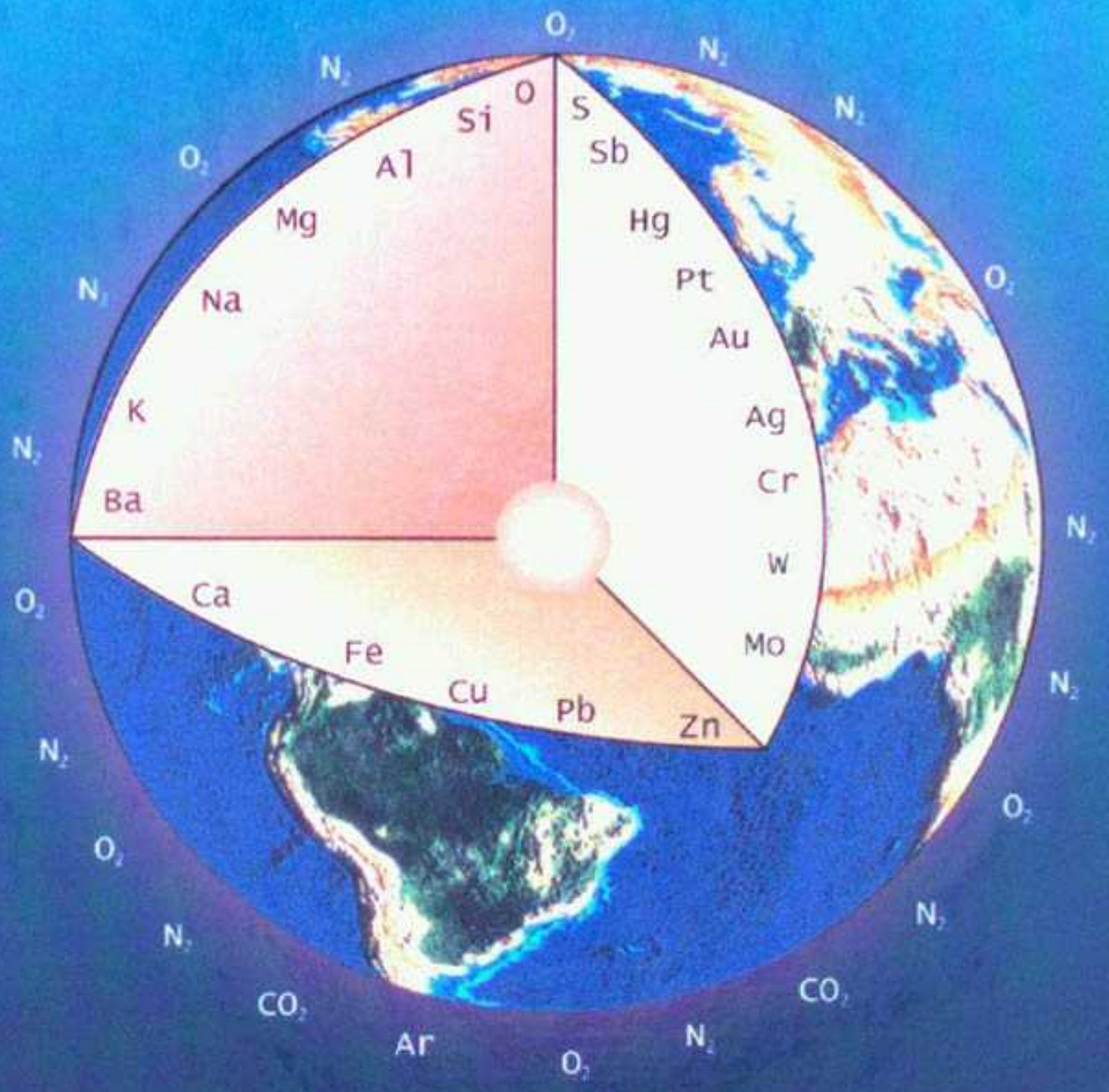


24
M-47

Abel Məhərrəmov, Sübhi Bəktəşi



YER QABIĞININ
ÜMUMİ
KİMYASI

BAKI UNIVERSİTETİ NƏŞRİYYATI

**Bu kitabı görkəmli kimyaçı-alim
akademik Y.H.Məmmədəliyevin
əziz xatirəsinə ithaf edirik.**



Abel Məmmədəli oğlu Məhərrəmov
*Kimya elmləri doktoru, professor, AMEA-nın
müxbir üzvü, Əməkdar elm xadimi*



Sübhi Əli oğlu Bəktəşi
*Geologiya-mineralogiya elmləri doktoru,
professor, Əməkdar elm xadimi*

24
M-47

Abel MƏHƏRRƏMOV, Sübhi BƏKTAŞI

YER QABIĞININ ÜMUMİ KİMYASI

Ali məktəblər üçün dərslik

Azərbaycan Respublikası Təhsil
Nazirliyi tərəfindən təsdiq edilmişdir.



BAKI-2002



Elmi redaktor: AMEA-nın müxbir üzvü,
professor **Vasif BABAZADƏ**

Rəyçilər: akademik **Musa RÜSTƏMOV**
akademik **Akif ƏLİZADƏ**

A.M. Məhərrəmov, S.Ə. Bəktaş
Yer qabığının ümumi kimyası. Bakı. Bakı Universiteti nəşriyyatı,
2002. 482 səh.

Dərsləkdə yer qabığında kimyəvi elementlərin və onların təbii birləşmələrinin (minerallar və karbohidrogenlər) paylanması və yerləşmə qanunauyğunluqları səciyyələndirilir. Dərslək 17 fəsildən ibarətdir. I və II fəsillərdə Yer qabığının kimyasının məqsəd və vəzifələri göstərilir. III fəsildə Yerin quruluşu və geosferlərin yaranması hipotezləri aydınlaşdırılır. Atmosferin, litosferin, hidrosferin və biosferin kimyası IV fəsildə verilir. Karbohidrogenlərə aid olan V fəsildə planktonlar, dəniz faunası, bakteriyaların neftyanmasındakı fəaliyyəti xarakterizə edilir. Meteoritlərin növləri, onların Yerin yaranmasındakı rolu, Yerin, Ayın və Yer qrupu planetlərinin geoloji və kimyəvi xüsusiyyətləri VI, VII, VIII, IX fəsillərdə verilmişdir. X, XI və XII fəsillər atomun quruluşu, izotopların kimyası, maddənin kimyəvi halı və elementlərin kimyəvi və mexaniki miqrasiyasına həsr edilmişdir. Yer qabığında gedən mineralyaratma proseslərinə, bərk və maye faydalı qazıntıların geoloji-kimyəvi əsasda axtarışına XIII, XIV, XV, XVI və XVII fəsillərdə yer verilir.

Kitab ali məktəblərin kimya, geologiya, coğrafiya, biologiya fakültələrinin tələbələri, magistrləri, aspirantları üçün dərslək kimi nəzərdə tutulmuşdur. Müəllimlər və elmi işçilər üçün dəyərli vəsait olan bu kitabdan kimya, neft, metallurgiya, dağ-mədən və digər sənaye sahələrinin mütəxəssisləri də istifadə edə bilərlər.

M58

$M \frac{1904020000 - 02}{658(07) - 08} 8 - 2002$

©Bakı Universiteti nəşriyyatı, 2002

ÖN SÖZ

Günəş sisteminin üçüncü planeti olan Yer kürəsi öz quruluşuna görə orta radiusu 6371 km olan ideal şarı xatırladır. Belə ki, onun qütb və ekvatorial radiusları arasındakı fərq cəmi 21 km-dir. Məcəzi mənada desək yerin qabığı yumurtanın qabığından nazikdir. Yumurtanın qabığı onun orta radiusunun 1,1%-ni, Yerin qabığı isə onun orta radiusunun 0,63%-ni təşkil edir. Yer qabığının qalınlığı materiklərdə 35-90, okean dibində isə 5-15 km-dir. Bilavasitə müşahidələr (Azərbaycan Respublikasında Saatlıda, Rusiya Federasiyasında isə Kola yarımadasında olan hədsiz dərin quyular) göstərir ki, onun tədqiq oluna biləcək qalınlığı 10 km-dən azacıq artıqdır. Bu isə dərinlikdə baş verən hadisələrin anlaşılmasında çətinlik törədir. Geoloji və kimyəvi tədqiqatlar, meteoritlərin öyrənilməsi, eksperimentlər, Yerin yaranma və təkamülünün analizi planetin və onun qabığının ümumi quruluşu və kimyəvi tərkibi barədə təsəvvür yaratmağa imkan verir. Bizim təklif etdiyimiz bu dərslikdə məqsəd Yer qabığının kimyasını və quruluşunu aydınlaşdırmaq və onun üst təbəqələrində kimyəvi elementlərin paylanma qanunauyğunluqlarını və həyatın yaranmasını izah etməkdir.

On yeddi fəsildən ibarət olan bu dərsliyin yazılmasında geologiya, kimya və geokimya elminə aid olan dərsliklərdən, tədris vəsaitlərindən, monoqrafiya və elmi məqalələrdən istifadə edilmişdir. Burada əsas ədəbiyyat kimi V.İ.Vernadskinin «Geokimyanın öçerkləri» (1954), A.Y.Fersmanın dörd cildlik «Geokimya» (1955, 1958, 1959), V.V.Şerbinanın «Geokimya» (1938), Çikaqo Universiteti tərəfindən buraxılmış K.Rankamanın və T.Saxamanın «Geokimya» (1950), V.M.Qoldşmidtin Oksford Universiteti tərəfindən nəşr edilmiş «Geokimya» (1954), F.Qordon Smitin «Fiziki geokimya» (1968), A.A.Beusun «Litosferin geokimyası» (1972), S.Ə.Bəктаşinin Azərbaycan dilində nəşr edilmiş «Geokimya» (1972), V.F.Barabanovun «Geokimya» (1985) dərsliklərindən

və həmçinin geokimya elminin müasir problemlərinə həsr olunmuş bir çox elmi məqalələrdən geniş istifadə edilmişdir.

Məsələn, Yerin yaranması və onun kimyəvi tərkiblərinin formalaşmasında O.Y.Şmitdin meteorit hipotezi ilə V.N.Larinin Yerin yeni geokimyəvi modeli, («Химия и жизнь», 1974, №1) onun ilkin hibrid Yer hipotezi geniş analiz olunmuşdur. Elementlərin geokimyası analiz olunarkən «İzvestiya» qəzetinin 18 avqust 1987-ci ildə verdiyi 110-cu element barəsindəki məlumat qeydə alınmış, çoxmiqdarlı məqalələr məcmuəsi olan «Yerin kimyası» (1963, 1964-cü illər, 2 cildə) və «Geokimyanın problemləri» (1965) kitablarındakı məlumatlar dərsləyin müxtəlif bölmələrində öz əksini tapmışdır.

Ali məktəblərdə tədris vəsaiti kimi istifadə olunan A.A.Saukovun (1976) və V.F.Barabanovun «Geokimya» (1985) kitablarından və S.Ə.Bəktaşinin 1972-ci ildə ADU (indiki Bakı Dövlət Universiteti) nəşriyyatı tərəfindən çap edilmiş «Geokimya» tədris vəsaitindən fərqli olaraq bu dərsləkdə kosmokimya və meteoritlərin geokimyasına xüsusi fikir verilir. Veyzekkerin və Rinqvudun əsərlərində Yerin yaranmasının akkresiya-meteorit hipotezləri dərin təhlil edilir. Dərsləkdə Yer qabığının mantiyasının və nüvəsinin geokimyası yeni petroloji-tektonik əsaslarla tələbələrin və mütəxəssislərin nəzərinə çatdırılır. Yer qabığında gedən hadisələr (materiklərin sürüşməsi, vulkan fəaliyyəti və zəlzələlər) onun daxili quruluşu ilə əlaqələndirilir. Dərsləyə salınmış yeni fəsillərin «Geokimyanın əsas qanunu», «Maqmatik süxur komplekslərinin geokimyəvi xüsusiyyətləri», «Yer qrupu planetlərin geokimyası» «Karbonhidrogenlər» və s. tərtibində Azərbaycan ərazisi ilə bağlı materiallardan və son illərdə əldə edilmiş kosmik tədqiqatların nəticələrindən geniş istifadə olunmuşdur.

Dərsləkdə kimyəvi elementlərin təbiətdə mövcudluq və formaları ətraflı izah olunur. Yer səthindən nüvəsinə doğru faza dəyişiklikləri və müəyyən zonallığın varlığı əsaslandırılır. Burada əsasən faydalı qazıntıların tapılması, onlardan rəşional istifadə və ətraf mühitin qorunmasına xüsusi fikir verilir,

bu səpkidən gələcək geokimyacıların və kəşfiyyatçı-geoloqların vəzifələri göstərilir.

Peqmatitlərə verilmiş təsnifi sxem, «Endogen mineral-yaratma proseslərinin geokimyası» fəslə müəlliflər tərəfindən yenidən işlənmiş və metasomatizm hadisələri müasir fiziki kimyanın nailiyyətləri əsasında izah edilmişdir. Metasomatitlərin geokimyəvi təsnif sxemi Şimali Azərbaycan ərazisində mövcud olan yataqların öyrənilməsi və analizi əsasında verilmişdir.

Müxtəlif elementlərin geokimyası fəslində yüngül, qara, əlvan, nadir, nəcib və radioaktiv metallara müstəqil qruplar şəklində baxılmışdır. Bu fəsildə aqrokimyəvi elementlərin geokimyasına xüsusi yer verilmişdir.

Həmin elementlərlə yanaşı qara və əlvan metalların mineralogiyası və faydalı qazıntı yataqları haqda təlim-tədris kitablarında ətraflı məlumat verildiyini nəzərə alaraq müəlliflər nadir, nəcib və radioaktiv elementlərin, qeyri-filiz xammalının geokimyasının işıqlandırılmasını daha məqsədəuyğun hesab etmişlər. Müasir texniki tərəqqi nadir metallara daha çox diqqət yetirilməsini tələb edir. Nadir elementlərin təbiətdə ehtiyatı məhdud olduğundan onlar əsasən istismarda olan yataqlardan kənar məhsul kimi çıxarılır.

Faydalı qazıntı yataqlarının axtarılmasında hazırda işlədilən litokimyəvi, hidrokimyəvi və biokimyəvi axtarış üsullarına, onların nəzəri əsaslarına dərsləkdə ayrıca bir bölmə həsr olunmuşdur. Müəlliflər bir sıra yeni geokimyəvi parametrlər təklif etmiş və onların filiz yataqlarının tapılmasının məhsuldarlığının artırılmasında əhəmiyyətini əsaslandırmışlar.

Nəzərə almaq lazımdır ki, Yer qabığının kimyasının başlıca məsələlərindən biri də Yerin kimyəvi tərkibinin zaman və məkan daxilində təkamülünü araşdırmaqdır.

Yerin daxili quruluşunun xüsusiyyətləri, formalaşması, planetin yaranması, Günəş, Ay və başqa planetlərlə qarşılıqlı münasibəti hipotez və fərziyyələrə əsaslanır. Yerin daxili quruluşunun başa düşülməsi məqsədilə, təqdim olunan dərsləkdə, bu barədə olan hipotezlər müqayisə olunmuş, Yerin nüvəsi,

aşağı və yuxarı mantiyası, qabığı müstəqil olaraq xarakterizə edilmişdir. Ayrıca fəsilər və bölmələr Yer tipli planetlərə, Aya və Yerin qabığında baş verən hadisələrə həsr edilmişdir. Dünyada dəhşətli dağıntılara və insan qurbanlarına bəis olan zəlzələ və vulkanların fəaliyyətinə xüsusi diqqət yetirilmiş, təbiətdə onları müşayiət edən digər proseslər göstərilmiş və hadisələrin qarşılıqlı izahına təşəbbüs edilmişdir.

Müasir geokimyayın və geofizikanın müqayisəli analizi planetimizin zonal quruluşa malik olduğunu sübut edir, Yerin mərkəzindən səthə doğru quruluşundakı kimyəvi dəyişiklikləri metallik xəlitə-ortosilikatlar-metasilikatlar-alümosilikatlar-çök-mə törəmələr sırası ilə ifadə etməyə imkan yaradır. Geniş mənada planetin yeddi qatı olduğu və həmin qatların müxtəlif dərinliklərdə Yerin 6371 km-lik radiusu boyu paylanması hədudları aşağıdakı kimi ehtimal olunur:

1. Mərkəzi sülb növü (6371-5080 km)-kobaltsaxlayan nikelli dəmirdən ibarətdir. Müəlliflər burada dəmirdən və nikel-dən sıxlığı (xüsusi çəkisi) daha çox olan metalların (qızıl, platin qruplu metalları və s.) varlığını fərz edir; növünün sıxlığı ilə qızıl, gümüş və platinoidlərin sıxlığı çox yaxındır və belə hadisə Yerin gravitasion diferensiasiyası və geoloji müddət ərzində təkamülü ilə izah oluna bilər;

2. Sülb mərkəzi növü və xarici maye növü arasındakı keçid zonası (5080-5000 km)-metallik növü tərkibli, lakin ondan fiziki-kimyəvi halına görə seçilən xəlitə; burada troilit (dəmirin sulfidi) tipli birləşmələrin varlığı güman edilir;

3. Xarici maye növü (5000-2900 km)-başlıca olaraq kobalt-saxlayan nikelli dəmir xəlitə; azacıq miqdarda ağır metal sulfidlərinin, onların xəlitələrinin, cüzi olaraq dəmir-magneziyum ortosilikatlarının varlığı mümkündür;

4. Pirolit, başlıca olaraq ortosilikat tərkibli və ekloqitlərin iştirakı fərz edilən aşağı mantiya (2900-1000 km), sulfid və oksidlərin müəyyən miqdarının varlığı mümkündür;

5. Aşağı və yuxarı mantiya arasındakı keçid geosferi (1000-400 km) - faza dəyişmələrinin geniş inkişaf etdiyi meta- və ortosilikatlar, qismən alümosilikatlar və oksidlər qatı;

6. Metasilikatlara üstünlük təşkil etdiyi, pirolit tərkibli yuxarı mantiya (400-40 km) - astenosferlə (100-250 km) iki yerə bölünür; ortosilikatlar, metasilikatlara, alümosilikatlar, oksidlər və sulfidlər iştirak edir. Maqmanın yarandığı və paylandığı dərin ocaqlı zəlzələ hiposentrlərinin yerləşdiyi geosfer;

7. Yer qabığı (50-90 km) - Moxoroviçiç sərhədi ilə yuxarı mantiyadan ayrılır, Konrad sərhədi ilə qranit və bazalt geosferlərinə bölünür. İki cür Yer qabığı müəyyənləşdirilir: materik və okeandibi. Okeandibi Yer qabığının qranit geosferi yoxdur və qalınlığı 5-15 km arasında dəyişir, Yer qabığının qalınlığı iri dağ silsilələri altında 90 km-ə qədər çata bilər. Yer qabığında geniş miqyasda alümosilikatlar yayılmışdır.

Dərsləkdə Yer qabığı geosferləri və zonal quruluşu digər planetlər ilə müqayisə olunmuşdur.

Kitabda Yer qabığının kimyasının və petrologiyasının öyrənilməsi barədə axırkı onilliklərin müvəffəqiyyətləri nəzərə alınmış və qeyd edilmişdir ki, Kola yarımadası və Saath hədsiz dərin buruq quyularından alınmış nəticələrə görə Yer qabığının üst təbəqəsinin bir sıra geoloji-kimyəvi xüsusiyyətləri keçmişdə təsvir olunandan əsaslı surətdə seçilir. Saath quyusu göstərdi ki, yer qabığında alümin və metasilikatlara qalınlığı 7 km-ə qədərdir və bu birləşmələrin dərinliyə doğru paylanması növbələşmə mövcuddur. Bütün bunlar Yer qabığının kimyasının tamamilə başqa xüsusiyyətlər daşdığını göstərir, çökmə süxurların və karbohidrogenlərin yarandığı sedimentasiya təbəqəsinin petroloji-kimyəvi təsvirinə düzəlişlərin edilməsini tələb edir.

Yer qabığının yaranması barədə olan hipotezlərin analizi göstərir ki, müasir nəzəriyyələr içərisində Şmidt-Veyzekker konsepsiyası planetin əmələ gəlməsini daha qənaətbəxş izah edir. Bu nəzəriyyəyə görə, Yer, Günəş və başqa planetlərin yaranmasının ilkin maddəsi Günəş tərəfindən onun kainatdakı hərəkəti zamanı tutduğu soyuq qaz-toz buludu olmuş, yəni qaz-toz hissəciklərinin bir-birinə yapışması, irilərinin xırdalarını cəzb edib tutması və nisbətən iri fəza cisimləri özəklərinin (protoplanetlərin) yaranmasına səbəb olmuşdur. Sonrakı akkresiya

(ətraf mühitdən alınan maddə hesabına böyümə) Yerin və planetlərin formalaşması ilə nəticələnmişdir.

Dərslərdə Yerin hazırkı təkamülü və inkişafında planetin genişlənməsi və qızması hipotezi qəbul olunur, Yerin temperaturunun artması radioaktiv parçalanma ilə əlaqələndirilir.

Kitabda planetlərin təsviri və səciyyələndirilməsində planetlərarası avtomatik stansiyaların: «Venera»lar (14, 16 və s.), «Voyacer», «Pioner», «Mariner», «Lunaxod»ların və s. gətirdikləri məlumatlardan ətraflı istifadə olunmuşdur.

Dərslər barədə veriləcək rəylər müəlliflər tərəfindən təşəkkür hissilə qəbul ediləcək, prinsipial qeyd və təklifləri Yer qabığının kimyası sahəsində özlərinin gələcək tədqiqatlarında nəzərə alacaqlar.

