.

Maakooses peitub elemente, mida on märksa rohkem kui vaske, tsinki ja seatina, kuid neid peetakse „haruldasteks” seepärast, et nad ei kujunda niisuguseid kogumikke nagu nood metallid. Selline on näiteks vanaadium, mida leidub maakooses kaksteistkümmend korda rohkem kui seatina. Veel rohkem leidub temas „haruldast” ja väga väärtuslikku tsirkooniumi, mille lisandamine tavalisele terasele annab viimasele imetletava sitkuse ja kõvaduse. Kuid ei vanaadium ega tsirkoonium ei kujunda niisuguseid kogumikke nagu seatina, vaid nad kuuluvad harva esinevate mineraalide koostisse.

V. I. Vernadski juhtis teadlaste tähelepanu sellele, et maakooses leidub veel haruldasemaid elemente, mis peaaegu sugugi ei kujunda mineraale, vaid on hajutatud kivimites pisimate osakestena — molekulidena. Niisugused on näiteks gallium, tantaal ja jood, millede jälgi kivimites avastatakse sageli ainult spektroskoobi abil.

„Valge” päikesevalguse kiir laguneb spektroskoobi prisma läbimisel mitmevärviliseks vikerkaaretaoliseks ribaks — spektriiks. Kui läbi aparaadi pilu juhtida valgust, mida eraldab hõõguv gaas, siis ei teki ühtlane mitmevärviline riba, vaid üksikud värvilised jooned. Igale keemilisele elemendile on omased omad spektrijooned. Näiteks naatriumi hõõguvad gaasid annavad ereda kollase joone, kaalium — kaks eredat joont: punase ja violetse. Nende tunnuste järgi avastatigi spektroskoobi abil kivimites hajutatud elementide kõige pisemadki jäljed.

Hajutatud elementidest pälvivad erilist tähelepanu jood ja broom, mida leidub vaid vesilahustes ja taimede ning organismide kudedes, kuhu nad satuvad samuti lahustest. Neid elemente toob vesi maakoore sügavatest osadest, kus nende molekulid on hajutatud kivimite massis, astumata aga viimastega mingisugustesse keemilistesse ühendeisse.

V. I. Vernadski ja tema õpilased väitsid, et elavate organismide keemiline tegevus kujutab endast aine keemiliste muundumiste ringi lahutamatu osa Maakeri ülemistes „kestades” — atmosfääris, merede ja ookeanide vetes — hüdro sfääris ja Maa tahkes kestas ehk litosfääris.

Uurides loomade ja taimede kudesid leidsid geokeemikud neis keemilisi elemente, mis kogunevad maakoos ainult tänu nende organismide elule ja surmale. Nii koguvad mõned vetikad mereveest joodi.

On olemas elavate organismide katkematu seos neid ümbritseva mineraalide ja kivimite „surnud” loodusega, nimelt organismide maailma ja Maa koore vahel toimuva pideva ainete vahetuse näol. Neid organisme endid käsitlevad need õpetlased mõnede keemiliste elementide kuhjumise alana, Maa erilise kestana — biosfäärina.

Kui me ütleme, et maakoos on mingit elementi vähe, siis mõeldakse sellega tema suhtelist kogust maakoos. Kuid tonnides võetult on isegi kõige haruldasemate elementide kogus temas väga suur. Nii võiks ookeanide vees lahustatud kullast valada mitu Egiptuse püramiidi, haruldasimat elementi — raadiumi aga, mida ühest tonnist maagist toodetakse mõned kümnendikud grammid, on kivimite massis hajutatult kuni miljon tonni.

Niisiis, tahke maakoore, hüdro sfääri, atmosfääri ja biosfääri uurimised näitasid, et keemilised elemendid esinevad neis Maa kestadest teravalt erinevates kogustes. Väheste kerge ainet ühendid moodustavad kivimite tohutuid masse. Teised elemendid aga kuuluvad „vahelepoetatud” haruldaste mineraalide koostisse või neid leidub maagisoontes ja nad moodustavad ainult tuhandik- ja miljondikosi Maa kestadest ainetest.

Seesugune on elementide jaotumus Maa pealmistes kes-  
tades. Kuid milline see on tema sisemuses, näiteks 50,  
100 km sügavuses või lõpuks Maakera keskosas?

Selle kohta saadi mõningaid andmeid Maa „kaalumisel”.

### 3. Kuidas „kaaluti” Maa.

„Peab olema kehade loomulik tung üksteise poole. Ühtlasi peab nende liikumine ringorbiitidel arendama tsentrifugaaltunge. Seepärast planeet, liikudes inertsi mõjul ruumis, püsib oma orbiidil ühelt poolt keskse keha külgetõmbe mõjul, mis ei võimalda tal paiskuda ruumi, teiselt poolt aga tsentrifugaaltungi mõjul, mis ei võimalda tal langeda kesksse kehale.”

*Borelli (itaalia teadlane, Newtoni eelkäija).*

Teadlased olid väga üllatatud Maa „kaalumise” tulemustest: see osutus kaks korda raskemaks kui sama suurusega kivist kera. Tähendab, tema sisemuses on palju raskeid metalle ja maake. Kuid enne sellest jutustamist vaatame, mis on keha „kaal”.

Küsimuse, miks omavad kehad kaalu ja langevad Maa peale, lahendas suur teadlane Isaac Newton, kes avastas kogumaailmse gravitatsiooni seaduse.

Juba enne Newtonit oletasid mõned teadlased, et Päike tõmbab enda külge planeete ja hoiab neid kehi ruumis nende peaaegu ringikujulistel teedel. Kuid alles suur Isaac Newton avastas, et see külgetõmme on seesama tung, mis sunnib kõiki kehi langema Maa peale. Ta tõestas matemaatiliselt, et Kuu langeb kogu aeg Maa poole. Ruumis püsib ta ainult sellepärast, et ta liigub selles nagu tugeva nõöri otsa köide-

tud kaaluviht, mida poisike käega tiirutab. Langedes Maa poole, kuid samal ajal ruumis liikudes, teeb ta peaaegu ringikujulise tee ümber Maa.

Kuu langeb Maa poole sellepärast, et Maakera on temast palju suurem ja raskem. Kuid Päike on ju Maast niipalju kordi suurem, kui seda on suur õun tanguterast. Tähendab, ka Maa peaks tema poole langema?

Ja tõeliselt see ongi nii: ainult inertsil mõjul ruumis toimuv liikumine hoiab Maa peaaegu ringikujulisel teel, mille ta sooritab Päikese ümber. Kui Maa oma teel peatuks, hakkaks ta langema algul aeglaselt, siis ikka kiiremini ja kiiremini tohtu suure Päikese poole ning kaoks lõpuks viimase hõõguvasse sisemusse.

Tungi, millega Maa tõmbab enda külge kehi, nimetatakse kaaluks, mida mõõdetakse kaaludega — vedru- või kangkaaluga ja 2 vaekausiga. Kui oleks võimalik Päikese peale asetada hiigelkaalud, siis võimaldaksid need Maa ära kaaluda, samuti nagu me Maakeral kaalume väikesi esemeid. Kuid see on võimatu ja õpetlased leidsid teise viisi Maa „kaalumiseks”. Esimene, kellel see õnnestus, oli XVIII sajandi lõpul Londonis elunev raskemeelne inimestekartlik Henry Cavendish. See erak rääkis harva kellegagi, veel vähem kõneles ta oma tegevusest. Teda huvitas looduse uurimine oma isikliku teadusehimu rahuldamiseks. Cavendishil õnnestus teha mitu väga tähtsat avastust, kuid ta ei rutanud neid teatama teadusemaailmale. Mõned nendest avastustest said teatavaks alles palju aastaid pärast Cavendishi surma tema arhiivist leitud üleskirjutistest.

See tagasihoidlik ja kinnine uurija tegi tähelepanuvääriva katse: ta oskas näidata, kuidas üks keha tõmbab teist keha enda külge, kuigi me seda tavalises elus ei märka.

Cavendishi katse oli korraldatud järgmiselt. Ülipeenikese traadiga keskelt ülesriputatud peenikese varva otstele oli

kinnitatud kaks tinakuulikest. Lähendades neile kuulikestele suuri tinakuule, mis olid paigutatud varvast mitmele poole, märkas Cavendish, et väikesed kuulikesed tõmbusid suurte poole ja ajasid peenikese traadikese, millel rippus varb, kergelt keerdu. Keerdude arvu järgi arvestas ta välja suurte tinakuulide tõmbetungi väikestele kuulidele.

Kui suurte seatinakuulide asemel oleks võetud kuldkuulid, siis oleksid väikesed kuulikesed veel tugevamini külge tõmbunud, sest kuld on seatinast tihedam. Mida tihedam aga on keha, s. t. mida rohkem on temas mateeriat, seda tugevamini tõmbab ta ühe ja sama mahu juures enda külge teisi kehi.

Külgetõmbetungi suurus on sõltuv ka kehadevahelisest kaugusest. Kui kehad asetada üksteisele endisega võrreldes kaks korda lähemale, siis suureneb nendevaheline külgetõmbetung neli korda. Kui neid aga asetada üksteisest kolm korda kaugemale, siis väheneb külgetõmbetung üheksakordselt.

Samuti tõmbab Maa kehi enda külge vastavalt oma tihedusele, s. o. vastavalt temas sisalduva aine hulgale, ja tema kaugusele külgetõmmatavaist kehadest. Tähendab, võrreldes Maa ja suure tinakuuli külgetõmbetungisid väikese kuulikese külgetõmbetungiga, võime välja arvutada, milline on Maakera keskmine tihedus seatinaga võrreldes. Nii „kaalus” Cavendish Maakera.

Maa keskmist tihedust võib ka teisiti kindlaks määrata. Selleks tuleb Maa (mille ainetihedust me ei tunne) külgetõmbetungi võrrelda teada olevatest kivimitest koosneva mäe külgetõmbetungiga. Esimesena toimis selliselt teadlane Maskelyne, kelle katse näitas, et tinalood, s. o. tinakuulike peenikese niidi otsas, ei ripu mäe läheduses vertikaalselt, vaid kaldub vähekeese mäe poole.

Nagu me nüüd teame, on see nähtus tingitud sellest, et ka mägi tõmbab tinakuulikest enda poole, kuid Maakerast tunduvalt nõrgemini. Seepärast tõmbab mägi loodinööri vertikaal-seisundist ainult üsna natuke enda poole. Selle kõrvalekaldumise ehk hälbe suuruse järgi saab välja arvutada, missuguse tungiga tõmbaks mägi kuulikest, kui ta oleks Maakera suurune. Selguski, et sel juhul oleks mäe külgetõmbetus kaks korda nõrgem Maa omast. Täheandab, Maakera aine on keskmiselt kaks korda tihedam kivimite ainest.

Mägesid ja kogu maakoort moodustavate kivimite keskmine tihedus ehk erikaal on 2,7, see tähendab, nad on 2,7 korda raskemad sama ruumalaga veest. Kuna aga Maakera aine on keskmiselt veel kaks korda tihedam, siis, tähendab, ta on 5,5 korda veest raskem: Maakera kaalub niisama palju kui 5,5 seesugust veest kera. On ilmne, et Maakera ei koosne kividest, vaid mingisugustest tihedamatest ja seepärast ka raskematest ainetest ning on ainult väljastpoolt kaetud õhukese kivikoorega.

#### 4. Metallide kodumaa.

„Maa on nikkelterasest kuul, mis on kaetud rübukoorega.”

*Gregory (inglise geoloog).*

Kuid nimelt missugused rasked ained „asustavad” Maa sisemust?

Kas ei saaks kaevata, ütleme, 50 või 100 km sügavust kaevust ja mitte ainult vaadata, mis leidub Maa sisemuses, vaid tarbe korral ka kätte saada sealseid maake ja metalle?

Osutub, et see ei ole võimalik. Ammu on teada, et mida sügavamale maakoorde tungime, seda kuumemaks muutuvad maakihid. Tuhande meetri sügavustes kaevustes on kuum kui saunas. Kolme tuhande viiesaja meetri sügavustes puuraukudes keeb vesi ja tungib aurupilvedena välja nagu aurukatlast.

Temperatuur tõuseb keskmiselt ühe kraadi võrra sügavuse igalt 30—33 meetrilt. On kohti, kus Maa temperatuur tõuseb kiiremini, teistes aga aeglasemalt. Kuid kõikjal, nii polaarmaades kui ka troopikas, muutub seda kuumemaks, mida sügavamale Maa sisse tungida.

Seepärast võib kindel olla, et 50—60 km sügavuses peab temperatuur ulatuma 1500—2000 kraadini. Sellises kuumuses aga sulavad kõik kivid, samuti nagu liiv klaasivabriku ahjus.

Et Maa sisemuses tõepoolest asuvad sulad kivimassid, sellest kõnelevad ka vulkaanide pursked, mille puhul paiskuvad üles hõõguvad gaasid ja veeaurud ning voolab välja sula kivimass — laava, mis tardub Maa pinnal kivimite kattena.

Tähendab, tahke kivikoore all asub sula kivimass, mis on ülekuüllastatud kuumade gaaside ja veeaurudega. Seda massi nimetatakse „magmaks”, mis kreeka keeles tähendab paljudest ainetest segatud taignat.

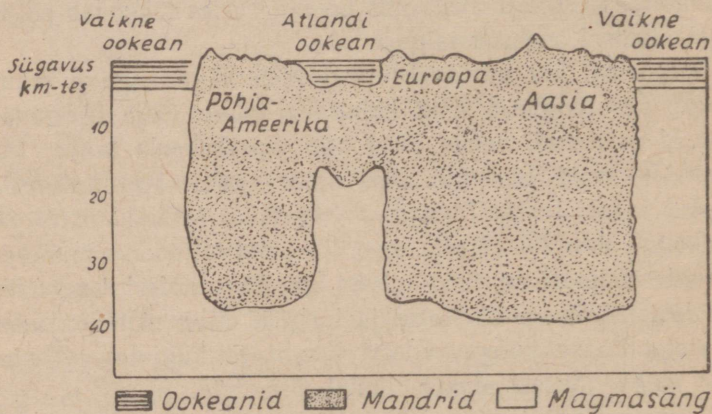
Seepärast, kui me saaksimegi teha väga sügava puuraugu, siis tungiksid sealt kohutava jõuga välja hõõguvad gaasid ja aurud, nende järel aga tõuseks sula laava. Me looksime vaid uue vulkaani umbes nii, nagu kakssada aastat tagasi tekkis Mehhikos viljarikkal tasandikul üle öö vulkaan Jorullo. Kuid seal ei valmistanud inimesed laavale väljapääsu, vaid tulised gaasid murdsid ise endile tee läbi maakoore kivikatte ja tungisid Maa pinnale, tuues enesega kaasa hõõgurvedelat laavat ja kuhjates kohedatest vulkaanilistest ainetest kuhikulise mäe.

Temperatuuri suurenemine sügavusega ja vulkaanide pursked sundisid algul eeldama, et Maa sisemus on vedel ja et ta on ainult väliselt kaetud õhukese kõva koorega. Hiljem aga veendusid teadlased, et see on võimatu, ja nimelt järgmisel põhjusel. Kõigile on teada, et Kuu külgetõmme tekitab ookeanide pinnal tõusu, mis iga kuue tunni tagant asendub mõõnaga. Kui tahke maakoore all asuks hõõgurvedela magma põhjatu ookean, siis tekitaks Kuu oma külgetõmbega tõusu ka selles. Maa tahke koor ei kannataks välja selle võimsa sisemise tõusu survet, nagu näitasid teadlaste arvutused, ja ta muudaks oma kuju.

Tähendab, Maakera ei või olla täies ulatuses vedel, kuid tõenäoliselt lasub tema tahke koore all suhteliselt õhuke kiht venivat pehmet magmat.

Missugune on ainete olek suurtes sügavustes, kus valitseb hiiglasurve, selle kohta võib teha ainult oletusi. Oma laboratooriumides ei saa me vaadelda aineid sellise surve all.

Teadlased arvavad, et Maa aine, mis on kuumutatud kõrge temperatuurini, suurtes sügavustes siiski ei sula; sest sulades peaks ta ruumalalt suurenema, seda aga ei võimalda



Joon. 5. Mandrid, mis ujuvad magma pinnal.

tohtu surve. Seepärast, vaatamata kõrgele temperatuurile, on ainel Maa sisemuses tahke keha omadus, milles Kuu külgetõmbe toimel ei teki tõusulainet.

Kuid ühtlasi on Maa sisemuse „tahkele” ainele omane plastilisus, see tähendab, ta on suuteline järele andma tema peal lasuvate mandrite survele, missugused massiivid asetsevad oma alusega magmamassis.

Seesugust plastilisuse omadust avaldab kõrgendatud temperatuuri juures klaas, asfalt aga isegi tavalise temperatuuri juures. Kõva rabe asfalt puruneb kiviõrandale kukkudes teravakandilisteks kildudeks. Kui need tükid aga panna

klaaslehttrisse, siis mõne aja pärast nad sulavad kokku ühtsaks massiks. Asfalt mitte ainult ei täida lehitrit nagu vesi või õli, vaid hakkab sellest välja voolama tahke joana. „Tahke vedeliku” omadust näitavad suure surve all ka sea-tina ja teised metallid.

Samasuguseid plastilise massi omadusi evivad nähtavasti Maakera sisemuse tahked ained, milledele avaldavad tohutu survet peallasuvad kivimid. Selle „tahke vedeliku” peal „ujuvadki” Maa mandrid.

Kuid missugustest ainetest või elementidest koosneb siis Maa sisemus?

Algaski mõistatamine, mis peitub Maakeras, mis ootamatult osutus nii raskeks.

Kõige raskemateks aineteks on plaatina, kuld ja nendega sarnased elemendid. Kas ei peitu Maakera sisemuses kullast, platinast ja teistest, ta pinnal niisama haruldastest rasketest metallidest koosnev raske tuum? Sellise oletuse tegi F. Clarke'i töökaaslane geoloog H. Washington. Ta arvas, et Maa kuld tuum võiks olla suletud rauast, vasest, sea-tinast, tsingist ja teistest rasketest elementidest kesta, mis on kaetud kivimite õhukese kelmega.

Kui H. Washingtonil oleks õigus, siis oleks Maa tõepoolest looduse väärtuslikumaks varaaidaks, varjates oma kivikesta all selliseid loendamatuid aardeid.

Kuidas kontrollida seda oletust? Me ei saa ju Maakera siseosadest kätte ühtegi tükikest tema ainest!

Kuid siiski on võimalik saada vastust küsimusele Maa sisemise tuuma koostisest. Selleks on tarvis uurida maailmaruumi teisi kehi. Sest meile mõõtmatusena näiv Maa oma mandrite ja ookeanidega on ainult väike planeedike teiste Päikese ümber tiirlevate planeetide hulgas. Ta tekkis samast ainest, kui teisedki kehad maailmaruumis.

Kõik planeedid, nende hulgas ka Maa, kujutavad endast kunagi Päikese küljest eraldunud materia paateid. Selliseid materia jääke leidub veel praegugi maailmaruumis.

Selles planeetidevahelises ruumis, kus Maa sooritab oma aastase teekonna ümber Päikese, tormab loendamatu hulk kivikesi ja tolmukübemeid. Kõige pisemad neist, tormates määratu kiirusega Maa õhkkonda, lähevad õhuosakeste vastu hõõrdumisest tuliseks ja muutuvad auruks. Need on „lendtähed”.

Teatavail perioodidel kohtab Maa terveid kivide voolusid. Siis täheldatakse „tähesadu”: lendtähti sajab nagu lumehelbeid tuisu ajal ja kustub hääletult atmosfääris.

Suuremad neist kividest langevad sulanud pealispinnaga tükkidena Maa pinnale. Need on meteoriidid.

Meteoriite on Maa pinnal juba küllalt palju leitud. Nende taeva-„kivide” keemilist koostist me tunneme hästi. Tunduv osa neist kujutab endast puhta raua tükke, millega on segunenud suuremal määral niklit ja vähemal kroomi, vaske, väävlit ning süsinikku. Meteoriitide raud on niivõrd puhas, et vanasti taoti sellest raudrelvi. Paljudes meteoriitides leidub tunduval määral nende raskete mineraalide lisandeid, mis on meile tuntud ka Maa kivimitest.

Meteoriitide moodustumise küsimus ei ole teaduse poolt veel kaugeltki lahendatud, nagu kirjutab meie teadlane akadeemik V. G. Fessenkov, kuid tõenäoliselt koosnevad meteoriidid samast ainest kui planeedidki. Seepärast on meil õigus kinnitada, et ka Maa ja teiste planeetide sisemine tuum ei koosne kullast ja plaatinast, vaid nikkelrauast.

Väga huvitavad on uuemad andmed meteoriitide koostise kohta, mida toob Norra geokeemik V. Goldschmidt. Nende analüüside järgi otsustades sisaldavad meteoriidid siiski ühe tonni raua kohta 5 g kulda, umbes 20 g plaatinat ja mõned

grammid haruldasmaid elemente — plaatina kaaslati. Kui Maakera raudtuum sisaldaks niigi palju kulda, siis jätkuks sellest kogu Maakera katmiseks ühe meetri paksuse kihiga.

Kogu päikesesüsteemis täheldatakse kergete ja raskete elementide samasugust seadusepärast jaotumust nagu Maa peal. See seisneb selles, et Päikesele lähemad väikesed planeedid Merkuur, Veenus, Maa ja Marss kujutavad endast kerastid, millede keskmine tihedus on 3,3 kuni 5,5. Päikesest kaugemate suurte planeetide — Jupiteri, Saturni, Uurani, Neptuuni — aine aga on keskmiselt ainult 0,9—1,5 korda veest tihedam.

Nagu näeme, on külgetõmbe keskuseie — Päikesele — lähemate planeetide koostises suhteliselt rohkem raskeid aineid, temast kaugemates aga — rohkem kergetid aineid.

Oletatakse, et Veenus, Maa ja Marss on suhteliselt suurte raudtuumadega ja võrdlemisi õhukese, kergetest ainetest moodustatud kattega kerad. Vastupidiselt Jupiter, Saturn, Uuran ja Neptuun omavad suhteliselt väikese raudtuuma ja väga tugeva kergetest ainetest kesta, mis lisaks on kaetud lausjää korruga, sest neil Päikesest kaugel asetsevatel planeetidel on nii külm, et vesi ei saa seal vedelas olekus esineda.

Planeetide tuumad kujutavad endast metallide kõvastunud hiigeltilkku, mis on eraldunud planeetide massi sulatisest. Nad sarnanevad metall-„kukastega”, mida keemik saab laboratooriumis, kui ta jootetoru abil sulatab puusõetüki lohus terakese maagimineraali.

Päikese ja tähtede kiiri uurides leiame nende atmosfääris neidsamu elemente, mis „asustavad” Maa koortki.

Nii avastab spektroskoop Päikesel väga suurel hulgal hapnikku, räni, kaltsiumi, magneesiumi, rauda... Lisaks sellele on Päikesel palju heeliumi ja vesinikku. Nendest kahest gaasist kuulub vesinik Maakeral vesikonna koostisse.

Algained, mis on haruldased Maa kooses, on samuti haruldased ka Päikese atmosfääris.

Tähendab, Maa koor ja Päikese atmosfäär on „asustatud” ühtede ja samade elementidega. Neid elemente, mida on palju Maa kooses, on palju ka Päikese atmosfääris. Samasugust pilti näeme ka Päikesega sarnanevate kollaste tähtede atmosfääris.

On ilmne, et maailmaruum on grandioosne looduse laboratoorium. Ja nagu ained meie keemialaboratooriumides rändavad ühest kolvist teise, värvides lahuseid kõikidesse vikerkaarevärvustesse, niisamuti toimub ka maailmaruumis materia muundumise ja jaotumise lakkamatu protsess.

## 5. Looduse laboratoorium.

### Suur avastus.

„Algul osati teadusi nagu sildugi ehitada ainult kindlatest sammastest ja pikkadest taladest tugele. Minu sooviks oleks näidata... et teadusi osatakse juba ammu ehitada, nagu rippuvaid sildu, tuginemisega hästi kinnistatud peente niitide kogumile, milledest iga üksikut niiti on kerge katki rebida, kogu seotist aga üliraske.”

*D. I. Mendelejev, Keemia alused.*

Enne kui kõnelda protsessidest looduse laboratooriumis, on tarvilik tutvuda ühe silmapaistva seadusega, mille avastas möödunud sajandi teisel poolel meie kuulus teadlane Dmitri Ivanovitš Mendelejev.

Ajal, mil elas Mendelejev, ei meenutanud enam keegi alkeemikuid, kes kunagi arvasid, et kõiki neile tuntud metalle — rauda, seatina, inglistina, hõbedat, kulda — saadakse elavhõbeda ja väävli ühendamise tulemusena.

Siis tunti juba kuuskümmend kolm keemilist elementi. Keemikud olid hästi läbi uurinud mitte ainult tuntud elementide, vaid ka paljude keemiliste ühendite omadused.

Kuid iga elementi kirjeldati täitsa iseseisvalt, sõltumata teistest, samuti nagu tollal kirjeldati ka mineraale. Elemendi värvust, tema sulamis- ja keemispunkti, erikaalu, ühinemistungi leelistega või hapetega — kõike seda tundsid keemi-

kud hästi. Mõningaid keemilistelt omadustelt sarnanevaid elemente ühendasiid keemikud rühmadesse. Seesugusteks rühmadeks olid näiteks hapnikuga ahnelt ühenduvad kerged metallid — liitium, kaalium ja naatrium; teise rühma kuulusid oma omadustelt sarnased magneesium, kaltsium, strontsium ja baarium. Sarnasus esines ka mõnede teiste elementide vahel, kuid selle põhjust ei tuntud.

Noor Mendelejev aga tahtis leida üht üldist seadust, mis võimaldaks seletada omavahel sarnanevate elementide rühmade olemasolu. Jutustatakse, et ta võttis vastavalt tollal tuntud elementide arvule kuuskümmend kolm kartongsedelit, kirjutas igaühele ühe elemendi nimetuse ja tema peamised omadused, ning järjestas sedelid elementide aatomkaalu<sup>1</sup> järgi.

Vaadeldes selles järjekorras paigutatud sedeleid, avastas Mendelejev, et iga seitsme sedeli järel elementide omadused korduvad. Nii näiteks osutus tollal tuntud elementidest teine — liitium — sarnaseks järjekorras üheksandaga — naatriumiga ja kuueteistkümnendaga — kaaliumiga. Kõik kolm on kerged, süttivad metallid, mis ühenduses hapnikuga annavad sööbeleelised. Ka teiste elementide vahel täheldati samade vahemaade järel suurt sarnasust keemiliste omaduste poolest.

Kuid seda elementide omaduste perioodsust ei olnud nii lihtne avastada, nagu võib näida lugejale. Tollal ei olnud veel kõikide elementide täpsed aatomkaalud kindlaks määratud, paljud elemendid olid veel üldse avastamata.

---

<sup>1</sup> Aatomkaaluks nimetatakse suhet nende elementide masside vahel, mis kuuluvad keemiliste ühendite koostisse. Näiteks 18 g vee koostises on 2 g vesinikku ja 16 g hapnikku. Aga vee tekkimisel ühinevad 2 ruumala vesinikku ühe ruumala hapnikuga. Võttes vesiniku aatomkaalu ühikuks, määrasiid keemikud hapniku aatomkaalu võrdvaks 16-ga.

D. I. Mendelejevi reas oli tühikuid, mis häirisid reeglipärase perioodsuse pilti. Kuid suurel teadlasel oli julgust avaldada, et tema tabeli vabadesse ruutudesse paigutatakse praegu veel tundmatud elemendid, mis aga aja jooksul avastatakse, ning ta kirjeldas isegi nende omadusi. Mõnede elementide aatomkaalu soovitas ta aga parandada vastavalt oma perioodilisuse seadusele.

Noorele teadlasele heideti ette tema perioodilisuse seaduse fantastilisust, seaduse, mille õigsuse tõestamiseks on tarvis välja mõelda olematuid aineid. Kui aga keemikud tõesti hakkasid avastama uusi elemente D. I. Mendelejevi poolt ennustatud omadustega, leidis perioodilisuse seadus üldise tunnustuse. Tänapäeval tunneme juba üle 90 elemendi ja peaaegu kõik „elanikkudeta” ruudud Mendelejevi tabelis on „asustatud” uute elementidega.