I FƏSİL

YER QABIĞININ ÜMUMİ KİMYASININ MƏQSƏD VƏ VƏZİFƏLƏRİ

Yer qabığının ümumi kimyasının başlıca məqsədi yaşadığımız planetin quruluşunun öyrənilməsi və onun ayrı-ayrı təbəqələrində (geosferlərdə) kimyəvi elementlərin paylanma qanunauyğunluqlarının üzə çıxarılmasıdır. Günəş sisteminin üçüncü planeti olan Yer daxili quruluşuna görə yumurtanı xatırladır, hərçənd ki, formasına görə ondan seçilir. Yumurtanın sarısı, ağı və qabığı olduğu kimi Yer də nüvə, mantiya və qabığa malikdir. Bu üç tərkib hissəsi arasındakı nisbətlər nəzərə alınarsa görürük ki, Yerin qabığı yumurtanın qabığından nazikdir. Yumurtanın qabığı onun ortalaşdırılmış radiusunun 1,1%-ni, Yerin qabığı isə onun orta radiusunun ancaq 0,63%-ni təşkil edir. Belə ki, Yerin orta radiusu 6371 km, qabığın qalınlığı materiklərdə 35-90 km, okean dibində isə 5-15 km-dir. Bilavasitə müşahidələr [Azərbaycanda Saatlıda və Rusiyada Kola yarımadasında qazılmış hədsiz dərin buruq quyuları] ilə öyrənilə biləcək qalınlıq isə 10 km-dən azacıq artıqdır. Bu isə dərinlikdə baş verən hadisələrin anlaşılmasına çətinlik törədir. Lakin geofiziki və geokimyəvi tədqiqatlar, meteoritlərin müqayisəli tədqiqi, eksperimentlər, Yerin yaranması və təkamülü barədə olan hipotezlərin analizi Yer barədə ümumi təsəvvür əldə etməyə imkan yaradır və bütün bu keyfiyyətlər geokimyaya indiyədək verilən təriflərdə qismən öz əksini tapmışdır.

Sovet geokimyə ədəbiyyatında bu elmə bir neçə tərif verilmişdir. Bunlardan görkəmli alim V.İ.Vernadskinin verdiyi tərif daha dolğundur: «Geokimyə elmi Yer qabığının kimyəvi elementlərini və Yer kürəsinin atomlarını öyrənir. O, eyni zamanda elementlərin tarixini, zaman və məkan daxilində paylanmasını, onların planetimizdəki genetik münasibətlərini tədqiq edir». Bu anlayışa A.Y.Fersmanın tərifı çox yaxındır: «Geokimyə kimyəvi elementlərin - atomların Yer qabığındakı

tarixi və onların müxtəlif termodinamik və fiziki-kimyəvi şəraitdə özlərini aparma xüsusiyyətlərini öyrənir». Son onilliklərdə geokimyaya verilən təriflərdə bu elmin məqsəd və vəzifələrini daha yığcam əhatə etməyə cəhd olunur. Məsələn, A.İ.Perelmanın (1968) geokimyaya verdiyi tərif belədir: «Geokimya elementlərin atom quruluşlarından, nüvənin və elektron örtüklərinin xüsusiyyətlərindən asılı olaraq, onların yer qabığında paylanma və özünü aparmalarını aydınlaşdırır».

Yer qabığının kimyasına yığcam və qənaətbəxş tərif vermək üçün bu elmin həll etmək istədiyi problemləri xatırlatmaq lazımdır. Bunlar aşağıdakılardır:

- Yer və onun qabığının müxtəlif təbəqələrində (geosferlərdə) kimyəvi elementlərin paylanması və mövcudluq qanunauyğunluqlarının aydınlaşdırılması;

- Yer qabığında kimyəvi elementlərin və onların təbii birləşmələrinin (minerallarının) yerdəyişmə (miqrasiya) xüsusiyyətlərinin üzə çıxarılması, onların müxtəlif sahələrdə qeyri-bərabər paylanması səbəblərinin izahı (məsələn, metalların yataq şəklində yığım yaratmaları və süxurlarda dağınıq-səpələnti halda olması səbəbi) və geosferlərdə elementlər və mineralların miqdarı və keyfiyyət müxtəlifliyinin aydınlaşdırılması;

- kimyəvi elementlərin kosmosda paylanmasının miqdarı və keyfiyyət müxtəlifliyinin qanunları. Meteoritlərin, Ayın, Merkürinin (Tirin), Veneranın (Zöhrənin), Marsın (Mərrixin) və digər planetlər və fəza cismlərinin maddəsinin öyrənilməsi;

- təbii mineralyaratma proseslərinin kimyası və bu proseslərin laboratoriya şəraitində modelləşdirilməsi;

- Yer qabığının mineral-xammal ehtiyatlarından rəşional-kompleks istifadə edilməsi, ətraf mühitin mühafizəsi, geosferlərin çirklənmədən qorunması.

Bu problemlər Yer qabığının ümumi kimyasının məzmununu əhatə edir ki, onları nəzərə alaraq bir sıra cari, konkret məsələlərin həll olunması imkanı yaranır və bu elm iki əsas istiqamətə yönəldilir:

1. Müxtəlif əyalət və vilayətlərin geokimyası, başqa sözlə, Yer qabığının ayrı-ayrı sahələrində geoloji, yaş, tektonika,

formasion-petroloji analiz və s. asılı olaraq, yer maddəsinin ilkin müxtəlif tərkibliyini əsas götürərək kimyəvi elementlərin yaşama və paylanma qanunauyğunluqlarının aydınlaşdırılması;

2. Başqa-başqa elementlərin, yaxud qohum element qruplarının geokimyası; bu və ya digər kimyəvi elementin Yer qabığının inkişafı tarixində tutduğu yer və müxtəlif termodinamik şəraitdə özünü aparması.

Bu iki istiqamət geoloq-kəşfiyyatçıların əməli işində, yəni faydalı qazıntı yataqlarının aşkar olunmasında əsas götürülməlidir və geokimyəvi tədqiqatların özülünü müxtəlif süxur kompleksləri və formasiyalarının geokimyasının səciyyələndirilməsi təşkil etməlidir.

Beləliklə, geokimya problemlərinin həlli bilavasitə süxur və mineralların tədqiqi ilə bağlıdır. Mineral və süxurlar yer qabığında gedən təbii proseslərin müxtəlif mərhələlərini xarakterizə edən elementlərin fiziki-kimyəvi sistemləridir. Deməli, geokimyanın, mineralogiyanın və petroqrafiyanın tədqiqat obyektləri uyğundur, üsulları isə müxtəlifdir.

Mineralogiya başlıca olaraq molekulları - atom komplekslərini, petroqrafiya isə molekul komplekslərini tədqiq edir. Atomların təbiətdə özünü aparmasını öyrənən geokimya üçün mineral və süxurlar atomların uzunmüddətli geoloji tarixi yolunda ancaq müəyyən mərhələdir.

Yer qabığının kimyası (geokimya) faydalı qazıntılar haqqında təlimlə sıx bağlıdır. Filiz kütləsinin morfologiyasını və maddi tərkibini öyrənərkən, yatağın yaranma şəraitini müəyyənləşdirərkən geoloqlar filizləşmənin əmələ gəlməsi və təmərküzləşməsinə səbəb olan kimyəvi proseslərlə hesablaşmalıdırlar. Yatağın genezisini, kimyəvi elementlərin paragenezisini, izomorf qarışıqları və s. bilavasitə olaraq geokimya öyrənir. Çox yayılmış minerallardakı element qarışıqlarının miqdarından asılı olaraq yatağın yaranma temperaturu hesablanır. Digər element qarışıqlardan axtarış əlaməti kimi istifadə olunur, üçüncülər isə mineral-xammaldan kompleks istismar üçün əhəmiyyət kəsb edirlər.

Geokimya Yer haqqında elmlərdən əlavə fizika və kimya elmi ilə də çox yaxındır. Bu elmlər atomun quruluşu və təbii birləşmələrin kimyəvi tərkiblərinin yaranması səbəbini aydınlaşdırmaqda geokimyaya kömək edirlər. Fizika və kimyanın istifadə etdiyi vacib tədqiqat üsulları (rentgenokimyəvi və rentgenostruktur, polyarəqrafik, radiokimyəvi, spektral, filizsilikat, atom-adsorbsion, probir və s. analizlər) geokimyada geniş istifadə edilir. Bəzi xarici ölkələrdə «Fiziki geokimya» elmi formalaşmaqdadır (F.Qordon Smit. Fiziki geokimya. M., «Nedra», 1968). Astrofizika ilə geokimyanın bir sıra problemləri müştərəkdir, belə ki, kosmik cismlərin kimyəvi tərkibinin tədqiqi Yer kürəsinin geosferlərində maddənin paylanması qanunlarını üzə çıxarır.

Hazırda geokimya ilə biologiya arasında əlaqə daha da yaxınlaşır və yeni elm budaqları (biogeokimya, paleobiogeokimya və s.) yaranır. Müasir geokimya canlı maddədə kimyəvi elementlərin miqrasiyasını əsas amillərindən biri kimi görür.

Yer haqqında elmlərin ən gənci metallogeniyaadır. Bu elm Yer qabığında metallogen elementlərin və onların təbii birləşmələrinin paylanma və yerləşmə qanunauyğunluqlarından bəhs edir, başqa sözlə, onun məqsədi geokimyanın vəzifələri ilə uyğundur. Regional metallogeniya geokimya və geotektonikanın birləşməsinin nəticəsi kimi hesab oluna bilər.

Atomlar və atom yığımlarının yaranması və inkişafı ilə bir sıra fənlər, o cümlədən mineralogiya, petroqrafiya və petrologiya, faydalı qazıntılar haqda təlim, hidrokimya, texnologiya, canlıların və bitkilərin fiziologiyası və s. məşğul olur. Həmin elmlərin hər biri atomların tarixi həyat yolunun ancaq müəyyən kəsimini əhatə edir və atomun bütün həyat yolunun izlənməsini məqsəd kimi götürümlər. Beləliklə, atomun yolu hissələrə bölünmüş olur. Hər hissə xüsusi üsullarla tədqiq olunur. Müxtəlif təbiət elmləri arasında rabitə yaratmağa kömək edən geokimya, bu elmlər tərəfindən toplanmış çoxmiqdarlı faktik materialı və çıxarışları sintez edir və maddənin daha dərin tədqiqinə imkan yaradır. Bu iş geokimyanın nə qədər böyük nəzəri əhəmiyyətə malik olduğuna sübutdur.

Yer qabığının kimyasının əməli əhəmiyyəti gündəlik həyatda, ələlxüsus geoloji-kəşfiyyat işlərində daha çoxdur. Tək onu qeyd etmək kifayətdir ki, mineral-xammalın mənşəyinin müəyyənləşdirilməsi, kimyəvi elementlər və mineralların zaman və məkan daxilində paylanma qanunauyğunluqlarının üzə çıxarılması ancaq geokimyanın vasitəsilə başa çatdırılır. Müasir texniki tərəqqinin əsasını təşkil edən nadir elementlərin yataqlarının tapılması geokimyəvi metodlarsız mümkün deyil. Geokimyanın əhəmiyyəti barədə V.İ.Vernadski yazırdı: «Geokimyanın nailiyyətlərini bilmək kimyaçı, mineraloq, bioloq, geoloq və coğraf üçün vacibdir. Onun müvəffəqiyyətləri fizikani təkmilləşdirir və təbiətşünaslığın ən ümumi problemləri ilə bağlıdır. Geokimya ilə fəlsəfi fikir hesablaşmalıdır. Faydalı qazıntı yataqları haqda təlimin başa düşülməsində geokimyanın rolu günü-gündən artır, geokimya torpaqşünaslığın və səhiyyənin tərkibinə daxil olur».

Geokimya elmi müasir geoloji problemlərin həllində bir sıra üsullardan istifadə edir. Süxurların, mineralların, müxtəlif suların, qazların, canlı maddənin keyfiyyəti və miqdarı tərkibinin tədqiqində analitik üsullardan geniş istifadə olunur. Axtarışçı geoloqlar öz işlərində ancaq konsentrasiya yaradan metallarla maraqlanır və onları 0,01% dəqiqliklə analiz edirlər. Geokimyaçıları isə maddədə olan metalın milyonda bir faizi belə cəlb edir ki, bu da elmin ümumi qanun, elementlərin hər yerdə paylanmasının səbəbini izah etmək üçün amillər aşkar edir və əsaslandırır.

Təbiətdə cüzi olan nadir elementlərin təyininə geokimyaçıları müxtəlif süxur və filizlərdən götürülmüş sınaqları əvvəlcə zənginləşdirir, sonra analiz edirlər. Bir sıra analitik üsulların dəqiqliyi yüksəkdir və süxurdakı elementin milyonda, hətta onmilyonda bir faizini müəyyənləşdirməyə imkan verir.

Geokimyanın tədqiqat üsullarından biri elementlərin dövrü cədvəlinin analizidir. Bu işə məşhur geokimyaçı A.Y.Fersman xüsusi fikir vermişdir. Elementlərin qohum geokimyəvi xassələri nəzərə alınır və onlar sistemə salınır, təsnifi sxemlər tərtib olunurdu. Qeyd etmək kifayətdir ki, Mendele-

yev cədvəlində birincidən başqa digər altı dövr qələvi elementlər - litium, natrium, kalium, rubidium, seziyum və fransium ilə başlayır. Onlardan beşi inert qazlar - neon, arqon, kripton, ksenon və radonla nəticələnir, altıncısı isə hələ bitməmişdir. 110-cu element ancaq 1988-ci ildə müəyyənləşdirilmişdir.

Dövri cədvəl hansı ionların biri-digərini izomorf əvəz edə biləcəyini aydınlaşdırmağa imkan yaradır ki, bu da faydalı qazıntı yataqlarının axtarışı və kəşfiyyatında vacib məsələlərdən biri hesab olunur. Kimyəvi elementlərin təbii qrupları - assosiasiyaları onları müşayiət edəcək nadir elementlərin proqnozuna və sənaye əhəmiyyətli yığımlarının tapılmasına gətirir. Məsələn, ultraəsasi süxurlardakı dəmir və maqnezium, onların daxil olduqları minerallarda nikelin və kobaltın olmasına imkan yaradır. Sinklə birlikdə, onun başlıca mineralı olan sfaleritdə (marmatit növü) indium, qallium, germanium, tallium və kadmiumun iştirakı mümkündür. Molibdenitin fəza şəbəkəsində reniuma, mis və kükürd kolçedanının tərkibində selenə və tellura, kiçik dənəvər qalenitdə gümüşə, sirkonda hafniuma təsadüf edirik və s.

Geokimyəvi üsullardan biri də mineralların təbii proseslərdə yaranma ardıcılığının müəyyənləşdirilməsidir. Nəticədə mineralyaratma prosesinin ardıcılığı və növbəliliyi diaqramları tərtib olunur. Bu cür diaqramlarda soldan sağa doğru filizləşmənin mərhələləri, yuxarıdan aşağıya isə bir-birini əvəz edən minerallar göstərilir. Xüsusi işarələrlə (adətən müxtəlif qalınlıqlı xətlərlə) üfüqi sıralarda tapılmış mineralların yaranma periodu və temperaturu qeyd olunur. Xətlərin qalınlığı çökmə prosesinin gərginliyini, uzunluqları isə filizyariatma prosesinin davamiyyətini əks etdirir. Geokimyəvi diaqramlar mineralyaratma hadisələrinin inkişafını əyani olaraq əks etdirir, onların zaman və məkan daxilində qarşılıqlı münasibətini nümayiş etdirir.

Metalların Yer qabığında paylanmasının anomal sahələrini üzə çıxaran geokimyəvi parametrlərin əsasında Azərbaycan alimləri bir neçə dairəvi, üçbucaqlı və çoxbucaqlı sxem-diaqramlar təklif etmişlər. Onlar geoloji-axtarış işlərinin

məhsuldarlığını xeyli artırır, eyni zamanda geoloji və geokimyəvi xəritələri tamamlayır.

Mineral xammal yataqlarının axtarılmasının geokimyəvi üsulları axırncı 20-30 il ərzində geoloji istehsalatda görkəmli yer tutur. Geokimyəvi xəritə, kəsiliş və diaqramlar yer qabığının müxtəlif regionlarında müxtəlif elementlərin anomal yığımlarının aşkar edilməsinə imkan yaradır və gizli filiz kütlələrinin tapılmasını asanlaşdırır. Geokimyəvi axtarış üsulları hazırda litokimyəvi (metallometrik), hidrokimyəvi və biokimyəvi qruplarda cəmləşdirilir.

Ayrı-ayrı süxur komplekslərinin geokimyəvi səciyyələndirilməsi məqsədilə kütləvi sınaqlar götürülür və müəyyən metalların izoxətt-geokimyəvi xəritələri tərtib olunur. Belə xəritələr və onların əsasında düzəldilmiş kəsilişlər faydalı qazıntı kütlələrinin fəzadakı yerini dəqiqləşdirir və axtarışa rəasional istiqamət verir. Qeyd edək ki, respublikamızın ərazisində geokimyəvi planalma işləri artıq başa çatdırılmışdır. Geokimyəvi xəritələr çoxkomponentli diaqramlar ilə təchiz olunduqda axtarış işlərinin effekti artır.

Regionun, yaxud filiz sahəsinin geokimyəvi xüsusiyyətləri hesablanmış konsentrasiya klarkları və artım əmsalları vasitəsilə əyani xarakterizə edilə bilər. Klark, elementlərin Yer qabığında və ya müxtəlif süxur növlərindəki orta miqdarına deyilir. Elementin sahədəki orta miqdarı litosferin klarkına bölünür və alınan rəqəm konsentrasiya klarkı adlanır. Bu anlayış V.İ.Vernadski tərəfindən təklif edilmişdir. Həmin rəqəm vahiddən çox olduqda, sahə (region) axtarılan elementlə (metalla) zənginləşmiş hesab olunur və burada xüsusi axtarış işləri planlaşdırılır.

Konsentrasiya klarkının qiymətindən asılı olaraq müxtəlif metalların artıq miqdarı ilə xarakterizə olunan geokimyəvi əyalətləri müəyyənləşdirmək mümkündür. Beləliklə, qalaydaşıyan, qızıldaşıyan, nadirmetalli və s. geokimyəvi əyalətlərdən danışıla bilər. Metallogeniya işlədilən vahidlərdən, müəyyən şərait daxilində və filiz elementləri üçün geokimyada da istifadə edilə bilər. Bir sıra metallogenik və geokimyəvi an-

layışlar sinonimdir, məsələn: metallogenik zona – geokimyəvi zona, metallogenik əyalət - geokimyəvi əyalət, metallogenik rayon - geokimyəvi rayon və s.

Geokimyadakı başlıca anlayışlardan biri də fon klarkıdır. Ola bilsin ki, elementin litosfer klarkı (K_1) müəyyən süxur üçün fon klarkından (K_f) kiçik, yaxud böyük olsun. Məsələn, misin turş maqmatik süxurlar üçün klarkı onun litosfera klarkından 2,5 dəfə kiçik, əsasi süxurlar üçün isə K_f K_1 -dən 2 dəfə artıqdır. Geoloqlar buna görə də həmişə K_f -ə fikir verməlidirlər. Kiçik Qafqazın Azərbaycan hissəsinin qranitoidlərinin öyrənilməsindən aşkar olur ki, misin miqdarı bu süxurlarda K_1 -dən çox az olsa da, burada geokimyəvi xüsusiləşmə müşahidə olunur və qranitoid plutonlarının apikal hissələrində misporfir, ştokverkşəkilli filiz sahələri formalaşır. Ordubaddakı Diyaxçay, Gədəbəydəki Xarxar və Qaradağ, Yuxarı Qarabağdakı Dəmirlı yataqları bu geoloji hadisənin sübutudur. K_f -ə nisbətən müəyyən sahədə hər hansı bir elementin artıq, yaxud əskik miqdarı artım (yüksəlmə) əmsalı adlandırılır.

Faydalı qazıntıların axtarış sahələrinin müəyyənləşdirilməsində və perspektivli regionların seçilməsində, geokimyəvi tədqiqatlar nəzərə alınır və K_1 ilə K_f arasındakı nisbət aşağıdakı dörd halı üzə çıxarmağa imkan yaradır:

1. K_1 və K_f hər ikisi müəyyən element (metal) üçün vahiddən böyükdür. Belə sahə həmin element üçün perspektivə malikdir və burada mütləq axtarış işləri aparılmalıdır.

2. K_1 vahiddən böyükdür. K_f isə vahiddən kiçikdir. Belə sahələrin perspektivliyi digər axtarış əlamətlərinin (struktur şərait, litoloji mühit, təzahürlərin varlığı və s.) köməkliyi ilə aşkar olunur.

3. K_1 vahiddən kiçikdir, K_f isə vahiddən böyükdür. Belə halda süxurların tərkibi və onların axtarılan elementlə (metalla) geokimyəvi qohumluğu nəzərə alınaraq, axtarış işlərinin xarakteri müəyyən edilir.

4. K_1 və K_f hər ikisi vahiddən kiçikdir. Belə sahələr axtarılan element (metal) üçün perspektivə malik deyil. Əgər filiz təzahürləri varsa onların səbəbi müəyyənləşdirilməlidir. Belə tə-

zahürlər ola bilsin ki, ksenotermal, yaxud teletermal genezislidir.

K_1 və K_f -in təyini geokimyəvi axtarışların başlıca amilidir və onlara süxurdan süxura keçmə qradienti, formasion analiz, struktur-litoloji faktor əlavə edilərsə filizli, yaxud boş sahələrin tədqiqi təkmil hesab edilə bilər.

Yer qabığında gedən təbii proseslər nəticəsində faydalı qazıntı yataqları pozulur, aşınır, yuyulur və onları təşkil edən elementlər yerlərini dəyişir (miqrasiyaya məruz qalır) və yataqların ətrafında geokimyəvi səpələnmə arealları yaranır. Belə areallar yaxınlıqdakı yatağın, təzahürün, filiz sahəsi və rayonunun metalları ilə zənginləşmiş olurlar. Onlar faydalı qazıntı yataqları formalaşdığı zaman damarkənarı və filizkənarı süxurların dəyişməsi əsnasında da yarana bilərlər. Birinci halda yaranmış areallar törəmə (epigenetik), ikinci halda isə ilkin (singenetik) adlandırılır. İlkin və törəmə areallarda müvafiq filiz minerallarına (mexaniki miqrasiya, şlix arealları, səpələntilər), sulu məhlullarda (bulaqlar, artezian, lay, neft və qrunut sularında) həll olmuş birləşmələrə, sorblaşmış ionlara (aşınmanın yumşaq dispers məhsullarında, torpaqlarda) və s. təsadüf edilə bilər.

İlkin və törəmə arealların tədqiqi geokimyayın ən vacib tədqiqat üsullarından biri hesab olunur və bir sıra yataqların tapılmasını asanlaşdırır. İlkin areallar məlum yataqlar və filiz kütlələrinin ətrafında yaranırlar. Elə hal ola bilər ki, areal aşınma prosesləri zamanı açılmış olsun, lakin filiz kütləsi Yer səthinə çıxmasın. Belə olduqda, axtarış işləri bilavasitə areal daxilində aparılır. İlkin və törəmə areallar əsasında axtarış işlərində bitkilərin tərkibi də nəzərə alınmalıdır. Filiz rayonları, sahələri və yataqları üzərində bitmiş ağaclar, otlar, zəmilər və s. metallarla nisbətən zənginləşmiş olurlar və axtarış işlərində indikator (göstərici) rolunu oynaya bilərlər.

Yer qabığının müxtəlif regionlarında rast olunan mineral və adi bulaqlar müəyyən parçalanmalar və iri çat sistemləri vasitəsilə yerin səthinə qalxır və öz yollarında təsadüf etdikləri süxur, filiz və qeyri-filiz minerallarının hesabına tərkiblərini

dəyişir və beləliklə, gizli və basdırılmış yataqların, filiz kütlələrinin su areallarını yaradırlar. Bunlar törəmə arealların bir növüdür. Axtarış işlərində suların quru qalıqlarının analizləri kəşfiyyat işlərinin istiqamətləndirilməsinə kömək edə bilər.

Neft, qaz və kömür yataqlarının ətrafındakı areallar karbohidrogenlər, uran yataqlarının arealları helium və radonla zənginləşir. İnert qazların torpaqlarda və suxurlarda yayılma qanunauyğunluqlarının öyrənilməsi müvafiq yataqların aşkar edilməsi ilə nəticələnə bilər.

Geokimyəvi tədqiqatlarda başqa elmlərin üsullarından da istifadə olunur. Bura birinci növbədə mineralogiyanın, petroqrafiyanın, metallogeniyanın, geoloji-struktur və formasion analizin metodları aid edilməlidir. Belə ki, geokimyəvinin tədqiqat obyektləri Yer qabığını təşkil edən çöküntülər, suxurlar, onların qarşılıqlı nisbi əlaqələri, minerallar, sular və qazlardır. Məsələn, müxtəlif çökmə, metamorfik və maqmatik suxurların səciyyələndirilməsində onların petrokimyəvi xüsusiyyətlərini bilmək və petroloji təsnifi sxemlərdən ətraflı istifadə etmək lazımdır. Sulardakı elementlərin mənşəyinin təyində suların ion formulları kara gəlir, onların çoxkomponentli, mikrotərkiblərini nümayiş etdirən diaqramlar tərtib olunur. Mineraloji analiz, xüsusən müasir mikrozonad üsullarının tətbiqi mineraldaxili elementləri, onların qarşılıqlı münasibətini müəyyənləşdirməyə və kristallokimyəvi formulların düzəldilməsinə imkan yaradır.

Maqmatik suxur komplekslərinin petroloji və geokimyəvi tədqiqi əsasında onların geokimyəvi xüsusiyyətlərinin forma və tipləri üzə çıxarılır. Bilavasitə geokimyəvi (metallogenik), petrokimyəvi, kristallokimyəvi və mobilizasiya (yığıma) olmaqla dörd forma müəyyənləşdirilir və onlar irsi və yerli (lokal) kimi iki tipdə cəmləşdirilir.

Geokimyəvi tədqiqatlar, bu elmin axtarış üsullarının geologiyada hərtərəfli tətbiqi xalq təsərrüfatının inkişafına, yeni-yeni faydalı qazıntı yataqlarının tapılmasına əsaslı dayaqdır.

II FƏSİL

YER QABIĞININ ÜMUMİ KİMYASININ İNKİŞAF TARİXİNDƏN

Geokimyəvi fikirlərin yaranması və inkişafı dağ-mədən sənayesinin, metallurgiyanın, petroqrafiyanın, xüsusən mineralogiyanın və kimyanın nailiyyətləri ilə bağlıdır. Mineralogiya və kimya haqqındakı mülahizə və fikirlər cəmləndirilərsə tamamilə geokimyaya aid oluna bilər. Və heç də təsadüfi deyildir ki, geokimya barədə ilk anlayışlar XVIII əsrin ortalarında bir qrup İsveç mineraloqlarının əsərlərində öz əksini tapmışdır. Onlar mineralların kimyəvi tərkibləri ilə əmələgəlmə şəraitləri arasındakı əlaqənin səbəbini aydınlaşdırmağa təşəbbüs etmişlər.

«Təbiətin sistemləri» adlı məşhur əsərin müəllifi K.Linney (1707-1778) bitkilərin və canlıların təsnifatında ikili (cins və görkəm) nomenklatura düzəltmiş və bu işi minerallara da tətbiq etmişdir. Lakin K.Linneyin tərkib-forma sistemi sonralar özünü doğrultmamışdır. A.Kronştet (1702-1765) kimyəvi tərkib əsasında mineralların təsnifatını tərtib etməyə çalışmışdır. Qeyd edək ki, XVIII əsrdə bizə məlum olan 107 kimyəvi elementdən ancaq 17-si haqda kifayət qədər məlumat var idi. Bu elementlər karbon, fosfor, kükürd, dəmir, nikel, kobalt, mis, sink, mərgümüş, qızıl, gümüş, qalay, sürmə, platin, civə, qurğuşun və bismutdur. Onlardan kobalt və nikeli A.Kronştet özü kəşf etmişdir. Kimyanın və mineralogiyanın inkişafı XVI əsrdə alman alimi Paraselsin (1493-1541) yaratdığı «əsas başlanğıc» adlanan mistik təsəvvürün tərəfdarları tərəfindən ləngidilirdi. Deyilən təsəvvürə görə hər maddənin başlanğıcı yanardır - «floqistondur». Guya ki, istənilən metal mürəkkəb maddə olub əhəngdən və «floqistondan» ibarətdir. Yandırıldıqdan sonra floqiston aradan çıxır və metallik əhəng qalır. O zaman oksigen barədə məlumat yox idi və yanmanın səbəbi məlum deyildi. Yanmanın oksigen nəzəriyyəsi sonralar

müasir kimyanın banisi olan fransız alimi Lavuazye (1743-1794) tərəfindən yaradılmışdır.

A.Kronştet mineraloji terminologiyanı əsaslı olaraq dəyişmiş, mineralogiyadan basdırılmış orqanizmləri (paleontoloji qalıqları) çıxarmış, filiz minerallarının xassələrinin və kimyəvi tərkibinin tədqiqində hərtərəfli lehim borusu üsulundan istifadə etmişdir. Qeyd edək ki, lehim borusundan zərgərlər indi də istifadə edir və bu üsuldan axır zamanlara qədər Bakı Dövlət Universitetinin və Azərbaycan Neft və Kimya İnstitutunun laboratoriyalarında tələbələrə təlim verilirdi. XVIII əsrdə kimyəvi reaksiyaların təbiəti barədə aydın fikirlərin olmamasına baxmayaraq, Kronştet təbii birləşmələrin - mineralların öyrənilməsinə Yerin kimyasının (geokimyanın) tədqiqi kimi baxırdı.

Yerin kimyası nisbətən yeni elm olsa da, onun ən yaxın qohumu - mineralogiya Yer haqqında elmlərin ən qədim qollarından biridir. Bu elmin (mineralogiyanın) kökü ibtidai icma cəmiyyətindən başlayır. Qədim insanlar mineralların tərkibi ilə tanış olmasalar da onların lazımı xassələrini bilir, mineralardan silah, istehsal alətləri düzəldir və mağara şəkilləri çəkmək üçün təbii rənglər tapırdılar. Minerallar haqda olan ilk yazılı məlumatlardan biri eramızdan 500 il əvvəl çinli San Xay Dinin manuskriptidir (əlyazmasıdır). Bu yazıda 17 mineralın, başlıca olaraq sərbəst tapılan metalların - qızılın, gümüşün, misin, civənin və s. adları çəkilir. Deməli, mineralogiya və bəsit geokimya bir yerdə inkişaf etməyə başlamışlar. Mineralogiya sahəsində birinci kitab yunan filosofu Teofrastın (eramızdan əvvəl 372-287-ci illər) «Daşlar haqda» traktatıdır. Teofrast öz əsərində 16 mineralın təsvirini verir. Eramızın birinci əsrinin 67-ci ilində Vezuvi vulkanının püskürməsi zamanı həlak olmuş Pliniy minerallara həsr edilmiş 4 kitab xatirə qoymuşdur.

Mineralogiyanın inkişafında əsrlərcə davam edən fasilələrə təsadüf edilir. Böyük Pliniydən sonra olan fasilə X-XI əsrə qədər, təqribən min il olmuşdur. X-XI əsrdə Şərqi görkəmli mütəfəkkir və alimləri Əl-Biruni (972-1048) və Əbu Əli ibn

Sina (980-1037) mineralların öyrənilməsində yeni səhifə açmışlar. Bu alimlər mineralların təsvirində fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri nəzərə almış və məlum təbii birləşmələri sistemə salaraq onların ilk təsnifatını yaratmışlar. Geokimyanın məqsəd və xüsusiyyətləri baxımından Əl-Biruni və ibn Sina bu elmin həqiqi banilərindərlər. Ümumiyyətlə, dünyanın birinci geokimyəçisi Əbu Əli ibn Sinadır.

Mineralogiya və geokimyanın tarixində ikinci fasilə, Avropa alimlərinin azərbaycanlı mütəfəkkirlər Nəsrəddin Məhəmməd Tusi və Əvhədi Marağalının təbiətşünaslığa dair işləri ilə tanış olmadıqlarından, XI-XVI əsrlər arasındadır. Avropada Aqrikola adı ilə məşhur olan Georq Bauerin 1556-cı ildə və məşhur rəssam Leonardo da Vinçinin 1502-ci ildə yazdıqları mineralogiyaya dair işləri barədə tarixdə məlumat var. Görkəmli rəssamın işlərinin xarakteri nəzərə alınarsa, belə qənaətə gəlmək olar ki, o, mineralogiyadan çox geokimya ilə məşğul olmuşdur.

XVIII əsrdən başlayaraq mineralogiya elmi daha sürətlə inkişaf etməyə başlamışdır. Bu elmə dair yüzlərcə məqalələr və kitablar nəşr edilmişdir. Rusiyada mineralogiyanın əsasını M.Y.Lomonosov qoymuşdur. Onun «Yerin qatları barədə» kitabında mineralogiya barədə də məlumat əldə etmək olar. Hazırda mineralogiyadan müxtəlif dillərdə, o cümlədən azərbaycanca onlarca tədris vəsaiti və dərsliklər nəşr olunmuşdur.

Başlıca olaraq minerallara, onların kimyəvi və fiziki xassələrinə həsr edilmiş Xacə Məhəmməd Nəsrəddin Tusinin XIII əsrdə yazdığı «Tənsuqnameyi Elxani» («Cəvahirnamə») kitabının mineralogiyanın tarixində xüsusi əhəmiyyəti vardır. Bu əsər XIII əsrin Azərbaycan şairi Əvhədi Marağalının hidrotermal proseslərin geokimyasına olan baxışları ilə birlikdə orta əsrlər Azərbaycan təbiətşünaslığının yüksək inkişaf səviyyəsini sübut edir. Qeyd edək ki, Əvhədi Marağalı mineralyaratmanın yerdaxili təbiətini mənşum şəkildə ifadə etmişdir. O, Yer haqda elmlərdəki plutonistlər məktəbinin banisi hesab edilə bilər. Marağalının fikirləri indi də özünün yeniliyini itirməmiş və müasir hipotezlərlə tam uzlaşır. Peqmatitlərin

geokimyası və mineralogiyası, morfoloji xüsusiyyətləri isə Nəsrəddin Tusinin yuxarıda adını çəkdiyimiz əsərində öz yerini tapır.

Qafar Kəndli tərəfindən farscadan Azərbaycan dilinə tərcümə edilmiş Nəsrəddin Tusinin «Cəvahirnamə» əsəri ilə tanış olduqda aydın olur ki, o, mineralların təsvirində onların fiziki və kimyəvi xüsusiyyətlərinə diqqət yetirmiş və onun yunan mənbələri haqda məlumatı olmuşdur. Nəsrəddin Tusi və Əvhədi Marağalının əsərləri ilə tanış olduqdan sonra belə qənaətə gəlirik ki, onlar Azərbaycanın birinci mineraloq-geokimyacılarıdır.

«Cəvahirnamə» əsərində qiymətli daşlarla yanaşı markazit, hematit, maqnetit, qranat, kvars, kaolinit, kalsit, ortoklaz və bir sıra üzvi mənşəli mineralların təsviri və onların kimyəvi xassələri göstərilmişdir. Hindistanın, Hindi-Çinin, Orta Asiyanın, Sərəndibin (Şri-Lankanın), Afrikanın və Azərbaycanın qiymətli daşları və başqa təbii birləşmələri olan peqmatit, təmas və hidrotermal yataqlarının yaranması və onların fəzada yerləşmə qanunauyğunluqlarının aşkar edilməsi üçün fikirlər irəli sürmüşdür.

Nəsrəddin Tusi «Cəvahirnamə» əsərində yaqutun 30, zümrüdün isə 11 növünün səciyyəvi xüsusiyyətlərini araşdırmışdır. Qeyd etmək lazımdır ki, bu mineral daşların hər birinə ayrı-ayrılıqda müstəqil minerallar kimi baxılır.

«Cəvahirnamə» əsərində yaqutun təsvirinin müasir mineralogiya elminə dair kitablarda olan fikirlərlə müqayisəsi maraqlıdır. Azərbaycan alimi yaqutun (korundun), qırmızı, göy, sarı və ağ növlərini müəyyənləşdirmişdir. Korundun şəffaf-qırmızı növü ləl (rubin), sarı növü Şərqi topazı, ağ növü leykosapfir, göy növü isə sapfirdir. Məlumdur ki, qeyd edilmiş qiymətli daşlara Yer kürəsində peqmatit adlanan kütlələrdə təsadüf edilir. Məşhur sovet alimi A.Y.Fersman və digər mütəxəssislər təbii şəraitdə əldə edilmiş geoloji cismlərin geokimyasına aid elmi əsərlər yazmışlar. Peqmatitlərdə qiymətli daşlarla yanaşı dağ bülluru, topaz, ortoklaz, sirkon, lepidolit və s. minerallar da tapılır. Nəsrəddin Tusi yaqutun 12 növünü

göstərmişdir. Bizim fikrimizcə, yaqutun bülluri kvars (alim qeyd etmişdir ki, bu növ yaqutdan yüngüldür), sarı topaz (yaxud sirkon), mavi, lacivərdi və nili (tünd göy) növləri safirin müxtəlif dərəcələrdə rənglənmiş şəkildəyişmələri, qırmızı növü rubin (nəcib şpinel, yaxud qırmızı qranat - pirop), bozumtul növü isə tüstülü kvarsdır (yaxud rauxtopaz).

Nəsrəddin Tusi zümrüdü səciyyələndirərkən qeyd edirdi ki, onun əsas vətəni Məğrib (Mərakeş), Misir və başqa ölkələrdir. Mineralogiyaya aid ədəbiyyatlardan məlumdur ki, zümrüdün yataqları Afrikada (məsələn, Misirdə) və Avropanın bir sıra ölkələrində mövcuddur. Zümrüdün şəkildəyişmələrindən mavi-yaşıl akvamarinə və daha açıq-yaşıl berilə Tusi oxşar adlar vermişdir. Alimin təyin etdiyi «bəhri» növ dəniz suyunu xatırladır və onun indiki adı akvamarindir (latın sözü olub, akva-su, marin- dəniz deməkdir). Akvamarin və berillə birlikdə peqmatit damarlarında tapılan morionu (qara bülluru), saci (səyqəli; Tusi qeyd edirdi ki, o, «cilalanmış dəmir kimidir, öz şəklini onda görə bilərsən» rauxtopazı (tüstülü kvarsı) isə zülmani növ adlandırır («onun orta hissəsini görmək olmur»). Alim fərz edirdi ki, bu daşlar təbiətdə uzunsov formada olmalıdır. Həqiqətən də zümrüd, akvamarin, berill, marion kristalları uzunsov-prizmatik görkəmə malikdirlər. Zümrüd və onun növlərinin fiziki xassələrini göstərərəkən Nəsrəddin Tusi yazırdı: «Zümrüd tez sınır (kövrəklik), əyə ilə yonulmur (sərtlik)».

Almaz haqqında Nəsrəddin Tusinin kitabında oxuyuruq: «Hindistanın şərqində yerləşən adalarda və çaylarda almaz olur. Yaqut mədənlərində də almaz parçaları tapmaq olar». Təbiətdə almazla birlikdə şəffaf-qırmızı rəngli qranata (Orta əsrlərdə belə qranatlar ləl-yaqut kimi qəbul olunurdu), xüsusən çayların qumlarında tez-tez təsadüf olunur. Sibir çaylarının qumlarındakı yaqutlar (qırmızı qranatlar - pirop) Qərbi Yakutiyanın almazdaşıyan kimberlit borularının tapılmasında vacib rol oynamışlar. Bizim fikrimizcə, burada qırmızı daş tapıldığından Yakutiya ölkəsinə, sibir türkləri belə ad vermişlər: «yaqutlar vətəni» - Yaqutiya.

Almaza təbiətdə çoxüzlü kristallar - oktaedrlər şəklində rast gəlinir. Nəsrəddin Tusi qeyd edir: «Bilmək lazımdır ki, almazın üzləri çoxdur». İndiki dövrdə yaqutları süni olaraq sintez edirlər. Rusiyanın bir neçə şəhərlərində yaqutların iri zavodları var. Aydın məsələdir ki, analoji müəssisələr dünyanın digər şəhərlərində də mövcuddur. Bu səbəbdən dünya bazarında daşın (yaqutun) qiyməti hazırda aşağı düşmüşdür. Tusi zamanəsində 3 karatadək (1 karat 0,2 qramdır) almazın qiyməti yaqutdan ucuz idi, 3-5 karat həcmində daşların qiyməti bərabərləşirdi və bu məsələni Tusi nəzərə almışdır: «Almazın qiyməti qırmızı yaqutun qiymətinə bərabərdir».

Nəsrəddin Tusinin kitabında firuzənin xassələrinə fikir verilir: «Firuzənin eybi odur ki, o daş və torpaqla qarışıq olur». Yer qabığına firuzə aşınma səthində yaranır və beləliklə, onun daş-torpaqla qarışıq olmasının səbəbi aydınlaşır. Kitabda qiymətli daşlardan əqiq və mərcan da özlərinin mineraloji-kimyəvi keyfiyyətlərini tapırlar.

Geokimya baxımından Nəsrəddin Tusinin «Cəvahirnamə»sində maqnetitin təsviri çox maraqlıdır: «... Miqnatis nə qədər böyük olsa o qədər də böyük dəmiri özünə cəlb edir». Dəmirin mineralları maqnetit və hematitin Tusi tərəfindən qeyd edilmiş maqnetitin miqnatis adlandırılması onun yunan mənbələri ilə tanışlığına sübutdur. Yunan rəvayətlərinə görə Makedoniyadan olan bir çoban elə bir daş tapır ki, bu daş onun dəmir əsasını və çəkməsinin mıxlarını özünə cəlb edir. Çobanın adı Maqnes olduğundan sirli daşın adı maqnes qalır. Tusi maqnetitin qırmızı və qara növlərini müəyyənləşdirir və qeyd edir ki, bu mineralı Qırmızı dənizdən çıxarırlar. Bilirik ki, dəmirin iri sənaye əhəmiyyətli yataqları çökmə yolla yaranır və dəniz sularından hidrohematit çökə bilər. Tusinin kitabında miqnatisin müalicə əhəmiyyətindən bəhs olunur. Hazırda Avropa ölkələrində və Yaponiyada maqnetit qolbaqlardan geniş istifadə olunur.

XIII əsr Azərbaycan mineraloqunun əsərində digər mineralların da kimyəvi-mexaniki xüsusiyyətlərinə fikir verilmişdir.

Geokimyanın başlıca məqsədlərindən biri Yer quruluşunun onun tərkibindən asılı olaraq öyrənilməsidir. Bu sahədə M.V.Lomonosovun (1711-1765) fikirləri diqqəti cəlb edir. 1763-cü ildə çapdan çıxmış «Yerin qatları haqda» kitabında M.V.Lomonosov yazır: «Yerin dərinlikləri bax belədir: bunlar qatlardır, bunlar başqa maddənin damarcıqlarıdır ki, dərinlikdə təbiət tərəfindən yaradılmışdır. Qoy onların müxtəlif vəziyyətinə fikir versinlər, rənglərinə, ağırlıqlarına baxsınlar və fikirlərin izahı üçün riyaziyyat, kimya və fizika ilə məsləhətləşsinlər». Lomonosovun fikirlərinə diqqət versək bu qərara gələrik ki, yer qatlarının (geosferlərin) dərinliyə doğru ağırlıqlarının (sıxlıqlarının, xüsusi çəkirlərinin) dəyişməsinin səbəbləri həqiqətən də petrologiyanın və geofizikanın nailiyyətləri ilə bağlıdır, başqa sözlə desək, riyaziyyat, fizika və kimyanın Yer haqqında elmin inkişafında rolu M.V.Lomonosov tərəfindən 200 il bundan əvvəl düzgün söylənilmişdir.

M.V.Lomonosov filiz damarlarının onları saxlayan süxurlardan yaşca fərqləndiyini qeyd etmişdir. O, filiz damarlarının tərkib müxtəlifliyini nəzərə almış və mineralların yaranma ardıcılığının, hidrotermal məhlulların təkamülünün müasir hipotezlərinə çox yaxınlaşmışdır. Torfun, daş kömürün və neftin məhv olmuş canlı aləmlə əlaqəsi barədə Lomonosov fikir yürütmüşdür. Lomonosovun faydalı qazıntı yataqlarının axtarılması üçün göstərdiyi əlamətlərdən bir neçəsi geokimyəvi səciyyə daşıyır. Məsələn, suların minerallaşması, Yer səthinə çıxan filiz cismlərinin rəngi, bitkilərin müxtəlifliyi, sulfid yataqlarının oksidləşmə zonasında torpaqların çökməsi və s.