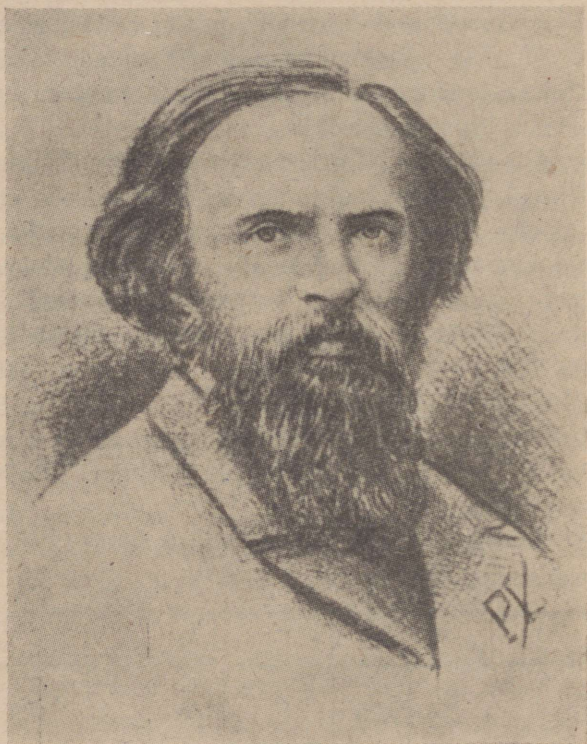
Nüüd iseloomustab iga elementi mitte ainult aatomkaal nagu varem, vaid ka temale D. I. Mendelejevi tabelis antud „korterit” number.

D. I. Mendelejevi (siin osaliselt ära toodud) tabelis paigutusid elemendid järgmiselt:

0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	1 Vesinik	—	—	—	—	—	—	—
2	3	4	5	6	7	8	9	—
Heeli- um	Liitium	Berüli- ium	Boor	Süsinik	Läm- mastik	Hapnik	Fluor	
4	7	9	11	12	14	16	19	
10	11	12	13	14	15	16	17	
Neon	Naatrium	Mag- nee- sium	Alu- mii- nium	Räni	Fosfor	Väävel	Kloor	
20	23	24	27	28	31	32	35,5	

ja nõnda edasi.

Iga elemendi nime kohale on kirjutatud tema järjekorranumber, alla aga aatomkaal.



Joon. 6. Suur vene keemik D. I. Mendelejev.

Liitium on metall, mille oksüüdil on „leelise” omadused, mis söövitavad orgaanilisi kudesid. Leelisesisaldus annab seebile ja tuhale omaduse lahustada rasvaineid. Liitiumile järgnev berüllium on juba nõrkade leelise omadustega. Järgnevad selle rea elemendid kaotavad aga metalli omadused ja nende oksüüdid saavad „hapete” omadusi. Vees

lahustatult on nad maitsele hapud ja metallidega ühinemisel tekitavad soolaid. Ülimal määral happene on selles reas viimasena toodud element — fluor.

Suureneva aatomkaalu järjekorras asetseb järgmise elemendina naatrium (neonit Mendelejevi eluajal ei tuntud), mis kujutab endast metalli ja mille oksüüd nagu liitiumilgi on leelise omadustega. Metall magneesiumil on need omadused nõrgemad. Kuid alates ränist kaotavad selle rea elemendid metalli iseloomu ja nende oksüüdid muutuvad hapeteks.

Nii muutuvad elementide omadused D. I. Mendelejevi tabeli igas reas.

### Elementide muundumised.

„Looduses kuhjuvad need aatomid, mis on kõige püsivamad ja mis maailma tingimustes omavad suurimat konstantsust ja iga.”

A. J. F e r s m a n, *Maailmaehituse keemia.*

Möödunud sajandi keemikud pidasid ühe elemendi muundamist teiseks teostamatuks fantaasiaks. Kuid kaasaegne teadus lahendas ka selle ülesande.

Elementide muundamine sai võimalikuks pärast seda, kui radioaktiivsuse nähtuste avastamine võimaldas mõista materia ehitust.

Esimesi oletusi materia ehitusest, mis oleksid võinud avastada saladuse, tegid juba vana-kreeka filosoofid — Leukippos ja eriti tema õpilane Demokritos.

Demokritos, kes elas umbes kahe ja poole tuhande aasta eest, oli reisinud läbi kogu tollal teadaoleva kultuurmaailma. Ta viibis Indias, Egiptuses ja Babüloonias ning tutvus india,

egiptuse ja babüloonia preestrite, astroloogide ja võlurite teadmistega. Ta õpetas, et looduses ei ole juhuslikkust, kõigeks on oma põhjus — seadused, mis juhivad mateeriat.

Demokritose arvamuse järgi koosneb kogu maailm loendamatu hulgest jagamatuist pisiosakestest — aatomeist, mis vormilt on mitmesugused. Ka tuld pidas ta aineks, mille aatomid on kuulikujulised.

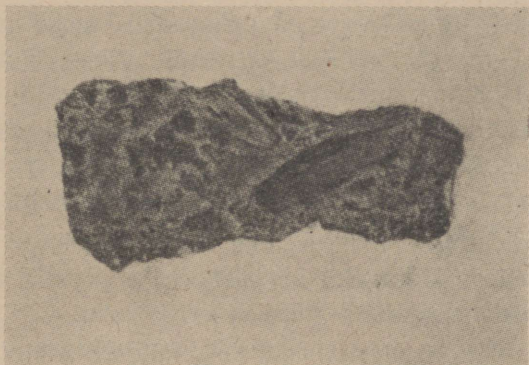
Demokritosel oli ka pooldajaid, kes jätkasid ja arendasid tema õpetust. Kõiki looduse ainete omadusi seletasid nad ainult „jagamatu” aatomite vormiga ja nende liikumisega. Nii näiteks arvasid nad, et vedelate kehade aatomid peavad olema siledad, millega ongi seletatav seose puudumine nende osakeste vahel. Tahkete kehade aatomid peavad aga olema varustatud „konksukestega”, mis haagivad neid üksteise külge. Seepärast ei valgu tahke keha laiali nagu vedelik.

Alles paljude sajandite möödudes, kui sai teatavaks kehadevaheline tõmbetung, võisid teadlased loobuda aatomeid siduvatest „konksukestest” ja seletada tahkete kehade osakeste nidusust nendevahelise tõmbetungiga. Praegu seletatakse vedeliku osakeste nõrka seost üksteisega aatomite pikkade vahemaadega, mis nõrgendab nendevahelist tõmbetungi. Gaaside aatomid on üksteisest hoopis kaugel, nad tormavad ruumis vabalt, kuni põrkavad kokku teiste aatomitega, mis annavad neile uue liikumissuuna.

See hüpotees, s. o. teaduslik oletus, oli juba suureks edasiviivaks sammuks aineehituse suure saladuse avastamise teel.

Kuid teadlased pidasid ikka veel aatomit materia jagamatuks „tükikeseks”, mida ei saa enam osadeks tükeldada. Niisugune oletus oli vajalik selleks, et seletada keemilistest elementidest püsiva koostisega liitainete moodustumist. Ilma selleta oli võimatu mõista, miks igasse ühendisse kuulub keemilisi elemente ikka ühes ja samas proportsioonis.

Lõpuks selgus, et kuigi aatom on tõeliselt „jagamatu”, siis on ta seda erilises mõttes: purustatud aatom muutub teiseks elemendiks.



Joon. 7. Ülesvõtte kivimitükist, mis sisaldab radioaktiivset mineraali.



Joon. 8. Sama kivimitükk, „ennast ise pildistanuna”. Ta asetati foto-plaadile lihvitud küljega. Tulemusena tekkis plaadile radioaktiivse mineraali jäljend.

Lähenes aeg, mil alkeemikute naiivsed unistused ainete muundumisest tõestusid teaduslikkude faktidega. See uus ajastu materia ehitust käsitlevas teaduses algas möödunud sajandi lõpul, kui prantsuse füüsik Becquerel oli avastanud nähtamatud „kiired”, mida kiirgavad mineraalid, mis sisaldavad rasket keemilist elementi uraani. Kuigi need kiired olid nähtamatud, avaldasid nad toimet fotoplaadisse, mis tõendas nende olemasolu looduses. Need on nähtamatud „kiired”, mida uraan kiirgab ilma ühegi välismõjuta!

Teadusele avanes mingi täiesti tundmatu salapärane ala.

Äsja teaduslikule tööle asunud Maria Sklodowska liakkas uurima seda saladuslikku kiirgust. Selles töös abistas teda tema mees — prantsuse füüsik Pierre Curie.

Ühiselt töötades uurisid nad kõigekülgselt mineraale, mis sisaldasid uraani. Neil õnnestus selgitada, et nende mineraalide koostises leidub väga väike hulk mingit ainet, mis saadabki välja neid mõistatuslikke „kiiri”.

Maria ja Pierre Curie lahustasid kaks aastat kolbides uraanimaaki, eraldasid temast kõrvalained, said setteid ja filtreerisid need. Seda suurt ja vaevanõudvat tööd tegid nad kahekesi laboratooriumis, mis asetses puusaras. Töötanud ümber terve tonni maaki, said nad väga väikese hulga uut ainet, millele panid nimeks „raadium”, mis tähendab ladina keeles „kiir” (radius).

Raadium osutus haruldaseks aineks, mille omadusi teiste elementide juures varem ei leitud. Ta eraldab pidevalt soojust, soojendades ümbritsevat õhku. Üks gramm raadiumi annab niipalju soojust, et ta võiks kahe tunniga keema ajada kolm grammi vett. Kinnine klaaskolb, milles asetseb raadium, täitub pikkamisi heeliumiga, mille hulk üha suureneb. Asetades raadiumiterakese lähedusse elektriga laetud elektroskoobi, kaotavad selle metall-lehekesed oma laengu

ja langevad alla. Kui katta väike ekraan ainega, millega kaetakse pimedas helenduv kella numbrilaud, hakkab see ekraan raadiumi läheduses helenduma. Kui aga vaadelda ekraani läbi suurendusklaasi, siis võib näha, kuidas seal süttivad sädemekesed. Üheaegselt süttivate sädemete hiiglahulk tekitabki mulje, et ekraan helendub.

Selle viimase tähelepaneku põhjal on ilmne, et raadium kiirgab mingeid osakesi, mis liiguvad suure kiirusega. Põrgates vastu ekraani, löövad nad välja sädeme, nagu kõva löök terasega tulekivile annab sädemeid.

Jälgides tugeva elektromagnet pooluste lähedust läbivate raadiumi-„kiirte” kõrvalekaldumisi, avastati, et neid osakesi on kahte liiki: positiivse elektriga laetud rasked ja negatiivse elektriga laetud kerged osakesed.

Paistis, et raadiumi aatomeis toimuvad „plahvatused” ja laialipaiskuvad osakesed on aatomi killud. Hiljem avastati ka teised „iseplahvatavad” elemendid — poloonium ja toorium.

Nii leiti looduse igaveste ainete hulgas „surevaid” elemente: raadium, poloonium, toorium, mis sõltumatult ühestki toimest nendele pikkamisi lagunevad, muundudes teisteks elementideks.

Säärasel ootamatul kujul kerkis teadlaste ette elementide muundamise võimalus.

Nende radioaktiivsete ainete uurimine näitas, et nad eraldavad heeliumi, ise aga muutuvad pikkamööda seatinaks. Selgus, et ka raadium ise on uraani lagunemise saadus. Uraani tükk kahaneb 5000 miljoni aastaga pooleni; tüki teine pool muundub seatinaks ja heeliumiks. Raadium „sureb” varem: ta laguneb pooleni 1600 aasta jooksul. Teised radioaktiivsed ained lagunevad teissuguste ajavahe- mikkude vältel.

„Poolenilagunemise” perioodide kindlaksmääramisega on kaasaja teadlastel võimalik uraanimaagis leiduva metallilise seatina ja heeliumi koguse põhjal kindlaks teha uraanimaagi tekkimise aega maakoos ja järelikult ka nende kivimite vanust, mis seda maaki sisaldavad. Kõige vana maais osutusid mõned kivimid Kanadas, millede vanus on määratletud 1230 miljonile aastale.

Sellest lähtudes võib arvata, et Maa kõva koor oleleb juba vähemalt 1500 miljonit aastat. Kui aga oletada, nagu teeb seda ameerika astronoom Russell, et kogu maakoos sisalduv seatina on tekkinud radioaktiivsete ainete — uraani ja tooriumi — lagunemise tagajärjel, siis peaks maakoos olema 3400—6000 miljonit aastat vana. Kuid Russelli arvamus leiab tõsiseid vastuväiteid, sest radioaktiivsete elementide lagunemisest tekkinud seatina erineb harilikust seatinast oma aatomkaalu poolest. Seepärast toimime ettevaatlikumalt, kui mööname, et Maa koore tahkestumisest on möödunud mitte üle 2000 miljoni aasta, nagu seda arvab ka enamik kaasaja geolooge.

Ka meteoriitide koostises on leitud uraani ja tema laguaineid heeliumi ja seatina. Kuna aga need väikesed kehad sisaldavad seatina liiga vähe selleks, et selle olemust võidaks kindlaks määrata, siis meteoriitide vanust fikseeritakse nende massis leiduva heeliumi koguse järgi. Meteoriitide sel viisil määratud vanus kõigub keskmiselt 2200 kuni 2800 miljoni aasta vahel, ületades seega ainult vähe maakoore oletatava vanuse. Väheste üksikute meteoriitide vanus ulatub 8000 miljoni aastani.

Lagunevad elemendid reetsid materia ehituse saladuse: ilmnes, et aatomid ei ole aine jagamatud tükikesed, vaid et nad koosnevad ise osakestest — positiivselt laetud rasketest prootonitest ja negatiivselt laetud kergetest elektronidest.

Hiljem avastati veel prootoniga kaalult peaaegu võrdsed osakesed, mis aga olid ilma ühegi laenguta. Neid hakati nimetama neutroniteks.

Nagu varem aatomit, nii tuleb esialgu prootoneid, neutroneid ja elektrone pidada jagamatuiks ainult seepärast, et me ei ole veel saanud vaadelda nende osakeste lagunemist. Võttes neid osakesi — prootoneid, neutroneid ja elektrone isoleeritult kui materiaid, teame nende omadustest praegu veel väga vähe. Kuid kombinatsioonid, millistes nad esinevad mitmesuguste elementide aatomites, selgitavad meie poolt vaadeldavaid elementide omadusi.

Prootonid ja neutronid kujundavad aatomituuma, mis on laetud positiivse elektriga. Nagu kaleviga hõõrutud punane kirjalakipulgake tõmbab ligi leedripuu kuivanud südamikust valmistatud kergeid kuulikesi, nii haarab ka aatomituum negatiivset elektrilaengut kandvaid elektrone... Aatomituum muudab elektronid oma kaaslasteks, mis ringlevad tema ümber nii, nagu tiirlevad planeedid Päikese ümber.

Need miniatuursed „planeedisüsteemid” kannavadki nüüd aatomite nimetust. Neid ei tohi ära segada mitte ainult vanaaja filosoofide primitiivsete „aatomitega”, vaid ka mitte nende kujutlustega elementide osakeste jagamatusest, millest õpetlased möödunud sajandi esimesel poolel kinni pidasid.

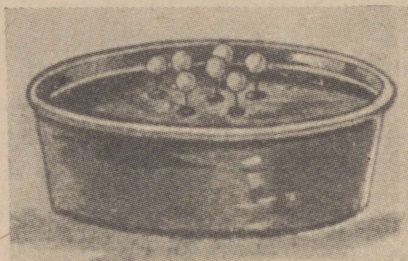
Meie aja teadlaste poolt avastatud aatom, nagu ütleb V. I. Vernadski, ei sarnane omadustelt üldse ainega, mida me hästi tunneme. Raua, vase või seatina aatom ei ole mitte nende metallide väike tükike. Ainult raua- või vase-aatomite loendamatu hulga kogumil on nende elementide omadused.

Aatomi enda omadused on hoopis teissugused.

Aatom — see on terve, tavaliselt püsiv „planeedimaailm”. Kuid radioaktiivsete elementide aatomites puhkevad katast-

roofid, tõelised „plahvatused”, mis tohutu kiirusega paiskavad ruumi aatomikilde.

Elavhõbeda tilk, rauatükike või üks kuupsentimeeter gaasi — see on üksikult eraldamatute aatomisüsteemide terve „maailmkond”, mis sarnaneb meile nähtava tähtede maailmkonnaga. Ja nagu planeetidest ümbritsetud tähed tormavad maailmaruumis, nii kihutavad samasuguste kosmiliste kiirustega ka gaaside aatomid <sup>1</sup> oma elektronidega.



Joon. 9. Need kuulikesed, mis kujutavad elektrone, on tugeva magneti toime all. Kuulikesed asetsevad ringikujuliselt, nagu elektronid aatomis.

Aatomi „planeedi”-süsteemid on nii väikesed, et neid võiks ühele jooksvale sentimeetrile asetada ritta kuni 100 miljonit. Elektronid aga asuvad keskest tuumast tema suurusega võrreldes samas kauguses, nagu asuvad planeetid Päikesest selle suurusega võrreldes.

Kui oleks võimalik aatomit suurendada 100 miljonit korda, võtaks ta enda alla juba terve sentimeetri, kuid ka siis oleks aatomi tuum nähtav üksnes tugeva mikroskoobi abil.

---

<sup>1</sup> Täpsemalt — aatomitest koosnevad molekulid.

Teadlased seletavad kehade kõiki omadusi, nagu elast-  
sust, soojuse- ja elektrijuhtivust, keemilisi omadusi ning  
nende osakeste nidusust, aatomite ehituse iseärasustega.

Näiteks, kaks kerget gaasi — vesinik ja heelium — käi-  
tuvad hoopis erinevalt. Kergeim gaas, vesinik, kaldub ühi-  
nema paljude elementidega, heelium aga on „laisk” element,  
mille olemasolu harilikus õhus kaua aega isegi ei aimatud:  
nii „vaikselt” käitub ta, andmata märku oma olemasolust.

See omaduste erinevus on tingitud nende aatomite erine-  
vast ehitusest. Vesiniku aatom on väga lihtsa ehitusega: ühe  
protoni ümber tiirleb üks elektron. Heeliumi aatomituumas  
on kaks protonit ja kaks neutronit ning selle keeruka  
tuuma ümber tiirleb kaks elektroni. Teiste elementide aato-  
mid on veel keerulisema ehitusega. Nii näiteks koosneb  
kergeima metalli — liitiumi aatomituum kolmest prooto-  
nist ja neljast neutronist. Tema ümber tiirleb kolm elekt-  
roni. Hapniku aatomituuma aga moodustavad kaheksa  
protonit sama arvu neutronitega ning tuuma ümbritseb  
kaheksa elektroni.

Aatom võib osa oma elektrone kaotada, siis aga jälle  
mõned teised vabad elektronid endasse haarata. Kuid seni-  
kaua, kui tema tuum püsib tervena, jääb ta üheks ja samaks  
elemendiks. Kui aga tema aatomituum kaotaks või omandaks  
ühe protoni, siis muutuks ta teiseks elemendiks. Nii muutub  
berüllium ühe protoni lisandumisel tema aatomituumasse  
booriks, ühe protoni kaotamisel aga liitiumiks.

Tähendab, iga elemendi „korterit” järjekorranumber  
Mendelejevi tabelis näitab, kuipalju on korteri „elaniku”  
aatomituumas prootoneid. Aatomkaal aga näitab, kuipalju  
on temas kokku prootoneid ja neutroneid. Näiteks, raua  
aatomituumas on 26 protonit ja 30 neutronit, uraani aato-  
mituumas aga — 92 protonit ja 146 neutronit. Seepärast  
võrdub raua aatomkaal 56-ga ja uraani oma 238-ga.

Alles hiljuti selgus teadlastele, et mõnedel keemilistel elementidel on väga lähedasi „sugulasi”. Mendelejevi tabelis asuvad niisugused sugulaselemendid ühises „korteris”. Need sugulaselemendid on omadustelt väga sarnased, kuid erinevad aatomkaalult.

Näiteks on kahte liiki vesinikku: harilik ja raske. Ühendis hapnikuga annavad mõlemad vee, kuid raske vesinikuga ühendist saadud vesi on joogiks kõlbmatu, kalagi hävib selles. Raske vesiniku aatomkaal on hariliku omast kaks korda suurem. Hariliku vesiniku aatomituum koosneb ühest prootonist, raske vesiniku oma aga prootonist ja neutronist.

Paljudel teistel elementidel on samuti mitu „sugulast”. Nii on hariliku uraani kõrval veel teine uraan, mille aatomkaal on 235.

Aatomituumade osakeste vahel tegutseb samaaegselt tõmbetung (mille olemust pole veel selgitatud) ja tõuketung, mis tekib samanimeliselt laetud prootonite vahel. Osakestevahelise kauguse muutumisega ei muuda tõmbetung ja tõuketung oma suurust ühepalju: äärmiselt väikeses kauguses on osakestevaheline tõmbetung tõuketungist suurem, kuna suurte kauguste juures on ülekaalus tõuketung.

Täheldatakse veel järgmist huvitavat nähtust: kui aatomituumade osakeste arv muutub liiga suureks, siis nõrgeneb nende vahel side ja aatomituum võib isegi ilma välispidise tõuketa iseendast laguneda. Selles seisnebki uraani, raadiumi ja teiste nendega sarnanevate elementide radioaktiivsuse põhjus.

Kõikidest prootonite ja neutronite „liitudest” on tugevaim heeliumi aatomituum, mis koosneb kahest prootonist ja kahest neutronist. Tõenäoliselt seepärast heidavadki lagunevad radioaktiivsed ained välja selliseid rühmi. Tundmata neid tunge, mis hoiavad aatomituumas koos prootoneid ja neut-

roneid, ei ole võimalik seletada ka heeliumi aatomituuma haruldase vastupidavuse põhjusi.

On olemas siiski tunnus, mille põhjal saab ennustada, kui-võrd tugevaks kujuneb aatomituuma moodustavate prootonite ja neutronite „liit”: mida rohkem energiat eraldub tema moodustumisel, seda vastupidavam ta on. Kui tekib heeliumi aatomituum, eraldub tohutu hulk soojust. Ja me näeme, et see tuum on haruldaselt vastupidav.

Sellest võib aru saada, kui kujutleda piltlikkuse mõttes, et aatomituumaks grupeeruda püüdvad prootonid ja neutronid on mäetipult allaveerevad kivid. Kivid püüavad vee-reda täiesti oru põhja, et seal „rahuneda”, olles kaotanud neis peituvat energia. Grupeerumisel aatomite tuumadeks „püüavad” ka prootonid ja neutronid kaotada võimalikult rohkem energiat, et miski ei viiks neid välja rahuseisundist. Ja mida rohkem eraldub energiat neutronite ja prootonite „pakkimisel” aatomituumas, seda vastupidavam ta on.

Heeliumi aatomituuma moodustamisel eraldub tohutu energiahulk; kui oleks võimalik tihendada üks gramm vesinikku heeliumiks, siis eralduks nii suur hulk soojust, nagu kümne raudteetsisternitäie nafta põlemisest. Seepärast on heeliumi aatomituum vastupidavam kõikidest aatomituumadest. Samal põhjusel on ka teiste elementide aatomituumad väga tugevad, kui nad koosnevad nelja osakese rühmadest, nagu näiteks hapniku, raua ja kaltsiumi aatomituumad.

Kuid mäest langev kivi võib enne mäejalale jõudmist sattuda mingile takistusele ja poolel teel peatuda. Nii võivad ka tuumaosakesed moodustada vähem vastupidava rühmituse kui heeliumi tuum.

Säärased on paaritu arvu osakestega tuumad, nagu näiteks liitiumi aatomituum, mis koosneb kolmest prootonist ja

neljast neutronist. Kui sellesse tuuma viia veel üks prooton, rühmituvad osakesed silmapilkselt ümber, kujundades kaks heeliumi aatomituuma. Seejuures eraldub suur energiahulk ja vastmoodustunud tuumad lendavad tohutu kiirusega igasse külge laiali.

Maailmaruum on täidetud nii vabade prootonite ja neutronitega kui ka keemiliste elementide hajunud aatomitega. Võib-olla on nende kodumaaks tohtud udukogud, mida näeme taeva ülesvõtetel nõrgalt helenduvate laigukestena, mis meenutavad pilvelaike. Tõenäoliselt toimubki nendes osakeste „organiseerumine” aatomiteks ja aatomite „organiseerumine” molekulideks. Molekulide vahel toimib meile juba tuntud tõmbe- ehk kogumaailmse gravitatsiooni tung. See tung sunnib neid liikuma üksteise poole. Kuid üks molekul ei saa teise peale „kukkuda” ja temaga liituda, sest liigse lähenemise juures tekib nende vahele tõuketung, mis on tingitud elektroniliste aatomikestade samanimelisest laengust.

Ainult nende molekulide vahel valitsevate tõmbe- ja tõuketungide avastamine tegi võimalikuks mõista, kuidas tekisid tähed, s. o. meile nähtav maailm.

Üks esimesi, kes seletas tähtede tekkimist tõmbe- ja tõuketungide samaaegse olemasoluga, oli serbia filosoof Boscovich, kes avaldas need mõtted juba XVIII sajandi keskpaiku. Boscovich ei olnud looduseuurija ja ta lähenes mateeria ja universumi ehituse arusaamadele filosoofina nagu Demokritoski. Tema kaasaeglased ei mõistnud teda, sest tollal ei leidunud veel küllaldaselt vaatlusi selle julge teooria tõestamiseks. Kuid meie ajal mateeria ehituse uurimisel saavutatud tulemused tõestavad Boscovichit oletust.

Maailmaruumis hajunud gaasiliste udukogude mateeria tõmbub tihendeiks, kuid elektronikestade tõuketungid ei võimalda molekulidel nende tihedal lähenemisel üksteisele lii-

tuda ühtseks tombuks. Nii seletub gaasiliste udukogude jagunemine tihendeiks, meie helkivate tähtede algeiks.

Mateeria edaspidine kujundus kulgeb juba tähtedes — suure keemiku — looduse hiiglaslikes retortides. Seal jätkuvad ainete muundumise protsessid: vabadest prootonitest ja neutronitest tekivad aatomituumad; tähtede sisemuses nad muutuvad tohutu rõhumise toimel järjest keerukamaiks. Kuid samaaegselt toimub ka radioaktiivsete ainete raskete tuumade lagunemine, kusjuures tekivad püsivad aatomituumad. Tähtede sisemuses toimuvaist salapäraestest reaktsioonidest saame alles siis teada, kui mõni neist äkki plahvatab. Siis süttib taevast niinimetatud „uus“ täht, mis paiskab maailmaruumi tohutul hulgal gaase — vesinikku, heeliumi ja lämmastikku, mis moodustavad tema ümber uue udukogu.

Neist jutustavad meile ka mõned muutlikud tähed, mis kindlate ajavahemikkude järel löövad helenduma nagu lõketuled, kuhu aeg-ajalt kuiva hagu juurde visatakse.

Meie Päikese ja teiste kinnistähtede ühtlane „põlemine“ on elementide tekkimise ja muundumise tulemus, kusjuures toimub soojuse ja valguse eraldumine. See eraldumine asendab soojuse kadu, mis tekib kinnistähedel kiirgamise tagajärjel maailmaruumi.

Mõistagi, et tähtede olemasolu kestel, miljardite aastate jooksul, pidi kogunema elemente püsivate aatomituumadega. Tegelikult näemegi seda, kohates tähtede ja Päikese atmosfääris ning Maa koostises tohutul hulgal hapnikku, räni, rauda, magneesiumi ja kaltsiumi. Nende elementide aatomituumadele on iseloomulik, et nad ei koosne ainult osakekestest, mille arv jagub neljaga, vaid et nad omavad ka kõige lihtsama ehituse, see tähendab, neis sisalduvate osakeste arv ei ole kuigi suur. Säärastest elementidest leidub looduses kõige enam rauda.

Seda märkis kuulus kaasaja füüsik W. Nernst, öeldes, et „raud on ülekaalus Maakeral, Päikesel ja meteoriitidel, sest see tohutu kestusega element on nagu puhkepaik ainete radioaktiivse lagunemise reas”.

See ongi põhjus, miks Maakera ja kõikide planeetide tuum peab koosnema rauast.

A. J. Fersmani arvestuste järgi koosneb peaaegu neli viiendikku maakoorest neist elementidest, millede aatomituuma osakeste arv jagub neljaga. Ja üle üheksa kümnendiku kogu Maa massist koosneb samasugustest elementidest. Erandiks on ainult alumiinium, naatrium ja kaalium: kuigi nende elementide aatomituumade arv on paaritu, leidub maakooses siiski tunduval hulgal alumiiniumi, naatriumi ja kaaliumi. Selle nähtuse põhjust ei ole teadus suutnud veel küllaldaselt selgitada.

Nii võib aatomite maailmas täheldada enam „elujõuliste” aatomite väljalikut, mis kogunevadki maailmaruumis.

Teadlased korraldavadki juba väikestes mõõdetes mõningaid nendest reaktsioonidest, mis toimuvad tähtede sisemuses. Suure keemiku — looduse — saladus on juba pooleldi avastatud. Nüüdisaja füüsikud oskavad aatomeid isegi purustada ja ühtesid keemilisi elemente teisteks elementideks muuta. Peale selle avastasid nad aatomituuma teissuguse lagunemise nähtuse, kui see, mis esineb radioaktiivses kiirgamises.