XVIII əsrdə Saksoniyada fizika, kimya və dağ-mədən sənayesi çox inkişaf edir, mineraloji tədqiqatlar aparılır. Başda A.Q.Verner (1750-1817) olmaqla Freyburq mineraloqlar məktəbi yaranır. Qonşu ölkələrə də müsbət təsir göstərmiş bu məktəbə sonralar İ.A.Breythaupt (1791-1869) rəhbərlik edir. Verner mineralogiyanı «Kimyəvi mineralogiya» da daxil olmaqla bir neçə hissəyə ayırmışdı. O, özünün «Damarların yaranmasının yeni nəzəriyyəsi» (1791) adlı əsərində bütün süxurların əmələ gəlməsini okean sularında gedən çökmə prosesləri

ilə bağlayırdı. Filiz damarları isə alimin fikrincə, okean suları süxurlardakı çatlar boyu dərinliyə süzüləndə peyda olurlar. Beləliklə, Verner süxur və filizlərin sularla əlaqədar olaraq yaranmasını təbliğ edir və onun təsiri altında «neptunistlər» məktəbi yaranır. «Neptunistlərin» əleyhinə D.Xettonun başçılıq etdiyi «Plutonistlər» çıxış edirdi. Xetton «Yerin nəzəriyyəsi» əsərində vulkan məhsullarının təzahürünün səbəblərini və süxurların Yerə dərinliklərində dəyişməsinə ardıcıl olaraq izah edirdi. Filiz yataqlarının maqma ilə əlaqədar olaraq yaranmasının hipotetik əsasını Xetton qoymuşdur. Mineralogiya və filiz yataqları haqda təlim inkişaf etdikcə Yerə qabığında gedən təbii proseslərin kimyasına daha çox nəzər yetirilirdi və gələcək geokimyəvi hipotezlərin əsası qoyulurdu.

Rus alimi V.M.Severginin adı (1765-1826) rus təsviri mineralogiyasının əmələ gəlməsi ilə bağlıdır. Severgin mineraları tədqiq edərkən fiziki xassələrlə bir sırada kimyəvi əlamətlərə də çox fikir verirdi. Geokimyə baxımından onun «Mineralogiyanın ilkin əsasları, yaxud faydalı qazıntıların təbii tarixi» və «Metallik filizlərin kimyəvi yoxlanılmasına rəhbərlik» (1798, 1801-ci illər) əsərləri diqqətəlayiqdir. Həmin işlərdə Severgin geokimyəvi anlayışlardan mineralların təbii assosiasiyalarını, onların paragenезisini əsaslandırır. Paragenезis anlayışının məğzini əhatə edən «qonşu minerallar» terminini verir. Bu termin altında o, mineralların birgə tapılmasını başa düşür və yazırdı ki, süxurlar və onların tərkiblərindəki qonşu mineral yığımlarının əlaqəli tədqiqi filizlərin və rəngli daşların axtarışına xeyli kömək edə bilər. Breythaupt «mineralların paragenезisi» terminini Severgindən 50 il sonra (1849) tətbiq etmişdir.

XVIII və XIX əsrlərdə geokimyəvi fikirlər müxtəlif alimlər tərəfindən söylənilir. A.Humboldt canlıların ətraf mühitə təsirini öyrənmişdir. Xladin və başqaları meteoritləri öyrənərək, xeyli faktik material toplamışlar ki, bu da Yer kürəsinin və kainatın digər cismlərinin elementar kimyəvi tərkibinin eyniliyini isbat etməyə imkan yaratmışdır. Neptunistlərin nümayəndəsi Bişof və plutonist Eli de Bomon sularda və

maqmatik proseslər zamanı elementlərin miqrasiyasına dair geokimyəvi faktlar toplamışlar.

«Geokimya» kəlməsi birinci dəfə 1838-ci ildə işlədilmişdir. Bu anlayış altında Yer kürəsini təşkil edən maddənin kimyəvi tərkibini və mənşəyini öyrənən elm nəzərdə tutulurdu. Qeyd edək ki, geokimyanın müasir tərifı həmin anlayışa tamamilə uyğun gəlir. Lakin, geokimya müstəqil bir elm kimi ancaq XX əsrdə formalaşmışdır.

XIX əsrin axırı və XX əsrin əvvəlində kimya, fizika və geologiyanın əldə etdiyi nailiyyətlər Yərə aid olan bir sıra problemlərin həllinə imkan yaratdı. Yer kürəsində və meteoritlərdə elementlərin paylanma qanunauyğunluqlarının müəyyənəndirilməsi başlıca məsələlərdən idi. Məsələnin həlli ilə ABŞ-da Klark, Rusiyada isə V.İ.Vernadski məşğul idi. Göstərilən problemlə yanaşı, geokimyanın digər məsələləri: kimyəvi elementlərin miqrasiyası haqda təlim, elementlərin Yerin maddəsində səpələnməsi və konsentrasiyalar yaratmasının səbəbləri, izomorfizm, biokimya və radiokimyanın əsasları öyrənilirdi.

XX əsrdə geokimyanın inkişafında üç başlıca istiqamət müəyyənəlməmişdi. Bunlardan birincisi Klark, İra və Valter Noddaklar, Heveşi, Panet və s. tərəfindən irəli sürülmüşdü. Onlar geokimyanın əsas məsələsini planetimizin və onun müxtəlif hissələrinin - süxurların (litosferin), hidrosferin və atmosferin miqdarının kimyəvi tərkibinin öyrənilməsini hesab edirdilər. Tədqiqatlar zamanı yığılan minlərcə analizlər bu məsələnin həllini mümkünəşdirirdi. Lakin, elmin məqsədini ancaq kimyəvi elementlərin yer qabığında yayılmasında görmək tam istiqamət sayıla bilməzdi.

İkinci istiqamətə başçılıq edən V.M.Qoldşmidt (1883-1947) geokimyanın ən vacib məsələsini kimyəvi elementlərin minerallarda və süxurlarda yayılması səbəbinin izahında görürdü. Bu, kristallokimyəvi istiqamət idi və müasir geokimyanın inkişafına çox kömək etmişdir. Lakin belə iş elmin məqsədini dar çərçivəyə alırdı. Elementlərin süxur və minerallarda paylanmasında ion və atom radiuslarının ölçüsünə fikir verilir,

onların yerdəyişməsi, səpələnti və konsentrasiyalar yaratmasının digər amilləri, demək olar ki, nəzərə alınmırdı.

Üçüncü, nisbətən progressiv istiqamət V.İ.Vernadski və A.Y.Fersman tərəfindən formalaşdırılmışdır. Bu iki rus alimi elmin başlıca məqsədini təbiətdə elementlərin miqrasiya (yerdəyişmə) səbəblərinin izahında görürdülər. Belə olduqda kimyəvi elementin və onun təbii birləşmələrinin zaman və məkan daxilində paylanması, elementlərin yer qabığındakı miqdarı münasibətləri müəyyənləşdirilir və Yer kimyası barədə tam təsəvvür yaranırdı. V.İ.Vernadski və A.Y.Fersmanın geokimya sahəsindəki işləri - V.V.Dokuçayev, K.D.Qlinka, F.Y.Levinson - Lessinq, D.S.Belyankin, A.P.Vinoqradov, M.S.Qaşqay, H.X.Əfəndiyev və s. tərəfindən davam etdirilmişdir.

V.V.Dokuçayev Rusiyada elmi torpaqşünaslığın əsasını qoymuşdur. O göstərmişdir ki, torpaq müstəqil tarixi-təbii kütlədir və dağ süxurlarına iqlimin, suyun, havanın, canlı orqanizm və bitkilərin birgə təsiri nəticəsində əmələ gəlmişdir. Aydın məsələdir ki, bu işdə süxurların geoloji yaşı və torpağın yarandığı qədim (paleorelyef) və müasir relyefin xüsusiyyətləri nəzərə alınmalıdır. Beləliklə, Dokuçayev biogeokimyanın əsas faktorlarından birini, torpağın kimyəvi elementlərin miqrasiyasında (yerdəyişməsində) rolunu müəyyənləşdirmişdir. Yer qabığında gedən aşınma prosesləri ilə onun tələbəsi Qlinka məşğul olmuş, aşınma qabığının geokimyasının öyrənilməsinə təkan vermişdir. F.Y.Levinson-Lessinq və D.S.Belyankin Leningrad Politexnik İnstitutunun geokimya bölməsinin əsasını qoymuşlar. Süxurların kimyəvi tərkiblərinin qısa ifadəsi məqsədilə F.Y.Levinson-Lessinqin təklif etdiyi maqmatik formullar indi də müvəffəqiyyətlə tətbiq olunur.

Dünya geokimya elminin inkişafı tarixində V.İ.Vernadskinin rolu xüsusi qeyd olunmalıdır. Onun əsərləri müasir Yer kimyası elminin əsasını təşkil edir. Geokimyanın başlıca problemləri Vernadski tərəfindən müəyyənləşdirilmiş və hazırda təkmilləşdirilir və inkişaf etdirilir. Öz müəllimləri D.İ.Mendeleyevin və V.V.Dokuçayevin kimya və torpaqşü-

naslıq haqda olan fikirlərinin mineralogiyaya tətbiqini əsas götürərək Vernadski genetik mineralogiyanın əsasını qoymuşdur. Beləliklə, təsviri mineralogiyanın nəzəri əsasları yaranmış, atom tədqiqat obyektinə çevrilmiş və atomların zaman və məkan daxilində özünü aparmasını öyrənən elm - g e o - k i m y a yaranmışdır.

V.İ. Vernadski və onun ardıcılları A.Y. Fersman, Y.V. Samoylov və başqalarının tədqiqatlarında canlı aləm və radioaktiv elementlərin geokimyası xüsusi yer tutmuşdur. Onların işləri gələcəyin elmləri - biokimyayının (daha doğrusu, biogeokimyayının) və radiogeologiyanın əsasını təşkil etmişdir.

Vernadskinin geokimyası Klark təlimindən fərqlənir və planetimizin müxtəlif sahələrinin kimyəvi tərkibinin öyrənilməsindən əlavə, kimyəvi elementlərin tarixi, zaman və məkan daxilində paylanması və hərəkəti, genetik münasibətləri ilə də məşğul olur. Vernadski yer qabığının, hidrosferin, atmosferin və biosferin kimyasının öyrənilməsinə xüsusi əhəmiyyət vermişdir. O, Rusiyada birinci dəfə mineralların tərkibinin öyrənilməsində spektral analizlərdən istifadə etmiş, nadir elementlərin mineraldaxili varlığını aşkara çıxarmışdır. Səpələnti, xüsusi təbii birləşmələrini-minerallarını yaratmayan elementlər anlayışını geokimyaya Vernadski gətirmişdir. Vernadski Yer qabığında, okean və dənizlərdə, atmosferdə paylanma miqdarlarından asılı olaraq elementləri dekadalara bölmüşdür. Geokimyayın ümumi problemləri ilə bir sırada silisiumun, manqanın, bromun, yodun, karbonun və radioaktiv elementlərin geokimyası Vernadskinin «Geokimyayın oçerkləri» əsərində ətraflı səciyyələndirilir.

XX əsrin yeni elmlərindən biri olan biogeokimya kimyəvi elmlərin geoloji tarixində orqanizmlərin rolundan bəhs edir. Orqanizmlər, o cümlədən insan özlərində bir sıra kimyəvi elementləri, xüsusilə biogen elementləri - oksigen və hidrogen nəzərə alınmazsa, karbonu, dəmiri, silisiumu, fosforu, kalsiumu, qələviləri və s. toplayır. Digər tərəfdən orqanizmlər bu elementlərin dağılmasına səbəb olur, belə ki, onlarca kimyəvi element daşıyan mikroorqanizmlər qaz kimi biosferin hər tə-

rəfinə yayılırlar. Elementlər orqanizmlərdə xüsusi halda yaşayır və yaşıl bitkilərin fotosintez vasitəsilə topladığı enerji ehtiyatını saxlayır.

Bir qrup elementlərin radioaktivliyi müəyyənləşdirildikdən sonra Vernadski bu hadisənin səbəblərini aydınlaşdırmağa cəhd etmişdir. Radioaktiv metalların insan cəmiyyətindəki gələcək rolunu ilk dəfə dərk edən alimlərdən biri Vernadskidir.

Müasir geokimyayın banilərindən biri A.Y.Fersman öz elmi-yaradıcılıq fəaliyyətini faydalı qazıntı minerallarının mənşəyinin öyrənilməsinə və tərkibinin tədqiqinə həsr etmişdir. O, bu və ya digər mineral yığını yaradan proseslərin səbəbini izah etməyə çalışmışdır. Fersman klark anlayışının mahiyyətini izah etmiş və geokimyə elmində müəllifi kimi tanınmışdır. Onun təklifi ilə çəki klarkları ilə yanaşı, atom klarkları da hesablanmışdır, bu isə geokimyəvi sistemlərdə atomların nisbi miqdarı haqda düzgün təsəvvür yaranmasına imkan vermişdir. Fersman tərəfindən ilk dəfə işlənmiş klarkların loqarifmik ayrılması müxtəlif elementlərin təbiətdə artıqlığının, yaxud çatışmazlığının səbəbini aydınlaşdırır. Klark probleminin əməli əhəmiyyətinə o, xüsusi fikir vermişdir. Fersman izomorfizmin başlıca prinsiplərini izah etmiş və Mendeleev sistemində kimyəvi elementlərin tutduqları yerdən asılı olaraq izomorfizm ulduzları anlayışının nədən ibarət olduğunu müəyyənləşdirmişdir. Müasir geoloji-kəşfiyyat işlərində izomorfizm bir sıra nadir element yataqlarının tapılmasının əsas amillərindəndir.

Müasir geokimyayın tələbələrə hərtərəfli izahı geokimyəvi təsnifatlar əsasında aparılır. Belə təsnifatlardan birini Fersman təklif etmiş və öz sxemində əsasi və orta süxurların, turş törəmələrin və sulfid yataqlarının elementlərinin dövri sistemdə tutduqları yeri əsaslandırılmışdır. Fersman elementlərin təbiətdə miqrasiyasının amillərini dəqiq analiz etmiş, geokimyəvi sistemlər haqda təlimi inkişaf etdirmiş, filizlərin təmərküzləşməsi prosesinə və hiperqen proseslərə xüsusi diqqət yetirmişdir.

Qazoenergetik nəzəriyyə Fersman tərəfindən ətraflı izah edilmişdir. O, kristallik şəbəkənin enerjisinin hesablanması üçün universal üsul təklif etmiş və geokimyaya eklər (enerji payları) anlayışını gətirmişdir. Qazoenergetik nəzəriyyə geokimya, mineralogiya, petrologiya və filiz yataqları haqda təlimlərin uzun illər boyu yığdığı faktik materialı ümumiləşdirir və mineralların məhlullardan kristallaşma ardıcılıqlarını izah edir; yataqların maqmatik massivlər ətrafında qanunauyğun paylanması səbəblərini göstərir. Bu təlim qütbi izomorfizm hadisəsini və kristallaşmanın aqpaıt ardıcılığını sadəcə izah edir. Həmin təlim əsasında mineralizatorların (minerallaşma katalizatorlarının) rolu və təbii birləşmələrin müxtəlifliyinin sərhəd daxilində olması aydınlaşır.

V.İ.Vernadski və A.Y.Fersmanın fikirləri onların davamçıları olan geoloqlar kollektivi tərəfindən hərtərəfli inkişaf etdirilmiş və müasir geokimyayı dünya elm aləminin qabaqcıl sıralarına çıxarmışdır. Keçmiş SSRİ-də geokimya problemləri ilə məşğul olan bir sıra elm və istehsalat müəssisələri var idi. Sonralar filiz Yataqlarının Geologiyası, Petroqrafiyası, Mineralogiyası və Geokimyası İnstitutunun geokimya bölməsi, Kristalloqrafiya İnstitutu, Nadir Elementlərin Mineralogiyası, Geokimyası və Kristallokimyası İnstitutu. Keçmişdə mövcud olan SSRİ EA-nın biogeokimya laboratoriyası hazırda V.İ.Vernadski adına Geokimya və Analitik Kimya İnstitutuna çevrilmişdir. MDB respublikalarının geologiya institutlarının hamısında geokimya laboratoriyaları var. Geologiya Nazirliyinin idarələrində geokimya ekspedisiyaları və geokimyəvi axtarışlarla məşğul olan iri dəstələr fəaliyyət göstərir.

Müasir geokimya çoxşaxəli elm sahəsinə çevrilmişdir. Onun başlıca problemləri ilə müstəqil olaraq atmogeokimya, hidrogeokimya, biogeokimya, litogeokimya, endogen, ekzogen və metamorfogen proseslərin geokimyası, okeanın geokimyası və s. elmlər məşğul olur. Geokimyanın daha dəqiq bölünməsinə təşəbbüslər edilir. Ayrı-ayrı elementlərin (beriliumun, borun, uranın, səpələnti metalların, volframın və s.), müxtəlif faydalı qazıntı növlərinin və onların axtarışının (filiz-

axtarışı geokimyası, hidrogeokimya) geokimyası müstəqil təlimlər kimi formalaşdırılır. Analitik geokimyaya, izotopların geokimyasına, nüvə geokimyasına və bu elmin digər qollarına həsr olunmuş geniş tədqiqat sahələri yaranır. Landşaftın geokimyası, torpaqlarda nadir və səpələnti elementlərin geokimyası, Azərbaycanca əsas qoyulmuş paleobiogeokimyanı da qeyd etmək lazımdır. Geokimyanın yeni qolları xalq təsərrüfatının tələbatından asılı olaraq təzahür edir.

Geologiya ilə fiziki kimyanın təmasında fiziki geokimya elmi formalaşmışdır. Bu elm Yer qabığında gedən fiziki-kimyəvi prosesləri, maddənin quruluşunu, sülb məhlulları, fəza qanunlarını, silikat sistemlərini, heterotermiya və barotermiyayı tədqiq edir. Fiziki geokimyadan çap olunmuş onlarca məqalələr və kitablar mineralogiyada, petrologiyada, filiz yataqları haqda təlimdə hərtərəfli istifadə olunur. Fiziki geokimyanın bir elm kimi yaranmasında A.N.Zavaritskinin, D.S.Korjinskinin, N.V.Belovun, V.A.Nikolayevin, V.S.Sobol-yevin, X.S.Məmmədovun A.Rinqvudun, Q.Smitin, V.Fayfın, R.M.Qarrelsin və başqalarının böyük rolu olmuşdur.

Geokimya elminin ən yaxın qohumları geologiya, kosmokimya, kimya və fizikadır. Nəzəri və əməli geokimyanın həll etdikləri problemlər içərisində XX əsrdə irəli sürülən vacib məsələlər aşağıdakılardır:

1. Yer qabığında və geosferlərdə, müxtəlif regionlarda, əyalətlərdə, massivlərdə, süxur kompleksləri və formasiyalarda, süxur növləri və minerallarda kimyəvi elementlərin miqdar və keyfiyyətə paylanması;

2. Kimyəvi elementlərin kosmosda keyfiyyət və kəmiyyətə paylanması. Meteoritlərin, Ayın və Yer tipli planetlərin, digər fəza cismlərinin maddəsinin öyrənilməsi;

3. Təbii minerallyaratma proseslərinin geokimyası. Bu proseslərin laboratoriya şəraitində bərpası, əməli və fikri eksperiment;

4. Müxtəlif geokimyəvi proseslərdə elementlərin fazalar üzrə paylanma qanunauyğunluqları; elementlərin təbiətdə mövcudluq formaları;

5. Tərkibləri, mikroqarıışıqları və xassələrindən asılı olaraq mineralların geoloji tarixi və tipomorfizmi;

6. İzotopların geokimyası;

7. Yerin təbii resurslarından rasional istifadə, ətraf mühitin mühafizə problemləri.

Bütün adı çəkilən problemlər və onlarla bağlı olan məsələlər müasir geokimyə elmi tərəfindən müzakirə olunur, müxtəlif üsullarla həll edilir; onların hamısı kimyəvi elementlərin geosferlərdə paylanması, yerdəyişməsi ilə əlaqədar olub bu elmin əsasını təşkil edir.

İkinci dünya müharibəsinə qədər bir neçə klassik əsər nəzərə alınmazsa, geokimyəvi tədqiqatlar məhdud inkişaf edirdi. Geoloqlar arasında ancaq V.M.Qoldşmidt və onun məktəbinin nümayəndələrinin (Norveç, sonra Almaniyada), P.Niqqlinin (İsveçrə), H.Heveşinin, Valder və İda Noddakların (Almaniya) əsərləri məşhur idi. P.N.Niqqli və keçmiş SSRİ-də A.N.Zavaritski geokimyə və petroqrafiyanın təmasında yaranmış yeni elmin - petrokimyənin banilərindərlər. Onların təklif etdikləri süxurların kimyəvi tərkiblərinin ədədi xarakteristikaları ilə ifadə olunma əmsalları hazırda bütün dünyada maqmatik süxur kompleksləri və formasiyalarının öyrənilməsində geniş tətbiq sahəsi tapır. Azərbaycanda petrokimyəni M.Ə.Qaşqay inkişaf etdirmişdir. İkinci dünya müharibəsindən sonra geokimyə və geokimyəvi ideyalar geniş inkişaf edir, Yerin və yer tipli planetlərin geokimyəvi modelləri yaranır.

Fin alimləri K.Rankama və T.Saxama (1970) ABŞ-da 912 səhifəlik «Geokimyə» kitabını nəşr etdirmişlər. Kitabda Yerin geosferlərinin kimyəvi tərkibini səciyyələndirən yeni hesablamalar verilmişdir. Lakin burada o dövrün sovet alimlərinin nailiyyətləri nəzərə alınmamışdır, bu da onun əhəmiyyətini xeyli aşağı salır. Bilirik ki, XX əsr geokimyəsini V.İ.Vernadski və A.Y.Fersmansız təsəvvür etmək mümkün deyil. Həmin kitabda geokimyənin nəzəri problemlərinə fikir verilmədiyindən o ancaq empirik xarakter daşıyır.

Yeni Zelandiya alimi Brayan Meyzonun «Geokimyaynı prinsipləri» (ikinci çapı 1959-cu ildə çıxmışdır) Rankama və Saxamanın «Geokimya»sından müsbət mənada fərqlənir. Burada 1950-ci ilə qədər olan geokimyəvi fikirlərin hamısı, qısa olsa da cəm olunmuş və bir sıra maraqlı təsəvvürlər (maqmatik differensiasiya zamanı maqnezium silikatlarının bəsit hücrələrinin parametrlərinin böyüməsi, Yerin tarixində atmosfer və hidrosferin təkamülü, oksidləşdirici-reduksiya reaksiyalarının geokimyası və s.) mütəxəssislərin nəzərinə çatdırılmışdır.