Osutus, et kui neutronitega pommitada kõige vähem vastupidavaid (aatomkaaluga 235) uraani aatomeid, siis on võimalik nende tuumi purustada kaheks peaaegu võrdseks osaks. Uraani aatomituumasse sissetormav neutron rikub tasakaalu tema osakeste vahel, mis rühmituvad silmapilkselt ümber, moodustades kaks uut aatomituuma — kildu, jättes seejuures mõned neutronid „vabaks”. Sel nähtusel on plah-

vatuse iseloom. Hiiglakiirusega paiskuvad laiali nii tuumad-killud, kui ka vabanenud neutronid. Ülikülluses neutroneid sisaldavad tuumad-killud lagunevad omakorda uuteks aatomituumadeks. Vabaneb tohtu arv neutroneid. Kinnipidamisel teatavatest katsetingimustest satuvad vabanevad neutronid uraani teistesse aatomituumadesse ja tekitavad uue lagunemise.

Toimub, nagu öeldakse, ahelreaktsioon, mille juures vabaneb tohtu energiahulk.

Seda nähtust võib võrrelda mõnikord mägedes juhtuva kivivarisemisega, kui kõrgelt mäelt alla visatud kivi tõukab oma teel liikvele teisi kive, mis omakorda haaravad kaasa üha uusi kive — ja peagi valgub mäenõlvalt alla purustav kivilaviin.

Säärane uraani kunstlik lagundamine võimaldab saavutada ennenähtamatult jõulise plahvatuse.

Õppides valitsema lagundamisprotsessi, võidakse vabanevat energiat rakendada mitmesuguste mootorite ja mehhanismide käivitamiseks. See on tulevikuülesanne, mille lahendamise kallal töötavad kaasaja teadlased.

### Planeetide sisemuses.

„Meie Maa on suur keemiline laboratoorium, milles maailma tekkimisest alates toimuvad lakkamatult keemilised reaktsioonid, mis kestavad senikaua, kuni Maa jätkab oma teekonda ümber Päikese.”

*Bischof (möödunud sajandi mineraaloloog ja keemik).*

Ülikuumade tähtede sisemuses on ained kuumendatud fantastiliste temperatuurideni. Kui niisuguse tähe sügavamas sisemuses olevast ainest väike tükike Maa peale tuua,

hävitaks see enda ümber kõik elava kuni tuhande kilomeetri ulatuses.

Planeetide sisemuses on aga märksa madalam temperatuur. Tähtedest erinevalt peituvad seal mitte gaasitaolised, vaid sulamassid. Planeedid on alkeemiku-looduse „tiigid”, mis on täidetud mitmesuguste, ainult kuni mõne tuhande kraadini kuumutatud ainete jahtuva sulatisega. Isegi meie tehaste metallurgilistes ahjudes näeme keemilisi protsesse, mis sarnanevad planeetide sisemuses toimuvatega.

Udukogudes ja süttivate tähtede atmosfääris rühmituvad prootonid ja neutronid aatomituumadeks. Planeetide sisemuse jahtuvais massides aga rühmituvad aatomid ise enam keerukateks osakesteks — keemiliste ühendite molekulideks.

Nagu teada, seob aatomituum normaalses olekus niisama palju elektrone, kuipalju on temas prootoneid. Seetõttu on elektronilise kesta ja tuuma laengud vastastikusel tasakaalus ja aatom käitub tervikuna nagu laenguta neutraalne osake. Kuid väga kõrge temperatuuri juures võib aatom kaotada osa oma elektronidest. Siis ei tasakaalusta tema tuuma positiivset laengut enam elektronilise kesta negatiivne laeng. Aatom tervikuna omandab siis positiivse laengu.

Võib juhtuda ka ümberpöörduvalt: aatomituum haarab endasse ühe või mitu liigset elektroni. Siis saab aatom tervikuna negatiivse laengu.

Laetud aatomid omandavad suure liikuvuse; elektrilaengute vahel tekkivate tungide mõjul nad kas tõmbuvad üksteist ligi või tõukavad eemale. Selles olekus nimetatakse aatomit „iooniks”, mis tähendab kreeka keeles rändurit. Üksteisele lähenedes astuvad erinevate elementide ioonid omavahel „liitu”, moodustades keerulisi osakesi — molekule. Kõik keemilised ühendid koosnevad niisugustest molekulidest.

Samuti, nagu vabaneb energia aatomituuma moodustamisel prootonitest ja neutronitest, nii eraldub ta ka aatomite rühmitumise puhul molekulideks. Selle nähtuse näiteks võiks olla tikuga põlema süüdatud õhuke magneesiumiribake. Ta põleb heleda leegiga ja pehme sitke metalli asemele tekib valge, habras aine — magneesia: magneesiumi ja hapniku aatomid kujundasid ühinedes uue aine molekulid, kusjuures eraldus valgust ja soojust.

On olemas ka teissuguseid ühendeid, millede tekkimisel energia ei eraldu, vaid vastupidi, neeldub. Näiteks nn. glaubrisoola<sup>1</sup> segamisel soolhappega tekib keedusoola lahus, kusjuures segu temperatuur alaneb tugevasti, mis tõendab, et selle reaktsiooni juures ei toimu mitte energia eraldumine, vaid neeldumine.

See on keemiliste reaktsioonide väga oluline erinevus: ühed toimuvad soojust või teisi energialiike neelates, teised — neid eraldades.

Püsivamad on need ühendid, mis tekkimisel eraldavad soojust, sest et nad ei saa laguneda iseendast, vaid nende lagunemiseks on nõutav energiakulutus. Näiteks raua või vase ühinemine hapnikuga toimub soojuse eraldumisega. Seepärast tekib soojus iseendast kõikjal, kus hapnik puutub kokku raua või vasega. Et aga uuesti nende aatomeid lahutada, s. o. eraldada neist ühendeist metall, selleks tuleb kulutada väljastpoolt juurdetoodavat energiat — neid ühendeid tuleb soojendada söe manulusel, sest süsi kõrvaldab hapniku ja „taastab“ metalli. Seda tehakse metallurgilistes ahjudes. Selleks protsessiks saadakse vajalikku soojust söe põletamisel, s. o. keemilise reaktsiooniga, kusjuures söe aine muutub

---

<sup>1</sup> Väävelhappe naatriumsool, mis sadestub näiteks Kaspia mere Kara-Bugaz-Gol'i lahe veest.

püsivaks ühendiks — süsihappegaasiks ühes soojuse eraldumisega.

Iga aine võib olla tahke, vedel või gaasiline. See oleneb üksnes tema molekulide vahelisest kaugusest, mis muutub temperatuuri ja rõhu muutumisega.

Tavalise, s. o. olemasoleva rõhu ja temperatuuri juures voolab vesi maapinnal ojakestena ja jõgedena meredesse, nende kallastel aga kerkivad kõvad kivikaljud. Päikesest kaugel olevatel planeetidel, näiteks Uuranil ja Neptuunil, peaksid meie gaasid voolama ojakestena kivikõval jääpinnal. Päikesel aga esinevad räni, raud ja teised ained, mis Maakeral valitsevates tingimustes on „tahked”, gaaside kujul, moodustades Päikese õhkkonna.

Kuid ka meil, Maakeral, vaatlevad teadlased laboratooriumides aineid nende mitmesuguses olekus, mõjustades neid kõrgete rõhkudega või madalate temperatuuridega. Vetrüv kummi ja pehme parafiin muutuvad kümnete tuhandete atmosfääride rõhu all kõvaks nagu teras, gaasid aga muutuvad tugeva jahutamise ja tihkestamise juures vedelaks ja isegi tahkeks.

Tahkes kehas hoiavad molekulid teataval kaugusel üksteisest tungid, mis toimivad vedrude sarnaselt. Need tungid takistavad molekulide eemaldumist üksteisest nagu väljavenitatavad vedrukesed. Molekulide üksteisele lähenemisel aga avaldavad nad sellele vastupanu nagu kokkusurutav spiraal.

Vastupanu venitamisele või molekulaarsele nidususele võidakse ületada, kuid siis puruneb keha. Näiteks, kui ruutmillimeetrilise ristlõikega terastraadi külge riputada suurem raskus kui 20 kg, siis ei pea traat vastu ja katkeb.

Kehade vastupanupiiri tihkestamisele on ääretu raske kätte saada. Tihkestamine ainult tihendab keha ainet, mille

vastupanu seejuures kiiresti kasvab ja tasakaalustab tihkestava tungi. Meie laboratooriumides ei ole õnnestunud ületada lähenemisel üksteist eemaletõukavate molekulide vastupanu, s. t. neid tihkestada kuni nende purunemiseni.

Kuid looduse laboratooriumis on leitud kehi, milledes materia aatomid on hulga tihedamalt lähendatud, kui me seda võime Maakeral näha. Nende kehade aine on erakordse tihedusega.

Täevalaotuse kõige heledamat tähte — Siiriust — saadab kaaslane, mis tiireldes tema ümber kisub teda oma tõmbetungiga tema teelt maailmaruumis kord ühele, kord teisele poole. Nende hälvete järgi arvutasid teadlased välja Siiriuse kaaslane tõmbetungi. Ning siis selgus, et selle kaaslane mass võrdub Päikese massiga, tema ruumala aga on nii väike, et selle keha aine peab olema 2000—3000 korda plaatinast tihedam. Üks kuupsentimeeter niisugust ainet kaaluks Maa peal 40—60 kg (plaatina kuupsentimeeter kaalub ainult 22 g).

Inglise õpetlane Eddington seletas seda Maakeral tundmatut aine olekut sellega, et tema aatomeis on aatomituumad ja elektronid lähestikku, asetsedes üksteise kõrval nagu tanguterad pudrus. Seetõttu Siiriuse kaaslane aine omabki sellise ebatavalise tiheduse.

Kui keha soojeneb, siis tähendab see, et tema molekulid hakkavad liikuma, ületades molekulaarse nidususe tungid (kohesioonitungid). Kui keha sulab, s. t. muutub vedelikuks, siis nõrgenevad nidususetungid seevõrd, et molekulid võivad vabalt üksteise kõrval liikuda. Sõltuvuses „hõõrdumise” suurusel, s. t. vastupanust sellele ümberpaigutumisele naabermolekulide poolt, eristatakse vedeliku viskoossuse astet. Lisades vedeliku molekulidele veel suurema soojusevaru, vabastame nad täielikult nidususetungide toimest. Vedelik

muundub auruks, s. o. gaasiks, mille molekulid millestki pidurdamata kihutavad ruumi. Ja mida kiiremini kihutavad need molekulid, seda kõrgem on gaasi temperatuur: keha soojus on tema liikuvate molekulide energia.

Tiigleid sulatisega soojendab inimene laboratooriumis tulel. Paljude keemiliste reaktsioonide käik nõuab soojust. Nüüdisaegsetes laboratooriumides on tarvitusel piirituse- ja gaasilambid, mis annavad väga kuuma leegi.

Looduse „tiiglitest“ — planeetide sisemuses — ei soojendata sulaainet väljastpoolt. Magmasulatises vabaneb soojus, mis on vajalik temas keemiliste protsesside alalhoidmiseks, keemiliste reaktsioonide eneste tagajärjel.

Soojuse eraldamisega koos toimuvate protsesside produktid on väga püsivad ja panevad hästi vastu keemiliste tungide mõjule. Seepärast koosnevadki maakoore kivimid peamiselt oksüüdidest, millede lagundamiseks vajatakse energiakulu ja mis seetõttu on vastupidavad teiste ainete mõjule.

Looduses tuntud vähestest keemilistest elementidest moodustuvad kõik teised ained, nende hulgas ka mineraalid.

Mineraale võib võrrelda ehitistega, mis on püstitatud mitut sorti tellistest-aatomitest. Aatomite-telliste mitmesugune müürimisviis ja selle või teise sordi erinev hulk põhjustavad ehitiste-mineraalide erinevuse üksteisest.

Ehitiste-mineraalide müürimisel on aatomid-tellised üksteisega tihedasti seotud ja neid ei saa müürimassis enam eristada.

Hoopis teisiti on lugu kivimitega. Neid võib võrrelda linnadega, kus majad ja ehitised on mineraalide üksikud kristallid. Tõsi, need kristallid on üksteisega kokku kasvanud, nagu suures linnas on majad sageli tihedasti üksteise külge ehitatud. Kuid üksikuid kristalle on kerge eristada üldises kivimimassis, mis tekib magma tardumisel.

Magma kui sulatis on paljude oksüüdide ja võib-olla ka mõnede mineraalide lahus. See on väga veniv vedelik, mis on vedeldatud temas lahustunud gaasidega.

Inglise õpetlane W. Ramsay võrdleb oma raamatus „Elemendid ja elektronid” vedeliku molekulide elava rahvahulgaga.

Ta ütleb: „Vedelikku on kõige parem võrrelda rahvahulgaga, kus kõik püüavad oma asukohta vahetada, kuid neid takistab see, et iga inimene, enne kui ta rajab endale tee läbi rahvahulga, peab oma naabrite vastu põrkama.”

Ka meie kasutame edaspidi seda võrdlust piltliku kujutluse loomiseks molekulide käitumisest lahustes. Vees lahustatud soola molekulide käitumise uurimine võib selgitada paljusid protsesse, mis toimuvad planeetide sisemustes. Lahuste ja neis toimuvate protsesside uurimine on üldse keemia tähtsaim ülesanne. Esimesena tungis lahustamise saladustesse hollandi füüsik-keemik J. H. van't Hoff. Van't Hoff osutas esimesena keemilistele tungidele, mis toimivad lahusti ja lahustatava aine vahel. Sellega selgitas van't Hoff lahuste külmumispunkti langust ja keemispunkti tõusu, mida enne teda peeti mingisuguseiks erandlikeks loodusnähtusiks.

Pärast van't Hoffi süvenes keemikute huvi protsesside vastu lahustes, eriti vesilahustes, mis etendavad väga tähtsat osa maakoore elus.

Võtame natuke soola ja viskame kuuma vette. Ta lahustub kiiresti, s. t. tema molekulid segunevad vee molekulidega ja ekslevad nende vahel nagu näiteks mõned välismaalased, kes on sattunud linna kohalike elanike sekka.

Lisame uue näputäie soola — see lahustub jällegi. Kuid uute annuste lisamisega hakkab lahustumine järjest aeglasemaks muutuma: vees on juba liiga palju molekulide välis-

maalasi. Viimaks saabub moment, mil lahustumine lakkab ja vette heidetud uued soolaterakesed jäävad klaasi põhja. Sel puhul öeldakse, et lahus on soolast „küllastunud”.

Nüüd kõrvaldame sadestise ja laseme puhtal, läbipaistval lahusel jahtuda. Siis tekib klaasi põhja uuesti soolasadestis. Kui klaas välja külma kätte asetada, siis lahus ei külmu, vaid tekib uus soolasadestis. Lahuse järk-järgulise jahenemisega sadestub järjest uusi ja uusi soolakristallide hulki. Lõppeks, kui lahuse temperatuur langeb  $23^{\circ}$  alla nulli, tardub kogu lahus ühtsaks massiks, milles jääkristallid kasvavad soolakristallidesse.

Kaaludes katse kestel tarvitatava soola ja eraldunud sadestised, näeme, et täielikult tahkestunud lahus sisaldab 23,6 protsenti soola.

Nii käitub küllastunud soolalahus.

Nüüd hakkame katsetama küllastamata lahusega — ja protsess kulgeb teisiti. Jahtumise suurenedes hakkab nõrgast soolveest välja langema mitte soola, vaid jääd; jää väljalangemine kestab seni, kuni lahusesse jääb sama 23,6 protsenti soola. Siis lakkab jää väljalangemine ja kogu lahus, nagu ennegi, tahkestub täielikult —  $23^{\circ}$  juures.

Esimesel juhul oli lahus küllastatud soolaga, teisel aga — veega, mis temperatuuri alanemisel langeski välja veekristallidena — jääna.

Tähendab, lahuse temperatuuri alanemisel eralduvad temast ühel juhul soola-, teisel jääsadestised. Ja nende sisaldis läheneb sellele, mille juures kogu lahus korraga tahkestub.

Kui aga kohe katse algul võtta 23,6 protsendi soolasisaldusega soolavesi, siis ei lange jahtumisel temast välja ei soola ega jääd, vaid kogu lahus tahkestub täielikult —  $23^{\circ}$  temperatuuril.

Näiteks temperatuuril  $-10^{\circ}$  on nii jää kui ka sool eraldi võetult tahked ained. Kui neid aga segada, siis hakkavad mõlemad sulama. Kuigi me tavaliselt ütleme, et seejuures sulab jää, siis ei ole see täpne: ka sool sulab, moodustades lahuse sulava jääga või veega. Need ained lahustavad mõlemad üksteist vastastikku ja „sulavad” mõlemad.

Nagu näeme, on lahustamine väga hõlpus tahke keha vedelaks muutmise meetod. Et sulatada soola, tuleb teda kuumutada  $800$  kraadini, vees ta aga lahustub, s. t. muutub vedelikuks hariliku toatemperatuuri juures. Et sulatada hõbedatükikest, tuleb teda kuumutada peaaegu  $1000$  kraadini, kuid lahustada võib teda tavalise pliidi peal sulatatud seatinas.

Samasugused nähud toimuvad ka hõõguvvedelas magmas Maa sisemuses. Me teame juba, et magma on suure ränihapendisisaldusega vedel sulatis, milles on lahustunud mitmesugused ained. Vastastikku lahustavate ainete olemasolu magmas alandab nende sulamistemperatuuri samuti, nagu alaneb jää sulamise ja soola lahustumise temperatuur, kui nad esinevad koos.

Nii näiteks on puhas raud, räni ja lubi väga raskesti sulavad ained. Kuid nende oksüüdide segu sulab hulga madalama temperatuuri juures, kui neist iga üksik eraldi. Sellele rajaneb muuseas raua väljasulatamise viis suure ränihapendisisaldusega maakidest: särdamispanusele, s. o. sulatamiseks määratud maagisõgule, lisandatakse lubjakivi; ränihapendist, lubjast ja osalt rauast moodustub siis kergesti sulav räbu, mis kerkib üles ja eraldub raskesti sulanud metallist.

Ränihapendi sulatis — magma — sisaldab lahustatud kujul palju mitmesuguseid aineid. Temperatuuri alanedes langevad nad sadestistena välja mineraalide näol.

Ühed neist mineraalidest on rasked ained. Need laskuvad alumistesse vöötmeisse. Teised, kergemad, jäävad hõljuma magma venivasse massi või kerkivad sulatise ülemistesse osadesse.

Nende mineraalide hulgas leidub ka maagimineraale. Kui nad jäävad tarduva magma massi hajutatuina, siis tekivad sissekasvanud maagid, s. o. hajunud maagiterad kivimis. Kui aga maagiterad kujutavad endast venivasse magmasse vajuvaid raskeid mineraale, siis võivad nad kuhjuda maagilasunditena.

Magmas eralduvad mõnede maagimineraalide tilgakased ka vedelal kujul. Nad võivad koonduda nagu võitilgakased seisnud piimas. See tardunud maagisulatise sete kujundab samuti maagilasundi. Nii kogub loodus tarduva magma massiivides oma metalliaardeid.

Maakoore külmades vöötmetes toimuvad samuti mineraalide lahustamise ja lahustest sadestumise protsessid. Neis etendavad väga olulist osa erilised „kolloidsed” lahused.

Kui soola vesilahust võib võrrelda rahvahulgaga, kuhu on sattunud vöõramaalased — lahustatud aine molekulid, siis kolloidlahuses need „vöõramaalased” ei hulgu mitte üksikult, vaid seotud rühmadena, kuni 100 molekuli koos.

Kui rahvahulk hakkab platsilt laiali minema läbi kitsaste taravärvate, siis „vöõramaalaste” seotud rühmad ei mahu neist värvavast läbi ja kogunevad tara juurde. Umbes nii läbivad soolalahuse osakesed pärgamentpaberi poorid või kalapöiest kile; sooja veega lahustatud läbipaistvast kolloidsest želatiinilahusest aga jääb filtreerimisel kilele tarretis, sest želatiini osakesed on liiga suured, et läbida kile üliväikesi poore. Kolloidlahuse osakesed on nii väikesed, et neid võib näha ainult tugeva suurendusega mikroskoobis. Kuid

on olemas kolloidseid lahuseid, mille osakesed on päris väikesed. Suuruselt on nad lähedased molekulidele; säärased kolloidlahused sarnanevad omaduste poolest tavaliste soola- või suhkrulahustega.

Kolloidlahuseid võivad anda mitte ainult liim või želatiin, vaid ka kuld, ränihapend ja paljud metallid.

Need tahked ained tuleb selleks enne veega segamist jahvatada nii peeneks pulbriks, et kübemete läbimõõt ei oleks suurem kui mõni tuhandik millimeetrit. Niisugused kolloidlahused võivad püsida väga kaua, andmata sadet. Nii näiteks võib Inglise muuseumides näha kullalahuseid, mis on valmistatud rohkem kui sada aastat tagasi.

Sageli omandavad kehad kolloidses olekus neile tavaliselt mitteomase värvuse. Näiteks annab kuld punase, sinise või violetse värvusega lahused, sõltuvalt tema osakeste suuruselt kolloidses olekus.

Muidugi võivad kolloidsed lahused esineda mitte ainult vees, vaid ka teistes vedelikkudes. Näiteks võib kuld tekitada ränihapendi sulatises kolloidlahuse.

Ka mõned vääriskeimid kujutavad endast samuti tardunud värvusetut lahustit, milles on pihustatud need värvustavad ained, mis temas esinesid kolloidses seisundis enne tardumist. Kivisoola meeldiv helesinine värvus aga võlgneb tänu oma olemasolu eest temas pihustatud metallilisele naatriumile.

Mikroskoobis vaadeldavad kolloidlahuste osakesed ei püsi kunagi rahuseisundis. Nad viskuvad paigast paika, pörkavad kokku, hüppavad üksteisest eemale... Seepärast ei saa neid kohe eraldada elavatest mikroskoopilistest organismidest — bakteritest.

Selle pisiosade pideva liikumise lahuses avastas botaanik Brown umbes sada aastat tagasi, mistõttu seda hakati nimetama „Brown'i liikumiseks”.

See osakeste liikumine kestab raugemata jõuga päeval ja ööl nii vanades kui ka vastvalmistatud lahustes. Seda võib jälgida nii ookeanivees kui ka kõige pisemates tilgakestes, mis sisalduvad mõnikord kristallides. See liikumine on niisama igavene, nagu taevakehade liikumine maailmaruumis.

See liikumine on vee molekulide liikumise peegeldus, mis sarnaneb paadi kõikumisega lainetaval merepinnal. Seda on näha ainult osakeste juures, mis ei ole läbimõõdult suuremad kui kolm-neli tuhandik-millimeetrit. Need osakesed on juba nii pisikesed, et nende pihta igast kandist tulevad molekulide löögid ei tasakaalusta üksteist. Samasugust kaootilist liikumist võib näha ka pisimate tolmukübemete juures päikesekiires, mis on läbi aknalugiava tупpa tunginud.

Kolloidlahuse osakesed võivad üksteise vastu põrkumisel kokku kleepuda tombukesteks, mis sadestuvad anuma põhja. See nähtus kujutab endast kolloidlahuse enesehävitamist. Seda võib aga mitmesuguste ainete lisandamisega pidurdada või kiirendada.

Kolloidlahustel on tähelepanuväärne omadus — muutuda tarretiseks, millel on tahke keha omadused. Kui tükk želatiini asetada kuuma vette, siis ta algul paisub, imades vett, pärast aga lahustub selles, jagunedes ühtlaselt kogu vedelikus. Selle lahuse jahutamisel toatemperatuurini püsib ta algul vedelana, kuid hakkab aja jooksul tarduma. Sellele omadusele ongi rajatud želee valmistamine, mis säilitab suurepäraselt anumate vormi, kuhu oli valatud tema lahus. Isegi tugevasti vedeldatud želatiinilahused säilitavad tardumise omaduse.

Teiseks selletaolise tardumise näiteks on „vesiklaasi” kolloidlahus, mis muutub läbipaistvaks tarretiseks. Kui selline tarretis sisaldab kaalu järgi veel üheksa kümnendikku vett, siis on ta juba noaga lõigatav nagu tahke keha. Kui

tarretist veel pisut kuivatada, et vett jääks seitse kümnen-  
dikku tarretise kaalust, siis võib teda uhmis kuivaks pulb-  
riks tampida.

Nagu allpool näeme, sadestuvad maakoos kolloidsetest  
lahustest mineraalid, mis maakoore ehituses etendavad  
sageli suurt osa. Mõned maapõuevarade lasundid on tekki-  
nud samuti kolloidlahuste sademeist.

### Aatomid rivis.

„... Asi ei seisne mitte kristalli elemen-  
tide vähimate osiste vormis, vaid nende  
asetuses.”

*J. S. Fjodorov (kuulus vene kris-  
tallograaf).*

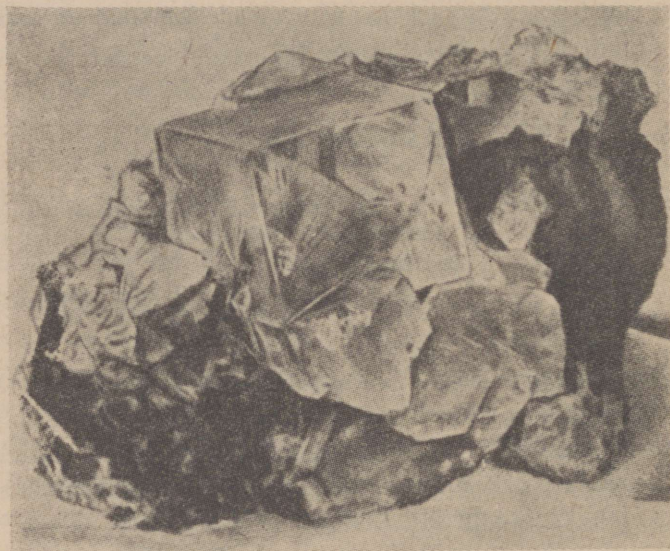
Rahvahulgas, millega W. Ramsay võrdles vedeliku mole-  
kule, liigub iga inimene kord ühele, kord teisele poole, pör-  
kab vastu naabreid, tõugatakse nendest eemale... Kujuka  
pildi seesugusest liikumisest pakuvad meile kolloidlahuste  
osakesed mikroskoobi all.

Kui aga rahvahulk järsku rahuneks ja inimesed jääksid  
liikumatuks nendele kohtadele, kus neid see moment tabas,  
siis kujutaks rahvahulk endast kiiresti tarduvat ainet klaasi-  
taolise massi või lihtsalt, nagu nüüd lühidalt öeldakse,  
„klaasi” näol.

Klaasis asuvad molekulid samasuguses korratuses, nagu  
nad olid vedelikuski. Kõva klaasi peetakse seepärast liht-  
salt ülejähutatud vedelikuks, millega tal on sarnaseid oma-  
dusi.

Kuid kujutlege, et inimesed rahvahulgas on asetatud rida-  
desse, nagu sõdurid koondriviisse... Siis moodustab tardu-  
nud aine, mille osakesed asetuvad range korra järgi, kristalli.

Ühe ja sama aine „klaasitaolise” ja kristallilise kuju omadused on erinevad. Näiteks on sulatatud kvartsklaasi ja mäekristalli keemiline koostis ühesugune. See on räni-oksüüd ehk ränimuld. Kuid nende omadused on erinevad.



Joon. 10. Fluoriidi kuupjad kristallid.

Mäekristall on klaasist raskem ja kõvem, tema kristalli terav nurk jätab klaasile sügava kriimustuse.

Klaasist lahkuminevalt on kristallide aine omadused eri suundades erisugused. Proovige kivi-soolakristalli kuubikut maha visata või puuhaamri kerge löögiga purustada. Ta puruneb piki „lõhestus”-pindu, mis on rööpsed kuubi tahkudega. Täheandab, nendel pindadel on tema osakeste nidusus nõrgem kui teistes suundades.

Mõnede kristallide tahkudel on eri suundades erisugune kõvadus; nii tekitab noatera näiteks tsüaniidikristalli tahul ühes suunas kriipsu, teises aga libiseb jälge jätmata.

Sõltuvalt sellest, mis suunas läbib valguskiir kristalli, muutuvad ka viimase optilised omadused. Nii värvub kordieriidi-kristall valguskiire läbimisel ühes suunas kollaseks, teises aga tumesiniseks.

Soojus levib kristallis eri suundades erineva kiirusega. Seda on lihtne tähele panna näiteks õhukese vahakorruga kaetud kipsikristallil, kui seda puudutada kuumutatud metallvardakesega. Kristalli aine soojeneb mitmesuguse kiirusega sõltuvalt suunast, ja seepärast sulab ka vaha eri suundades erineva kiirusega; kuumutatud vardakese puutepunkti ümber sulanud laiguke ei ole ümmargune, vaid ovaalne.