Müasir geokimyacılar içərisində xarici alimlərdən Meyzonun, Arensin, Baddinqtonun, Qarrelsin, Ferhuqenin, Bartın, Korrensin, Krauskopfun, İngersonun, Ramberqin, Vikmanın, Kurodanın, Rankamanın, petroloqlardan Bouenin, Ternerin, Tirelin və b. adı çəkilməlidir. Təqdim olunan dərsləkdə, keçmiş sovet alimləri ilə bir sırada, adı çəkilən geokimyacı və petroloqların işlərindən hərtərəfli istifadə olunmuşdur.

Mütəxəssislər və tələbələr geokimyaynı problemlərinə həsr olunmuş monoqrafiya, dərslək və tədris vəsaiti kimi əsaslı əsərlərdən - V.İ.Vernadskinin «Geokimyaynı oçerkləri» (SSRİ EA-nın nəşri, 1958), A.Y.Fersmanın 4 cildlik «Geokimya» (Dövlət kimyanəşr, 1935-1939), A.P.Vinoqradovun «Okeanın geokimyasına giriş» («Nauka», 1967), B.Meyzonun «Geokimyaynı əsasları» («Nedra», 1971), A.A.Saukovun «Geokimya» («Nedra», 1968), A.İ.Tuqarinovun «Ümumi geokimya» («Atom» nəşr, 1973), B.A.Qavruseviçin «Ümumi geokimyaynı əsasları» («Nedra», 1968), Q.T.Siborq və E.Q.Velensin «Kainatın elementləri» («Nauka», 1966), F.Qordon Smitin «Fiziki geokimya» («Nedra», 1968), A.İ.Perelmanın «Epigenetik proseslərin geokimyası» («Nedra», 1968), V.V.İvanovun «Hidrotermal yataqların səpələnti elementlərinin geokimyası» («Nedra», 1966), A.A.Beusun «Litosferin geokimyası» («Nedra», 1972), V.F.Barabanovun «Geokimya» («Nedra», 1985), S.Ə.Bəktaşinin «Geokimya» (ADU nəşri, 1972) və başqalarından istifadə edə bilərlər.

III FƏSİL

YERİN QURULUŞU VƏ GEOSFERLƏRİN YARANMASI

Biz bu dərsləyin birinci fəslində planetimizi yumurtaya oxşatmışıq. Lakin qeyd etməliyik ki, Yer formaca yumurtdan çox seçilir və onun radiuslarının çox cüzi fərqi imkan verir ki, planetimizin ideal kürə şəkilli fəza cismi olması fikrinə gələk. Bu kürənin diametri cəmi 12,7 min kilometrdir.

Yer Günəş sisteminin üçüncü planetidir. Günəşə ən yaxın birinci planet Merkuri (Şərq aləmində adı Tirdir), ikinci isə Veneradır (Zöhrə). 4-cü planet Mars (Mərrix, yaxud Bəhram) da daxil olmaqla bu fəza cismlərinə Yer qrupu planetləri deyilir və hazırda onların geokimyası müqayisəli öyrənilir.

Günəşlə Yerin arasındakı məsafə 150 mln. km-dir və bu uzunluq 1 astronomik vahid adlandırılır. Planetimizin aşağıdakı ölçüləri var:

1. Yerin qütbi diametri (cənub və şimal qütb nöqtələri arasındakı ən qısa məsafə) - 12714 km.
2. Ekvatorial diametr (qərb və şərq arasındakı ən qısa məsafə) - 12757 km.
3. Planetin ortalasdırılmış radiusu - 6371 km.
4. Kobaltsaxlayan nikelli dəmir nüvənin iç qatının ümumi qalınlığını ifadə edən radius - 3473 km.
5. Mərkəzi (daxili) sülb nüvənin radiusu - 1250 km.
6. Sülb nüvəyə qədər yer səthindən olan məsafə - 5121 km.
7. Ümumiyyətlə, Yerin nüvəsinə (mərkəzi, keçid qat və xarici maye nüvənin qalınlıqları cəmi) qədər olan məsafə - 2900 km.
8. Yer mantiyasının orta qalınlığı - 2840 km.
9. Yer qabığının orta qalınlığı - 60 km.
10. Yerin kütləsi - $5,98 \times 10^{27}$ qram.
11. Yerin həcmi - $1,083 \times 10^{12}$ km³.
12. Yerin orta sıxlığı - 5,517 q / sm³.

Yer təbəqəvari quruluşa malikdir. Başqa sözlə desək, o, başlıca olaraq 3 sferik qatdan (geosferdən) ibarətdir: nüvə, mantiya və yerin qabığı. Hər qat öz növbəsində üç təbəqədən ibarətdir. Bu barədə gələcəkdə məlumat veriləcəkdir.

Yerin təbəqələrdən ibarət olması qədim dövrlərdən məlumdur və bu barədə həm elmi, həm də dini kitablarda danışılır. Yer təbəqələrdən ibarət quruluşu R.Dekartın, Q.Leybinsin, J.Buffonun, A.Humboltun, E.Züssün və b. hipotezlərində söhbət açılır. Bu barədə ilk klassik nəzəriyyə E.Züssə məxsusdur.

Müasir geokimyada Yer təbəqələri geosferlər adlandırılır. Geosferlər bir-birindən kimyəvi tərkibləri və fiziki xassələri ilə seçilir. Onların qarşılıqlı əlaqəsi V.İ.Vernadski tərəfindən sistemə salınmışdır.

Geosferlərin qalınlığı və kimyəvi tərkibləri dünya mütəxəssisləri tərəfindən mübahisələrə səbəb olur. Bu barədə məlum fikirlərin müqayisəli ifadəsi cədvəl şəklində verilir (cədvəl 1).

Cədvəl 1

Qoldsmid (1922)	Vaynqton (1925)	Fersman (1933)	Baddington (1943)	Bullen (1947)	Kapustinski (1956)	Qutenberq-Bullen (1967)
Yerin qabığı						
0-120 km	0-40 km	0-70 km	0-70 km	0-60 km	0-100 km	0-40 km
Adi silikatlar	qranit, bazalt	qranit, bazalt	qranit, bazalt-dunit	qranit, bazalt	normal kimya zonası	qranit, metamorfik süxurlar, qabbro, bazalt
Mantiya						
120-1000 km	40-1500 km	70-1200 km	70-1000 km	60-2900 km	100-2900 km	40-400 km
eklogit örtüyü 1000-2900 km sulfidli oksid örtüyü	peridotit toboqası 1500-2900 km a/ferrosporit, b/lito-sporit	peridotit örtüyü 70-1200 km peridotit örtük, 1200-2450 km filiz örtüyü	kristallaşmamış peridotit 1000-2500 km a/dəmir-nikelli meteorit silikatları; b/dəmir sulfid qatı	kristallaşmış dunit	qoyri-adi kimya zonası, eklogit örtüyü	Yuxarı mantiya (pirolit, metasilikatlar üstünlük təşkil edir); 400-1000 km keçid zonası (pirolit); 1000-2900 km. Aşağı mantiya (pirolit, ortosilikatlar üstünlük təşkil edir)
Nüvə						
2900-6471 km nikelli dəmir	2900-6471 km nikelli dəmir	2450-6471 km nikelli dəmir	2500-6471 km nikelli dəmir	2900-6471 km a) maye nikelli dəmir; b) sülb rükelli dəmir	2900-6471 km a) «O» kimya zonası b) izotermik zona	2900-5120 km xarici maye nüvə, 5120-5154 km keçid zonası, 5154-6371 km mərkəzi sülb nüvə

Geosferləri müasir kosmik və geofiziki tədqiqatlarla əsaslandırılan axırncı sxem 1973-cü ildə B.Qutenberq və K.Bullen tərəfindən təklif edilmişdir (cədvəl 2).

Geosfer (örtük)	Sərhəddin dərinliyi (km-lə)	Kütlə 10^{25} q	Kütlə faizi
Yerin qabığı	0-Moxo	2,4	0,004
Yuxarı mantiya	Moxo-400	62,0	10
Aralıq zonası	400-1000	100,0	17
Aşağı mantiya	1000-2900	245,0	41
Xarici maye nüvə	2900-5154	177,0	30
Daxili (mərkəzi) sülb nüvə	5154-6371	12,0	2

Cədvələ əlavə olaraq qeyd edək ki, digər müasir sxemlərdə Yerin dərinliyinə doğru, nüvədə 5020-5154 km arasında nüvənin maye-sülb keçid qatı müəyyənləşdirilir. Daha sonra Azərbaycan alimləri Akif Əlizadənin və Əkrəm Kərimovun geofiziki, mikroseysmlərlə əsaslandırılan tədqiqatları aşağı və yuxarı mantiya arasındakı keçid qatının sərhədlərinin 800-1500 km olduğunu sübut edir və biz bu barədə mantiya bəhsində məlumat verəcəyik.

Yerin qabığının qalınlığı qitələrin altında 30-50 (hərdən 90), okean dibində isə 10-15 (bəzən 5) km-dir. Qabıq ilə yuxarı mantiya arasındakı təmas səthinə, onu birinci dəfə müəyyənləşdirmiş Yuqoslaviya alimi Moxoroviçiçin adı verilmişdir. Bu səth qısa olaraq *m o x o* sərhədi adlandırılır.

Moxodan aşağı, 400 km-ə qədər dərinliyi yuxarı mantiya tutur. 400 km-dən başlamış 1000 km-dək seysmik dalğaların sürəti tədricən və daima artır, daha sonra sürət tənzimlənir və 2900 km-də kəskin dəyişir. Ona görə də bütün mütəxəssislərin ümumi fikri 2900 km sərhədinin nüvənin təmas zonası olmasıdır. Mülahizə olunur ki, mantiya ilə bilavasitə haşiyələnən nüvə kobalt saxlayan nikelli dəmirin maye xəlitəsidir və 5000 km-dən yerin mərkəzinədək həmin tərkibli daxili sülb nüvə yerləşir.

Yerin hesablanmış orta sıxlığı $5,517 \text{ q/sm}^3$ -dir. Lakin Yerin qabığını təşkil edən süxurların orta sıxlığı bu qiymətdən demək olar ki, iki dəfə aşağıdır ($2,8 \text{ q/sm}^3$). Yerin mərkəzinə doğru sıxlığın artması iki cür izah oluna bilər: a) mantiya və nüvəyə doğru ağır metalların miqdarının artması b) yüngül

minerallarda baş verməsi mümkün ola biləcək faza dəyişmələri. Məsələn, hamıya məlum olan, Yer qabığında ən çox yayılmış minerallardan kvarsın xüsusi çəkisi 2,65-dir. Bu mineralın xüsusi çəkiləri müvafiq olaraq 4,35 və 2,95 olan stişovit və koesit kimi, eyni tərkibli şəkildəyişmələri var. Güman etmək olar ki, silisium oksidi Yerin qabığında kvars, yuxarı mantiyasında koesit və aşağı mantiyasında stişovit şəklindədir. Mantiyanın başlıca mineralları olan piroksen və olivində də həmçinin belə faza dəyişmələrini gözləmək olar.

Yer kürəsi öz oxu ətrafında və günəşətrafi orbit üzrə hərəkəti zamanı Günəş, Ay və başqa fəza cismləri onun ekvatorial müstəvisinin bu ya digər tərəfində qərar tuturlar. Fəza cismlərinin qravitasiya cazibə qüvvəsinin təsirindən Yerdə ehtizazi hərəkətlər yaranır. Belə hərəkətlər nutasiya adlandırılır və ulduzların kainatdakı vəziyyətini dəqiq təyin etməklə ölçülür. Ehtizazi hərəkətlərin gözlənilən ölçüsü Yerin maddəsinin onun daxilində paylanmasıdan asılıdır. Taxta təkərin dəmir örtüyü kimi, əgər ağır elementlər Yer kürəsinin xarici təbəqəsində toplaşsa idi, planetdə rəqsi hərəkətləri mürəkkəbləşərdi. Bu hadisə bəsit, bircins şəraitdə daha yaxşı gedir. Keçən əsrin axırlarında astronomlar və fiziklərə aydın oldu ki, Yerin mərkəzində ağır nüvə yerləşmişdir. Sonralar nüvənin tərkibi və ölçüləri hipotetik olaraq müəyyənləşdirildi.

Yerin yaranmasına həsr olunmuş hipotezlərin əksərində güman olunur ki, planetimiz ilkin qızmar kütlədən törəmişdir. Yerin hazırkı halı həmin kütlənin fəzada təkamülü və soyumasının nəticəsidir. XX əsrin ikinci yarısında yaranmış hipotezlər belə mülahizəni şübhə altına alır. Bir sıra mütəfəkkirlər indi də Yerin Günəşdən qopması fikrinin tərəfdarıdır. İlkin Yer maddəsinin soyuq qaz-toz dumanlığı olması hipotezinin də tərəfdarı çoxdur. Lakin heç kəs Yer nüvəsinin qızmar olmasına zidd çıxmır. Dərin şaxtalar və buruq quyularında aparılan müşahidələr göstərir ki, dərinliyə doğru hər 1km-də hərarət 25°C artır. Kola yarımadasında və Saatlı rayonunda qazılan dərin quyular temperaturun daha çox sürətlə artmasını sübut edir. Həm də o qədər də böyük ($1000-1500^{\circ}\text{C}$) temperatur la-

zım deyil ki, mövcud dağ süxurları ərisin və lavanı xatırladan kütləyə çevrilsin.

Qabıqdan mantiya və nüvəyə doğru temperaturun bu cür sürətli artımı daim davam edə bilməz; belə olduqda planetimizin mərkəzinin hərarəti Günəşinkindən artıq olardı. Hər halda 1987-ci ildə məlumat verilirdi ki, Yerin mərkəzinin temperaturu Günəşin səthində olduğundan çoxdur və bu da geoloqları düşünməyə məcbur edir.

Beləliklə, müasir geologiya və astronomiyanın qarşısında iki problemin həlli durur:

1. Yer kürəsi keçmişdə qızmar maddədən yaranmışdır, hazırda sıxılır, soyuyur, həcmi azaldır; bu geoloji müddət (yüz milyon illərlə ölçülən) ərzində baş verən prosesin səbəbinin izahı;

2. Yer və onun qonşuları (Ay, Mars, Venera və s.) ilkin soyuq qaz-toz maddəsinin geoloji müddət ərzindəki təkamülünün məhsuludur. Yerin temperaturunun səbəbi radioaktiv parçalanmadır və hazırda Yer öz həcmi artırır, qızır, genişlənir və bu prosesin mükəmməl əsaslandırılması.

Verilən iki mülahizəyə əsaslanaraq Yerin yaranmasının üç modeli irəli sürülür:

1. Yer Günəşdən, onun yanından keçən başqa bir ulduz tərəfindən qoparılmış, ulduzun Yeri aparmağa gücü çatmamış və planet anasının (Günəşin) cazibə sahəsində, orbitində saxlanılmışdır. O, keçmişdə Günəş temperaturu olmuş, hazırda soyuyur və sıxılır. Onun ilkin qızmar maddəsi məkan və zaman daxilində təkamül edir, ağırlıq gücü altında hissələrə ayrılır (qravitasion diferensiasiyaya məruz qalır) və bu səbəbdən planetin nüvəsi (sıxlıq 10 q/sm^3 –dən çoxdur), mantiyası (sıxlıq 3,3-dən yuxarıdır və aşağı mantiyada 5-7 q/sm^3 – a çata bilər) və qabığı (orta sıxlıq 2,8 q/sm^3) müstəqil geosferlər kimi formalaşmışdır.

2. Genişlənən fəza cismi modeli. Burada iki variant mövcuddur. Birincidə uçucu komponentlərin (su buxarları və qazların) rolu nəzərə alınmır, ikinci isə bilavasitə uçucu komponentlərlə bağlanılır. Güman olunur ki, Yer əmələ gəldikdən

sonra yaşadığı birinci yüz milyon illərdə onun daxili təzyiqi indikindən çox olmalı idi. Bu təzyiq qazların (uçucu komponentlərin) Yerin daxilindən çıxmasına mane olur, mantiya və nüvənin müstəqilləşməsini çətinləşdirirdi. Süxur və filiz yataqları, bu modelə əsasən, Yerin formalaşmasından çox-çox sonra təzahür etməlidir.

3. Soyuq, sabit qravitasiyalı günəşdənkənar yaranma. Bu modelə əsasən Yerin qabığı və mantiyasının, temperaturun artması şərti ilə riyazi diferensiasiyası mülahizə olunur. Lakin eksperimental petrologiya sübut edir ki, maddənin ərimə fazasında əhəmiyyətli qravitasion diferensiasiya imkan xaricindədir və Yerin kütləsinin cəmi 1 milyard il ərzində qızması, müasir süxur və filizyaratma prosesləri şəraitinə uyğunlaşması «soyuq» nəzəriyyə ilə izah edilə bilməz.

Yerin yuxarı geosferləri barədə maraqlı fikri A.P.Vinoqradov söyləmişdir. Onun fikrincə Yer qabığının aşağı bazalt təbəqəsi yuxarı mantiyanın selektiv əriməsi nəticəsində yaranır. Bu fikir hər üç modelə tətbiq oluna bilər və Yer haqda elmdə etiraz səbəb olmur.

Yuxarıdakı modellərin petroloji-geokimyəvi analizi göstərir ki, üç başlıca geosfer: qabıq, mantiya və nüvə Yerin formalaşdığı ilk milyon illərdən inkişafa başlamışdır. Qravitasion təkamül və cazibə qüvvələri ağır elementlərin Yer kürəsinin mərkəzində toplaşmasına və nüvəni yaratmasına, yüngül elementlərin isə mantiyadan ayrılaraq Yerin qabığının əmələ gəlməsinə səbəb olmuşlar. Təkamülün başlanğıcında orta geosfer-mantiya durur.

YERİN QABIĞI

Planetimizin mərkəzindən hesablasaq Yerin qabığı 7-ci və ən nazik geosferdir. Bu anlayış altında Moxo sərhədindən üstə çökmə süxurlarla örtülmüş bazalt-qranit təbəqə nəzərdə tutulur. Çökmə törəmələr hər yerdə qranit, yaxud bazalt geosferlərinin üzərində yatmır və elə sahələr var ki, biz orada bi-

lavasitə qranitlərə, digər ərazilərdə isə bazaltlara təsadüf edirik. Misal üçün keçmiş SSRİ-də Baltik və Ukrayna qalxanlarını, Baykal-Amur magistralı xəttini göstərmək olar. Bu sahələr dünyanın yaşı milyarda yaxın olan ən qədim süxurlarının yayıldığı yerlərdir. Okean dibində isə çox zaman qranit qat olmur, bazalt qabıq sularla yuyulur.

Geologiyada Yerin qabığı litosferin üst təbəqəsi hesab olunur. Yaxın keçmişdə Yer qabığı və litosfer eyni anlayış kimi qəbul olunurdu. Lakin indi litosferə yuxarı mantiyanın astenosfer üzərində yerləşən üstü və Yer qabığını əhatə edən geosfer kimi baxılır. Maqmatik ocaqlar və dərin fokuslu zəlzələlərin mərkəzləri (hiposentrləri) qalınlığı 250-400 km arasında dəyişən astenosfer daxilində yerləşir. Lakin qeyd edilməlidir ki, hiposentrləri 700 km dərinlikdə olan zəlzələlər də mövcuddur, ələlxüsus Kamçatka-Kuril-Yapon adaları qövsündə.

Yerin nüvəsi, mantiyası və qabığının kimyəvi tərkibi barədə olan nəzəri məlumatlar meteoritlərin öyrənilməsi ilə əldə edilir. Bu geosferlərin sərhədi isə seysmik dalğaların yayılma sürəti əsasında müəyyənləşdirilir. Materiklərdə belə dalğaların sürəti 35-70 km/s-dək, dərinlikdə 6,5-7 km/saniyədən 8 və daha artıq km/s-dək artır. Belə düşünmək olar ki, həmin dərinliklərdə Yer maddəsinin tərkibi, kimyəvi elementlərin yığılımı və onların yaratdıqları süxur və mineralların tərkibinin dəyişməsi dalğa sürətinə təsir edir. Sürətlərin dəyişdiyi zona Yerin qabığı ilə mantiyası arasındakı sərhəddir. Yerin qabığının maksimum dərinliyi iri dağ silsilələrinin, minimumu isə okean dibinin altına təsadüf edir. Qitələrdə qalınlıq 70 və daha çox (Hindiquş dağlarının altında 90 km-dir), okean dibində isə 5-15 km-dir. Respublikamızda Yer qabığının qalınlığı 45-55 km-dir.

Seysmik dalğalar Yer qabığının bilavasitə daxilində belə sabit sürətə malik deyil. Yuxarıdakı qranit örtükdən aşağıdakı bazalt qatına keçdikdə onların sürəti artır. Qranit və bazalt geosferləri arasındakı təmas müstəvisi Konrad sərhədi adlanır.

Yer qabığının vacib geoloji, geokimyəvi və antropoloji əhəmiyyəti var. Burada biz kimyəvi elementlərin dövri cədvəlinin nümayəndələrinin hamısına rast gəlirik.

Materiklərin Yer qabığı başlıca olaraq üç qatdan (geosferdən) ibarətdir: çökmə-sedimentasiya, qranit və bazalt. Bu üç geosferin yaranmasında beş proses iştirak edir:

1. Yer qabığının qədim süxurlarının aşınması, yuyulması, yaranmış qırıntı materialının çay dərələri və dağ yamaqları boyu yerdəyişməsi, vulkan fəaliyyətinin məhsulları ilə birlikdə dənizlərin, göllərin, okeanların dibində, düzənliklərdə və çökəkliklərdə toplanması. Bu proses zamanı aydın laylılığa malik olan çökmə-sedimentasiya geosfer yaranır;

2. Artıq yaranmış çökmə-sedimentasiya örtüyünün deformasiyaya uğraması və müxtəlif səciyyəli qırışıqların əmələ gəlməsi;

3. Qabıqaltı maqmanın fəaliyyəti, intruzivlərin qabığa soxulması, maqmanın Yer səthinə çıxaraq püskürməsi ilə nəticələnən vulkan fəaliyyəti;

4. Çökmə, püskürmə və intruziv süxurların metamorfizmi;

5. Qranitləşmə ilə nəticələnən, dərinlikdə gedən metasomatik dəyişmələr.

Vulkanogen və çökmə süxurlar Yer səthinin çökəkliklərində, birinci növbədə okean və dənizlərin dibində toplanırlar. Vulkan fəaliyyəti Yer qabığının dərinlik çat və parçalanmaları ilə bağlıdır. Lava həmin çatlar vasitəsilə Yer qabığının dərinliklərindən qalxır, püskürür və müxtəlif formalı vulkan qurğuları yaradır. Vulkanlar yer səthinə ərinmiş xəlitədən başqa kül, süxur qırıntıları, su buxarları və toz buludları da tullayır. Dəniz dibində gedən vulkan fəaliyyəti tufların yaranmasına səbəb olur. Vaxtaşırı baş verən dənizdibi vulkan fəaliyyəti lava və tuf qatlarının gillər, qumlar, karbonatlı və silisiumlu lillərlə növbələnməsinə səbəb olur. Bunların hamısı birlikdə üstədən olan təzyiq nəticəsində sıxlaşır və Yer qabığının ən üst, nazik vulkanogen-çökmə örtüyünü yaradır. Dəniz dibindəki vulkan fəaliyyəti və çöküntü toplanması uzun geoloji müddət ərzində

baş verirsə, yaranan qatın qalınlığı kilometrərlə ölçülür. Daha sonra Yer qabığının üfqi və şaquli hərəkətləri bu qatları qırışdırır və onlara müxtəlif yatım formaları verir.