Isegi kristalli keemilised omadused sõltuvad suunast: happed söövivad tema pinda eri suundades samuti erineva kiirusega.

Need suundadest sõltuvad kristallide eriomadused on selectatavad nende aatomite korrapärase asetusega. Selle nähtuse põhjusest võib anda mõnesuguse kujutluse seesama võrdlus tahke aine ja rahvahulga vahel, milles inimesed kujutavad molekule.

Kujutlege, et peate minema üle platsi, mis on tulvil rivistunud sõdurite sirgeid ridu. Muidugi ei ole seejuures ükskõik, mis suunas te teed rajate: ühes suunas — ridade vahelt — on kergem läbi minna, teises suunas — ristipidi — on raskem. Seepärast ei ole ka kristallis aine omadused eri suundades ühesugused. Suund ei oma aga tähtsust klaasi juures, kus molekulid seisavad korrapäratu jõuguna.

Aine „kristallilisus”, nagu teadlased seda sõna mõistavad, ei esine mitte kristalli korrapärases vormis, vaid tema osakeste korrapärases sisemises paigutuses. Kui kristallist

treida kuul, siis ei kaota sellega tema aine kristalli omadusi, milledest me juba rääkisime. Kui aga klaasist valmistada korrapärane kuubik, siis ei muutu ta seepärast veel kristalliks, sest sel kuubil puuduvad kristalli omadused.

Mis sunnib siis aatomeid-ioone rivistuma kristallilise aine ridadesse?

A. J. Fersman ütleb, et üksteise läheduses olevad ioonid „tõmbaksid üksteist ligi ja langeksid üksteisele, kui nad ei oleks ümbritsetud elektronipilvedest: need pilved aga on mõlemal ioonil negatiivselt laetud ja peavad üksteist eemale tõukama. Tähendab, vastastikune tõmbetung kohtub vastastikuse tõuketungiga. Kuna nende protsesside tungid ei ole võrdsed ja nad on allutatud erinevatele seadustele, siis mingisuguses kauguses üksteisest peatuvad mõlemad ioonid ja asetuvad üksteise suhtes püsivasse, kindlasse seisundisse. Seejuures eraldub teatud hulk energiat, mõlemad ioonid aga osutuvad tasakaaluolekus — me saame kristallimolekuli esimese algosa, eraldunud energia aga on vabade ionide kristallisatsiooni energia”.

Säärast pilti täheldataksegi tarduvas sulatises.

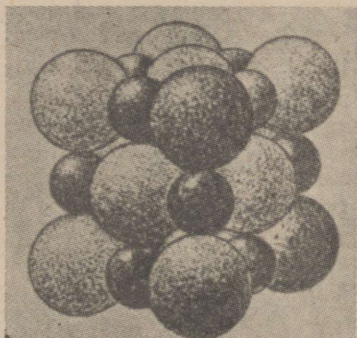
Miks tardub sulatis ühtedel juhtudel kristalli, teistel aga klaasi kujul? See sõltub välisest rõhust ja tardumise kiirusest.

Me nägime, et kristalliline aine on tihedam sama keemilise koostisega klaasist. Kristall — see on aatomite kõige tihedama „pakkimisega” süsteem, mida on võimalik teostada, võtmata neilt elektronilist kesta.

Aatomeid uurides on kasulik kujutleda neid väikeste kuulikestena. Võtke veidi ühesuuruseid herneteri, mis peavad kujutama aatomeid, ja puistake nad nõgusa põhjaga kausikesse. Herned veerevad keskpaika, ja tahke aine aatomite vahelist tõmbetungi asendab sel juhul raskustung.

Raputage kergelt mõned korrad kausikest ja te näete, kuidas herneterad asetuvad tiheda kihina, kujundades korrapärase kuusnurga. Siin peitubki kristalli korrapärase vormi tekkimise saladuse lahendus: see vorm on aatomite „tungi” tagajärg asetuda võimalikult tihedasti üksteise kõrvale.

Kui võtaksime kaks ühemahulist klaasi ja paigutaksime herneterad ühte neist kirjeldatud viisi järgi, teise aga lihtsalt



Joon. 11. Aatomite paigutus soola kuupjas kristallis. Aatomid võtavad seesuguse paigutusega oma alla väikseima ruumala.

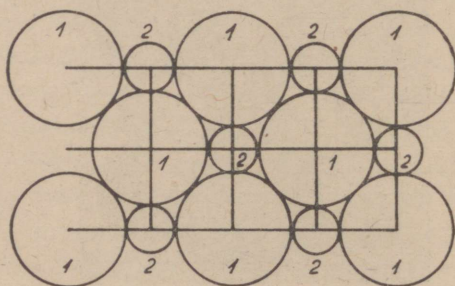
paigutaksime neid, siis osutuks teri esimeses klaasis veidi rohkem kui teises. See ongi põhjus, miks mäekristall on klaasist raskem: mäekristalli kristallides on aatomid „paigutatud” korra järgi, klaasis on nad aga asetatud korratult.

Kristall ei ole looduses haruldus, vaid tahke aine olemasolu kõige sagedamini esinev vorm. Klaasid, ümberpöörduvalt, on haruldasemad ja aegade jooksul moodustuvad nende osakesed ümber kristallilisteks „võredekks”.

Mineraalainetest on ainult kunstlik klaas, millest valmistatakse näiteks klaasnõusid, võimeline püsima klaasi olekus

väga kaua, kuigi mitte lõpmatuseni. Enamikul klaasidel aga on tung kristalliseeruda.

Kristallide tekkimisel eraldub teatud energiahulk. Aatomid „püüavad” kaotada võimalikult rohkem energiat ja „puhata” kristallide võrekes. Seepärast tekibki looduses klaasi nii harva. Isegi siis, kui sulatis tardub klaasitaolise aine molekulide korratu seguna, sunnib energia kaotamise ja püsiva asendi omandamise tung klaasi aatomeid ümber grupeeruma kristallivõre ridadesse. Seepärast on maakoor ja kõikide maailmakehade tahke aine ehitatud kristallidest.



Joon. 12. Kivisoolakristalli tasapinnaline võre: 1 — klooriaatom, 2 — naatriumiaatom.

Mõistagi, et rääkides aatomite „tungist puhata” kasutame ainult piltlikku väljendit. Aatomite „käitumise” tingivad füüsikalised ja keemilised põhjused.

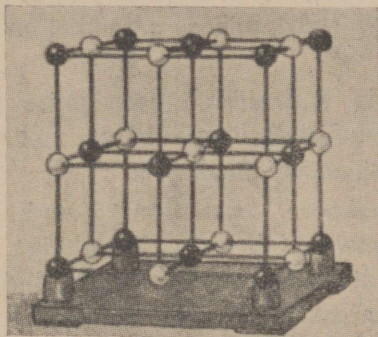
Teadlased on juba suutnud kristallide sisemist ehitust valgustada röntgenikiirtega ja teavad, kuidas on paigutatud aatomid-tellised neis tähelepanuväärseis „ehitistes”.

Kokkuleppe kohaselt peame me aatomeid mitmesuguse suurusega mittekokkusurutavateks kuulideks, mis on paigutatud nii, et nad üksteisega külgnevad. Aatomi „raadius” nimetatakse kaugust aatomituumast välise elektronkestani.

Teadlastel on korda läinud isegi aatomituuma suurust mõõta ja nad teavad, et näiteks naatriumi aatomi raadius on kloori aatomi raadiusest kaks korda väiksem.

Teades, et kivisoola kristallid on kuubikujulised ja et iga tema molekul sisaldab ühe kloori- ja ühe naatriumi-aatomi, võime koostada kivisoola kristallivõre.

Joonestanud paberilehele ridamisi hulk üksteisele perpendikulaarseid jooni, jaotame ta ruutudeks. Kui nende ruu-



Joon. 13. Ruumvõre — aatomite asetus kuupjas kristallis.

tude ühisnurkadesse paigutada vaheldumisi naatriumi ja kloori aatomid, siis saamegi „tasapinnalise võre” kujutise, s. t. aatomite asetus kujutise ühel tasapinnal, mis on paralleelne kuubi tahule.

Nende asetus kogu kristalli ruumalas moodustab „ruumvõre”. Temast võivad kujutuse anda toa lakke riputatud pallid, mis kujutavad aatomeid kristallis, kusjuures pallid ripuksid eri pikkusega niitide küljes nii, et nad asetseksid toas põiki ja risti kindla korra järgi põrandast laeni. Kivisoola kristallis asetsevad aatomid kujutletavate kuupide nurkades.

Kuid kas ei saaks selles ehitises asendada ühed tellised teistega? Selgub, et see on võimalik. Kuid selleks, et ehitiskristall ei variseks kokku, tulevad aatomid-tellised asendada niisugustega, millede raadius on suuruselt ligilähedane võres asendatavate aatomite raadiusega.

Ja tõesti, looduses esineb mineraale, mille kristallides üks element asendub teisega, moodustades nõndanimetatud isomorfseid ehk samakujulisi segusid. Võimet kristallides üksteist asendada, s. t. isomorfseid segusid moodustada, omavad need elemendid, millede aatomitel on ligikaudu ühesugune raadius.

See elementide vastastikuse asendamise omadus selgitabki varemalt mõistatuslikuna näiva mõnede elementide sagedase koosinemise maakooses.

Määrates maakoore koostist, arvutas F. Clarke välja, missuguse osa moodustab temas kaalult iga keemiline element. Pärast aatomite raadiuste mõõtmist võimaldus teada saada, missuguse osa maakoorest moodustab ruumalalt iga element.

Geokeemik V. Goldschmidt teostas selle arvutuse ja sai hämmastava tulemuse. Selgus, et üle üheksa kümnendiku maakoore ruumalast (kuni 15 km sügavuseni) võtavad enda alla hapniku aatomid, mis kuuluvad kivimineraalide koostisse. Täheandab, hapniku aatomid asetsevad maakooses tihedasti üksteise küljes ja on ainult pisut „lahjendatud” teiste elementide aatomitega. Kaaliumi, naatriumi ja kaltsiumi aatomid kokku võtavad enda alla ainult viis sajandikku maakoore ruumalast, räni aatom aga vähem kui ühe sajandiku.

Maakooses kõige sagedamini esinevate ülejäänud elementide aatomid moodustavad tema ruumalast vaid tuhandikke osi ja nad asetsevad hapniku, räni, kaaliumi ja naatriumi

aatomite vahelistel aladel. Nii väike on ruumalalt nende elementide suhteline hulk maakoos.

Kuid arvutades välja isegi kõige haruldasema maakoos hajutatud elemendi aatomite hulga, leiaksime neid aatomeid maakoos aine ühes kuupsentimeetris siiski kümneid ja sadu miljoneid.

## 6. Ainete „rändamine”.

### Maa sisemuses.

„Lõplikult ja pikkamisi kulgevate looduse keemiliste reaktsioonide seas on mineraal ise vaid ajutise iseloomuga etapiks neis keemiliste elementide alatistes ümberpaigutustes maakooses, mis toimuvad meie ümber.”

*A. J. Fersman, Venemaa geokeemia.*

Nüüd me juba teame, kuidas „organiseerus” materia keemilisteks elementideks ja kuidas elementide aatomid astuvad „liitu”, moodustades looduse mitmesuguste, mineraalide nime all tuntud ainete molekule. Raua, alumiiniumi, vase, tsingi, inglistina, seatina ja teiste metallide maagid on samuti mineraalid.

Mitte alati ei olnud mineraale ega jää nad igaveseks sellesse paika püsima, kus me neid leiame. Nad on ainult maakooses toimuvate keemiliste protsesside ajutine produkt ja uute mineraalide moodustumise materjal. Maa kooses toimuvad pidevad ainete muundumise ja ümberpaigutumise reaktsioonid.

Maa sisemuses jahtuvast magmast langeb välja mineraalseid sademeid. Maakoore sisemuses ja tema pinnal toimub alatine ainete lahustumine, nende ülekandumine lahuste kujul teistesse vöötmeisse ja nende sadestumine lahustest uute mineraalide näol. Nende pidevate „rändamiste” — ainete

migratsioonide — protsessis toimubki maagimineraalide kuhjumite — Maa aarete — moodustumine.

Inimkonna eluea kestel on olnud suuri rahvasterändamise ajajärke, kus terved suguharud jätsid maha oma asupaiga ja siirdusid võõrsile. Omapärane ainete „suur rändamine” toimus ka Maa ajaloo varajasel perioodil, millal Maa oli alles hõõguvvedela aine kera.

Maakera sulade ainete massis võisid nende osakesed liikuda Maa külgetõmbetungi mõjul: raskemad neist võisid sukelduda magmamassi, paigutudes Maakera tsentrile lähemale, kerged aga — tõusta magma pinnale.

Teadlased võrdlevad Maa esialgset hõõguvvedelat massi vasesulatisega tehase sulatusahjus; seal jaguneb sulatis kolmeks kihiks: raske, vedel metall — ahjupõhjas, väävlisühendite suland — „stein” (toorsuland) — keskel ja kerge räbu — peal.

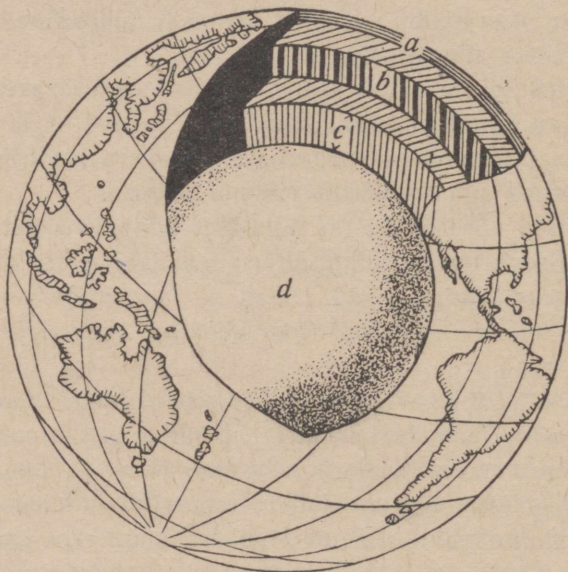
Vasesulatusahjus tingib seesuguse ainete jaotumise nende kaal. Teadlaste arvates pidi sama raskustung ained laiali paigutama ka Maakera sulas massis.

Ja tõepoolest, nagu on näidanud maaväringu lainete Maakeras levimise vaatlused, on Maakera mass eri sügavustes erineva tihedusega. Maaväringu puhul kanduvad maaväringu-lained väga kaugemale. Kui maa-alune tõuge oli näiteks Kamtšatka poolsaarel, siis registreeritakse see Moskvas mõne minuti pärast.

Maa-aluse tõuke esimesed võnked registreeritakse Maakera vastaspoolel 20—22 minuti pärast. Need võnked levivad otse läbi Maakera massi vaatluspunkti. Nende levimiskiiruse järgi otsustasid teadlased, et Maakera sisemised osad peavad olema kõvemad kui teras.

Poolteist tundi hiljem jõuavad vaatluspunkti sama tõuke võnked, mis levivad mööda maakoort taoliste ringidena, nagu neid tekitab vette kukkunud kivi veepinnal.

Maakoos levivate pindlainete kiirus on ühesugune. Kuid Maakera läbivate lainete keskmine kiirus on seda suurem, mida kaugemal asub vaatluspunkt maaväringu koldest (mööda Maa pinda arvates).



Joon. 14. Maakera läbilõige: a — maakoos, b — magmakest ja tihendatud kivimid, c — maakkest, d — tuum.

Selle kauguse suurenedes suureneb ka sügavus, mida lained läbivad. Täheleb, sügavuse suurenemisega kasvab Maakera ainete elastsus ja tihedus. Vaadeldes maaväringu lainete levimiskiirust, järeldasid teadlased, et see kiirus muutub järsult 1200 ja 2900 km sügavuses arvates Maa pinnast.

Sellest järeldasid teadlased, et siin asuvad erineva tihedusega ainete piirid. Täheleb, Maakera keskmine osa —

tuum — on suletud mitmesse kesta: esimene — 1700 km paksune väga tihe raskeist aineist kest; teine — 1200 km paksune vähem tihedaist aineist kest, ja kolmas — 50—60 km paksune kõva kivine koor. Maakera sarnaneb tuntud mänguasjaga — puumunaga, mis koosneb mitmest üksteisesse asetatud, järjest väheneva suurusega õõnsast kestast.

Maa ühtede kestade tihedus on alla 5,5, teistel üle selle, kuid koos tiheda keskse tuumaga moodustavad nad kera, mis on 5,5 korda raskem samasugusest vesikerast.

Möödunud sajandi kuulus prantsuse teadlane Delaunay oletas, et ained paigutusid Maakera massis ainult kaalu järgi. Keskmesse koondusid rasked metallid — raud, kroom, nikkel; pisut kergema kesta moodustasid elementide — räni, alumiiniumi, raua, magneesiumi ühendid; kõige peale asetused samade räni ja alumiiniumi ning samuti naatriumi ja kaaliumi veelgi kergemad ühendid.

Kuid kas võisid ained Maakera tarduvas magmas ümber asetuda üksnes raskuse mõjul? Me ju teame, et Maakera kõva kest ei sisalda ainult rauda, vaid (ehkki vähesel määral) ka teisi raskeid elemente — tsirkooniumi, vanaadiumi, mangaanit, kroomi, niklit...

On ilmne, et need olid mingid teised jõud, mis aitasid neil koos kergete elementidega tungida maakoosesse. Nendeks jõududeks on ühtede elementide tung teiste juurde. Seda ainete omadust kasutavad juba ammu metallurgid, kõrvaldades selle abil näiteks kõrgahjudes maagisulatisest temas sisalduvat ränimulda. Selleks lisandavad nad maagile paekivi. Paekivi koostises olev kaltsium-oksüüd koos ränimulla ja osa rauaga moodustab kerge sulatise, mis tõuseb ahju ülemisse ossa. Sama nähtus toimus ka Maakera hõõguvvedelas massis, kui tema ümber tardus kerge räbukoorig — Maa koor.

Raskete elementide olemasolu kerges Maa kooses selgitab hästi norra teadlase V. Goldschmidti katse, kes jahutas metalse raua, väävlisraua, ränimulla ja nikli sulatist. Tardunud sulatises sadestus suurem osa raskest niklist koos rauaga, tunduvalt vähem oli teda väävlisrauas, kuid ka kerges ränimulla kihis leidus veel väike hulgate seda metalli. See katse tõestas, et ainete laialipaigutumisel sulatise massis etendasid osa mitte ainult raskustung, vaid ka elementide individuaalsed iseärasused.

Tähendab, Maakera massi sulatises ei võinud elementide jaotumus erikaalu järgi olla nii täpne, nagu arvas Delaunay. Muidu me poleks leidnud kõiki looduses esinevaid keemilisi elemente maakoorest ning enamik neist oleks jäänud meile tundmatuks.

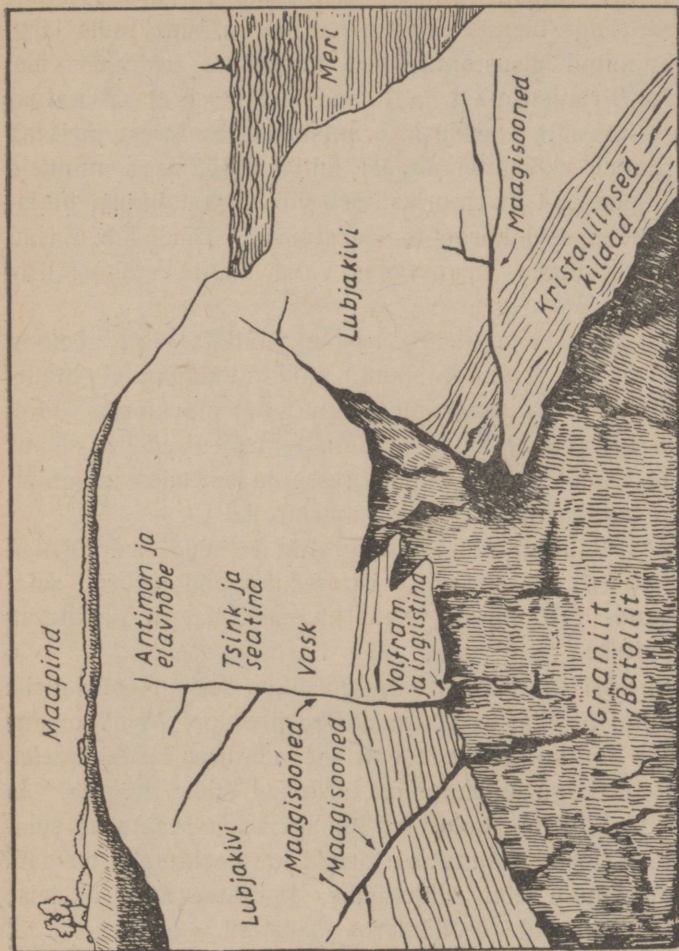
Kiviriigi „päriselanikkonna” kõik kerged elemendid on ühenduses hapnikuga.

Seetõttu võisidki temas hajuda ka hapnikuga samuti ühinema kalduvad vanaadium, tsirkoonium, mangan ja teised rasked elemendid. Maagisoonte metallid aga, nagu vask, tsink, seatina, on Kiviriigis ainult „võõramaised” tulnukad.

Teadlased oletavad, et Maakera sügavas põues leidub raskete metallide ühinemise piirkond väävliga ja hapnikuga. Selles Maa maakkestas on arvatavasti valitsejaks väävel. Sinna ongi kuhjunud raskete metallide enamik, mis kalduvad paremini ühinema väävliga kui hapnikuga. Väga palju peab siin leiduma ka rauda, mis ühineb ühteviisi meelsasti nii väävliga kui ka hapnikuga.

Selline tendents ühtedel elementidel ühineda hapnikuga ja teistel väävliga seletub looduses täheldatava elementide püüdega moodustada võimalikult püsivaid ühendeid.

Veel sügavamal, s. o. lähemal Maa keskmeele, kuhjus rauda ja „siderofiilseid”, s. t. „raualebeseid” elemente: niklit, kroomi, süsinikku ja fosforit.



Joon. 15. Batoliit — maakoore sissetunginud magma. Batoliidi alus ulatub Maa sügavusse.

Rasked metallid tungivad maakekast temal asetseva magma kihtidesse, kust nad tuliste lahustena kanduvad maakoore lõhedesse. Nii toimub Maa kestade vahel pidevalt ainete vahetus. Ainult seepärast me leiamegi kerges maakoores raskete elementide kuhjumisi.

Me võime vahetu vaatluse alla võtta ja uurida ainult maakoore kõige ülemist, 15 km paksusega kihti, mille järgi oleme sunnitud otsustama kogu maakoore tekkimise üle.

Uurides Prantsusmaal ja Itaalias laialdasi alasid katvat kivimit — basalti, veendusid prantslane Desmarest ja itaallane Arduino, et puutekohtadel lubjakivikihtidega muutsid basaldid selle kivi marmoriks. See võis aga toimuda lubjakivi kuumenemisel kõrge temperatuurini. Tähendab, basalt on tardunud laava, mis voolas välja iidsete vulkaaniliste pursete ajal.

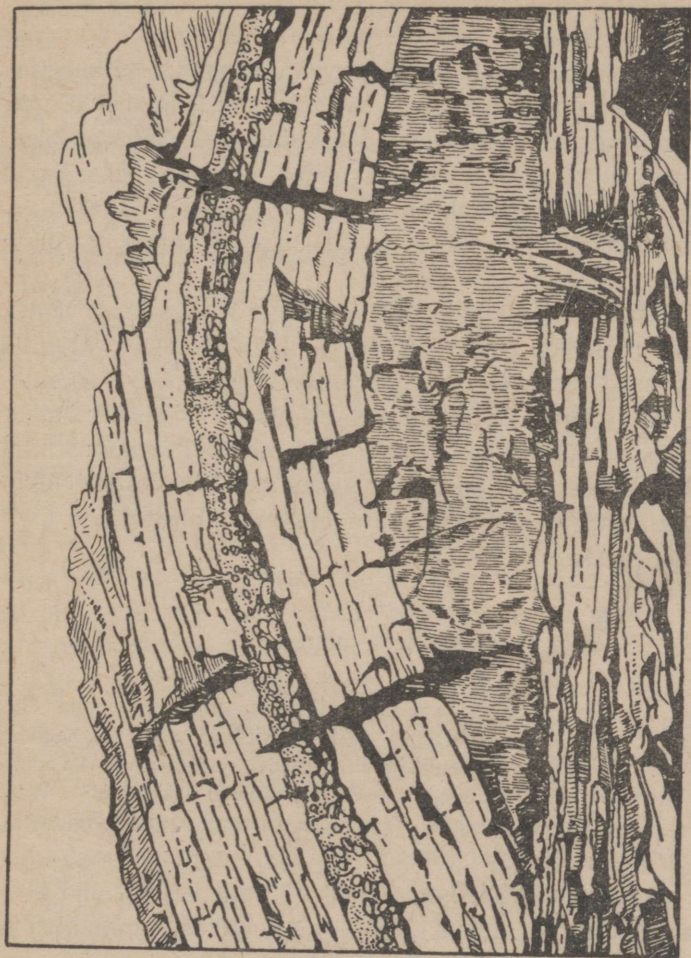
XVIII sajandi lõpul leidis terane vaatleja, šoti geoloog Hutton, punase graniidi sooni, mille kokkupuutekohtadel lubjakiviga oli viimane samuti muutunud marmoriks. Järelikult oli ka graniit kunagi sulanud mass. Vedelas olekus tungis ta lõhede kaudu maakoosesse ja sattudes lubjakivikihtidele muutis need osaliselt marmoriks.

Nii oli tõestatud, et basalt, graniit ja seepärast tõenäoliselt ka teised massiivsed, kristalsed kivimid tekkisid sulanud masside tardumisel. Neid kivimeid hakati nimetama tardkivimiteks.

Hiljem, uurides maakoore keskmist koosseisu, tõestas meile juba tuntud F. Clarke, et maakoore ülemine, 15 kilomeetri paksusega kiht koosneb peaaegu täies ulatuses tardkivimeist.

Selgus, et kogu maakoore on tardunud tahke magma. Ja see tähendab, et tõepoolest oli kunagi kogu Maa pind sulanud aine ookean. Kohutavad tormid kihutasid selle ookeani pinnal tardunud räbu hiigeltükke, kuhjates neid üksteise otsa, nagu tuul kuhjab Jäämeres jääpanku.

Räbuväljad ühinesid, kattes Maa kõva koorega, magma murdis aga sellest alles õhukesest koorest läbi ja valgus temal laiali, tardudes uuesti kivikihtideks. Nii aheldati pikamisi hõõgurvedel ookean maakoore kivisesse soomusrüüsse.



Joon. 16. Maa sisemusest väljapurskunud magma on enda kohal sette-  
kivimid üles kergitanud ja nende vahel laiali valgunud. Säärast  
sissetunginud magmat nimetatakse lakoliidiks.

Kuid Maa koor ei püsinud rahulikuna. Ta kooldus mäehelikena kurdudeks, murdus hiigelpankadeks. Magma tun-  
gis Maakera sisemusest maakoore sisse. Vedel sulatis täi-  
tis mäekurdude sisemuse, tardudes mäeahelike südamikus

tohufuteks kuplikujulisteks massiivideks — „batoliitideks”, mille alused kaovad Maa põhjatusse sisemusse.

Olles tunginud kitsast kanalit mööda maakoode, kergitas magma enda kohal asetsevaid settekivimite lademeid ja valgus nende all laiali, moodustades kujult seenekübarat meenutavaid suuri massiive — „lakoliite”. Ainult kitsas kanal ühendas neid magmaookeani pinnaga. Lõppeks, täites maakoore massiivi pikad lõhed, tardus magma temas tardkivimite soontena.

Batoliitide ja lakoliitide näol maakoode tunginud vedela magma massides toimus ainete ümberasetumine. Magma rasked osad laskusid magmamassiivi sügavatesse vöötmetesse, liikuvad ja kergemad elemendid asetusid ümber ülemistesse vöötmetesse, pärast kogu massiivi tardumist aga sööstis gaasidega ja aurudega küllastatud, erakordset liikuvust omav ülejäänud tardumata magma ümbritsevate kivimite lõhedesse.

### Maakera pinnal.

„Niisugused muutused ei toimunud ühekorraga, vaid nad leidsid aset eri aegadel, loendamatuil kordadel, ja toimuvad ka nüüd, ning vaevalt nad kunagi lakkavad.”

*M. Lomonossov, Maa kihtidest.*

Tardunud magma kõige kõvemadki kaljud ei püsinud Maa pinnal muutuseta olekus. Nende aine jätkas muutumist ja ümberasetumist.