Qırışıqlıq yaranma prosesində süxur layları əzilir, bir-birinin üzərinə yüklənən sistemlər peyda olur və sonrakı tektonik hərəkətlər nəticəsində onların forması dəfələrlə dəyişir. Qırışıqlıq yaradan qüvvələr daim sabit olmur: onlar bəzən güclənir (qırışıqlıq eraları), bəzən də zəifləyirlər. Yerin dərinliyindən çat və parçalanmalar boyu qalxan maqma qırışıqları yarır, süxurları qismən öz içərisində əridir, yeni-yeni dəyişmələrə səbəb olur. Bu proseslərin kimyasının öyrənilməsi Yerin inkişaf tarixini başa düşməyə imkan yaradır.

Yerin qabığının quruluşu ilə onu təşkil edən süxurların kimyəvi tərkibi arasında müəyyən əlaqə var. İntruziv və püskürmə süxurlarını silisium oksidinin miqdarından asılı olaraq ultraəsasi, əsasi, orta və turş növlərə bölürlər. Ayrıca olaraq qələvi süxurlar müəyyənləşdirilir. Belə süxurlarda qələvilərin (natriumun və kaliumun) miqdarı digər törəmələrdən artıqdır. İntruziv süxurlar iri dənəvər olub, gövdə formalarına görə ətraf mühitdən seçilirlər. Onlar massivlər yaradır, intruzivlərin effuziv analoqları isə örtük və axımlar əmələ gətirir. Belə süxurların yaradıcısı maqmadır. Müasir hipotezlərə görə maqma Yerin üst mantiyasında formalaşır. Güman olunur ki, üst mantiyanın tərkibi şpinelli və qranatlı peridotitlərdən ibarətdir. Lakin ondan ayrılan maye-xəlitə silisium oksidi ilə daha zəngindir və bazalt tərkibliidir.

Astenosfer adlanan yuxarı mantiyanın üst qatı okeanların altında təqribən 60 km və materiklərdən aşağıda 100-120 km dərinlikdən başlayaraq 250-400 km-dək davam edir. Mantiya tərkibli süxur qarışıqlarının müvafiq temperatur və təzyiq şəraitində tədqiqi astenosferin maddəsi barədə müəyyən təsəvvür yaradır. Belə ki, bu geosferin tərkibi 1:3 nisbətində bazalt və ultraəsasi süxur maddəsindən ibarətdir. Belə qarışığa pirolit deyilir (piroksen və olivin kəlmələrinin birləşməsidir).

Yer qabığını və yuxarı mantiyanı kəsən çatlar boyu bazalt maqması yuxarıya hərəkət edir, müxtəlif istiqamətli tek-

tonik pozulmaların kəşidəkləri yerdə maqmatik ocaqlar formalaşır. Dərinlikdəki təzyiq və temperatur şəraitində maqmatik xəlitə uzun müddət kristallaşmır və daim astenosferdən qidalanır, həcmi genişləndirir və hərərətini ətraf çöküntülərə verir. Maqmanın uzun müddət soyumadan yaşaması onda daxili dəyişikliklərin getməsinə səbəb olur, kristallaşma diferensiasiyası başlayır.

Müxtəlif kimyəvi tərkibli mineralların maqmadan kristallaşması çox yavaş və tədricidir. Əvvəlcə çətin əriyən dəmir, maqnezium və kalsiumun orto- və metasilikatları, qismən əsasi tərkibli alümosilikatlar kristallaşır. Yaranan mineral dənələri maqmada asılı halda olur və ağırlıq qüvvəsinin təsirindən maqmatik kameranın dibinə enirlər; beləliklə, ocağın yuxarı hissəsi ağır komponentlərdən azad olur və maqma aşağıda ağır və yuxarıda yüngül olmaqla iki hissəyə bölünür. Yüngül hissə silisium oksidi ilə daha da zənginləşir. Maqmanın tədrici hissələrə ayrılaraq kristallaşması ultraəsasidən turşa doğru süxur sıralarının yaranması ilə nəticələnir; ideal sıra bu cür ifadə oluna bilər: dunit-piroksenit – peridotit-qabbro-qabbro-diorit-diorit-kvarşlı diorit-qranodiorit-qranit. Azərbaycanda belə təkmil süxur sırasına Kəlbəcər və Laçın rayonlarında təsadüf edilir.

Maqma hərəkəti zamanı çökmə-metamorfik süxurlarla təmas edərkən onların bir hissəsini tutur, daxilində əridir və tərkibini dəyişir. Bu hadisə assimilyasiya adlanır. Assimilyasiya çox zaman maqma kamerasının tavanı uçarkən baş verir. Çox zaman assimilyasiya maqmanı turşlaşdırır, onda silisium oksidinin miqdarını artırır. Assimilyasiyadan sonrakı kristallaşma qranit, qranodiorit, qranosienit, adamellit və s. kimi turş və turş-orta süxurların yaranması ilə nəticələnir. Assimilyasiya proseslərinin iştirakı ilə yaranmış süxurlara Naxçıvan MR-in, Cənubi Azərbaycanın və indiki Ermənistanın ortaq ərazisində yerləşən Mehri-Qaradağ (İran)-Ordubad mürəkkəb plutonunun törəmələri əyani misaldır.

İri həcmli maqma çat və parçalanmalar boyu Yer səthinə hərəkəti zamanı hidravlik press kimi toxunduğu kənar

süxur qatlarını qaldırır, onları yarıır və təması boyu tərkiblərini dəyişərək yeni süxurların – metasomatitlərin əmələ gəlməsinə səbəb olur. Belə hadisələr Mehri-Qaradağ-Ordubad, Daşkəsən-Zurnabad, Gədəbəy, Dəlidağ və Mehmana intruzivlərinin təmas zonalarında yaxşı ifadə edilmişdir. Daşkəsən və Ordubadın metasomatitlərində gözəl formalı qranat, kalsit, amethyst, epidot və s. mineralların kristallarına rast gəlinir.

Bəzən, mantiya tərkibli əsasi və ultraəsasi süxurlar gərgin qırıxıqlıqlardan əvvəl yaranmış olur və sonrakı deformatsiyalarda iştirak edirlər. Artıq soyumuş belə intruzivlər köklərindən ayrılaraq dərinlik çatları boyu Yer qabığının üst mərtəbələrinə qalxırlar. Köksüz intruzivləri geologiyada protruziya adlandırırlar. Azərbaycan alimi M.S.Qaşqay tərəfindən hələ 30-cu illərdə öyrənilmiş belə massivlər Kəlbəcər və Laçın rayonlarında vardır.

Vulkan püskürmələri zamanı, həmçinin ardıcıl süxur sıraları yaranır. Azərbaycan geoloqları tərəfindən belə sıralar Qazax-Qarabağ zonasında müəyyənləşdirilmişdir və onlara ardıcıl diferensiasiyaya məruz qalmış bazalt-andezit-dassit-riolit forması kimi baxılır.

Süxur sıralarının yaranmasında qələvilər iştirak etdikdə əsasi və ultraəsasi süxurların əmələ gəlmə şəraitinin fiziki-kimyəvi mühiti dəyişir. Bu prosesə assimilyasiyanın təsiri vardır. Kənar süxurların mənimsənilməsində (assimilyasiyada) maqmadakı oksidlərin nisbilyi dəyişir və natriumlu-kaliumlu süxur kompleksləri peyda olur. Belə süxurların səciyyəvi nümayəndələri turşdan əsasiyə doğru qranosienitlər, kvarşlı sienitlər, sienitlər, monsonitlər, şonkinitlər, teşenitlər, nefelinli sienitlər və s.-dir. Azərbaycanda onlara Talışda, Ordubadda, Kəlbəcərdə və Gəncənin yaxınlığında rast gəlinir.

Qeyd etdik ki, peridotit və piroksenitlər mantiya tərkiblidirlər. Belə süxurlar iki qrupda cəmləşdirilir. Onlardan biri bazaltik maqma ilə bağlı olub, silisium oksidi cəhətdən kasıbdır və qırıxıqlıq qurşaqlarının geoloji inkişafının ilk mərhələlərində formalaşırlar və qabbro-dunit-piroksenit forması süxur sırası verirlər. Təmiz peridotitlər isə başqa geoloji şərai-

tin məhsuludur. Onlar bilavasitə mantiyadan sıxılır və Yer qabığına dərinlik çatlari vasitəsilə sülb şəkildə gətirilirlər. Peridotitlərə bu səbəbdən geoloji ədəbiyyatda hərdən müstəqil mantiya maddəsi kimi baxılır. Digər tərəfdən peridotitlər vaxtaşırı əsasi tərkibli lava püskürmələri ilə müşayiət olunur və qabbroid kompleksləri ilə təbii assosiasiyalar yaradırlar. Peridotitlər, qabbroidlər, əsasi lava və tuf yığımlarına birlikdə ofiolit seriyası deyilir. Onlar mütəhərrik qurşaqlar və okeandibi aralıq dağ silsilələrinin səciyyəvi süxur yığımlarıdır. Kiçik Qafqazın ofiolit seriyası süxur yığımları M.S.Qaşqay və onun tələbələri Ş.İ.Allahverdiyev, V.M.Babazadə və b. tərəfindən ətraflı tədqiq edilmişdir.

Yer qabığında çökmə süxurların dəyişməsi və deformatsiyası prosesində regional sahələrdə yenidən kristallaşma gedir və tamamilə yeni törəmələr peyda olur. Gilli və qumlu süxurlar müxtəlif şistlərə, qneyslərə, kvarsitlərə, vulkanitlər və tuflar amfibollu qneyslərə, amfibolitlərə, əhəng daşı və dolomitlər isə mərmərlərə çevrilirlər. Belə metamorfizm hadisələri hərdən iri intruzivlərin Yer qabığına, onun üst sedimentasion geosferinə soxulduqda baş verir, intruziv ətrafı sahədə yenidən kristallaşma gedir və maddələr mübadiləsi olmadıqda, bir tərəfli təzyiq (stress) şəraitində kiçik sahələrdə mərmərlər əmələ gəlir. Ordubadın Kilit və Daşkəsəndəki Hamamçayın mərmərləri belə mühitdə yaranmışlar.

Okeandibi Yer qabığı yer səthinin 70%-ni əhatə edir. O, su səthi ilə örtüldüyündən öyrənilməsi çətindir. Lakin okean dibinin tədqiqi axırncı 40 ildə inkişaf etmiş və bu barədə xeyli müvəffəqiyyətlər əldə edilmişdir. 1957-1958-ci illərdə «Beynəlxalq geofizika ili» proqramı əsasında müxtəlif ölkələrin mütəxəssisləri okeanı öyrənməklə məşğul olmuşlar. Amerikalılar Sakit və Atlantik, sovet alimləri Sakit və Şimal Buzlu okeanlarında iş aparırdılar. Fransızlar, yaponlar və danimarkalılar okean dibini öyrənən ekspedisiyalar təşkil etmişdilər.

Okeanın geokimyası və biologiyası, onu müxtəlif istiqamətlərdə kəsən soyuq və isti su cərəyanları, temperatur və düzlülük, okean dibinin topoqrafiyası, okeandibi çöküntülərin

qalınlığı və onun dəyişmə qanunauyğunluqları tədqiq edilmiş, okeandibi süxurlardan nümunələr götürülmüş və analiz edilmişdir.

Yuxarıda qeyd etdik ki, Yerin qabığı çökmə, qranit və bazalt təbəqələri daxil olmaqla üç geosferdən ibarətdir. Mərkəz qabığını okeandibi qabıqdan fərqləndirən başlıca amil qranit örtüyünün varlığıdır. Bu örtük okeandibi qabıqda yoxdur.

Okean dibinin geoloji quruluşu barədə məlumatı relyefin öyrənilməsi və geofiziki tədqiqatlar vasitəsilə əldə edirik. Müxtəlif okeanların geoloji quruluşu bir-birindən fərqlidir. Geologiyanın inkişafı okeandibi sərvətlərin – şelfin neft və qazının, boksit və dəmir filizlərinin və digər faydalı qazıntıları səmərəli istifadəsinə imkan yaradır və bu işdə geokimyayın rolu böyükdür.

Okeandibi çöküntü və süxurlarının kimyəvi tərkibinin tədqiqi Yerin yaranması, Yerlə Ay arasındakı qohumluq münasibəti və s. problemlərin həllinə xeyli kömək edir. Təkcə onu qeyd etmək kifayətdir ki, okeandibi bazaltlarla Ay dənizləri bazaltlarının tərkibi bir-birinə çox yaxındır və bu da hər iki fəza cisminin eyni zamanda yaranması, yaxud da Ayın geoloji keçmişdə Yerin Sakit okean hövzəsindən qopmasına aid mülahizələr müəyyən sübutlar verir.

MANTIYA (Astenosfer)

Yunancadan tərcümədə mantiya əbaya oxşar və uzun üst libasına deyilir. Yer kürəsinin nüvəsi və qabığı arasındakı geosferin belə adlandırılması yəqin ki, planetimizin dəmir nüvəsinin daş əba geyməsi mənasında başa düşülməlidir.

Seysmik tədqiqatlar əsasında Q.Ceffris və K.Bullen mantiyanı üç hissəyə ayırırlar:

1. Yuxarı mantiya – Yerin 70 km-lik qabığından aşağıda - 400 km-ə qədər dərinliyə enən qat;

2. Keçid zonası – 400-1000 km əhatə edən geosferdir. Təkrar edək ki, bu geosferin dərinliyi A.Əlizadə və Ə.Kərimovun tədqiqatları ilə 800-1500- km müəyyənləşdirilir;

3. Aşağı mantiya –1000 (1500) – 2900 km dərinliyi tutan geosferdir.

Yuxarı mantiya bircins deyil. Burada seysmik dalğaların sürəti 7,5-9 km/s arasında dəyişir. Termodinamik parametrlər həmçinin geosferin müxtəlif yerlərində başqa-başqadır. Məsələn, Sakit okeanın cənub-qərbində Moxoroviçiç sərhədi səviyyəsində temperatur 300°C -dən artıq deyil; RF-nin cənubunun alp qırıqlıq zonasında isə (Azərbaycanın ərazisi bu zonaya daxildir) $800-1000^{\circ}\text{C}$ -dir. Bu iki nöqtə arasındakı təzyiqlər bir-birindən 6-7 dəfə fərqlənir. Deyilənləri qismən də olsa Saatlı quyusunun materialları təsdiq edir.

Yerin səthindən 100-200 km dərinlikdə özlü plastik qat var ki, burada seysmik dalğaların sürəti aşağı düşür. Astenosfer dediyimiz bu örtük geosinklinal əyalətlərdə daha aydın ifadə edilmiş, platoformaların bir qisminin altında isə tamamilə yoxdur. Astenosfer yuxarı mantiyanın mütəhərrik horizon-tudur və vulkan fəaliyyəti ilə zəlzələlər onunla bağlıdır. Maqma ocaqları və zəlzələlərin çoxunun hiposentri astenosferdə paylanmışdır.

Astenosferdən yuxarıda Yerin maddəsi sülb haldadır və litosferi təşkil edir.

Mantiyanın petroqrafik tərkibi bizə məlum olan süxurlardan eklogitlərin və hiperbazitlərin qarışığını xatırladır. Mantiyanın bəzi modellərində o, üç hissə ultraəsasi və bir hissə qələvi bazaltların qarışığı kimi təsəvvür edilir. Ümumiyyətlə, dərinliklərdəki süxurların tərkibi ancaq hipotetik olaraq qəbul edilə bilər. 30 km-dən aşağı, temperaturun 1200°C olduğu mühitdə süxurlar ərinmiş halda, xəlité şəklində olmalıdırlar. Onların tam maye halına keçməsinə yuxarıdakı qatların yüksək təzyiqi mane olur. Hər halda mantiyada süxurlar öz fərdiliyini itirirlər. Onların halını sülb qatranla müqayisə etmək olar. Çox bərk olan sülb qətranı qırmaq üçün çəkilə ona güclü zərbə vurulmalıdır, lakin onun bir parçasını masa

üzərinə bir gecəliyə qoysaq, səhərə qədər əriyər və axar. Tədrici istilik təsirindən qatran özünü maye kimi, güclü ani zərbədən isə daş kimi aparır. Müvafiq olaraq ani seysmik dalğaları əks etdirən yuxarı mantiya özünü özlü, tədrici geoloji deformatsiyaların təsirindən isə plastik maddə kimi aparır.

Mantiyada gedən başlıca fiziki-kimyəvi hadisələrin çoxunun səbəbi konveksiyadır. Qızdırılmış maddənin fiziki yolla yerdəyişməsinə konveksiya deyilir. Yerin dərinliklərində qızmar maddə ilə toxunan süxur genişlənir, onun sıxlığı ətraf mühitə nisbətən azalır və süxur yuxarı qalxmağa meyl göstərir. Beləliklə, yuxarıya doğru yerini dəyişmiş süxur kütləsi öz istiliyini ətraf mühitə verir, yenidən sıxlaşır, çəkisini artırır və aşağıya yönəlir. Bu proses yerin təkindən səthinə doğru istilik axımına səbəb olur. Aşağı enən axının sıxlığı yuxarı qalxana nisbətən artıq olduğundan mantiyanın daxilində regional müxtəliflik yaranır.

Yuxarı mantiya Yer qabığının himidir. O seysmik dalğaların aşağı qiyməti ilə səciyyələnir. Materiklərin və okean dibinin çox yerində uzununa seysmik dalğaların sürəti $8,2 \pm 0,2$ km/s-dir. Yuxarı mantiyanın bu xüsusiyyəti, bir sıra petroloji-kimyəvi mülahizələr əlavə olunmaqla, onun mineraloji tərkibinin məhdud olduğu fikrinə gətirər. Elə çıxır ki, mantiyanın tərkibi ancaq olivinin, piroksenlərin, qranatların, hərdən amfibolların müxtəlif nisbətli qarışığından ibarət olmaqdır. Belə tərkibdə bizə üç tip süxur məlumdur: başlıca olaraq olivindən (fayalit və forsterit kimi ortosilikatların izomorf qarışığı) ibarət olan dunit, olivin-piroksen tərkibli peridotit və piroksen-qranat tərkibli eklogit. Axırıncılarda hərdən müəyyən miqdarda amfibol da ola bilər. Bu süxur tipləri nadir hallarda fasial keçidlər verir. Lakin bu hadisəni biz Kəlbəcər və Laçının dunit, peridotit və piroksenitlərində, demək olar ki, müşahidə etmirik.

Kiçik Qafqazın Azərbaycan və Ermənistan hissələrinin ultraəsasi süxurlarının tədqiqi göstərir ki, onlar ola bilsin ki, Yer yuxarı təbəqələrinə bilavasitə mantiyadan gətirilmişlər. Bu məsələni onların şimali-qərb istiqamətində dərinlik çatlari

boyu xətti yerləşmələri, köksüz olmaları, təmaslarında dəyişikliklərin olması və s. sübut edir. Dediklərimizin isbatı üçün qeyd edək ki, yuxarı mantiyanın minerallar yığılı (paragenезisi): olivin–ortopiroksen–klinopiroksen–şpinel–xromit–qranatların pirop növü, Kəlbəcər və Laçının ultraəsasi süxurlarının mineraloji tərkibi ilə oxşardır.

Dəyişməmiş mantiya mənşəli eklogitlərin sıxlığı $3,5 \text{ q/sm}^3$, peridotitlərininki isə $3,3 \text{ q/sm}^3$ –dir. Bu baxımdan yuxarı mantiya süxurlarının xüsusi çəkisinin təyini ultraəsasi törəmələrin orada varlığı ola bilər. Aparılmış hesablamalara görə Yer qabığı və yuxarı mantiyanın xüsusi çəkirlərinin fərqi $0,4 \text{ q/sm}^3$ –dir. Belə olduqda Yer qabığının orta sıxlığını nəzərə alaraq yuxarı mantiyanın tavanının $3,3\text{-}3,4 \text{ q/sm}^3$ sıxlığa malik olması fikrinə gəlmək olar. Deməli, yuxarı mantiyanın yuxarısı peridotitlərdən ibarətdir – meta-ortosilikat qarışığıdır.

Yuxarı mantiyanın süxurları arasında peridotitlərin üstünlük təşkil etməsi barədə geofiziki məlumat petroloji müşahidələr ilə təsdiq olunur. Almaz daşıyan kimberlit boruları çox vaxt ərazisi 1 milyon km^2 -ə çatan geniş sahələrdə (Cənubi Afrika, Sibirdə Yakutiya və s.) rast gəlinir. Oxşar yataqlar Hindistanda, Braziliyada, ABŞ-da və Avstraliyada da var. Məlumdur ki, kimberlitlərin mənşəyi 150 km və daha artıq dərinlikli, almazların termodinamik sabitliyini təchiz edən brekçiyə boruları ilə bağlıdır. Kimberlitlər uçucu komponentlərin, partlayış zamanı tez kənar olması ilə Yer qabığının yuxarı mərtəbələrinə soxulurlar. Bu prosesdə partlayış borularının divarlarından çoxlu miqdarda kənar süxur parçaları qoparılır və almazdaşıyan brekçiyə daxil olur. Belə kənar süxur parçaları ksenolit adlanır. Afrikanın və Sibirin kimberlit borularının ksenolitləri peridotitlərdən ibarətdir ki, bu da yuxarı mantiyanın petroqrafik tərkibinin bilavasitə əlamətidir.