Õhk, vesi, päikesekiirte soojus ja pakane purustavad kõige tugevamaid kive... Kaljude maal — Šveitsis — on saanud isegi kõnekäänuks: „mäda nagu kalju”, Soomes aga hüütakse jämedateralist graniiti „rapakiviks”, mis tähendab —

mädakivi, nii silmanähtav on mäestikkudes kaljude murenemine.

Kivimite murenemine ei ole märgatav inimese lühikese eluea vältel. Kuid tuhandete aastate jooksul tekitab ta Maa peal imeväärseid muudatusi.

Need loodusjõud hävitavad vanaaja kõige püsivamaid ehitisi, nagu „igavesi” Egiptuse püramiide, suurt Hiina müüri, keskaja kõikumatud losse.

Langevad vihmapiisad haaravad õhust ja lahustavad eneses hapnikku ja süsihappegaasi, äikese ajal aga ka õhus tekkivat lämmastikhapet. Kõiki neid ühendeid sisaldav vesi tungib kivimite lõhekestesse, lahustades ning kaasa viies mõningaid mineraale. Talvel külmub vesi lõhekestes ja jää laiendab neid veelgi ning purustab kaljude pindmisi kihte, nii nagu külmuv vesi purustab veevärgi torustiku. Kalju pind kattub lõhekestega ja temast eraldub hulk kilde. Viimasadude voolavad veed uhavad selle kivimaterjali ojadesse ja jõgedesse, mis selle uuesti läbi jahvatavad, muutes ta liivaks ja mudaks, ning edasi merre kannavad.

Kuivades piirkondades muutuvad maapind ja kaljude pindmine osa päeval päikesekiirte mõjul nii kuumaks, et pinnase liivas võib muna ära küpsetada. Öösiti aga langeb temperatuur seevõrra, et mõnikord vesigi külmub. Kaljude pind lõheneb ja rabeneb, murenedes pikkamisi peeneks kiviruksuks. Tuul kannab kivide hävinemisel tekkiva tolmu ja liivaterad kaugele ja ladestab nad kõrbede avarustes.

Nii purunesid sadade tuhandete aastate jooksul tardkivimid. Jõed kandsid liiva, muda ja vees lahustunud ained meredesse ja ookeanidesse, kus nad põhja settisid, kattes Maa esmase koore tardkivimeid settekihtidega.

A. J. Fersman võrdleb merepõhja liiva ja muda pudedaid kihte maismaa pinnasega. Nagu pinnas allub õhkkonna

keemiliste elementide toimele, nii alluvad ka setted merepõhjas merevee lahuste mõjule. Mereveest sadestuvad ained, mis tsementeerivad nende setete teri, muutes neid tihedaks kivimeiks — savikiltadeks, liivakivideks, lubjakivideks.

Kattudes uute pudedate settekihtidega, isoleeruvad need kihid juba merevee lahustest, samuti nagu aluspõhja sügavad kihid.

Hapnikku ja süsihapet sisaldavad põhjavee voolud kohtavad oma teekonnal kõvas maakoos kivimitesse hajatatud maagimineraale ja maagilasundeid. Nad lahustavad need ained, kannavad neid mujale ja ladestavad neid juba teissuguse koostisega setetena.

Vaadeldes ainete keemilise muundumise protsesse maakoos näeme, et kõik nad toimuvad soojuse eraldamisega. Aine „püüab” omandada „elujõulisi”, vastupidavaid vorme, mis on suutelised vastu panema maakoore ülemises kesta valitseva hapniku, süsihappe ja vee toimele.

### Loomade ja taimede kudedes.

„Iga organism ... haarab alalõpmata ja takistamata, kas otseselt või kaudselt Päikese kiirgavat energiat ja muundab selle vabaks, s. o. tööväimeks, keemiliseks energiaks. Maapinnal on elav aine enamvähem ühtlaselt jaotatud, ta moodustab sellel õhukese, kuid pideva katte...”

V. I. Vernadski, *Geokeemia peajooned.*

Erinevalt magmalisest vöötimest toimib maakoore pinnal, Maakera vesi- ja õhkkonnas, peale raskus- ja keemiliste tungide, mis sunnivad elemente omavahel ühinema, veel looduse laboratooriumi kolde — Päikese — energia.

Päikesekiirte soojus kiirendab keemilisi reaktsioone aluspõhja ülemistes kihtides ja merede ning järvede vees. Ta kiired lagundavad ainete molekule või sunnivad aatomeid ja molekule rühmituma uuteks ühendeiks. Päikesekiirte energia kaastegevusel kulgeb loomade ja taimede kudedes rida reaktsioone.

Üks esimesi, kes osutas taimede kudedes ja loomade kehas toimuvate keemiliste protsesside suurele tähtsusele maakoore suhtes, oli meie teadlane V. I. Vernadski.

Nagu V. I. Vernadski märkis, haaravad organismid pidevalt Päikese kiirgavat energiat ja muundavad selle keemiliseks energiaks, mille tulemusena koguneb organismidesse mõnesuguseid elemente, mis organismi hukkumise järel kujundavad mineraale.

Uurides Maakeral toimuvate keemiliste elementide „ümberasumist”, eristatakse üksik-alasid — Maa „sfääre” ehk „geosfääre”, kus aatomite ja molekulide elu kulgeb ligikaudu võrdsetes tingimustes.

Nii nimetatakse Maakera gaaskatet õhkkonnaks. Temas esinevad kõik ained gaaside, aurude või pisimate kõvade tolmukübemete ja vedelate tilgakeste kujul. Õhkkonnas toimub mitmesuguseid protsesse, nagu näiteks lämmastik-oksüüdide tekkimine elektrilaengu tühjenemisel välgu puhul või süsihappe tekkimine orgaaniliste ainete lagunemise ja põlemise tagajärjel.

Maa vesikestas — vesikonnas — asuvad vastastikuse toimega ained lahustatud, s. o. vedelal kujul. Siin toimuvad lahustest setete sadestumise protsessid.

Maa kõvas kestas — kivikonnas — toimub ainete vastastikune mõjustamine kõrge temperatuuri ja suure rõhu tagajärjel või sinna imbuva vee abil, mis lahustab tahkeid mineraale.

Ühtedel juhtudel „rändavad” elemendid Maa tahkest koorrest vesikonda või õhkkonda, teistel juhtudel — gaaskestast merede vetesse või Maa tahkesse koorde.

Uurides loomade ja taimede osa elementide kontsentreerumis- ja hajumisprotsessides Maakeral, tegi V. I. Vernadski, nagu juba tähendatud, ettepaneku arvata elavorganismid eriliseks „sfääriks”. See sfäär haarab õhkkonna alumised kihid, vesikonna, ja kivikonna kõige ülemised kihid, s. o. pinnase ja aluspõhja.

Samuti nagu Maakera tahkes koores ja vesikonnas kulgevad keemiliste elementide hajumise või kuhjumise protsessid, kuhjuvad ka „biosfääris” taimedes ja loomade kehaes mõnesugused, vahel haruldased elemendid.

Maakoore ülemises kestab kulgevaid protsesse iseloomustab püsivate, soojuse eraldamisega seotud reaktsioonide puhul tekkivate ainete moodustumine. Taimede ja loomade kudedes toimuvatele protsessidele on aga ümberpöörduvalt iseloomulik ebapüsivate, soojuse neeldumisega seotud reaktsioonide puhul tekkivate ühendite moodustumine. Need ained sisaldavad endas päikesekiirtest kogutud energiat.

Taime rohelised osad, neelates õhust süsihappegaasi, lagundavad selle päikesekiirte keemilisel toimel tahkeks süsinikuks ja hapnikuks. Viimase eritavad nad seejuures õhkkonda tagasi, süsinik aga läheb puukiu koostisse.

Maa geoloogilises minevikus oli periood, kus ta omas eriti rikkalikku taimkatet. See oli seotud Maakera pinna suuremal osal valitseva niiske troopilise kliimaga. Siis katsid soisi tasandikke puusarnaste hiigeltaimede tihedad metsad. Praegu tuntud väikesed sootaimed — kollad — tõstsid tollal oma latvu kuni 30 m kõrguseni; nende tüved olid aga

sageli enam kui meetri jämedused. Tänapäeva rohtsed osjad kerkisid siis hiiglasuurte, alt jämedate ja ülespoole kiiresti peenenevate puudena. Suured puutaolised sõnajalad laotasid oma varjurikkaid võrsid. Need taimed sarnanesid tänapäeva araukaariatega Uus-Meremaa ürgmetsades.

Tormid murdsid ja paiskasid maha neid hiigelpuid, ja nad vajusid soode põhja. Tüved ja oksad kuhjusid paksudeks kihtideks, kattusid liiva ja mudaga. Puidukiud lagunes õhu juurdepääsuta, eritades gaase, mis tekkisid puidukiu süsiniku osalisel ühinemisel orgaanilise aine enda hapniku, lämmastiku ja vesinikuga. Tulemuseks oli suure süsinikusisaldusega aine — pruunsüsi.

Kui sellised puidukiu lasundeid sisaldavad kihid vajusid suurde sügavusse ja kattusid paksude settekihtidega, siis muundus puidukiud suure rõhu ja kõrge temperatuuri tagajärjel kivisöeks ja isegi antratsiidiks.

Soode rohttaimed ja praegusaja metsade niiskele pinnale langevad lehed annavad lagunedes nõndanimetatud huumusaineid. Nende söövitavate ainete toimel lahustuvad mineraalid ja rauaühendid vees ja viimane kannab nad jõgedesse ning meredesse. Mineraale lagundavad oma elutegevuse tulemusena ka hiiglahulgal vees ja Maa pinnases elutsevad bakterid.

Kuid teiste, lahustest mitmesuguseid aineid neelavate organismide elutegevus sunnib neid uuesti kristalliseeruma, moodustades teokarpe või kõvu skelette, mis pärast nende organismide surma siirduvad biosfäärist maakoode. Nendele protsessidele võlgnevad oma olemasolu näiteks suured kaltsiidi- (lubjakivi-) lasundid, fosforiidi ja mõnede raua- ning manganimaakide kogumikud.

## Ainete ringkäik maakooses.

„Kõikide nende keemiliste elementide geokeemilist ajalugu võib väljendada ringprotsessidega — „tsüklitega”.”

V. I. Vernadski, *Geokeemia peajooned.*

Nagu nägime, muudab aine alati oma asupaika, ta „migreerub”, nagu ütlevad teadlased.

Tohutuid hulki gaase ja palavaid aurusid, kümneid kuupkilomeetreid tuhka, kive ja hõõguvadelat laavat heidetakse välja vulkaaniliste pursete puhul. Need „juveniilsed”, mitte iialgi varem Maa pinnal olnud ained on tulnukad tema sügavast sisemusest. Nad katavad laialdasi alasid uute kivimite kihtidega, rikastavad õhkkonda uute gaasidega ja sadestuvad väevli- ja boorhappesublimaate tahkete kogumikkudena tulemägede kraatrites ja lõhedes.

Vesi ja õhk on väsimatult tegevuses kivi „murendamisega”. Aktiivselt aitavad neile selles kaasa päikesekiired. Murenemise saadus — liiv ja rusu — ei jää paigale. Vihmaveevoolud, ojad ja jõed kannavad neid merre, kus nad sadestuvad põhja. Setete kihid tsementeeritakse mitmesuguste, merevee lahustest eralduvate ainete poolt ja muudetakse kivimite lademeiks.

Need lademed ei püsi merede põhjas igavesti. Maa koor kõigub, kord vajudes, kord kerkides kurdude lainetena. Endine merepõhi ilmub maapinnale. Lademed tõmbuvad kaardu, koolduvad ja kuhjuvad mäeahelikeks. Ojad ja jõed uuristavad neisse sügavaid kuristikke ja orgusid. Uuesti purunevad mäed ja voolavad veed kannavad kivid tasandikule laiali.

Maa mitmesugused ained satuvad nende protsesside käigus lähedasse kokkupuutesse üksteisega ja nende vahel teki-

vad keemilised protsessid, mis kord koondavad, kord jälle hajutavad mitmesuguseid elemente.

Maapinnal mureneb õhu, vee ja temperatuurimuutuste toimel kõva graniit liivaks ja saviks. Pulbriks muudetavate maakoore tahkete kehade pind muutub tuhandeid kordi suuremaks. Peenendatud mineraalid omandavad võime neelata aure ja gaase, muutuda lahusteks, astuda keemilistesse reaktsioonidesse, seejuures läbi tehes rea uusi muundumisi.

Hapnikku, süsihapet ja huumusaineid lahustunult sisaldav vesi ammutab tumedaist kivimeist rauda ja manganit ning suundub jõgedesse „mustade” vooludena. Kaltsiumi, magneesiumi, raua ja teiste elementide lahused kanduvad ookeanidesse, meredesse ja järvedesse. Ja seal algab vastupidine protsess, ainete koondumine: liivaterakeste ümber sadestub lubi, moodustades „oidide” teri, mis kogunevad merepõhja hiigelkogumikkudena.

Ühtedes nendes protsessidest toimub energia hajumine, teistes selle kogumine.

Vulkaaniliste pursetega väljapaisatud väävel moodustab hapnikuga uue ühendi, kusjuures eraldub soojus, mis hajub maailmaruumi. See uus aine ühineb ahnelt veega, muutub väävelhappeks ja uuesti eraldub hajuv soojus. Ühinedes kaaliumi, naatriumi ja eriti kaltsiumiga, on väävelhappel tung üle minna uuteks, veelgi vastupidavamateks aineteks — sooladeks. Mereloomad neelavad meredesse kogunevaid kaltsiumi ja väävelhappe ühendeid ja muudavad need oma kehas lubjaks. Lubi eritub nende kehi katvate karbikete näol; pärast loomade hukkumist aga vajuvad karbikesed merepõhja ja moodustavad tüsedaid lubjakivikihte.

Piki soojade merede rannikuid kulgevad pikad rahude ahelikud ja India ning Vaikses ookeanis asetsevad laialipaisatult rõngassaared — atollid. Need korallirahud ja atollid on ehitatud pisimate mereloomakeste — polüüptide — koloo-

niate poolt, kes eritavad lupja skelettideks, mis moodustavad kokkukasvanult grandioosseid ehitisi.

Kõvade setete tekkimine merepõhjas toimub soojuse hajutamise­ga. Kuid paralleelselt sellega kulgevad reaktsioonid energia kogumisega maakoos.

Maa pind on kaetud metsadega, rohuga ja põõsastega, nende rohelised osad neelavad päikesekiirte energiat, muundades mineraalained ja süsihappe oma kudedes uuteks orgaanilisteks ühendeiks. Need ühendid kontsentreerivad päikesekiirte energiat.

Nagu nägime, muutuvad puidukiu kogumikud Maa kihtide all õhu juurdepääsuta lagunedes kivisööks. Ainuüksi meie riigis on juba avastatud sajandeid miljardeid tonne kivisütt. Nafta kogumikud on samuti tekkinud orgaaniliste ainete lagunemisel Maa kihtides.

Jälgides ainete muundumist maakoos ja nende migratsiooniteid märkame, et ainete üleminek ühest olekust teise toimub nagu suletud ringis. Selle muunduste ringluse, mis haarab maakoore mitmesuguseid vöötmeid, teevad läbi nii hapnik, räni kui ka teised elemendid.

Kuid osa aineid langeb sellest ringist välja, kogunedes mitmesugustesse Maakera kestadesse, järk-järgult muutes viimaste keemilist koosseisu.

Nii kogunes Maa olemasolu geoloogilisel perioodil tema õhkkonda hapnik, mida eritavad taimed oma elutegevusega. Samal kombel kogunes ürgsete merede ja ookeanide mage­dasse vette harilik sool. Tahke maakoore vöötmed on samuti paljude ainete kogumispai­gaks, millede moodustumisel ja kristalliseerumisel eraldub palju energiat ja mis seetõttu muutuvad väga vastupidavaiks.

Niisiis, ammumöödunud geoloogilistel ajastutel oli Maa kestade koosseis teissugune kui meie aegadel. Ja tulevikus on ta teissugune kui praegu.

Nagu meie õpetlane V. I. Vernadski arvab, langeb osa aineid välja nende „tsükliliste” protsesside ringist ja hajub molekulide näol kivimite massis. Seesugusele hajumisele kalduvad mittepüsivad elemendid, millede aatomituum sisaldab paaritu arvu osakesi.

Säärase hajumisega võibki seletada seda fakti, et neid aineid ei kogune looduses suurel hulgal.

## 7. Kivide ja maakide tekkimine.

„Kulla asukoht on seal, kus me teda leiame.”

*Ameerika mäetöölise kõnekäänd.*

„Geokeemia taotleb ... näidata, kus võib leiduda mingi keemiline element, kus ja missugustes tingimustes võib oodata näiteks vanaadiumi või volframi kogumikke, missugused metallid esinevad „meelsasti” koos... missugused „hoiduvad eemale” teineteisest.”

*A. J. Fersman, Uural — Nõukogude Liidu varakamber.*

Metallide maagid on lihased vennad lihtsatele kividele, millede tükke võib näha kõikjal. Nende ühiseks kodumaaks on tuline magma. Magmas „elunevad” nii metalle sisaldavate maagimineraalide kui ka kivimeid moodustavate mineraalide molekulid.

Kui külm on pikkamisi tunginud magma „kolde” südamesse, lakkab sulatise elutukse. Tema molekulid astuvad „liitu” — keemilistesse ühendesse, eraldades uuesti soojust nagu selleks, et pikendada hõõguvvedela sulatise elu. Olles kaotanud energia, tarduvad nad „kristallivõredes”. Ka maagiterad hajuvad kivimeid moodustavate mineraalide keskel. Ainult mõnikord, eriti soodsates tingimustes, õnnestub maagimineraalidel „asuda” kokku kogumikkudena; s. o. maagi-maardlatena.

Maakide hälliks olid maakoore sissetunginud magma-massid — batoliidid. Viimaseid ümbritsevate kivimite lõhedesse kogunesid A. J. Fersmani väljenduse järgi maagi-maardlad „pritsmete” taoliselt, mis on igasse külge laiali paiskunud magmakoldest (nii nimetavad õpetlased maakoorese tunginud magmamassiive).

Kuid nende poolt laialipillatud „pritsmed” ei jäänud igaveseks varjule maakoore sügavustesse. Batoliitide peal olevates ärauhetatavates settekihtides paljanduvad Maa varjatud aarded. Algul tulevad nähtavale koldest kaugel asetsevad maakide lasundid, siis temale lähemad, ja lõppeks massiivi enda kuplilohkudes peituvad lasundid.

Geokeemia üks tähtsamaid ülesandeid ongi uurida teid, mida mööda liikusid maagimineraalide molekulid, ja saada teada, missugused mineraalid olid nende kaaslasteks ja peituvad nendega koos maagisoontes.

### Tardkivimid.

„Kõrgemate temperatuuridega sügavuste keemilised ühendid on hallid, sünge värvusega...”

A. J. Fersman, *Mineraalide värvused.*

Maakoorese tunginud magmasulatises olid mitmesuguste mineraalide molekulid segipaisatud olekus. Neil polnuks kerge liikuda veniva magma osakeste vahel, kuid magmas lahustunud palavate gaaside ja aurude vilkad molekulid „tõukasid” veniva magma väikese liikuvusega osakesi, sunnisisid neid kiiremalt liikuma, haarasid neid endaga kaasa oma kihutavas jooksus... Magmakoldes tekkisid voolud, mis sarnanevad merehoovustega Maakera pinnal.

Magma jahtudes rahunesid elementide aatomid magma-lahustest sadestistena eralduvate mineraalide kristallivõre-ridades.

Esimestena eraldusid tumedad rasked mineraalid — tumeroheline oliviin, mustjaspruun augiit ja teised Maa sügavuste sünged kivid. Nad laskusid massiivi sügavusse, moodustades tumedad kristallilised süvakivimid, millede leidub mõnikord ka maagimineraalide kogumeid.

Eraldades need rasked mineraalid, rikastus „lõhestunud” magma selle asemel ränihapendi sulatisega ja alumiinium-, naatrium- ning kaaliumoksüüdidega. Allesjäänud sulatis muutus „hapuks”, s. t. temas oli liigselt palju ränihapendit. Külm jätkas oma tungimist magmakolde sisemusse, peatades pikkamisi sulatise elutukse. Üksteise järel eraldusid mineraalid, kelle kattus kõva koorega ja tardus lõppeks korraga kogu ulatuses kristallilise graniidi massiks.

Pärast kogu massiivi üheaegset tardumist jäi sinna veel veidi viimaseid jäänuseid vedelast, liikuvast ja kuumade gaaside ning aurudega küllastunud „jäak-magmast”. See tungis hoogsalt kollet ümbritsevate kivimite lõhedesse ja tardus külma poolt võidetuna lõpuks jämedakristalliliseks kivimiks. Seda kivimit nimetatakse pegmatiidiks.

Pegmatiidisoonete tardumine toimus pikkamisi lõhede seintest keskkoha poole. Kvartsi- ja päevakivikristallid aga üha kasvasid. Mõned nendest saavutasid meetrilise pikkuse. Tumeda vilgu lehed kasvasid taldriku suurusteks.

Jahtumisel kokkutõmbuvasse pegmatiidikivimisse jäid tühikud. Nende tühikute seintel „lõid õitsele” punase, sinise ja roheline turmaliini, helesinise, tumekollase ja roosa topaasi ning teiste vääriskivide kristallid. Need sadestusid haruldaste elementide — boori, berülliumi, liitiumi ja fluori lenduvate ühendite kõige kauemini vabaduse alalhoidnud molekulidest.

Nii tekkisid sügavas Maa põues kristallilised kivimid.

Vulkaanilised kivimid tekkisid Maa pinnal väljavoolanud laavast, mis hangus klaasjaks massiks, milles leidub haju-  
nult üksikute mineraalide kristalle.

Üheks väga tihti esinevaks vulkaaniliseks kivimiks on tume raske basalt, mis löögile vastab peaaegu metalse kõlaga. Basalt koosneb klaasist, milles on hajunud ülipi-  
kesed päevakivi, oliviini, augiidi ja rauaoksüüdi kristalli-  
kesed. Väga tihti leidub vulkaaniliste kivimite hulgas ka  
heledaid, rohekaid, punakaid ja pruune „porfüüre”, mille  
klaasjas põhimassis esinevad kvartsi ja päevakivi suured  
sissekasvanud kristallid.

Välimuse järgi ei ole igakord kerge eristada vulkaanilisi  
kivimeid üksteisest. Seepärast uuritakse mikroskoobi all  
neid moodustavate mineraalide optilisi omadusi.

Niisuguse uurimise otstarbel lõigatakse kivimist õhik,  
mida ihutakse seni, kuni ta muutub läbipaistvaks. Mikro-  
skoobi all on õhikus näha mineraalide teri. Nende terade  
optiliste omaduste järgi võib aga määrata, missugused mine-  
raalid nad on. Seda uurimisviisi soovitas esmakordselt  
inglane Sorby.

Üksikute kristallikeste optiliste omaduste mikroskoobili-  
seks uurimiseks leiutas meie kuulus teadlane J. S. Fjodorov  
möödunud sajandi lõpul universaallaua, mis tublisti ker-  
gendas kivimite mineraloogilise koostise määramist.

Kuid see uurimismeetod nõuab suuri teadmisi ja kalleid  
aparaate. Esialgseks tutvumiseks kividega piisab nende  
jaotamisest tumedateks ja heledateks kivimiteks. Mida  
rohkem neis on kvartsi ja päevakive, seda heledamad nad  
on. Mida rohkem neis on aga tumedaid mineraale —  
augiiti, küünekivi või oliviini, seda tumedamad nad on.  
Kõige tumedamad kivimid ei sisalda üldse ei kvartsi ega  
päevakive, vaid ainult tumedaid mineraale.

Tumedad, sünged kivimid moodustusid Maa põue suurtes sügavustes. Heledad kivimid on batoliitide pealmised osad, kuhu pärast tumedate mineraalide eraldumist „rändas” kergem hapu magma. Väga tihti esinev graniit on hele kivim, mis koosneb kvartsi, päevakivi ja vilgu kristallikestest. Kui kivimi koostises on ainult päevakivi ja vilk ning puudub kvarts, siis nimetatakse seda süeniidiks. See on hele — punaka, kollaka ja hallika värvusega kivim.

Kui erinevad tumedad ja heledad kivimid väliselt ka ei oleks, on nende ühiseks kodumaaks üks ja seesama magma, mis tardumise kestel eraldub reaks mitmesugusteks mineraalideks.

### Maagid magmakoldes.

„Algul kristalliseeruvad tumedad maagid ja värvilised mineraalid, siis — värvuseeta mineraalid.”

*Möödunud sajandi tuntud teadlase  
Rosenbusch'i „reegel“.*

Magmamassist eraldusid üheaegselt tumedate mineraalidega raua- ja kroomioksüüdid, moodustades magnetiliste omadustega tumeda magnetiidi, tuhmi läikega raske kromiidi ja teised maagimineraalid. Nad vajusid koos oliviiniga, augiidiga ja teiste tumedate mineraalidega magmakolde alumisse vöötmesse, hajudes siin moodustuvates süvakivimite massis. Seesuguste kivimite näiteks võivad olla uurali duniidid ja siugkivid.

Nii tekkisid sissekasvanud maagid. Seesugused maagid on meile tihti kasutud, kuna nendest maagiterade tootmine võrreldes maagi enda väärtusega on ülemäära kallis.

Kuld ei ole ju kallis seepärast, et ta omab ilusat kollast värvust ja et tal on mitmesuguseid väärtuslikke omadusi.

Kalliks teeb kulla vaid see, et teda ei leidu looduses lausmassidena, vaid hajunud teradena kvartsis või mõnes teises „tühjas“ kivimis. Seepärast nõuab tema tootmine palju tööd. Igasugune teine aine, mis on samuti hajunud nagu kuld, ei oleks odavam sellest väärismetallist.

Kuid meie õnneks kogunevad maagiterad mõnikord magmamassiividesse, moodustades seal kogumikke. Tihti ei eraldu need maagimineraalide kogumikud teravalt kivimimassist, vaid nagu liitüksid temaga järk-järgult.

Nii tekkisid näiteks Uuralis kromiidi ehk kroomrauamaagi maardlad. Kroom on küllaltki haruldane element maakoos ja tema maagi — kromiidi — lasundeid tuntakse ainult vähestes maades. Tal on suur tööstuslik tähtsus. Kroomi lisandamisega terasele suurendatakse viimase kõvadust ja tema vastupanu hapniku toimele. Seesugune teras ei roosteta.

Koos tumedate mineraalide eraldamisega langesid mõnikord vedelast magmamassist välja väärismetalli — plaatina — peened terakesed. See on valge metall, kuid veel raskem ja haruldasem kui kuld. Plaatinale ei avalda happed toimet ja seepärast valmistatakse temast keemialaboratooriumide jaoks tiigleid, kausikesi ja teisi esemeid. Palju tarvitatakse plaatinat ka elektripirnide valmistamisel.

Tumedates süvakivimites leidub ka ühendeid nikliga — metalliga, mis etendab väga tähtsat osa terase erisortide valmistamises.

Nii eralduvad maagimineraalid magmast tahkete kristallidena.

Kuid magmas võivad „selituda“ ka vedelad maagimineraalide sulamid, nii nagu piimas võitilgad koore kujul.

Hangudes massiivi sisemuses või tungides ümbritsevate kivimite lõhedesse, moodustavad need „selitunud“ ained samuti maagimaardlaid.

Niisuguse tekkega maagimaardla näidiseks võivad olla äsjaavastatud vase- ja niklismaardlad Jenissei alamjooksul. Tõenäoliselt asetseb kogu Tunguusi basseini all, kus see niklismaardla asub, tohtu magmakolle, milles eraldusid vedelas olekus väävlismaakide kogumikud, mis on kantud tema katte ülemistesse kihtidesse.

Ümbritsevate kivimite lõhedesse tunginud ja seal tardunud selitunud ainete näidist kujutab endast ka tuntud Uurali mäe Blagodati magnetiidimaardla.

Nii kogus loodus oma aarded magmamassiividesse. Kuid enamik magmas eraldunud maagimineraale hajus selle üldises massiivis, moodustamata kogumikke. Alles hilisemad kivimite põhimassi murenemise protsessid, mille juures vabanesisid maagiterad, võisid põhjustada nende terade kontsentreerumise kogumikkudesse — maagimaardlatesse.

### Magma naabruses.

„Vaadake, missugune on maapõu; siin on kihid, seal on teiste ainete sooned, mida loodus tekitas sügavustes.”

*M. Lomonossov, Maakihtidest.*

Maakoarde tunginud tuline magma äratas ellu „surnud” kivide aine. Ta sulatas tohtud kivipangad, nagu keev vesi sellesse sattunud suhkrutükid. Kivimites sisaldunud vesi külastas magma oma kuumade aurudega.

Oma tulise hõngusega kuumutas magma temaga kokku puutuvaid liiva- ja lubjakivikihte — „surnud”, tegevuseta kvartsiterade ja hukkunud mereloomade karbikeste setteid. Ning nende setete ainete molekulid hakkasid soojuse toimel liikuma: asetuisid kristallivõredeks, et nende peal lasuvate kihtide tohtul survel koonduda võimalikult väikesesse ruumalasse. Nii muunduisid lubjakivid marmoriks.

Senikaua kui magmakolle ei olnud veel kaetud kõva koo-  
rega, tungisid temast lõhede kaudu välja kuumad gaasid  
ja aurud, immutades ümbritsevaid kivimeid.

Täis elu ja energiat tungisid nende lahuste metallide aato-  
mid magmamassiivi ümbritsevate, juba kujunenud kivimite  
mineraalide tardunud kristallivõredesse ja moodustades uusi  
mineraale tõrjusid välja teiste elementide aatomid.

Magmaga kokkupuutuvas tavalises lubjakivis tekkisid  
punased, kollased ja rohelised granaadi kristallid, kollased ja  
rohelised epidoodi kristallid ja teised mineraalid. Lubjakivi-  
kihid muundusid granaatkivimiks, mida nimetatakse „skar-  
niks”. Raud kristalliseerus granaatkivimi massis magnetiidi  
kujul. Vaseaatomid moodustasid vaseräha kristalle, milline  
mineraal omab kollast värvust kirjude hõõgutusvarjunditega  
pinnal.

Nii moodustusid skarni massis maagimaardlad, mis eri-  
nevad temast ainult selle poolest, et neisse kogunes rohkem  
samu maagiteri, milliseid leidub hajutatult kogu kivimi  
massis.

Niisuguse tekkega on näiteks Lõuna-Uurali Magnitnaja  
Gora maardlad. Välimuselt kujutab Magnitnaja Gora endast  
kolme keset steppi asetsevat lamedat kõrgendikku, mis ula-  
tuvad umbes 200 m üle tasandiku pinna. See on maakoosesse  
tunginud tardunud magma massiiv. Massiivist eraldunud  
kuumad raualahused ja -aurud muutsid ümbritseva lub-  
jakivi granaatkivimiks, milles moodustusid tohutud, kuni  
40 m paksused rauamaagi — magnetiidi kogumikud.

Väga huvitav samasugune „kontaktiline” rauamaardla on  
Daškessan Kaukaasias. Seal muutis sissetunginud magma  
hallid koralliliivakivimid skarniks, milledesse kohati on kogu-  
nenud magnetiit vähese koobaltläigu lisandiga, milline mine-  
raal oma punakas-hõbedase värvusega kujutab endast harul-  
dase metalli — koobalti — maaki.

Koobaltit lisatakse terasele kõvaduse või magnetiliste omaduste andmiseks. Koobalt annab peale selle toredat sinist värvi, mida kasutati juba Egiptuses siniste kahhelkivide ja klaaside valmistamiseks.

### Maakoore lõhedes.

„Nagu oreooliga on graniitkolle ümbritsetud selle kuuma hõngusega; ümberringi tungivad lõhede ja murdude kaudu sisse gaasid ja aurud, kaugemal voolavad kuumad maa-alused jõed, mis pikkamisi jahtudes ja lõhede seintele lahustatud osi jättes muutuvad lihtsateks külmadeks allikateks.”

*A. J. Fersman, Aatomi ajalugu ja Maa ajalugu.*

Juba suur õpetlane Lomonossov lahendas maagisoonte tekke saladuse. Vaadeldes kaevandusvetest tekkinud setteid vanades kaevandustes, seletas ta ka soonmaardlate teket mineraalide sadestumisega kuumadest lahustest.

Kui suur oli ometi selle looduseuuriija geniaalsus!

Tema teadis juba rohkem kui sada aastat enne spektrijoonte avastamist, et leegi värvus sõltub põleva keha loomusest. Ta avastas ammu enne kuulsat Lavoisier'd aine säilimise seaduse, mille järgi aine, säilides looduses muutumatu hulgal, muudab ainult kuju. Tema rääkis juba enne Boscovichi ja ammu enne Daltonit materia aatomilisest ehitusest.

Kahjuks jäid paljud Lomonossovi tööd välja andmata ja arhiividesse kolletama. Mõnede tema käsikirjade saatus on isegi hoopis teadmata.



Joon. 17. Suur vene teadlane M. V. Lomonossov.

• Lomonossov oli esimesi vene teadlasi, kes mõistis keemiliste protsesside tähtsust maakoore ajaloos. Meie aja teadus seletab soonmaardlate teket samuti mineraalimaakide sadestumisega kuumadest lahustest. Need lahused eraldusid kaasaja teadlaste arvates magmakolletest.

Magmamassiiv kattus kõvast koorest soomusrüüga. Aurud ja kuumad gaasid kogunesid selle sisemusse. Magma keemistemperatuur langes temas gaasihulkade suurenemise tagajärjel. Saabus hetk, mil jahtuv vedel sulatis hakkas äkki keema. Siis eraldus järsku tohutu hulk kuumi gaase ja aurusid, mis tungisid ümbritsevate kivimite lõhedesse. Vangistusest pääsenud tulikuumad gaasid ja aurud asusid pikale rännakule Kiviriigis.

Sattudes kuumast magmast külmadesse naaberkivimitesse, sadestasid nad otsekohe tinakivi, volframiiti ja teisi maagimineraale koos topaasi ja vilguga. Need maagimineraalid koos kvartsi massidega täitsid hanguvale magmale lähimad lõhede osad, moodustades maagisooni.

Liikudes edasi tihendusid veeaur ja gaasid kuumadeks mineraalidega küllastatud juveniilseteks<sup>1</sup> lahusteks, milledes oli väga palju ränihapendit. Koos temperatuuri ja rõhu langemisega sadestus ränihapend tahke ainena, täites lõhede õõned. Uhes sellega täitusid maakoore lõhed mõnikord teiste mineraalidega — mitmevärvilise fluoriidi või pehme valge kaltsiidiga.

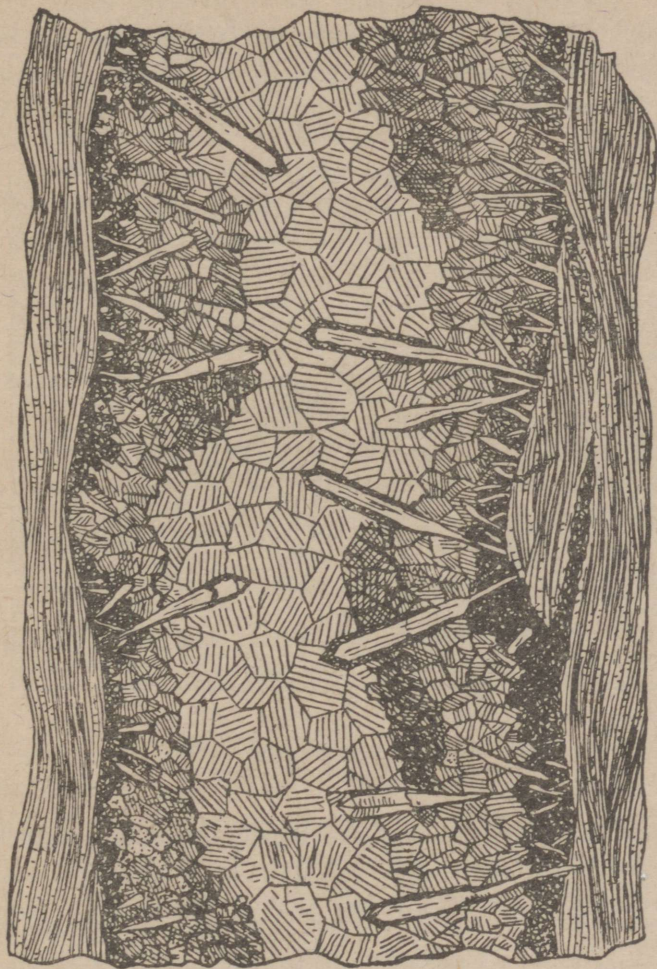
Mõnikord leidis kuumades lahustes kolloidolekus ränihapendit, mis ei tardunud mitte kristalseks kvartsiks, vaid klaasjaks kaltседoniks,

Seesuguse kolloidse ränihapendiga täidetud lõhele satuti Šveitsis pika Simploni tunneli läbiraiumisel.

Kuumades lahustes tunglesid mitmesuguste maagimineeraalide molekulid. Kaugetesse maadesse ümberasujate kombel jätsid molekulide jõugud oma teekonnal maha need, mis olid kaotanud energia ja edasiliikumise tahte. Need maha-

---

<sup>1</sup> S. t. Maa põues moodustunud ja veel mitte tema pinnale ilmunud.



Joon. 18. Nii moodustub maagisoon. Lõhe seintel kasvavad kristallid, mis pikkamisi täidavad kogu vaba ruumi.

jäänud molekulid asutasidki üksikud „asulad” — maagi-  
maardlad.

Alles veel kõrge temperatuuri juures eraldusid esimestena vasemolekulid. Nad ühinesid väävliga ja sadestusid kollase vaseräha või musta hõõgutusvärvusega vaseläigu kristallidena. Nii moodustusid näiteks Taga-Kaukaasia vasesooned.



Joon. 19. Hargnev soon, mis läbib kivimikihte.

Koldest kaugemal, külmemas vööndis sadestus tsinkhelk, mineraal, mis on kord pruun või isegi must, tugeva klaasi- või teemandiläikega, kord aga hele ja läbipaistev. Koos tsinkhelguga sadestusid galeniidi kristallid — seatinamaagid.

Ja viimaks, kõige kaugemal magmakoldest, eraldusid jah- tunud, peaaegu külmadest lahustest antimonläägu kristalli- keste okkad — antimoni ja punase kinaveri maagid — elav- hõbedamaagid.

Põhja-Kaukaasia Sadoni kaevanduse maardla on maagisoonte iseloomustavaks näiteks. Seal lõikas murrangulõhe läbi graniidimassiivi ja selle naabruses olevad settekivimid. Selles murranguvööndis sadestusid koos tsinkhelguga ja galeniidiga kaltsiidi- ja kvartsimassid.

Soont kaevandatakse kahe kilomeetri ulatuses, kuid ta on tunduvalt pikem. Tema keskmine paksus on mitu meetrit, kuid mõnikord tõuseb see kümnete meetriteni. Oma ülemis-



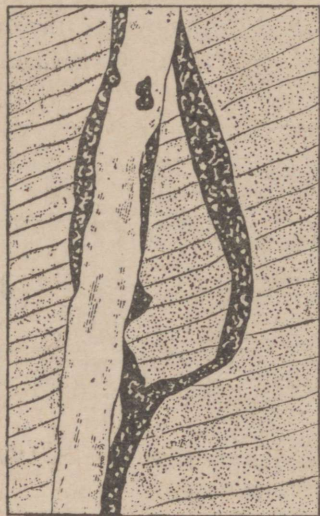
Joon. 20. Soon, mille on katkestanud murrangulõhe. See lõhe täitus hiljem omakorda mineraalidega.

tes osades koosnes see soon peaaegu puhtast galeniidist, sügavamal aga hakkas selle hulk vähenema. Mitmekümne meetri sügavuses koosneb soon juba kaltsiidist ja kvartsiist, mille hulka on segatud galeniidi, tsinkhelgu ja vaseräha kristalle; veel sügavamal aga suureneb tsinkhelgu ja vaserähasisaldus ja viimaks, seni kättesaamatus sügavuses, läheb soon tõenäoliselt üle vasesooneks.

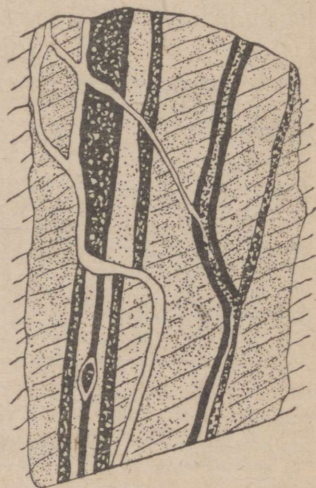
Senini kõnelesime laiadest lõhedest, mis tekivad maakoore mōranemisel ja mis täituvad kuumadest mineraallahustest sadestuvate ainetega. Kuid magmakolde gaasid ja lahused võivad tungida ka kõige pisematesse lõhedesse, mis läbi-

vad kivimeid, samuti võivad nad tungida ka maakoore purunenud alasse, mis koosneb rihast. Siis imbub kogu kivimimassiiv maakidega läbi ja muutub maagmaardlaks.

Kivimite lõhesid mööda kulgevad lahused tungivad isegi kõige pisematesse neid moodustavate mineraalterade poo-



Joon. 21. Noor soon, mis „toetub” vanemale.



Joon. 22. Liitsoon, mida läbib noor soon.

ridesse. Kivimites tekivad uued mineraalid, mõned kivimite ained aga muutuvad lahuseks. Toimub ühtede elementide asendumine teistega. Niisuguse molekulide vahetamise juures jääb sageli kivimi struktuur muutmatuks, kuigi muutub tema keemiline koostis. Kui niisugune vahetus toimub näiteks lubjakivides, siis selle kivimi karbid ja korallid muunduvad kuju muutmatult maagiks.

## Maa pinnal.

„... Keemilised ühendid, mis moodustuvad lahustest maapinnal, on rõõmsailmelised, heledad, valged, läbipaistvad.”

*A. J. Fersman, Mineraalide värvused.*

Maapõue sügavustes on kõikide mineraalide lahustiks kuum, veniv magma. Magmakolle on tumedate, raskete mineraalide ja maakide kodumaa.

Maakera pinnal aga on kõikide mineraalide lahustiks vihmavalangute, ojade, jõgede, merede ja ookeanide vesi. Temast sadestuvad heledad, kerged soolad.

Puhas külm vesi on hea lahusti ainult kivisoola ja temaga sarnanevate mineraalide jaoks. Kuid vihmavesi haarab õhust kaasa hapnikku ja süsihapet; pinnases, kus lagunevad taimede jäätmed, lisanduvad vihmavette sööbivad huumusained; põhjaveed toovad lahusesse mitmesuguseid teisi keemilisi ühendeid. Kõik need looduse laboratooriumi reaktiivid avaldavad kivimitele hävitavat toimet.

Mis saab näiteks graniidist õhu ja vee toimel? Selle kõva kivimi kvarts jääb muutmatuks, päevakivid aga lagunevad ja muunduvad lahustuvateks aineteks ja lahustumatuks saviks. Vesi kannab kõik lahustuvad mineraalid ära, kvartsi terad — liiv — ja savi aga jäävad püsima. Nii tekisidki valge savi — kaoliini — esmased lademed, millisest ainest valmistatakse portselannõusid.

Jõevees tekivad ränihapendi, samuti ka kivisoola ja teiste kergesti lahustuvate soolade lahused. Kõik see kantakse meredesse ja ookeanidesse. Merevees astuvad mitmesuguste ühendite vabad molekulid uuesti „liitu”, sadestudes mitmesuguste soolade heledate setetena. Nende näiteks võivad

olla mitmesaja meetri paksusega kaalisoolade lasundid, mis meie ajal avastati Solikamski läheduses. Kunagi oli siin merepõhi, praegu aga näeme kivisoola pakse kihte, mis on kihitatud vaheldumisi kollase kaalisoolaga — sülviniidiga — ja punase karnalliidiga — mineraaliga, mis koos kaaliumiga sisaldab magneesiumi. See on maailma suurim kaalisoolade maardla. See osutub meie riigis kaaliväetiste ja metallilise magneesiumi tootmise ammutamatuks allikaks.

Teiseks mineraalsete setete näiteks võivad olla ooliitlubjakihi kihid. Järvede ja merede veed sisaldavad peale kergergi lahustuvate soolade ka lupja. Lubi sadestub lahustest ja, kattes koorikuga liivateri ja kivitükke, moodustab suureteralise kalamarjaga sarnanevaid lubjakerakesi — ooide. Viimaste kogumikud moodustavad tohutuid ooliitlubjakivi kihte, mis püsivad mälestusmärgina, et meri on kunagi olnud seal, kus nüüd asetsevad kärarikkad, eluküllased linnad.

Sama saatuse osaliseks langevad ka raua- ja manganiühendite molekulid, mis satuvad jõgede vetesse tumedate süvakivimite lagunemisel. Neis kivimites on hulk raua selle lahustumatute ühendite kujul ränihapendiga. Hapukas vesi koos temas sisalduvate sööbivate huumusainetega muudab need lahustumatud ühendid lahustuvaiks. Põhja- ja troopiliste metsade soodest välja voolavad metsa- ja jõed viivad endaga meredesse ja ookeanidesse kaasa rauaühendeid kas lahustatult või kolloidses olekus.

Raua ja mangani hulk, mida vesi lahustab, on väga suur. Lõuna-Ameerika veesoon — Amazonas — kannab üksi Atlandi ookeani niipalju raua, et geoloogiliselt lühikese perioodi — 176 000 aasta jooksul võiks ta moodustada maailmas tuntuist suurima settelise rauamaagi kogumiku.

Peaaegu kõikjal soodes ja järvedes asuvad kihtidena „hernes“- ja „uba“-rauamaakide terad. Need on ooliidid,

kus liivaterad kattuvad raua- ja manganioksüüdiga. Nende maakide aastast aastasse üha paksenevad lasundid katavad järvepõhjade ja soode suuri alasid.

Neis kihtides leidub teokarpe, mis on säilitanud oma vormi, kuid on muundunud maagiks.

Rauamaagi kogumikud moodustuvad mõnel juhul alamate organismide — „raua“-vetikate või -bakterite kaasabil. Need organismid elavad vetes, mis sisaldavad rauaoksüüdi lahuseid. Taimed-„kaevurid“ ammutavad lahustest metalli ja sadestavad selle oksüüdi kujul, millega kattuvad liivaterad. On tõenäoline, et mõned „hernes“- ja „uba“-maagid tekkisid nende organismide elutegevuse tagajärjel.

Samal viisil sadestub lahustest manganimaak, mis käib alati kaasas setteliste rauamaakidega, mõnikord moodustab aga ka iseseisvaid lasundeid.

Teistel juhtudel lahustab vesi nende kivimite mineraale, mis sisaldavad raskesti lahustuvaid magnetiidi, kromiidi, tinakivi ja teiste maakide teri. Siis kuhjub lahustatava kivimi kohal üha rohkem tinakivi, magnetiidi või kromiidi teri ning tekib nende maakide purdmaardla ehk pahtla. Niisuguse maardla näiteks võivad olla Blagodati nõlvadel leiduvad magnetiidi veerisjad maagid.

Kivimid, mis sisaldavad hajutatult kulla- ja platinatera-kesi, võivad vee toimel muutuda kulla või plaatina jääkpahtlaks.

Mööda lõhesid laskuvad põhjaveed kohtavad maagisoonte ülemistes osades rauaühendeid. Nad muudavad need rauaühendid lahuseks, millest sadestub raua oksüdeerumise tagajärjel vees lahustumatu limoniit. Vase-, seatina- ja tsingiühendid kantakse aga lahustega sügavamatesse vöötmetesse.

Niisuguse soone ülemine osa muutub pikkamisi limoniidi maardlaks, mida nimetatakse „raudmütsiks”, kuna ta katab vase- või seatina-tsingimaardlat. Selline soone „peakate” on ilustatud vaseühendite siniste ja roheliste jälgedega, õige harva isegi roosakate „koobaltvärvidega”, kui maagisoones leidub koobaltit. „Raudmütsis” leidub tihti kulda, mis ei lahustu põhjavetes ja jääb kohale.

Vöötmes, kus põhjaveed oksüdeerivad soonmaardlate maagimineraale, tekivad roheline malahhiit, helesinine vase-lasuur, süsihapu seatina — tserussiidi — valged kristallid ja väga palju „hapendumisvöötme” mineraale.

Nii rändavad Kiviriigis maagimineraalide molekulid, kogunedes suurtesse „asulatesse” — maagimaardlatesse.

### Maagivööndid.

Eespool juba nägime, et kuumade gaaside ja lahuste väljatungimised on seotud magma tungimisega Maa tahkesse koorde. See toimus aga seal, kus tõusid mäeahelikud.

Hõõguvvedel Maakera kattus algul õhukese tahke kestaga, mis oli peaaegu ühesuguse paksusega kogu Maa pinnal. Kuid Maakera kokkutõmbumine jahtumise tagajärjel tekitas sellesse kattesse arvutuid kurde, mis sarnanesid nende kurdudega, mis moodustuvad vahaga kaetud ja täispuhutud kummipalli pinnal, kui sellest õhk pikkamisi välja lastakse.

Maapinna muljutud alad ei allunud enam edasisele kokkukurumisele ja nad moodustasid jäiku pankaid — nüüdisaja mandrite tuumi. Nende pangaste äärealad, tasandatud voolavate vete poolt, vajusid kord pikkamisi alla, kattudes ookeanide veega, millede põhja settisid kihid, kord aga kerkisid üles ja muutusid uuesti maismaaks. Nii tekkisid

laiaulatuslikud, peaaegu rõhtsate settekihtidega suures pak-suses kaetud tasandikud — „lavad”. Neid maakoore jäi-kade pangaste osi, mis kunagi ei vajunud ookeani vee alla, nimetatakse „kilpideks”.

Skandinaavia poolsaar ja Soome kujutavad endast niisugust kilpi, millele külgneb vene „lava”. Aasia mandri tuumaks on Ida-Siberi lava (Leena ja Jenissei basseinid).

Kilpide jäikade pangaste ja lavade vahele jäid veel laiad ribad õhemat, järeleandlikumat maakoort. Need kilpide vahele surutud nõtkemad maakoore osad kägardusid, kaardusid ja murdusid, tõustes mäeahelikkudena. Murrangu- lühedesse tungis magma, moodustades mäeahelikkude tuuma. Magmakoldeist eraldunud kuumad gaasid ja lahused sadestasid külmade settekivimite lühedesse maakide soonmaardlaid.

Mandrikilpide ümber kerkinud mäeahelikud liitusid esimestega. Vetevoolud purustasid nende pealmisi katteid, paljandades magmakoldeid ja nende läheduses sadestunud maake. Nii piirasid maagimaardlad mandrilavasid tohute kaartena ja maagisoonte vööndid läbisid terveid mandreid.

Niisugused on näiteks tohutu kaar, mis haarab Siberi kilbi (millest üksikasjaliselt allpool) poolrõngana läänest ja lõunast, ja kuulus hõbedavöönd, mis lõikab läbi kogu Põhja- ja Lõuna-Ameerika, lõppedes kusagil Brasiilia lõunaosas.

Liikudes põiki niisugust vööndit näeme seda järjekorda, mil-lises maagid Maa põues sadestusid.

Tema teljel, kus paljanduvad magmamassid, kohtame suurimate sügavuste protsesside sadestusi — uraani, tantaali ja teiste haruldaste elementide maake ja pegmatiidi-sooni vääriskividega — „Maa õitega” — nende soonte lõhe-des ja tühimikes.

Liikudes edasi põiki maagivööndit leiame algul inglistina ja volframi, siis vaske ja tsinki seatinaga ja lõpuks vööndi äärtel elavhõbedat ja antimoni.

Samasugust elementide ja maakide sadestumise järjestust leiaksime, kui saaksime jälgida soonmineraalide koosseisu väga pikas lõhes, kaugenedes seda lõhet mööda magmakoldest.

Muidugi, range järjekindlus on võimalik ainult ideaalsel juhul, looduses aga kohtame sellest sageli ühtesid või teisi kõrvalekaldumisi, sõltuvalt erinevaist temperatuuri ja rõhu tingimustest. Kuid üldiselt võimaldab see seadus ette näha ühtede või teiste maakide olemasolu.

## 8. Inimese tegevus ja maakoore koostis.

„Geokeemilisest vaatekohast on looduse biokeemilised reaktsioonid, samuti nagu inimese kultuuriline tegevuski ... suunatud minimaalse sisemise energiaga ainete kuhjumise vastu.”

*A. J. Fersman, Venemaa geokeemia.*

Maakoores toimus tema sadu miljoneid aastaid kestnud elu vältel elementide kuhjumine ja hajumine.

Püsivaima olemusvormi saamise püüdluses paigutusid metallid maagisoontena. Teised elemendid hajusid stabiilsete ühendite kujul sissekasvanud mineraalidena maakoores.

Vastupidiselt andis taimede organiseeriv tegevus süsiniku kuhjumisi, mis ei ole küll püsivad selles maakoore osas, kus valitseb hapnik, kuid mis on kaitstud hapendumise eest läbitungimatute maakihtidega.

Nii kulgesid looduslikud protsessid maakoores, kuni inimese vahelesegamiseni ainete ringlusse.

Niisuguse vahelesegamise esimeseks, veel nõrgaks ürituseks oli kvartsitootmine.

Kogu maailmas on mitmesugustest paikadest leitud tolle aja inimestelt pärinevaid kiviriistu kõvast kvartsist, tugevast ning sitkest nefriidist ja teistest kivimitest. Neid leitud koobastes, mis kunagi olid muistsete inimeste elamuks,

samuti Maa „kultuurkihtides”, mis koosnevad tuleasemete tuhast ja jäätmeist ürginimese asulate paikadel. Sealsamas leidub ka palju luid praegu juba kadunud, väljasurnud loomadest, keda ürginimene oli tapnud ja toiduks tarvitanud.

Esimeseks, kes tõlgitses õigesti maa sees leiduvate, vormilt kirvega sarnanevate kvartsitükkide tähtsust, oli Boucher de Perthes. Arheoloogina ja kirjanikuna oli tal küllaldaselt kujutlusvõimet, et kvartskirve nägemisel kanduda mõttes eelajaloolistesse aegadesse ja näha, kuidas ürginimene valmistas seda tööriista.

Kuid teised teadlased ei nõustunud kaua aega tunnustama Boucher de Perthes'i õigsust, arvates, et neil kivil on kirvevorm ainult juhuslikult.

Kuid alles selle mõtte toetamine kuulsa inglise geologi Lyelli poolt, kes kirjutas raamatu ürgaegsetest inimestest, ja korduvad kivist tööriistade leiud veensid teadlasi, et Boucher de Perthes'i poolt leitud tahutud kivid on tõepoolest muistsete inimeste tooted.

Algul otsisid ürginimesed kvartsi kivikirveste ja -nugade tarvis rusukaldeist ja jõekaldailt, hiljem aga hakkasid seda tootma Maa pinnalähedatest kihtidest, sest et värsket, veel niisket kvartsi oli kergem töödelda kui seda, mis oli kaua aega pinnal olnud.

Millist suurt vaeva nõudis kvartskirve valmistamine ürginimeselt!

Teadlased-arheoloogid on leidnud terveid „töökodasid”, kus kiviaja inimesed valmistasid oma tööriistu. Vormitu kvartsitükk raiuti lahti ja tahuti tugevasti pihku surutud terava kiviga. Ava puust käepideme jaoks puuriti toruja luuga või lihtsa vahendiga — pulgaga, mille otsas oli kvartsi-kild. Kivitööriistu lihviti käsitsi vastu kiviplate.

Kuid kuus või kaheksa tuhat aastat tagasi tehti ülitähtis leiutis, nimelt võimaldus muuta mõned kivid — maagid — taotavaks, kõvaks metalliks ja sellest metallist valada tööriistu.

Millal ja kuidas see leiutati — on teadmata.

Egiptuses on pronksist tööriistu ja ehteid leitud juba kõige vanematest hauakambritest. Selle maa rahvastik, kes kõiges nägi oma arvutute jumalate tahteavaldust, arvas, et maakidest metallide väljasulatamise kunsti oli neile õpetanud nende hea päikesejumal Osiris.

Teadlaste poolt Babüloonia linnade varemeis avastatud savitahvlikestel olevais kirjades räägitakse ka vasest kui hästituntud metallist. Veel vanemates sumerlaste asulates Mesopotaamias ja Induse kaldal asuvas Surnutelinnas on samuti leitud pronks- ja vasktooteid.

Vase väljasulatamine leiutati tõenäoliselt juhuslikult. Võimalik, et ürgaja kütid tegid oma lõkketule kergesti sulava vasemaagi tükkide vahele ja leidsid peale tule kustumist tuhande vasekamaka.

Metallide väljasulatamise viisi leiutamine sai uue ajajärgu alguseks inimeste elus ja inimeste vahelesegamise alguseks elementide jaotusse maakooses.

Ehedat vaske tunti juba kiviajal; siis taoti temast kirveid ja teisi tööriistu, kuid vasekamakaid on looduses vähe, pealegi on puhas vask võrreldes kvartsiga liiga pehme. Seepärast ei olnud eheda vase kasutamine uue ajastu alguseks.

Alles siis algas pronksiaeg, kui inimesed leiutasid vase ja inglistina sulandi — pronksi, millel on suur kõvadus, ja kui nad õppisid savivormides sellest valama tööriistu, relvi ja mitmesuguseid teisi esemeid. Nagu allpool näeme, sai sellest ajast peale inimese tegevus üheks põhjuseks ainete muundumise ringlusele maakooses.