Almazlı və almazsız kimberlitlərin petroqrafik tərkibi baxımından yuxarı mantiya cüzi miqdarda eklogit saxlayan peridotitlərdən ibarətdir.

Kimberlitlərdən az dərinlikdə yaranmış, uçucu komponentlərlə zəngin digər süxur tipləri var ki, onlar da mantiya

ksenolitləri daşıyırlar. Okean və materiklərdə 1000-dən yuxarı belə region var. Həmin süxurlar qələvi bazalt-nefelinit seriyasından ibarətdirlər, ksenolitləri isə peridotit parçalarıdır.

Müasir elm müəyyən etmişdir ki, materiklərin və okean dibinin altında kifayət qədər sabit tərkibli, peridotitlərin şəkildəyişməsi hesab olunan süxur qatı var. Həmin qatda eklogitlərin müxtəlif növləri də iştirak edir, ərazi müxtəlifliyi yara-
dır. Bir sıra xarici alimlər (C.A.Eybi, 1982) mantiyanın peridotit yox, dunitlərdən ibarət olması fikrindədirlər. Yer qabığında bu iki süxur növü – peridotit və dunit sıxı birlikdə rast gəlinir. Belə birliyə (assosiasiyaya) Tərtər çayı və onun qolları Tutxunun və Levin hövzələrində tez-tez təsadüf edilir. Burada dördüncü dövrün andezit-bazalt və bazalt tərkibli lava örtüklərinə, ultraəsasi süxurların yerüstü analoqları – pikrit və pikrit-bazaltlara da rast gəlinir. Deməli, cavan vulkanların məhsulları ilə mantiyanın maddəsi arasında müəyyən münasibət var və mantiyanın pirolit tərkibi sübut olunur.

Pirolit bazalt və peridotit arasında keçid vəziyyəti tutur. Onun tərkibini müxtəlif formasionalara aid edilən bazaltlarla peridotitlər arasındakı kimyəvi tarazlığın öyrənilməsi vasitəsilə müəyyənləşdirmək mümkündür. Pirolitin qismən əriməsindən 1-5% nefelinit və bazanit, 5-10% qələvi bazalt, 15-20% toleit, 30-60% pikrit və komatit tərkibli maqma yarana bilər. Olivin, ortopiroksen, klinopiroksen, pirop assosiasiyası ilə ifadə olunmuş qranatlı və şpinelli lersolitlər pirolitin əriməsindən sonrakı qalıq olub, nefelinitlər, bazanitlər və qələvi bazaltlarla tamamlanırlar (komplementardırlar). Harsburgitlər isə (olivin-ortopiroksen assosiasiyası) olivin-toleit maqmasının əriməsindən qalan qalıqdır. Dunitlərin xromit filizləşməsi və peridotitlərlə əlaqəsi nəzərə alınarsa mantiyanın maddəsinin tədqiqi tək nəzəri yox, filizləşmə ilə bağlı olan əməli məsələlərin həllinə də kömək edə bilər. Belə ki, pirolitin qismən əriməsi təmiz maqmadan başqa, həmin maqma ilə üzvi (genetik) əlaqədar olan filizli hidrotermlərin yaranmasına da səbəb olur.

Komplementarlıq (süxurlar seriyasının biri digərini tamamlaması) üsulundan istifadə edərək pirolitin tərkibinin də-

yişmə hüdudlarını müəyyənləşdirmək mümkündür. Yer qa-
bığının mütəhərrik qurşaqlarının geoloji inkişafının geosinklinal
mərhləsində yaranan hiperbazit intruzivlərinin, qələvi ba-
zalt və kimberlitlərdə tapılan peridotit ksenolitləri ilə yanaşı
öyrənilməsi, təmiz dunitdən tutmuş harsburgit və lersolitə qə-
dər süxurlar seriyasının aşkar edilməsinə səbəb olmuşdur.
Həmin seriya süxurlarında 0-4% CaO və Al₂O₃, 0,3%-dək
Na₂O var. Daha sonra lersolitlər bu komponentlərlə zənginlə-
şir. Ehtimal olunur ki, 3-4% CaO və Al₂O₃ saxlayan lersolitlər
maqmanın əriməsindən qalan artıqdır və onların əmələ gəlmə-
si üçün pirolitin cüzi miqdarda əriməsi kifayətdir. Yüksək
temperaturlu peridotitlərin bir neçə tipi, o cümlədən
Azərbaycanın lersolitləri bu kateqoriyaya aid edilə bilər.
Lersolit tipli süxurlar nadir torpaq elementləri, kalium və
uranla zəngin deyil və yəqin ki, onlar formalaşma zamanı
bazanit və nefelinit kimi nisbətən aşağı temperaturlu
komponentlərini itirmişlər.

Tərkibi pirolitə yaxın olan, cüzi fraksiyalaşmaya məruz
qalmış ultraəsasi qalıq maddəsinin təyininin digər üsulu, pirolitin
yüksək temperaturda qismən əriməsindən yaranan hiper-
bazit xəlitəsinin tədqiqidir. Qeyd etdik ki, təbiətdə tərkibi pi-
rolitə yaxın olan ultraəsasi süxur kompleksləri var (Azər-
baycan və digər regionlar). Afrikadakı Barberton regionun-
dan götürülmüş Komatit formasiyasının ultraəsasi süxurların-
da peridotit tərkibli laycıqlar müşahidə edilmişdir. Komatit
adlanan eyni tipli süxurlar A.A.Marakuşev (1978) tərəfindən
təsvir olunur. Petroloji tədqiqatlar göstərir ki, komatitlər sual-
tı şəraitdə püskürmüşlər. Onların tərkibində pirolitin miqdarı
60%-ə qədərdir və qalıq fazalarında olivin var.

Yuxarı mantiya barədə verilən qısa xülasədən belə nə-
ticəyə gəlmək olur ki, bu geosferin tərkibi pirolitdən – yəni
orto-metasilikatların qarışığından ibarətdir. Pirolit öz növbə-
sində eklogitin növüdür və məlum süxurlardan ən çox komati-
tə oxşayır.

ARALIQ ZONA

Yuxarı mantiyadan aşağıdakı geosferlərdə mantiya minerallarının yüksək sıxlıqlı şəkildəyişmələri paylanmışlar; maqnezial olivin, piroksenlər, çöl şpatları, ilmenit, şpineldən təşkil olunan süxurlar dərinliyə doğru tərkiblərini və mineral nisbətlerini dəyişirlər. Plagioklaz, olivin və enstatit (alümo-, orto- və metasilikat yığımı) assosiasiyası diopsid-şpinel paragenезisi ilə sıxışdırılıb çıxarılır. Bu hadisə 9-10 kbar təzyiqlik şəraitində baş verir. Təzyiqlik 9-10 kbara çatdıqda şpinel-pirop-almandin və pirop-grossulyar sırası qranatları, tədricən ilmenit və rutillə əvəz olunur, piroksenlər jadeit komponenti ilə zənginləşir, qrafiti almaz əvəz edir.

Dərinliyin artması ilə pirolitdə bir sıra faza dəyişmələri baş verir. 350 km dərinlikdə piroksen sülb məhlul komponenti kimi daha az dərinlikdə sabit olan qranatın tərkibinə girir. Belə faza dəyişkənliyi pirolitdəki piroksenin effektiv sıxlığını 10% artırır.

Yer səthindən 400 km və daha çox dərinlikdə mantiyanın başlıca mineralı olivin həmçinin faza dəyişmələrinə məruz qalır. Olivin β - forsterit strukturlu fazaya çevrilir ki, həmin birləşmənin sıxlığı adi olivindən təqribən 8% artıqdır. β - forsterit şpinel tipli daha davamlı quruluşa malikdir. 500-550 km dərinlikdə eklogitlərin qranatları və vollastonit müstəsna olaraq sıx struktur-perovskit tipli quruluş əldə edirlər. Eyni zamanda β - forsterit γ - forsteritlərlə əvəz olunur və mineralın sıxlığı daha 2% çoxalır. 250 kbar təzyiqlikə şpinel strukturlu forsteritin, petrovskit tipli rombik strukturlu ensatitlə assosiasiyası pozulur və daşduz quruluşlu MgO müstəqilləşir. Belə faza dəyişmələri seysmik dalğaların sürətinin 650 km dərinlikdə kəskin dəyişməsinə səbəb olur. Həmin dərinlikdə və oxşar təzyiqlik şəraitində qranat ilmenit, daha sonra perovskit strukturlu fazaya keçir, Na, NaAl, SiO₄ birləşməsinin modifikasiyası kimi, kalsium ferritin yığcam sıxlığına malik olub, yüksək təzyiqlik şəraitində sabitdir.

Mantiyada, pirolit tərkibli sistemlər üçün səciyyəvi olan belə faza dəyişmələri, aralıq zonada seysmik dalğaların sürətinin dəyişmə sahəsini və miqyasının səbəblərini qənaətbəxş izah edir və geosferlərin sərhədlərini müəyyənləşdirməyə imkan yaradır.

AŞAĞI MANTIYA

Aşağı mantiyanın quruluşu barədəki fikirlərin bir qismi seysmik dalğaların yayılma sürəti və sıxlığın maqnezium, dəmir və silisium oksidlərinin yığımından alınan birləşmədə dəyişməsilə müqayisəyə əsaslanır. Bu birləşmənin xassələri elastik sabitlərin qiyməti və zərbə eksperimentinin nəticəsi ilə təyin olunur. Belə fikirləri əsaslandıran amillərdən biri aşağı mantiyanın həqiqətdə oksid fazalarının qarışığı olması barədə mülahizələrin çoxluğuudur. Məsələn, V.M.Qoldşmidt aşağı mantiyanın sulfid-oksit örtüyündən ibarət olmasını fərz edir. Baddington da bu fikirdədir, Berç isə sulfid-oksit örtüyünün yaranmasında təzyiqin rolunu qeyd edərək bu cür mülahizələri seysmik tədqiqatlarla əsaslandırır.

Petroloji tədqiqatlar göstərir ki, aşağı mantiyanın sıxlığı pirolitlə izokimyəvi oxşar olan maqnezium, dəmir, silisium oksidinin sıxlığından bir neçə faiz yuxarıdır. Fərq azacıqdır və mantiyanın dinamikasını başa düşməyə imkan yaradır (Andersen, 1970; Rinqvud, 1970 və b.).

Aşağı və yuxarı mantiyada, əgər onların hər ikisi pirolit kimi qəbul edilirsə, sıxlığın müxtəlifliyi FeO/MgO nisbətinin aşağı mantiyada daha yüksək qiyməti ilə izah oluna bilər. Digər tərəfdən faza dəyişmələri ilə əlaqədar olaraq eyni oksidlərdən daha yüksək sıxlıqlı (yığcam kristallik şəbəkəli) mineral assosiasiyaları əmələ gələ bilər və maddənin xüsusi çəkisi artar. FeO/MgO qiymətinin yüksəkliyi mühitində aşağı mantiyada konvektiv cərəyanlar aşağı və yuxarı mantiya arasında maddənin yerdəyişməsinə mane olan təbəqələşməyə bəis olmalıdır. Mantiyanın modellərindən birində göstərilir ki, dəmi-

rin Yerdə paylanması, maqnezium və silisiyuma nisbətən kömürlü xondritlərdə və Günəşdə olduğundan artıqdır.

Yerin təkinə doğru müəyyən sərhədədək seysmik dalğaların sürəti və sıxlıq mütənasib (proporsional) artır. Bu mütənasiblik aralıq geosferdə pozulur. Sürət, sıxlıq və orta atom kütləsi arasındakı empirik nisbət, Berçin fikrincə xətti səciyyə daşıyır (faza dəyişmələri gedən bircins mühit nəzərdə tutulur). Nisbətin pozulmasının nəticəsi aşağı mantiyada dəmirin miqdarının artması və müvafiq olaraq atom kütləsinin qiymətinin yüksəlməsidir. Xətti asılılığın belə pozulması faza dəyişmələrinin fasial keçidlərlə əlaqədar olaraq oksigendaşıyan anionlara nisbətən kationların koordinasiya rəqəmlərinin artması ilə bağlı olaraq da baş verə bilər. Bu halda aşağı mantiyada dəmirin miqdarının dəyişməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb etmir.

Aşağı mantiya haqdakı mülahizələri yekunlaşdırıb xülasə verən Rinqvud bu qərara gəlir ki, Yerin bu geosferi ola bilsin ki, oksidlərin qarışığından yox, enstatit ($MgSiO_3$) və forsterit (Mg_2SiO_4) kimi adi, binar, lakin yüksək sıxlıqlı və kristallik struktura malik olan birləşmələrin yığımindən ibarətdir. Yüksək təzyiqli şəraitdə enstatit perovskit tipli, sıxlığı perovskit-stişovit qarışığının xüsusi çəkisindən bir neçə faiz çox olan struktur yarada bilər.

Aşağı mantiyanın tərkibi və onu təşkil edən birləşmələrin struktur xüsusiyyətlərini izah etmək üçün D.C.Lyu almaz «zindanı» üsulu tətbiq etmişdir. O müəyyənləşdirmişdir ki, təqribən 250 kbar zərbə təzyiqində $MgSiO_3$ (metasilikat) perovskitin yüksək sıxlıqlı rombik formasını qəbul edir. Həmin təzyiqdə forsterit (ortosilikat) enstatillə (metasilikat) əvəz olunur və bu prosesdə daşduz strukturlu periklaz (MgO) ayrılır və stışovit quruluşlu $MgO-SiO_2$ aralıq qarışığı yaranır. Perovskit strukturlu enstatitin sıxlığı stışovit strukturlu $MgO-SiO_2$ izokimyəvi qarışığın sıxlığından 3,5% artıqdır. Almaz «zindanı» üsulu ilə digər böyük sıxlıqlı və sabit (aşağı mantiyanın termodinamik şəraitində) fazalar əldə edilmişdir.

Verilən məlumat göstərir ki, aşağı mantiya xüsusi çəkisi oksidlərin izokimyəvi qarışığından bir neçə dəfə artıq olan mineral fazaların assosiasiyasından ibarətdir. 1000 km dərinlikdə pirolit ola bilsin ki, perovskit modifikasiyalı enstatit və vollestonitdən, daşduz strukturlu $(MgFe)O$ və kalsium - ferrit strukturlu $NaAlSiO_4$ -dən ibarətdir. Mülahizə edilir ki, 1000-2700 km dərinlikdə mantiya maddəsində digər faza dəyişmələri baş verir, seysmik dalğaların sürətinin tədrici və cüzi artmasına səbəb olan pirolit tərkibli, lakin daha yüksək sıxlıqlı birləşmələr yaranır. Ümumiyyətlə, aşağı mantiyanın orta kimyəvi tərkibi yuxarı mantiyadan seçilmir və ancaq struktur sıxlaşmalar ilə səciyyələnir.

NÜVƏ

Yerin daxili quruluşu barədə birinci məlumat, zəlzələlərin episentrlərindən müxtəlif məsafədə yerləşən seysmik stasiyaların yazısı əsasında alınıb. Gözləmək olardı ki, məsafənin episentrdən uzaqlaşması ilə uzununa dalğaların məsafə boyu enerjisinin udulması səbəbindən amplitudası azalmalıdır. Yer bircins maddə, yaxud laylanan daxili quruluşa malik olsa idi və dərinliyə doğru dalğaların sürəti daim artsa idi belə olardı.

Təcrübə göstərdi ki, bu qanunauyğunluq episentrdən 11630 km aralanana qədər davam edir, 15900 km-də dalğalar güclə hiss olunur və bu məsafədən sonra dalğalar itir. Belə çıxır ki, hər zəlzələ öz episentrinin ətrafında eni 4000 km-ə yaxın, uzununa dalğaların düşə bilmədiyi seysmik kölgə zonası uzadır. Adi uzun şüanın nüfuz etdiyi axırncı dərinlik – 2900 km, Yerin xarici nüvəsinin səthidir. Bu dərinlikdə seysmik şüanın trayektoriyası əyilir, səthə çatmış şüa seysmik kölgədən keçərək özünü çox uzaqda bürüzə verir. Yerin nüvəsinin xarici sərhədi belə müəyyənləşdirilir.

Uzununa dalğalardan fərqli olaraq, eninə seysmik dalğalar 2900 km dərinliyə qədər qeyd olunur və burada mantiya ilə nüvənin sərhədində itirlər. Deməli, nüvənin maddəsinin fiziki, yaxud fiziki-kimyəvi halı eninə dalğaların sonrakı

hərəkətinə mane olur. Məlumdur ki, eninə dalğalar ancaq formanın dəyişməsində və enməyə müqavimət göstərən kütlələrdə yaranır və yayılırlar. Belə xassəyə isə ancaq sülb cismlər malikdir, maye və qazlar belə şüaları buraxmır. Beləliklə, Yer xarici nüvəsinin maye halında olduğu mülahizə edilir. Eninə dalğalara nüvənin yüksək təzyiq altında olması və özlülüyü də mane ola bilər.

Mantiya ilə nüvə arasında kəskin sərhədin olması Yer mərkəzinin temperaturunun təyini üçün əlavə amil verir. Belə çıxır ki, Yer mərkəzində temperatur o qədər yüksəkdir ki, metalları əridir (nüvə)və onlarla təmasda olan silikatlara toxunmur. Temperaturun axırını hüdudu 3600°C mülahizə olunur. Biz yuxarıda bu sərhədin Günəşin səthi temperaturuna çatdığını qeyd etmişdik. Belə ki, deyilənlərin hamısı hipotetik olaraq qəbul edilməlidir. Nüvə metallardan ibarət olduğundan orada nəzərə çarpacaq temperatur artımı ola bilməz.

Nüvənin seqreqasiyasında (müstəqilləşməsində) xeyli miqdar gizli ağırlıq enerjisi azad olmalı idi və onun çoxu istiliyə çevrilməli idi ki, nüvə formalaşmış hazırkı görkəmini alsın. Mülahizə olunur ki, nüvənin yetişməsi prosesi çox uzun müddətli hadisədir və indi də davam edir. Müasir zamanədə hərdən baş verən maqnit tufanları, yerin maqnit qütbünün geoloji müddət ərzində yerdəyişməsi buna sübutdur. Amerikalı Rinqvud öz tədqiqatlarında (1981, 1983) yazır ki, nüvənin yaranması Yer fəza cismi kimi formalaşmasından təqribən 0,5 milyard il sonra başlamışdır. Nüvənin peyda olmasının səbəbi Yer radioaktiv enerjiden dəmirin ərimə nöqtəsinə qədər qızmasıdır. Nüvə nisbətən az vaxt ərzində yaranmış və proses axıra çatmışdır. Amerikalı alimin bu fikri petroloji-geokimyəvi baxımdan şübhə doğurur. Belə ki, radioaktiv parçalanma ancaq Yer qranit geosferinə xas olan hadisə olduğundan düşünəlməlidir ki, nüvə Yer qabığının formalaşmasından sonra əmələ gəlmişdir. Bu barədə xüsusi fikirlər və Yer inkişaf modelləri yoxdur. Fərziyyələrə görə, Yer başlanğıcı onun qranit geosferindədir. Bu örtüyün qalınlığı isə Yer orta radiusunun 0,001-dən azını təşkil edir.

Müasir hipotezlərə görə nüvənin seqreqasiyası uranın qurğuşundan ayrılmasına səbəb olmuşdur (uranın atom nömrəsi 92, qurğuşununku isə 82-dir) və ərimiş dəmiri mantiyadan dərinliyə doğru uran yox, qurğuşun aparmışdır. Yer in izotop-qurğuşun üsulu ilə təyin olunmuş yaşı 4,55 milyard il hesablanır və müasir Pb/U nisbəti nəzərə alınarsa bu rəqəm nüvənin yarandığı vaxta təsadüf edir. Nüvənin əmələ gəlməsi ekzotermik (enerjisinin çıxması) və katastrofik səciyyə daşdığından, fərz olunur ki, nüvə Yer qabığının ən qədim süxurlarından çox-çox qabaq yaranmışdır. Deməli, Rinqvudun fikirləri nüvə barədə özünü doğrultmur və nüvə haqda yeni fərziyyələrin yaranması labüddür.

Biz bu dərsliyimizdə maraqlı bir müqayisə aparmaq fikrindəyik. Yuxarıda danışdıq ki, Yer in mərkəzi nüvəsinin sıxlığı 15-20 q/sm³ qəbul olunur və bu iş kobalt saxlayan nikelli dəmir xəlitənin faza dəyişmələrindən sonra sıxlığının artması ilə izah edilir. Bu baxımdan Yer qabığında tapılan dəmir iki qrupda cəmləşdirilir: tellurik və kosmik növlər. Tellurik dəmirə hərdən ferrit deyilir və o α -Fe indeksi ilə işarə olunur. Çox vaxt onun tərkibində qarışıq halda nikelə, kobalta, misə, platina və s. rast gəlinir, başqa sözlə desək, tellurik dəmirin və nüvənin tərkibi arasında müəyyən oxşarlıq var. Tellurik dəmirdə maqnitlik xüsusiyyəti çox güclü ifadə olunur və mineral kub sinqoniyasında kristallaşır, heksaoktaedrik simmetriya növünə malikdir. Rəngi poladı-bozdur, parıltısı metallikdir, parlaqdır, sərtliyi 4-5, sıxlığı 7-7,8 q/sm³ arasında dəyişir, başqa sözlə, nüvənin sıxlığından 1,5-2 dəfə azdır. Maraqlı burasıdır ki, sərbəst dəmiri platindən ayırmaq çox çətindir; bu məqsədlə maqnitlik, xüsusi çəki və azot turşusunun təsiri nəzərə alınmalıdır. Nüvənin sıxlığı platinin xüsusi çəkisindən azacıq geri qalır. Platinin xüsusi çəkisi 21,5, platinoidlərdən osmiumun sıxlığı 23, iridiumlu osmiumun sıxlığı isə 23,2 q/sm³-dir.

Kosmik dəmir meteoritlərin tərkibinə daxil olur və fəzadan gətirilmişdir. Tellurik dəmirə nisbətən ona daha çox təsadüf edilir. Kosmik dəmirin iki mineralı var: 1) kamasit-6,7% nikel, 0,2% kobalt saxlayır və sıxlığı 7,3-7,87 arasında dəyişir;

2) tenit-24,4% nikel, 0,3% kobalt saxlayır və sıxlığı 7,8-8,2 q/sm³ arasındadır. Dəmir meteoritlərin başlıca tərkib hissəsi kamasitdir və ümumiyyətlə, onlarda kamasit-tenit nisbəti 83:13-dür.