On põhjust arvata, et üheks esimeseks maaks, kus hakati sulatama vaske ja pronksi, oli Vani järve piirkond Taga-Kaukaasias, s. o. Armeenias. Sealt levisid metallurgia ja pronksist valmistatud Väike-Aasiasse ja Kaukaasiasse.

Pronksi leiutamise tagajärjed olid tohutu suured.

Kõik asjad ja tarbeesemed muutusid ilusamateks ja hõlpsamini käsitsetavaiks. Pronkssaed ja -kirved võimaldasid ehitada suuri puulaevu, mis võisid sõita kaugetesse maadesse ja sealt tuua mitmesugust kaupa. Arenesid põllundus ja käsitöö. Riidekangad muutusid õhemaks, rõivad — mugavamaks ja paremaks. Tõusis rahva heaolu.

Pronksiaeg on endast järele jätnud seesuguseid mälestusmärke, nagu varisematud püramiidid, mis on seisnud mitu aastatuhat. Veel praegugi ulatuvad kõrgele need ehitised kõrve piiril Egiptuses. Suurim neist — umbes 150 m kõrgune vaarao Cheopsi püramiid on laotud rohkem kui kahest miljonist väga suurest tahutud kivist, mille igaühe ruumala on 2,5 kuupmeetrit ja mis on toodetud maakoorest pronksriistade abil.

Pronksriistu leitakse Vahemeremaade kunagi elurikaste kultuurilinnade varemeist, meie muldkurgaanidest Musta ja Aasovi mere äärsetes steppides, Siberist ja Altaist. Need on vaid jäätmed kunagi inimese poolt väljasulatatud vasest, kus suurem osa vaske pole säilinud, vaid hapendunud ja maapinnal laiali kandunud. Raske on hinnata, kuipalju on alates pronksiajast kuni tänapäevani maakoore põuest välja võetud vase-, inglistina-, tsingi- ja seatinamaake.

Juba Egiptuse vaaraod hoolitsesid vasemaagi kaevamise eest Siinai poolsaare vanadest kaevandustest. Väike-Aasias kaevati vaske Vani järve piirkonnas. Vanaaegseid vase- ja seatinakaevandusi tuntakse rohkearvuliselt Kesk-Aasias, Altais, Siberis, Uuralis...

Ajal, mil vask sammus oma võidukäiku maailmas, tunti juba ka rauda. Egiptuse kõige vanematest hauakambritest ja Väike-Aasia linnade varemetest leitakse koos pronksiga vahetevahel ka rauast valmistatud tooteid. Kuid raud oli tollal väga kallis väärismetall. Temast valmistati isegi sõrmuseid ja käevõrusid. Nikli sisaldus tema koostises tõendab, et teda oli saadud meteoriitidest, miks teda nimetatigi „taevamaagiks”.

Möödusid sajandid. Inimesed õppisid tootma rauda pruunist ja punasest rauamullast, millede maardlaid leitakse küllalt sageli kõigis maades. Inimesed õppisid ka karastama raudtööriistu ja -relvi, et suurendada nende kõvadust.

Esimeseks maaks, kus hakati rauda maagist välja sulatama, oli nähtavasti jällegi Armeenia, kus metallurgiat tunti juba hästi. Seal algas raua väljasulatamine peaaegu kolm ja pool tuhat aastat tagasi. See oskus levis sealt kogu Väike-Aasiasse, tungis Egiptusesse ja Kaukaasiasse.

Maakide kaevandamine muutus vanade kreeklaste ja roomlaste tööstuselu aluseks juba meie ajaarvamise alguses, see tähendab, ligikaudu kaks tuhat aastat tagasi.

„Tööstus tuhnib mitmesugustel põhjustel Maa põues,” ütleb oma „Loodusteaduse ajaloos” tolle aja teadlane Plinius. „Siin tungib ta omakasupüüdest aetuna Maa sügavusse hõbeda-, elektrumi- (kuldjas hõbe) ja vase-maardlate otsinguil, siit aga, vallutatud toredusekirest, ajab ta taga seinte ilustamiseks ja käte-ehteiks tarvitatavoid vääriskive; seal ta avaldab metsikut julgust, hankides rauda, mida sõdade ja tapatalgute puhul hinnatakse isegi kullast kallimaks.”

Juba Pliniuse ajal muutus elu mõeldamatuks ilma rauata, kuigi see kirjanik toonitab, et raud teenindas ka sõjaasjandust, tapmist ja hävitamist.

Tootes oksüüdidest ja väävlimaakidest rauda, vaske ja teisi metalle, viis inimene nad püsivatest ühenditest (mille moodustamisel eraldus soojus) üle metalli vormi, mis püüab hapnikuga ühineda. Need toodetud metallid, oksüdeerudes õhuhapniku toimel, hajuvad osaliselt Maa pinnal ja seni me veel ei tunne teed nende täielikuks uueks kontsentratsiooniks. (Ainult osa oksüdeerunud metallist tuleb tagasi tehastesse ümbersulatamiseks.)

Tähendab, sel juhul inimese tegevus viib looduse poolt maagimaardlates kontsentreeritud elemendid laialipillamisele. Et aidata mõista, kui suur on inimese tegevuse mõju maakoore koosseisule, ütleme, et üksnes meie maal toodetakse maakidest igal aastal kümneid miljoneid tonne metalli.

Kuid samal ajal avaldub inimese tegevus ka mõnede nende elementide kontsentreerimises, mis leiduvad maakoores hajutatult.

Kaua aega sulatati ainult rikkaid maake, mis sisaldasid palju metalli. Hiljem õpiti kasutama ka ahermaake, see tähendab kivimeid, mille massis leiduvad maagiterad hajutatult. Selleks allutatakse ahermaak eelnevale töötlemisele — rikastamisele. Ta muudetakse väga peeneks pulbriks ja sellest peenestatud kivimimassist eraldatakse maagiterad mitmesuguste meetoditega.

Kui magnet tõmbab külge kivimiteri, nagu näiteks magnetiidi omi, siis eraldatakse need terad kogu pulbrilise kivimimassi läbilaskmisega tugeva elektromagneti pooluste lähedusest.

Raskeid maagimineraale võib eraldada sadestamise teel. See meetod on rajatud sellele, et maagiterad ja temaga segatud kergemate kivimite terad sadestuvad vees erineva kiirusega.

Kui kivimi peen pulber asetada suurde sõela ja viimast vees raputada üles-alla, siis ennetavad rasked maagiterad oma langemises teiste metallide kergemaid osi ja sadestuvad kihina sõela põhja, selle peale aga asetub kivimi kerge pulbri kord.

Kõige tähelepanuväärsemat uusimat rikastamismeetodit nimetatakse flotatsiooniks. See seisneb selles, et ahermaagi peen pulber segatakse erimehhanismide abil hästi segi vees, millesse on lisandatud vähesel määral mõnesuguseid õlisid. Õlidest kasutatakse niisuguseid, millel on omadus katta õige õhukese kihina maagiteri, kuid jätta puhtaks teiste mineraalide kübemed.

Selles segiloksutatud pulbis, nagu nimetatakse seda vee ja pulbri segu, tekib suur hulk õhumulle. Nende õhumullide külge kleepuvad õliga kaetud maagiterad. Ja nagu aero-naudid, kes tõusevad õhulaeval, nii kerkivad ka need õhumullidega pinnale, eraldudes kasutu kivimi teradest. See ühe ameerika keemiku poolt tehtud võrdlus kujutab väga õigesti flotatsioonimeetodiga rikastatud maagiterade jagunemise protsessi.

Tekkiv vaht koos tema külge kleepunud maagiteradega kogutakse, kuivatatakse ja saadakse puhta maagi pulber — „kontsentraat”.

Tänu ahermaakide mitmesugustele rikastamismenetlustele on nüüd võimalik töödelda kivimeid, millede massis on hajutatud haruldaste elementide maagiteri äärmiselt väikesel hulgal.

Flotatsioonimeetod on inimgeeniuse leiutis. Looduses me ei näe elementide kontsentreerimist flotatsiooni teel.

Geokeemilisest seisukohast on metallide tootmine maakidest ainete üleviimise protsess vähempüsivasse olekusse (hapniku ülekaalu tingimustes). Vastupidiselt, kivisõe põleta-

mine on süsiniku üleviimine süsihappegaasi püsivasse olekusse. Seda viimast protsessi rakendatakse tööstuses energia saamiseks, mis vabaneb süsiniku oksüdeerumisel . . .

Kui metallide väljasulatamise protsessis inimese tegevus vastandatakse keemiliste reaktsioonidega, mis on tüüpilised surnud loodusele, siis kivisöe põletamine on vastupidiseks protsessiks keemilistele muundustele biosfääris.

Seesugune on lühijoontes inimese osa ainete muundumise protsessis maakoos. Nüüd vaatleme, kuidas inimene laialatuslikus Kiviriigis maagimaardlaid avastab.

## 9. Maagisoonte jälgedel.

„Uurijale tarvilikkude instrumentide hulgas on kõige teravamaks ja tähtsamaks tema oma silm.”

*Richthofen (tuntud geoloog, Aasia uurija).*

Maagisoonte otsingutel kõnnib geoloog läbi kümneid ruutkilomeetreid, uurides jäärakuid ja orge, kõrgete mägede nõlvu, jõgede järske kaldaid ja mäekurusid.

Maagisoont on kõige lihtsam otsida maagi või kvartsi tükikeste järgi, mis vesi on maardla murenenud osast välja uhtnud. Need tükikesed satuvad ojadesse, sealt aga jõekesse, millede süngist neid maagiotsijad leiavadki.

Liikudes ülesjõge ja vaadeldes kõrvalorukesi, kus voolavad jõkke suubuvad ojad, on võimalik üles leida ka murenenud soont ennast.

Mida kaugemale ülesjõge, seda suuremaks muutub jõesüngis leiduvate maagi veeriste arv, kuid siis nad aga lakavad järsku üldse esinemast. See tähendab, et maagiterakesi toob jõkke temasse suubuv ojake, sest oja suudmest kõrgemal maagi veeriseid enam ei leidu. Siis tuleb minna piki oja ja vaadelda tema orgu. Selles leidubki maagisoont, mille rusu vihmavalanguil tekkivad veevoolud ojasse kannavad.

Nii avastati näiteks väärtusliku kivi — korundi — leiukoht Semiz-Bugus, Kasahstanis. Uurija, suundudes oja

juurde jooma, märkas oja sängis mingisuguseid helesiniseid ja siniseid kivikesi. Ta võttis neist mõned ja nägi, et see on korund — kõvaduselt teemandist järgmine mineraal looduses. Selle omaduse tõttu tarvitatakse korundipulbreid terastoodete lihvimiseks ja poleerimiseks. Tähendab, tasus vaeva tegelda korundisoone otsimisega, mille küljest vesi oli need killukesed lahti kiskunud.

Uuriija hakkas ojas ülesvoolu liikuma, jälgides tähelepanelikult oja sängis olevaid kivikesi. Üha sagedamini esines siniseid ja helesiniseid veeriseid. Juba nähtus ojasängis suuretükilist, nurgelist korundiklibu. Oli selge, et ei ole kauget koht, kus oja lõhkus korundisoont.

Jõudnud lõppeks mäetippu, avanes uuriija silmle terve ahelik siniseid ja helesiniseid korundikaljusid. See oligi maailma suurimaid korundi leiukohti — Semiz-Bugu.

Geoloogi-uuriija töö meenutab jälgi mööda looma otsiva küti tegevust. Juhusliku jälje järgi leiukoha ülesotsimine nõuab suuri kogemusi, tähelepanelikkust, väsimatust. Kuid edu puhul on uurijale tema pideva ja visa töövaeva sajakordseks tasuks teadmine, et ta on uute rikkuste avastamisega toonud suurt kasu oma kodumaale.

### Geokeemik maakide otsinguil.

„Erilise tähelepanuga peab mineraalide värvust silmas pidama geokeemik-uuriija, välistöötaja, kellele mineraali värvus on esimesi tunnuseid maavara leiukoha kindlaks-tegemisel ja kelle kogenenud silm on kõigest tähtsam.”

*A. J. Fersman, Mineraalide värvused.*

Mineraalide värvused on teenäitajaks maagimaardlate otsinguil. Uuriija otsib kividelt maakide lähedusest kõnelevaid

värvusetunnuseid — tina-ookri siniseid ja rohelisi „lisandeid”, „raudmütsi” pruune täppe või koobalti luitunud-roosasid laike.

Mäenõlvu katvais rusukalletes otsib ta mitmevärvilisi mineraale: kord maagi enese tükikesi, kord maagisoonte kaaslasi — tumepunaseid granaate, musta küünekiivi, kollast epidooti ja teisi värvilisi kive, mis tekivad maagimaardlate naabruses olevates kivimites. Leides kalju pinnal kvartsi kitsa soonekese, jälgib ta seda tähelepanelikult: kas see ei avardu ja ei muutu sügavuses maagisooneks.

Mineraalide värvus ja ilme annavad tunnistust sellest, missuguste temperatuuride ja rõhkude juures need mineraalid on tekkinud.

Kvarts esineb kord hallis, kord piimjas-valges värvuses. Kord on tal mäekristalli läbipaistvate kristallide välimus, mõnikord võtab ta aga kolloidlahuste setete — klaasja kalt-sedoni või tulekiivi kuju.

Erivärvilised granaadid osutavad mitmesuguste elementide olemasolule maakoos: kroom annab neile rohelise, raud pruunika ja mangan punase värvuse.

Ka annavad soonmaardlate maagimineraalid tunnistust nende moodustumise tingimuste kohta. Isegi üks ja sama maagimineraal võib olla kord tume, kord hele. Nii muutub maagisoone ülemistest kihtidest pärinev, peaaegu läbipaistev merivaik-kollane tsinkhelk kaevanduse järk-järgulise süvenemisega järjest tumedamaks ning lõpuks muutub ta täiesti läbipaistmatuks, tuhmiks, peaaegu mustaks mineraaliks. Seda tsinkhelgu tumenemist sügavuse suurenemisega põhjustab raua ja mangani lisandumine tema koostisse. Järelikult kõnelevad mineraalide värvused mineraalide tekkimise tingimustest. Teades aga neid tingimusi, võib ennustada ka ühtede või teiste elementide olemasolu.

Me võime koos heleda tsinkhelguga loota ka galeniidi leidmist. Seal, kus hele tsinkhelk asendub tumedaga, esinevad galeniidi asemel seatina- ja vasesisaldusega maagimineraalid. Mineraalide koosinemine ei ole geokeemikule üllatuseks, vaid endastmõistetavaks tulemuseks seaduste põhjal, millede tundmine kergendab maakide otsimist.

Elementide koosinemine seletub ühtedel juhtudel sellega, et, nagu juba teame, nende elementide aatomid on ligikaudu ühesuurused ja asendavad üksteist kristallivõredest. Teised mineraalid langevad lahustest välja üheaegselt, kuna nad on sarnased oma keemilistelt omadustelt. Kolmandad moodustavad üksteisega väga püsivaid ühendeid ja esinevad seetõttu koos.

Maakoorte tunginud magma tekitab enda ümber kontsentrilisi vöötmeid erineva temperatuuriga ja rõhuga kivimite lõheded. Ja olenevalt magmakolde kaugusest setivad ühed või teised maagid ja mineraalid. Magmamassiivi koorise ja massiivi vahetu ümbrus on kõrgete temperatuuride vöötmeiks, millede juures sadestuvad peaaegu mustad tinakivi ja volframiit koos topaasi ja teiste kõrgetemperatuuriliste mineraalidega. Kaugemal koldest sadestuvad veel väga kuumadest lahustest heledamad vase, tsingi ja seatina maagid. Lõpuks kõige kaugemas, külmas vöötmes leiame punast kinaveri ja antimonimaaki.

Õhu ja vee purustav toime hävitab tardunud magmakollete — batoliitide harjalt kiht kihi järel settekivimeid. Sellega paljandub soonelisi maagimaardlaid, mis asetsevad kaartena batoliitide ümber ja kulgevad vöõnditena piki mäeahelikke. Säärased maagivöõndid läbivad mõnikord terveid mandreid.

## Seadised-maagiotsijad.

„Enne päikesetõusu tuleb lõuale toetunult heita kõhuli maha neis kohtades, kus on üritusel otsingud. Üksisilmi, lõuaga maha toetudes, vaadata uuritavate kohtade kaugusse: niisuguse pea asendi juures ei saa pilk ekselda vajalikust kõrgemale, vaid ta märgib täpselt ja kindlalt nende kohtade lamendatud kõrguse, ja siis nendel kohtadel, kus on niiskeid aurumisi... tuleb kaevata, kuna kuivades kohtades puudub niisuguse nähtuse võimalus.”

*Vitruvius, „Arhitektuurist“ (meie ajastu algus).*

Maa keemia tundmaõppimine, nagu nägime, aitas avastada maakide kogumikke mineraalide-kaaslaste järgi, mis esinevad nendega koos.

Kuid maagimaardla avaldab ennast ka füüsikalise kehana. Seepärast leiutasid ka füüsikud maagi avastamise viise. Selgus, et maagilademed annavad enesest mitmesugusel viisil „teateid”. Tuleb ainult osata kuulda nende „häält”.

Mõned maagid, nagu näiteks magnetrauamaak, avaldavad toimet magnetnõelale.

Magnetnõela omadust, näidata alati ühe otsaga põhja, tundsid juba hiina meresõitjad kolm tuhat aastat tagasi. Merele sõites võtsid nad kaasa pisipaadis kujukese, mis asetatult veekaussi näitas väljasirutatud käega põhja. See oli esimene kompass.

Milles peitub siis magnetnõela mõistatusliku käitumise põhjus?

Selle kohta andis esimese õige seletuse inglise füüsik Gilbert, kes elas XVI sajandil. Ta valmistas suure vaevaga kõvast magnetrauamaagist väheldase kera — Maa mudeli.

Ja väike magnetnõel käitus selle kera pinnal samuti, nagu Maa pinnalgi.

Magnetrauamaagist Maa mudel oli ise magnet ja omas, nagu iga magnet, kahte poolust. Ja nende pooluste juurde tõmbusidki pisikese magnetnõela otsad.

Tähendab, ka Maa on hiigelmagnet kahe poolusega, mil-  
lede juurde tõmbuvad kompassi osuti otsad. Maa magneti-  
poolused ei lange ühte geograafilistega. Seepärast kompassi  
osuti suund ei lange ühte geograafilise meridiaaniga, kuigi  
ta on selle lähedal. Magnetnõela suuna ja meridiaani vahel  
olevat nurka nimetatakse magnetiliseks hälveks, millel on  
igas kohas oma kindel suurus.

Kompassi osuti toetub vertikaalsele teljele. Kui ta aga  
riputada horisontaalsele teljele, võtab ta kaldasendi, lange-  
des põhjaotsaga allapoole. See tekib sellest, et põhjapool-  
keral mõjub Maa põhjapooluse külgetõmme tugevamini,  
sest me oleme sellele lähemal kui lõunapoolusele. Lõuna-  
poolkeral täheldatakse vastupidist nähtust, ekvaatoril aga sei-  
sab osuti horisontaalselt.

Kui aga maa all asetsevad suured magnetilised massid,  
siis muutub niihästi magnetnõela hälve kui ka kalle. Sää-  
raseid tema kõrvalekaldumisi normaalsest seisundist nime-  
tatakse „magnetiliseks anomaaliaks”.

Mida lähemale me jõuame magnetrauamaagi maardlale,  
seda tugevamalt „tunneb” magnetnõel tema olemasolu.  
Järelikult võib magnetnõela käitumise järgi määrata sää-  
raste maakide lähedust.

Sel viisil avastas käesoleva sajandi algul Moskva profes-  
sor Ernest Leist suurte magnetiliste masside olemasolu Kurski  
linna rajoonis.

Andunud maamagnetismi uurimisele, sai Leist teada, et  
Kurski oblastis täheldatakse omapärast nähtust: kompassi

osuti, mis igal pool näitab ühe otsaga põhja, kaldub seal mingisuguse tungi mõjul kõrvale.

Seda nähtust panid tähele insenerid, kes möödunud sajandi keskel rajasid sinna raudteed. Ka Vene Geograafia-selts huvitus sellest magnetilisest anomaaliast ja kutsus prantsuse teadlase Moureau seda mõistatuslikku nähtust uurima.

Kõik kaldusid arvamusele, et selle nähtuse kutsuvad esile elektrivoolud maa sees või koguni ehk mõnesugused kivid, nagu seda täheldatakse Inglis- ja Šotimaal.

Kuid füüsikaproffessor Leisti valdas mõte, et seal peitub magnetrauamaagi hiigelmaardla, mis mõjustab kompassi osutit.

Iga suve algul asus professor Kurski lähedusse mõnesse külla, hulkudes hommikust õhtuni mööda niite, põllupeenraid ja metsaradu, kaasas ehituselt suurt kompassi meenutav seadis.

Magnetnõela käitumise uurimisel tegi Leist kindlaks kaks vööndit, mis näitasid suurimat anomaaliat. Nendest vöönditest ida pool hälbis kompass põhjaotsaga läände, teisel pool nendest aga itta. Horisontaalsel teljel pöörlev magnetnõel võttis anomaaliajoontel vertikaalse asendi.

Kompassi osuti käitumine oli selline, nagu asuks maa sees anomaaliavööndite all pikk magnet. Ja Leist oli veendunud, et anomaaliavööndite all esineb magnetrauamaagi kaks pikka hiigelmaardlat.

Eriteadlased-geoloogid ei nõustunud Leistiga. Nad ei pidanud võimalikuks, et Kurski lähikonnas võiks leiduda magnetrauamaagi „maa-aluseid ahelikke”.

Et kontrollida Leisti oletust, oli tarvis puurida maa sisse sügav puurauk, mis nõudis aga palju raha. Viimaks leiti ka raha. Selle andis tsaari-Venemaa poolühiskondlik orga-

nisatsioon — semstvo. Leist valis puuraugu koha. Kuid puurimine toimus Leisti uurimistöö alguses, millal tal ei olnud veel niipalju tähelepanekuid, et valida puuraugu tege-  
miseks sobiv koht, ja maaki ei leitud.

Pärast Sotsialistlikku Oktoobrirevolutsiooni alustati uuesti rauamaagi otsimist Kurski rajoonis.

Otsingute juhtimine pandi geoloog Ivan Mihhailovitš Gubkinile, kellest hiljem sai kuulus teadlane.

Juba üliõpilasena tegeles Gubkin uurimistega Maikopi naf-  
taleiukohtades, hiljem teostas ta uurimisi Bakuus. I. M. Gub-  
kin äratas teadusemaailmas tähelepanu. Geoloogiakomitee  
võttis ta enda koosseisu. Temale tegigi Nõukogude valit-  
sus ülesandeks teostada maagimaardla otsinguid Kurski piir-  
konnas.

Kuigi kodusõda oli veel täies hoos, sõitsid otsijad kohale.  
Orjoli jaama komandant ei teadnud, mida teha: mingisugu-  
sed eraisikud Moskvast nõudsid oma vaguni edasisaatmist  
Kurskisse, ja otse Kurski all seisis rinne. Kuipalju ta ka  
ei püüdnud neile selgeks teha, et parem oleks oodata, püsi-  
sid nad oma nõudmise juures. Vagun tuli edasi saata.

Ka Kurskis ei peatunud otsijad, vaid sõitsid Štšigrõsse.  
Nagu Leist, nii hulkusid ka nemad luhtadel ja kõrvalistel met-  
saradadel, uurides suurte merekompassidega magnetilist ano-  
maaliat.

Kodusõja lõppedes, umbes kaks aastat pärast otsingute  
algust, alustati Štšigrõs uurimuslikku puurimist. Kui palju  
vaeva pidid noil aegadel otsijad nägema, et alustada ja teha  
sügavat puurauku! Kohapeal ei olnud ei vilunud töölisi,  
materjale ega instrumente. Kõik tuli kohale toimetada kau-  
gelt, kodusõja tekitatud laostuse tingimustes.

Näis, nagu oleks ka loodus ise keeldunud otsijaile välja  
andmast oma saladust: kui puuraugu sügavus ulatus



Joon. 23. Kurski magnetilise anomaalia uurija I. M. Gubkin.

155 meetrini, sattus puur nii kõvale kivimile, et teraspeitel kulus läbi, puurauk aga ei nihkunud sügavamale. Ainult üks asi ergutas otsijaid: peitel magnetiseerus nii tugevasti, et tema külge hakkasid rasked mutrikeerajad ja vasarad. Tähendab — maak on lähedal!

Siis toodi Uuralist teemant-puurmasin. Puurile, mille ots on kaetud teemanditükkidega, ei pane ükski kivim vastu, sest teemant on kõige kõvem aine looduses. Teemant lõikab nii klaasi kui ka kõige kõvemat terast ja ükskõik misugust vääriskivi.

Nii avastati looduse rikkaim varapaik — rauamaagi hii-gelmaardla, mis laiub sügaval maa all, ulatudes Štšigröst üle Novõi Oskoli kaugele kagusse.

Selles maardlas on rauda rohkem kui kõikides teistes leiukohtades maailmas.

\*

\*

\*

Mitte kõik maagid ei mõjusta magnetnõela. Kuidas siis leida maa alt mittemagnetiliste maakide maardlaid?

Tuletame meelde, et kõik kehad tõmbavad üksteist ligi. Näiteks mägi kallutab loodi vertikaalsest asendist kõrvale, tõmmates loe raskuse natuke erese poole. Täpselt samuti peavad ka maagimaardlate rasked massid kallutama loe raskust, kui ta asetseb maapinnal nende lähedal.

Seda hälvet ei saa jälgida hariliku loega, sest ta on liiga väike. Kuid eriline aparaat võimaldab avastada raskete masside olemasolu Maa sees. Ehituselt on see seadis „pöördkaalude” sarnane, milledega Cavendish mõötis kehadevahelist tõmbetungi, ja koosneb varvakesest, mis riputatud keskelt kvartsiiniidi külge. Varva otstel on kaks kuulikest. Üks asetseb vahetult varval, teine aga varva otsale kinnitatud pika niidi küljes.

Raske maagi lademete läheduses niidi otsas olev kuulikene tõmbub selle poole ja ajab keerdu kvartsiiniidi, millel varb ripub. Keerdumise nurga järgi määrataksegi raskustungi pinge.

See on niivõrd tundlik seadis, et temale ei või jälgimise ajal isegi läheneda, sest vaatleja keha tõmbetung kajastub otsekohe tema osutamistes.

Seadise osutamised registreerib valguselaigukese liikumine, see on varva otsas oleva pisikese peegli vastuhelk, mis langeb fotoplaadile. Seda seadist nimetatakse variomeetriks.

Pendel „tunneb” samuti raskeid masse: tema võnkumise kiirus oleneb tõmbetungist. Näiteks võngub pendel kõrgel mäel pisut aeglasemalt kui tasandikul, sest mäel on ta Maa-kerast keskusest kaugemal ja Maa külgetõmbe mõju temale nõrgem.

Seda võib täheldada näiteks kümne minuti kestel pendli võnkeid loendades. Seal, kus külgetõmme suurem, on ka võngete arv suurem.

Mida lähemal asetseb raskele massile pendliga aparaat, seda suuremat mõju avaldab mass temale ja seda sagedam on võnkumine. Muidugi kasutatakse selleks väga tundlikku pendlit.

Mõistagi, pendli võnkumise või variomeetri niidi keerdmise põhjal ei ole võimalik teada saada, missugune maak maa all peitub. Võib ainult öelda, et seal peituvad mingisugused rasked massid, ja võib ka umbkaudselt kindlaks teha, kus nad asetsevad. Ning siis näitab juba puurauk, mis pole tehtud mitte huupi, vaid teadlikult, missugune maak siin esineb.

Kui nõukogude geoloogid otsisid Kurski all magnetraumaagi maardlat, siis kasutasid ka nemad seda meetodit.

\*

\*

\*

Me nägime juba, et maaväringu lained läbivad Maa sisemisi vöötmeid erineva kiirusega. Uurides nende lainete levi-

mise kiirust, määrasid teadlased kindlaks, missugustes sügavustes muutub Maa aine tihedus. Jälgides väikeste kunstlike maaväringute lainete levimist, võib sama viisiga kindlaks määrata maagimasside asendit maakooses.

Kunstlikke maaväringuid teostatakse dünaamiidi, püssirohu või teiste lõhkeainete plahvatustega maakooses. Selliste „maaväringute” lained levivad plahvatuse kohalt igasse külge maakoore kivimeid pidi.

Võnked muudavad kiirust, kui nad kohtavad teel tihedamaid masse, osaliselt aga põrkavad tagasi, nagu hääl mäestikus, mis tekitab kaja. Tungides läbi väga elastsete masside, nagu näiteks läbi kivisoolalalasundite, kiirendavad säärase kunstlikkude maaväringute lained oma jooksu. Mõõtes nende lainete levimise kiirust maakoore mitmesuguste alade massiividest, määratakse kindlaks tihedate või elastsete masside leidumine nendes.

Et mõõta lainete levimise kiirust maas, tuleb ära märkida nende vaatluspunkti saabumise moment. Selleks otstarbeks kasutatakse erilisi mitmesuguse ehitusega aparate. Üks selline seadis kujutab endast alumise otsaga raskele alusele kinnitatud elastset vertikaalset plaati. Tema ülemisele otsale on kinnitatud raskus ja selle külge — varb, mille otsas on peeglike.

Maapinnal kõige väiksem, täiesti tähelepandamatu värisemine paneb raskuse pisut võnkuma, peeglike aga varva otsas, peegeldades temale suunatud valguskiirt, teeb selle võnkumise hästi nähtavaks. Neid võnkeid jälgitakse peeglikesest heidetava „valguslaigukese” liikumise järgi.

Uuritava ala mitmesugustes punktides toimetatakse plahvatusi. Plahvatustest tekkivad võnked levivad maakooses ja jõuavad vaatluspunkti.

Teades plahvatuskohtade ja vaatluspunktide vahelist kaugust, võib välja arvutada lainete liikumise kiiruse, see tähen-

dab, võib teada saada, missugused lained läbisid elastseid ja missugused purdkivimeid.

Säärane viis on väga kasulik näiteks kivisoola otsinguil, mis asetub ulatuslikkude ja väga paksude lasunditena, mõnikord aga tungib suurest sügavusest kivimite rõhuga väljasurutuna kuplikujuliselt maakoore ülemistesse kihtidesse.

Sool on väga elastne ja temas levivad väga kiiresti maapinna värisemise võrked. Seepärast võib selle meetodiga leida maardlaid nendes kohtades, kus on põhjust eeldada nende olemasolu, kuid ei ole teada nende täpne asukoht.

\*

\*

\*

Mõned maagimaardlad, nagu näiteks vasesooned, kujutavad endast tõelist elektripatareid: hapendatud põhjavesi avaldab toimet säärase maagimaardla pinnale; tulemusena tekib elektrivool samaselt, nagu see tekib tavalises, kellade jaoks tarvitatavas elemendis.

Nagu elektripatarei juures, nii tekivad ka maagimaardlas positiivne ja negatiivne poolus. Nende vahel voolavad läbi ümbritsevate kivimite elektrivoolud. Neid voole on kerge avastada väga tundliku seadise — galvanomeetri abil.

Selleks torkab geoloog oma abilistega uuritavas alas maa sisse metallvarbu, millede juurest jooksevad juhtmed seadise juurde. Uuriija jälgib, kuidas muutub voolu pinge mitmesugustes punktides. Ühendades plaanil ühesuguse pingega punktid, saab ta kõverjooned, mis näitavad maagikeha asupaika.

Nagu näeme, püsib galvanomeeter maardla läheduses elektritungide mõju all. Säärasel korral öeldakse, et maagimassiivi ümber asetseb elektri-„väli”. Seda võib aga ka kunstlikult luua.

Selleks tõmmatakse maapinnale isoleerimata elektrijuhtmed, kinnitades neid maa külge metallvarbadega nii, et nad piiraksid uuritava ala kolmest küljest.

Lülitades sellesse juhtmeteahelasse tugeva patarei, loome maa sees juhtmete vahel elektrivälja. Selle välja mitmesugustes punktides on erinev elektripinge.

Uuriija ülesanne seisneb selles, et mõõta pinge välja mitmesugustes punktides, need punktid kanda plaanile ja joontega ühendada ühesuguse elektripingega punktid. Plaani kõverjooned piiravad maardlat.

Selleks aga, et leida ühesuguse pingega punktid, talitatakse järgmiselt: uuritava ala mitmesugustesse kohtadesse torgatakse metallvarvad, mis on juhtmega omavahel ühendatud. Kui nendes punktides on erinev pinge, siis tekib juhtmesse vool. Voolu avastamiseks võib juhtmesse lülitada näiteks elektrikella. Tavaliselt lülitatakse seadis, mis on ehituselt kellaga väga sarnane ning annab õhukese plaadikese kiire võnkumise tagajärjel nõrga, piuksumisega sarnaneva hääle. Seda seadist nimetatakse „piuksujaks”.

Uuriija istub telefoni juures, mis on ühendatud sama juhtmega, ja kuulatab piuksumist, tema abilised aga kannavad varbu kohalt kohale. Kui piuksumine lakkab, siis tähendab see, et pinge on ühesugune neis punktides, kuhu on pistetud varvad. Need ühesuguse pingega punktid kantaksegi plaanile. Kui sääraseid ühesuguse pingega punkte koguneb küllaldaselt, siis võib neid joontega ühendada.

Kui maas peitub elektrit hästi juhtiv maak, siis plaani kõverjooned piiravad teda. Selle tunnusmärgi järgi leitaksegi maagmaardlad.

Muidugi, kõik need uurimismeetodid näitavad ainult mingisuguste masside olemasolu maa all, mis loovad enda ümber tungivälju, kuid missugune maak seal just peitub — seda näitab üksnes puurimine.

## 10. Meie riigi maavarad.

„Rändame nüüd mööda isamaad, vaatleme kohtade asetusi ja jaotame nad maakide tootmiseks kõlblikkudeks ja mittekõlblikkudeks; siis otsime kõlblikkudel kohtadel kindlaid tunnusmärke, mis näitavad maagi kohti endid.”

*M. V. Lomonossov.*

Tähelepanuväärne maagisoonte palmik kaardub ümber „Aasia iidse lagipea”, nagu geoloogid nimetavad tohutut tardkivimite ja kristalliinsete kiltade massiivi, millel asetseb kuulus Baikali järv. See on kallihinnaline „kaelakee” kauritari — meie kodumaa rinal. Ta algab Kara mere kaldalt, kulgeb vasesoonte ketina piki Uurali mäeahelikku, lõikab läbi Kasahstani avara stepi, kaardub ümber Balhaši järve ja siirdub kaugele itta, Ohhoota mere kallastele.

Selle „kaelakee” üksikuid „pärlid” ühendavaks niidiks oli iidne mäeahelik, mis algas Novaja Zemlja juurest, kulges edasi Uurali ahelikuna, lõikas läbi Loode-Kasahstani ulatusliku tasandiku, Kara-Kumi ja Kõzõl-Kumi kõrbed ja ühines Tien-Šani mäeahelikuga.

Mugodžarõ mägede ahelik Uuralist lõuna poole, madalavõitu Sultan-Uiz-Dagi ahelik Araali merest lõuna poole, Amu-Darja kaldal ja mäed Kõzõl-Kumi lõunakõrges — need on jäänused sellest iidsest mäeahelikust, mille on hävitanud ojade ja jõgede töö.

Kōzōl-Kumi mägedest-„jäänustest” leiavad meie geoloogid neile Uuralist tuttavaid korunde, värvilisi jaspiseid, asbesti ja värvilisi kive. Ning Kasahstani steppides leidub kõikjal, nagu ka Koloraado kiltmaal Ameerikas, maagisoonte sini-seid, rohelisi ja kollaseid jälgi. Nende najal võib jälgida kunagise mäeaheliku kulgu, mille tuumalad on juhtnööriks kaasaegsetele maagisoonte otsingutele.

Hiljuti on leitud meie riigi maagikee uusi „pärlid” Põhja-Uuralis, kus avastati senitundmatud raua-, mangani- ja vasemaardlad. Muğodžarō mägede sügavustes, iidse mäeaheliku maa-alustes harudes Araali mere rajoonis ja Kōzōl-Kumi poolvarisenud mägedes-„jäänustest” — igal pool on lootusi leida veelgi uusi väärtuslikke maagimaardlaid.

Balhaši järve taga on juba leitud seatina- ja tsingimaake ning hõbedat. Rida leide ootab meie geolooge idas, kus võib olla kulda, elavhõbedat ja antimoni.

Selle gigantse maagivööndi sisemuses asetseb kullamaardlate ja vilgukogumikkude ring, mis piirab tihedalt „Aasia iidset lagipead”. Ja lõpuks, Baikali järve lõunakaldal, nende piiravate maagivööndite keskel, võivad esineda uraani, tooriumi ja „haruldaste muldade” maardlad.

Säärase pildi maa-alustest rikkustest andis A. J. Fersman, võttes aluseks geokeemia seadused maagimaardlate asetumisest maakoore kristalsete massiivide ümber.

Meie kodumaa maavaralisi rikkusi avastasid üksteise järel alguses „maagitundjad” ja omal käel kullaotsijad, siis geoloogid ja viimaks nüüdisajal — geokeemikud.

Juba XVII sajandil, tsaar Aleksei Mihhailovitši ajal, leidis keegi Tumašovi nimeline isik Murzinka asula läheduses vasemaaki ja vääriskive. Ta teatas sellest Moskvasse. Siis antigi käsk „lubada kõikidest seisustest inimestel otsida kogu Siberi ulatuses nii värvilisi kive kui ka igasuguseid maake”.

Varsti leidis Tumašovi vend Dmitri rauamaaki Neiva jõe juures, kuhu ehitati esimene vene rauatootmise tehas. Hiljem leiti Uuralis Blagodati, Vössokaja ja Lebjažka mägede tohutud rauamaardlad.

Umbes sada viiskümmend aastat tagasi saatis talupoeg Ivan Mjasnikov koos oma kaaslase Tverdõševiga Orenburgi kubermangu kantseleile teate nende poolt uue rikka maardla — Magnitnaja Gora avastamise kohta. Seda maardlat hakati kasutama alles nõukogude ajal. Metallide sulatamiseks on Magnitnaja Gora lähedusse püstitatud tehas-hiiglane.

Meie maa geoloogiline uurimine sai alguse möödunud sajandil. Maakoore silmapaistvaks uurijaks meie kodumaal oli Aleksandr Petrovitš Karpinski.

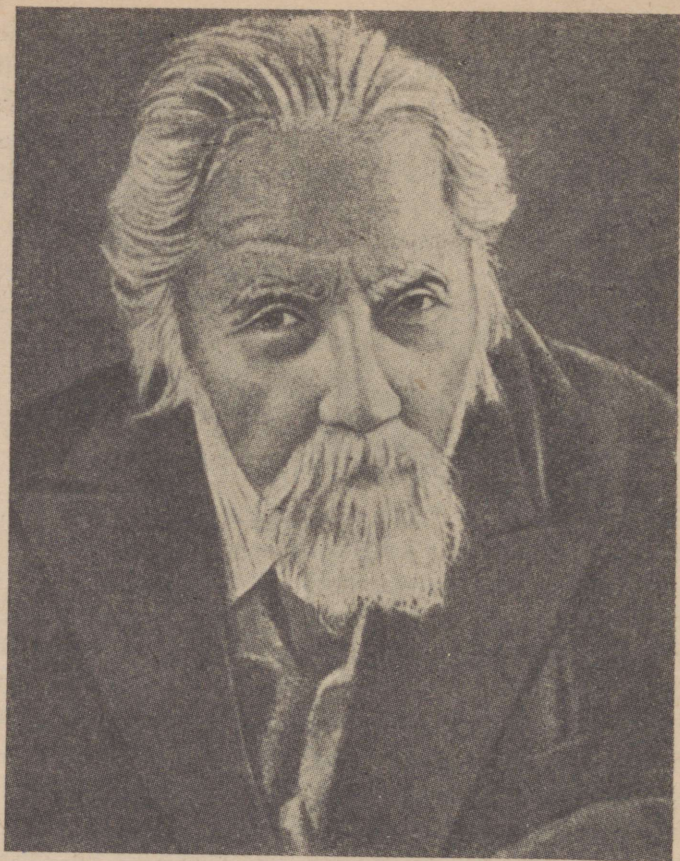
A. P. Karpinski sündis Uuralis 1847. aastal.

Põhja-Uural on metsik ja tühi. Läbipääsmatu taiga, sünged mäed, puutumatu kaljurahnude küllus... Lõunas aga kirendavad Uurali mäed ja orud lilledest. Mahe, soe tuul puhub tema nõlvadel, mis on kaetud metsade smaragdrohelinega. Noor Karpinski armastas seda maad. Seljakott õlal, matkas ta jalgsi risti ja põiki läbi Uurali mäed ja orud. Iga kalju, iga kivi oli talle seal tuttav...

A. P. Karpinski koostas Uurali idanõlvade kaardi, mis püsis kaua täpse geoloogilise kaardistamise näidisena. Hiljem, olles juba Mäeinstituudi professor, veetis A. P. Karpinski iga suve Uuralis, jätkates selle piirkonna uurimist.

Karpinski osavõtul koostatud teos „Ülevaade maavaradest Euroopa-Venemaal ja Uuralis“ näitas esmakordselt, kui rikas on Uurali maapõu, kui palju peitub selles meie riigi vara-aidas vasemaagi, rauamaagi ja teiste metallimaakide maardlaid.

Julgesti võib kinnitada, et Uuralis on leitud küllalda el hulgal peaaegu kõiki maakooses olemasolevaid elemente ja metalle. Uural — see on meie Maakera tõeline varakamber.



Joon. 24. Kuulus vene geoloog A. P. Karpinski.

Kuid ka meie kodumaa teiste osade sügavustes peituvad hiiglarikkused. Pärast Oktöobrirevolutsiooni alustati maagirikuste otsinguid Kesk-Aasias, millele möödunud sajandil ei pööratud küllaldaselt tähelepanu. Seejuures aga Ferghana orus, Kara-Mazari mägedes ja teistes kohtades on säilinud

mitte vähe vanaaegseid kaevandusi, milledest araablased kunagi tootsid maake.

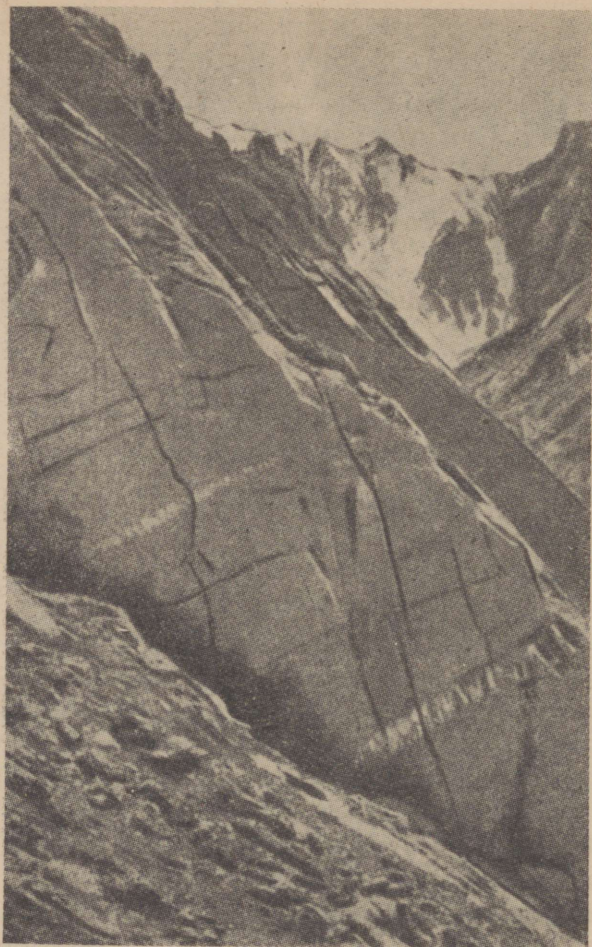
Keskajal elunesid Ferghana orus kultuurrahvad. Mälestusmärkidena nendest on säilinud kohanimed, mis tunnistavad, et need Kesk-Aasia endised peremehed — araablased — tundsid hästi Maa sügavustes peituvaid rikkusi.

Meie otsijad uurisid Haidar-Kani paikkonda, mis araabia keeles tähendab „Haidari kaevandus”. Üks selle paikkonna kohalik elanik viis otsijad mäe juurde, mille nõlvadel mustendasid mingid koopad. Need olid muistse Haidari kaevanduse sissekäigud.

Mööda mäenõlvu nende koobaste juurde tõustes jälgisid otsijad teraselt teel ettesattuvat kivirisu. Juba enne jõudmist allmaakaevanduseni teadsid nad, et neil on õnnestunud avastada elavhõbeda leiukoht, sest nad nägid mäenõlvadel lubjakivi ja kvartsi tükke sissekasvanud kinaveriga.

Viimaks jõudsid otsijad muistse kaevanduse sissekäiguni. Valgustades teed põlevate küünaldega sisenesid nad pimedatesse maa-alustesse käikudesse. Otsijad leidsid kitsaste käikude ja sügavate orvade seintel terveid kvartsisoonte ribasid, mis olid kirjustatud kinaveri ilusate soonekeste ja teradega. Orvade ja maa-aluste soppide kõrval seisis kunagi toodetud, kuid kaevandusest välja toomata jäänud elavhõbedamaagi korralikult laotud virnad. Samas leidis ka hunnikutena valge kvartsi tükke, mis olid segatud terasalli antimonläägu nõelakobaratega. Nähtavasti oli kaevandamine järsku katkenud — kaevanduses oli veel palju kasutamata maaki.

Otsijate rühmad uurisid ka Tien-Šani edelapoolset mäestikuharu — Kara-Mazari ja Mogol-Tau mägesid. Ka nendes mägedes leidsid nad kaevanduste jälgi. Üks neist oli kaevikukujuline, umbes pool kilomeetrit pikk. See oli endis-



Joon. 25. Inglitina sooned Kesk-Aasia mägedes.

aegsete kaevurite poolt maagisoont mööda sisse raiutud. See vanaaegne kaevandus kannab tänapäevani Kan-I-Mansuri nimetust, mis araabia keeles tähendab „Mansuri kae-

vandus". Kan-I-Mansuri kaevandus tugineb porfüüri kalju-seintele. Selle kaevanduse üks galerii lõpeb tohutu suure kunstliku koopaga. Maagijäänused seintes näitavad, et siin toodeti seatina ja hõbedat.

Veeta kalju-savikõrves Balhaši järve lähedal leidsid meie otsijad hiiglasuure sissekasvanud vasemaagi leiukoha. Geoloogid läbisid kõrve kaamelitel, uurimistööks kaasas rasked puurimismasinad, toidu- ja veetagavarad. Balhaši järvest põhja pool, Kounradi mäenõlval, leidsid nad selle vase- maagi tohutu maardla. Nüüd on sinna püstitatud vasesula- tamistehas, mis hakkab andma rohkem vaske, kui seda sulat- tasid revolutsioonieelse Venemaa vasetehased kokku.

Geoloogid leidsid maagisooni kohtades, kus kunagi oli sula magma tunginud maakoarde, eraldades kivimite lõhe- desse kuumi lahuseid.

Säärased maagilademed asetsevad kaarjate vöötmetena maakoore kristalsete tuumikute ümber, milledega liitusid mäeahelikena kerkinud kurrud.

Kuid ka tasandikel, kus sadestusid setted, moodustusid raua- ja manganimaagi kihilised maardlad.

Möödunud sajandi lõpul, jälgides Inguletsi ja Saksagani jõgede kallaste punase värvusega kive, avastas prantsuse insener Paul Krivoi Rogi asula rajoonis punase rauamaagi maardla. See, nüüd kogu maailmale tuntud leiukoht laius sajakilomeetrise vööndina lõunast põhja. Kõik Donetsi kivi- söebasseini tehased toituvad Krivoi Rogi maagist.

Teiseks rauamaagi hiigelleiukohaks on pruunrauamaagi kihid Kertši lähedal. Nad asetsevad rõhtsalt maapinnal ja nende rauatagavara on mitu korda suurem kui Krivoi Rogi maardlas.

Tänapäeva kultuuriline elu on mõeldamatu maavarade kasutamiseta. Kõik teavad raua tähtsust, mida suurel hulgal

tarvitatakse laevade, raudteede ja sildade ehitamisel ning igasuguste masinate, tööpinkide ja tööriistade valmistamisel. Vaseta ei saaks me püstitada elektrijaamu ja sealt saata energiat sadade kilomeetrite taha.

Kultuurilises elus vajatakse peale raua ja vase veel paljusid teisi metalle ja elemente. Tavalisest terasest ei saa valmistada paljusid traktorite, tankide, lennukite ja autode osi. Need vajavad erilisi, spetsiaalseid teraseliike, mis valmistatakse mitmesuguste haruldaste metallide ja elementide lisandamise teel.

Volfram annab terasele kõvaduse ja isekarastuse omaduse: volframterasest lõiketera, muutudes kiirest töötamisest helenduv-punaseks, hõõveldab endiselt teraslaaste.

Koobalt, mida igivanast ajast tarvitatakse värvide valmistamiseks, annab koos kroomi, volframi ja rauaga ülikõvad sulandid puuride ja puurimisinstrumentide jaoks.

Tsircoonium koos koobalti ja volframiga annab väikese soojusejuhtivusega ülikõvad sulandid. Tema lisandamisega omandab teras mitte ainult suure kõvaduse, vaid ka sitkuse, mistõttu selline teras on eriti kõlblik sõjalaevade, tankide ja lennukite soomuskatte valmistamiseks.

Seleeni, mida hajutatult leidub koos seatina- ja tsingi- maakidega, kasutatakse imetlusväärses fotoelementides, mis automaatseadistes asendavad inimese silma.

Meie aega võib õigusega nimetada haruldaste elementide ajastuks, kuna nende tähtsus inimeste elus muutub üha suuremaks. Seepärast kujutavad haruldasi elemente sisaldavate mineraalide hajutatud teradega kivimid endast tänapäeval samuti Maa kalleid aardeid.

Meie ajale on iseloomustavaks ka mitmesuguste mitte-metallsete maavarade kasutamine.

Sauelisest kivimist — boksiidist saadakse keemilisel teel hõbevalget alumiiniumi. Tehnika arenemisega, kui alumii-

nium muutub küllalt odavaks, asendab tema suland rauaga paljudel juhtudel harilikku terast. Praegu kasutatakse alumiiniumi sulandeid suurel määral lennukite ehitamiseks.

Oma välimuselt soola meenutava punase mineraali karnalliidi lahustest saadakse alumiiniumist veel kergemat metalli — magneesiumi.

Omadustelt suurepäraseid sulandeid annab haruldane kerge element berüllium. Teda saadakse mineraalist berüll, mida leidub pegmatiidisoonte vilkkiltades. Uuralis asuvad üle maailma tuntud asbestilademed, mis oma varudelt ja väärtuselt ületavad Kanada kuulsaid asbestilasundeid.

Asbest ehk kivilina on mineraal, mis töötlemisel kahustub peenteks niitideks, milledest saab kududa mittesüttivaid kangaid. Autopidurite linnid valmistatakse ainult asbestist. Kõikide masinate juures tarvitatakse asbestist tihendeid ja laagrivoodreid. Elektri kaablite valmistamisel on asbestisolatsioon üks paremaid. Lõpuks, lühikeste asbestniitide ja tsemendilahuse segu annab suurepärase mittesüttiva ehitusmaterjali, mis samal ajal sarnaneb omadustelt puiduga.

\*

\*

\*

Viisaastakuplaani kohaselt suureneb 1946.—1950. a. tunduvalt meie maavarade kasutamine. Selleks, et meie tehased saaksid viisaastaku viimasel aastal toota malmi ja raua 35% rohkem kui enne Isamaasõda, tuleb igal aastal toota hulk miljoneid tonne rauamaaki. Selleks hakatakse, lisaks Krivoi Rogi ja Kertši maagikaevanduste taastamisele ja edasiarendamisele, kaevandama I. M. Gubkini poolt avastatud leiukohta Kurski juures, rajatakse uusi kaevandusi Siberi, Kaug-Ida ja Taga-Kaukaasia raualeiukohtades. Man-

ganterase valmistamise suurendamiseks laiendatakse man-  
ganimaakide kaevandamist Tšiaturös ja Nikopolis.

Vase väljasulutamise suurendamine 1,6 korda, nikli —  
1,9, tsingi — 2,5 ja seatina — 2,6 korda nõuab ka nende  
metallide maakide tootmise laiendamist. Seepärast näeb  
plaan ette mitte ainult tootmistöö hoogustamist teadaolevais  
leiukohtades, vaid ka nende maakide uute leiukohtade otsi-  
mist.

Nagu nägime, ei olnud üksi geoloogid maa-aarete avasta-  
jad. Seepärast võib igaüks meist avastada maagimaard-  
late tunnusmärke kohtades, kus paljanduvad tavaliselt pin-  
nasest varjatud kihid.

Kui paljandeis satutakse maagimineraalidele, mis oma  
raskusega kohe tähelepanu äratavad, siis tuleb neist võtta  
käsipalu ja neid linnas näidata teadlikele inimestele.

Käsipala lüüakse kivimi küljest lahti väikese haamriga,  
mida sellistel ekskursionidel on kasulik kaasas kanda.  
Võetud käsipala mähitakse paberisse koos sedeliga, millele  
on täpselt üles tähendatud tema leiukoht. Seejuures tuleb  
hoold kanda, et kivi etiketti ära ei hõõruks.

Väga kasulik on endaga kaasas kanda selle ala täpset  
kaarti, kus käsipalu korjatakse, ja sellele leiukohad ära  
märkida.

Meie kodumaa on väga suur ja geoloogidel üksi on raske  
teda läbi uurida. Seepärast võivad nii kolhoosnikud kui ka  
töölised, õpilased ja turistid tuua suurt kasu, korjates kivide  
ja maakide käsipalasi ja täpselt üles tähendades nende  
leiukoha, märkides selle võimaluse korral kaardile.

Juba meie kuulus teadlane Mihhail Lomonossov tegi  
maalastele ettepaneku korjata jõgede kallastel leiduvaid  
kive ja saata need temale uurimiseks. Sel teel lootis ta meie  
maal maagisooni leida.

Nüüd on meie geoloogidel tuhandeid abilisi — pioneerid, turistid, kodu-uurijad, kes sooritavad ekskursioone ja rännakuid ning nende kestel korjavad kive ja maake.

Mõni aasta tagasi abistas turistide rühm geolooge, kes otsisid Baikali järve kallastel vilku. Baškiirias leidsid turistid palju vasemaardlate jälgi.

Ajal, mil Moskvas 1937. a. toimus ülemaailmne geoloogide kongress, sai kongressi eesistuja I. M. Gubkin Põhja-Kaukaasiast Armaviri pioneeridelt kirja, milles nad teatasid oma tulemustest maavarade otsinguil. Armaviri pioneerid olid leidnud palju mitmesuguste väärtuslike kividekäsipalasid ja andsid need uurimiseks üle geoloogidele.

Geoloogidele osutavad väga suurt abi kodu-uurijad, see on inimesed, kes tunnevad huvi kohtade vastu, kus nad elavad, ja uurivad neid. Üks seesugune kodu-uurija, külakooliõpetaja Baškiirias, leidis Kussimova küla läheduses asbestilasundi, Salovati küla juures aga kromiiti.

Nii võib ka igäüks meist tuua palju kasu meie kodumaale, otsides ja kogudes käsipalasid kividest ja maakidest.

# Sisukord.

	Lk.
Eessõna . . . . .	3
1. Maa uurijad . . . . .	5
2. Kiviriik ja tema rahvastik . . . . .	11
3. Kuidas „kaaluti” Maa . . . . .	22
4. Metallide kodumaa . . . . .	26
5. Looduse laboratoorium . . . . .	33
Suur avastus . . . . .	33
Elementide muundumised . . . . .	37
Planeetide sisemuses . . . . .	51
Aatomid ravis . . . . .	63
6. Ainete „rändamine” . . . . .	72
Maa sisemuses . . . . .	72
Maakera pinnal . . . . .	80
Loomade ja taimede kudedes . . . . .	82
Ainete ringkäik maakoores . . . . .	86
7. Kivide ja maakide tekkimine . . . . .	90
Tardkivimid . . . . .	91
Maagid magmakoldes . . . . .	94
Magma naabruses . . . . .	96
Maakoore lõhedes . . . . .	98
Maa pinnal . . . . .	104
Maagivööndid . . . . .	108
8. Inimese tegevus ja maakoore koostis . . . . .	111
9. Maagisoonte jälgedel . . . . .	119
Geokeemik maakide otsinguil . . . . .	120
Seadised-maagiotsijad . . . . .	123
10. Meie riigi maavarad . . . . .	133

---

*Vastutav toimetaja K. Orviku.*

*Tehniline toimetaja H. Kohu.*

Ladumisele antud 21. VIII 1948. Trükkimisele antud 17. XI 1948.  
 Paberi kaust 56 × 79. 1/16. Trükipoognaid 9. Autoripoognaid 6.  
 Arvestuspoognaid 6,62. MB 04679. Laotihedus trpgr. 32 600. Tiraaž  
 3000. Trükikoja tellimus nr. 1629. Trükikoda „Hans Heidemann“,  
 Tartu, Vallikraavi 4.

Ф. Бублейников, Клады земли.

На эстонском языке.

Эгосиздат „Научная Литература“, Тарту.



RBI. 12.—

A-16558

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00497823 7