Deyilənləri nəzərə alaraq güman edilir ki, Yerin nüvəsinin ümumi kütləsinin 90%-i dəmir, 9%-i nikel və 1%-i kobalt və digər metallardır. Beləliklə, görürük ki, hətta ən ağır nikelli dəmirin sıxlığı nüvədən əhəmiyyətli dərəcədə azdır. Əgər dəmir meteoritlər vaxtilə partlamış hipotetik planetin (Mars ilə Yupiter arasında yeri müəyyənləşdirilmiş Faetonun) nüvəsinin parçalarıdırsa, demək onlarda partlayışdan sonra maddənin genişlənməsi ilə əlaqədar olaraq faza dəyişmələri gedib. Bu işi sübut edən heç bir əsas yoxdur və meteoritlərə əsaslanaraq planetimizin nüvəsinin nikelli dəmirdən ibarət olması barədə fikir yürütmək bir qədər şübhə doğurur.

İndi baxaq görək Yer qabığında təsadüf etdiyimiz hansı mineral və metalların sıxlığı 15-20 q/sm³ və daha artıqdır, müvafiq olaraq nüvənin xüsusi çəkisinə yaxınlaşır, yaxud ondan azacıq azdır? Bura birinci növbədə platin qrupu mineraları daxil olur, o cümlədən platin-sıxlığı 21,45 və sərtliyi 4 olan təmiz metaldır; ferroplatin-sıxlığı 12-15 q/sm³ - dir, tərkibində 15-20% dəmir, 4,7%-dək iridium, cüzi miqdarda rodium, palladium, nikel və mis var; poliksen - tərkibində 9-11% dəmir, 0,7% iridium və cüzi (1%-dən az) miqdarda rodium, palladium, nikel və mis var; dəmirin mineralda azalması hesabına sıxlığı 15-19-a çatır, başqa sözlə nüvənin xüsusi çəkisinə yaxınlaşır; platinli iridium – tərkibində azacıq palladium, 2%-ə qədər mis, 19,64% iridium olan bu mineralın sıxlığı nüvənin xüsusi çəkisindən artıqdır və 22,6-22,9 q/sm³ arasında dəyişir. Adı çəkilən minerallar sırasına osmirid (sıxlığı 20 q/sm³ -dir), palladiumlu platin (sıxlığı 15-16 q/sm³) və kuproplatin (sıxlığı 15,6 q/sm³) də daxil edilə bilər.

Yer qabığının ən ağır minerallarından nevyanskit (sıxlığı 17-21 q/sm³) və siserskit (sıxlığı 17,8-22,5 q/sm³) osmium və iridiumun müxtəlif nisbətli sülb məhluludur. Tərkiblərində cüzi miqdarda platin ailəsinin digər metalları, dəmir və mis (1%-ə qədər) olur.

Metalların ən nəcibi qızılın sıxlığı, həmçinin nüvənin sıxlığına yaxındır və 15,6-18,3 q/sm³ arasında dəyişir. Lakin təbiətdə təmiz qızıla çox nadir hallarda rast gəlinir. Onun daxilində həmişə gümüş (15%-ə qədər) var. Gümüşün faizi 15-dən yuxarı olduqda mineral elektrik adlandırılır və onun sıxlığı nüvədən az olur. Tərkibində başqa metalların iştirakını nəzərə alaraq qızılın misli (kuproaurit), palladiumlu (porpesit), bismutlu (bismutoaurit) növlərini müəyyənləşdirirlər. Bu mineralların hamısının xüsusi çəkisi nüvə maddəsinin sıxlığına yaxındır.

Meteoritlərdə platin qrupunun minerallarına çox cüzi və nadirən təsadüf edilir. Lakin qızılın miqdarı 0,004% çata bilər, uranın izləri var.

Deyilənləri nəzərə alaraq qeyd edək ki, əgər meteoritlərdə qızıla və platin ailəsi metallarına çox təsadüf edilsəydi və nüvənin təyininə başlıca amil sıxlıq olsaydı mülahizə etmək olardı ki, planetimizin nüvəsi kobaltdaşıyan nikelli dəmir yox, mis, dəmir və nikel daşıyan qızıl-platin xəlitəsindən ibarətdir. Belə ki, nüvənin sıxlığı ancaq qızılın, gümüşün və platinoidlərin sıxlığı ilə müqayisə oluna bilər.

IV FƏSİL

YER QABIĞINDA KİMYƏVİ ELEMENTLƏRİN PAYLANMASI

Keçən əsrin birinci yarısında güman olunurdu ki, kimyəvi elementlərin hamısı Yerin qabığında təbii birləşmələr - minerallar şəklində paylanmışlar. Hesab edilirdi ki, elementlər müəyyən nisbətlərdə mineralların tərkibinə daxil olur və onu tamam səciyyələndirə bilərlər. XIX əsrdə bir neçə geniş yayılmış mineralın: kvarsın (SiO_2), kassiteritin (SnO_2), kalsitin (CaCO_3), ortoklazın (KAl_3O_8) və s. kimyəvi tərkibi təyin olunmuşdu. Süxurlar mineral yığımından ibarət olduğundan onların təsvirində, həmçinin kimyəvi elementlərdən danışmaq lazım gəlirdi. XX əsrdə süxurlar kimyası mövzusu petrokimya adı ilə petroqrafiyadan ayrılır və müstəqil qol kimi formalaşır. Əslində mineralın və süxurun tərkibində nəzəri formullarda göstərildiyindən xeyli artıq kimyəvi elementlər iştirak edir.

Yer qabığında neçə kimyəvi element var və onların miqdarı nə qədərdir? Bu suala birinci dəfə amerikalı kimyagər və mineraloq F.Klark (1847-1931) cavab verməyə təşəbbüs edib. Alim ABŞ-da, Vaşinqtonda Geoloji komitənin kimya laboratoriyasının rəhbəri idi. Onun rəhbərliyi ilə çoxlu miqdarda süxur və minerallar analiz olunurdu. Klark süxurların müxtəlif tiplərini əhatə edən, 880 ədəd etibarlı analizləri seçir və onlarda 10 elementin orta riyazi miqdarını hesablayır. Onun fikrincə bu analizlər Yer qabığının 16 km-lik ən üst örtüyü barədə təsəvvür yarada bilərdi. Həmin örtüyə yer qabığı adı da Klark tərəfindən verilmişdir. Klarkın hesablamalarının nəticəsi belə idi:

- Oksigen-46,28%
- Silisiyum-28,02%
- Alüminium -8,14%
- Dəmir- 5,58%
- Kalsium- 3,27%
- Maqnezium - 2,77%

Kalium - 2,47%

Natrium - 2,43%

Titan - 0,33%

Fosfor - 0,10%

F. Klarkın birinci dəfə müəyyənləşdirdiyi Yerın üst örtüyünün kimyəvi tərkibini göstərən bu rəqəmlər hazırda çox az dəyişiklikliyə uğramışdır. Sonra Klark göstərirdi ki, bir sıra elementlər mineralların tərkiblərinə daxil olsalar da, onların formullarında öz əkslərini tapmırlar. Buradan da, elementlərin mineral şəklindən başqa mövcudluq formalarının olduğu üzə çıxır.

1909-1910-cu illərdə Moskva Universitetinin mineralogiya kafedrasının müdiri, professor Vladimir İvanoviç Vernadski Klarkın və başqa bu sahədə işləyən mütəxəssislərin işlərini yekunlaşdıraraq kimyəvi elementlərin həryerli paylanması fikrini irəli sürür. 1909-cu ildə V.İ. Vernadski rus təbiətşünasları və həkimlərinin XII qurultayında deyirdi: «Maddənin hər damcısı və tozunda, bizim analiz üsullarımızın dəqiqliyi artdıqca yeni-yeni elementlər tapılır. Belə ki, maddədə elementlərin mikroskopik halda paylanması təsəvvürü yaranır. Tozcuqda, yaxud su damlasında kosmos əks olunur, mikrokosmos yaranır. Biz Yer kürəsində fəza cismlərində olan elementlərin hamısına təsadüf edə bilərik. Məsələ ancaq tədqiqat üsullarının təkmilləşdirilməsi və dəqiqləşdirilməsindən asılıdır. Metodika yaxşılaşdırıldıqca əvvəl güman etmədiyimiz yerlərdə natrium, litium, stronsiuma təsadüf edirik, onları daha kiçik sınaqlarda tapırıq. Nikel, vanadium, qızıl, uran, helium, ittrium-serium qrupunun tarixi bizi ümumi nəticəyə gətirir: onlar hər yerdə var və qeyd oluna bilər; onlar maddədə səpələnmişdir».

İnqilabından sonra V.İ. Vernadski öz fikirlərini inkişaf etdirmiş və o dövrdə sovet geokimyasının əsasını qoymuşdur. 2 fevral 1927-ci ildə o, SSRİ Elmlər Akademiyasının iclasında «Kimyəvi elementlərin səpələnməsi haqda» məruzəsində o izah edirdi: «Yer maddəsinin qaz, maye və sülb halda olan hansı hissəsini götürsək, həmişə eyni bir xüsusiyyətə rast gəlib

görəcəyik ki, bu maddə bizə məlum olan təyin edilmiş, yaxud edilməmiş kimyəvi birləşmələrdən başqa, çoxlu miqdarda, molekulyar qruplaşmalara tabe olmayan atomlarla zəngindir. Maddəni yaradan atomların bir qismi molekulyar qruplar yaradıb mexaniki qarışıq ola bilər, digər qismi maddəni yaradan mineralların kristallik şəbəkəsi ilə tutulub izomorf qarışıq əmələ gətirə bilər, elementlərin çoxu isə atom halındadır. Atom halı radioaktiv elementlər, yod, nəcis qazlar üçün isbat olunmuş hesab oluna bilər. Deyilənlərə yekun vuraraq kimyəvi elementlərin bir çoxunun təbiətdə səpələnti halında olduğu fikrinə gəlmək olar. Yəqin ki, hər bir ayrılıqda götürülmüş elementin səpələnməsinin həddü var. Lakin elə bir Yer maddəsi ola bilməz ki, onda azı 20-30 element iştirak etməsin». Bu baxımdan heç də təsadüfi deyildir ki, biz çöl geoloji və geo-kimyəvi tədqiqatları zamanı götürdüyümüz nümunə və sınaqları 45 elementə, tam spektral analizə veririk.

Klark və Vernadskinin fikirləri dünya alimləri tərəfindən qəbul edilərək elementlərin hərtərəfli və hər yerdə paylanması müasir geokimyənin başlıca qanunu hesab olunur. Bu qanunu, onu əsaslandırmış alimlərin adı ilə Klark-Vernadski qanunu adlandırmaq daha məqsədəuyğun olardı.

YER QABIĞININ KİMYƏVİ TƏRKİBİ

Kimyəvi elementlər Yer qabığında bərabər yayılmamışlar. Bir sıra elementlər, məsələn, oksigen silisiumla birlikdə planetimizin üst örtüyünün 75%-ni təşkil edir. Ümumiyyətlə, Mendeleeyevin dövrü sisteminin 9 elementi - oksigen, silisium, alüminium, dəmir, kalsium, natrium, kalium, maqnezium və hidrogen Yer qabığının 98,13%-ni əhatə edir. Onlara titan, karbon, xloru da əlavə etsək 99,29% alırıq. Belə çıxır ki, kimyəvi elementlərin müasir cədvəllərindəki yerdə qalan 95 nümayəndəyə 0,71% qalır. Az tapılan və nadir elementlərin hamısı bura daxildir.

Kimyəvi elementlər mineralları, bu axırıncılar isə süxurları yaradırlar. Yer qabığının müşahidəsi mümkün olan 16

km-lik dərinliyi üçün Klark və Vaşinqton süxurların aşağıdakı nisbətdə paylandığını müəyyənləşdirirlər (kütlə %-lə):

Qranitlər - 52,00
Qranodioritlər - 9,00
<u>Dioritlər - 7,00</u>
<u>Cəmi granitoidlər - 68,00</u>
Qabbrolar - 16,00
<u>Anortozitlər - 3,00</u>
<u>Cəmi qabbroidlər - 19,00</u>
<u>Sienitlər, dunitlər, piroksenitlər və s. - 8,00</u>
Cəmi maqmatik süxurlar - 95,00
Şistlər - 4,00
Qumdaşları - 0,75
<u>Əhəngdaşları - 0,25</u>
<u>Cəmi çökmə süxurlar - 5,00</u>
Yer qabığının 16 km-lik üst örtüyü - 100,00

Ömrünün 40 ilini Yer qabığının kimyəvi tərkibinin öyrənilməsinə sərf etmiş Frank Uilqsuort Klark süxurların 6000-dən çox analizindən istifadə etmiş, onların əhatə etdiyi ərazilərin müxtəlifliyini nəzərə almış və analizləri süxurlar arasında lazımı nisbətdə paylamışdır. Yuxarıda qeyd etdiyimiz 10 elementdən əlavə Klark daha sonra 40 elementin Yer qabığındakı orta miqdarını hesablamışdır.

Birinci dəfə F.U.Klark tərəfindən tərtib edilmiş elementlərin Yer qabığındakı orta miqdarı cədvəli indiyədək ilbəil milyonlarca analizlərin nəticəsi nəzərə alınaraq təkmilləşdirilir. Məsələn, 1924-cü ildə Klark və Vaşinqton tərəfindən hazırlanmış cədvəl, Klarkın 1899-cu ildə nəşr etdirdiyi hesablamalardan əsaslı surətdə fərqlənirdi.

Məşhur rus geokimyəçisi akademik Aleksandr Yevgeniyeviç Fersman (1888-1945) Yer qabığında kimyəvi elementlərin orta miqdarını klark adlandırmağı təklif etmiş və bu anlayış bir vahid kimi dünya alimləri tərəfindən qəbul olunmuşdur. Hazırda klark dedikdə kimyəvi elementin Yer

qabığındakı (litosferdəki) orta miqdarı başa düşülür. Süxur tiplərindəki elementin miqdarı fon klarkı adlandırılır.

Klarkların təyinatında Norveç alimi Foxtun işləri diqqəti cəlb edir. Foxt geniş yayılmış elementin Yer qabığındakı klarkını hesablayır və bu elementlə geokimyəvi qohum olan, az tapılan elementlər arasındakı nisbəti müəyyənləşdirərək onların miqdarını da tapırdı. Məsələn, Mendeleev cədvəlində manqan, dəmir, kobalt və nikelin atom nömrələri 25, 26, 27 və 28-dir və onlar geokimyəvi qohum olub dəmir ailəsini yaradırlar. Təbiətdə onların paylanması arasında müəyyən nisbi əlaqə var. Beləliklə, çox tapılan dəmirin klarkını bilməklə, yerdə qalan 3 elementin Yer qabığındakı miqdarını hesablamaq olar.

Kimyəvi elementlərin klarklarının müasir cədvəlləri Yer qabığının öyrənilməsindəki uzunmüddətli tədqiqatlar nəticəsində düzəldilir. SSRİ dövründə bu işi A.P.Vinoqradov və onun əməkdaşları görürdü. Axırncı klark cədvəli 1966-cı ildə tərtib olunmuş və hazırda yenisi hazırlanır. A.P.Vinoqradovun ölümündən və SSRİ-nin dağılmasından sonra (1991) bu iş bir qədər yubandırılır.

Bir sıra kimyəvi elementlər müstəqil birləşmələr - minerallar yaratmır və başqa geniş yayılmış mineralların fəza şəbəkəsinə daxil olaraq oradakı qohum anion, yaxud kationu izomorf əvəz edirlər. Buna görə də klarkların təyinatında izomorfizm hadisələrinə xüsusi fikir verilməlidir.

Alman alimləri İda və Valter Noddaklar 1925-ci ildə molibdenitdə renium kimi çox qiymətli və nadir element tapmışlar. Reniumun özünün mineralı yoxdur və filizgətirən məhullardan onun yığıcısı - konsentratoru (təmərküzləşdiricisi), daşıyıcısı molibdenitdir. Noddaklar reniumun təbiətdə paylanma qanunauyğunluqlarını müəyyənləşdirmək məqsədilə 1600-dən yuxarı süxur və mineralı, hətta meteorit parçalarını analiz etmişlər. İş əsnasında nümunələr qabaqcadan mürəkkəb kimyəvi üsullar vasitəsilə işlədilirdi ki, reniumu rentgenometrik, yaxud spektral üsulla təyin etmək mümkün olsun. Belə ki, reniumun klarkı çox kiçikdir.

Noddaklar reniumu əks etdirən spektroqramları analiz edərkən yanaşı olaraq süxur və minerallardakı bir sıra başqa elementlərin - qızılın, gümüşün, kadmiyumun, germaniumun, qalayın, qurğuşunun, kobaltın, vanadiumun, mərgümüşün, sürmənin, bismutun, molibdenin, rubidiumun, ruteniumun, rodiumun, iridiumun, platinin və palladiumun da orta miqdarını təyin etmişlər. Onların analizləri o qədər dəqiq idi ki, 1 kq tədqiq olunan filiz konsentratı, yaxud mineralda bəzi elementlərin miqdarının milyardda birini tapmaq mümkün olurdu. Alimlər sübut etdi ki, klark cədvəllərində bir sıra nadir elementlərin miqdarı xeyli kiçildilmişdir; məsələn, seleninki - 30, qalliumunku -200, platin qrupu metallarınkı 10.000 dəfə.

Yer qabığında kimyəvi elementlərin paylanması barədə düzgün təsəvvür əldə etmək üçün Noddaklar müxtəlif qitələrdən 110 ədəd ən çox yayılmış süxurlardan sınaq götürmüş, onları qarışdırmış və analizdən keçirmişlər. Bu üsul hazırda ən rəşional və düzgün metod hesab edilir və alınan nəticə Yer qabığının maddəsinin tərkibi barədə inandırıcı təsəvvür yaradır.

Nadir və nəcib metalların klarklarının hesablanması, geokimyada fiziki-kimyəvi istiqamətin əsasını qoyan Viktor Morito Holdşmidtin (1888-1947) böyük rolu var. O da Noddaklar kimi klarkların hesablanması süxur qarışıqları üsulundan istifadə etmişdir. Ola bilsin ki, bu səbəbdən Holdşmidtin və Noddakların klark rəqəmləri bir-birinə yaxındır. Lakin bir sıra elementlərin klarkları kifayət qədər fərqlənir. Məsələn, ittrium, rodium, iridium və platinin klarkları azalmış, rubidium, stronsium, nikel, gümüş, qalay və yodunku isə çoxalmışdır. Aydın məsələdir ki, Noddaklar və Holdşmidtin götürdükləri sınaqlar müxtəlif regionlardandır və klarklar arasındakı tam oxşayış ancaq müstəsna hallarda ola bilər.

Geokimyayın əsası qoyulduğu gündən indiyədək klarkların hesablanması işinə V.İ.Vernadski, A.Y.Fersman, A.P.Vinoqradov, A.A.Beus və başqaları rəhbərlik etmişdir. Hazırda A.P.Vinoqradovun axırncı klark cədvəllərindən əlavə həmçinin A.A.Beusun 1975-ci ildə tərtib etdiyi litosferin klarkları cədvəlindən də istifadə olunur.

Sual verilə bilər ki, Yer qabığında klark cədvəllərinin tərtib edilməsinin nə əhəmiyyəti var? Belə suala cavabı vaxtilə A.Y.Fersman vermişdir: «Həyat göstərir ki, mədəniyyət və sənaye Yer qabığında nisbətən geniş yayılmış elementlər üzərində qurulmalıdır». Bu günkü texniki tərəqqi Fersmanın sözlərinin nə qədər dəqiq və düzgün olduğunu sübut edir; müasir sənaye komplekslərinin bünövrəsini Yer qabığında geniş yayılmış silisium, oksigen və dəmir təşkil edir və bu üç elementsiz insanın həyatı mümkünsüzdür.

Sənaye və kənd təsərrüfatının inkişafı yerin təkindən, qismən dəniz və okeandan, havadan alınan kimyəvi elementlərin istifadəsinə əsaslanır. Elementlərin təbiətdən götürülməsi tempi günü-gündən yüksəlir. Əgər XX əsrin 20-ci illərində filizlərdən təqribən 80 milyon ton dəmir əridilirdisə, hazırda bu miqdar 400 milyondan yuxarıdır. Müqayisə üçün deyək ki, Qafqaz respublikalarının (Azərbaycanın, Gürcüstanın, Ermənistanın, Dağıstanın) metallurgiya bazasının əsası olan, respublikamızın Daşkəsən dəmir filizi yatağının dəmir filizi ehtiyatı 200 milyon tondan azdır.

İnsanın həyatında istifadə edilmək üçün elementlərin təkcə çıxarılması yox, onların müxtəlifliyi də artır. Qədim dünyada cəmi 18 elementdən istifadə olunurdu, iyirmi əsrdən sonra, XVIII əsrdə bu say 28 olur, XIX əsrdə 62-yə çatır, XX əsrin əvvəlində 71 kimyəvi element xalq təsərrüfatının tələbatına cəlb olunur. İndi isə biz Mendeleyev cədvəlində məlum olan 110 elementin hamısından istifadə edirik.

Yer qabığından götürülən kimyəvi elementlərin süxur və filizlərdən çıxarılmış miqdarı bir-birindən kəskin seçilir. Əgər ildə 3 milyard ton karbon (kömür, neft, qaz; istismarının cüziliyinə görə bura qrafit və almazı qatmırıq) və 300 milyon ton dəmir çıxarılsa, cəmi 5 milyon ton mis, 9 min ton civə əldə edilir; dünya bazarında ildə 30 ton platin və 1 ton germanium satılır. Karbon və platinin Yer təkindən istismarı fərqi 100.000.000 dəfədir. İzah oluna bilər ki, kömür, neft və qaz yanacaqdır və onlardan istifadə zərurətdir, platin isə nəcib metaldır və insan onsuz keçinə də bilər. Ola bilsin ki, bəşə-

riyyət ona lazım olan qədər faydalı qazıntıni planetdən çıxarır: birisini az, digərini çox. Bu iş doğrudanmı belədir? Əlbəttə, yox: hamının tanıdığı qızılın misalında asan sübut etmək olar ki, bu fikir səhvdir.

Dünyanın bütün ölkələri çalışır ki, nə qədər mümkünsə bu nəcib metalı o qədər çox əldə etsin. Qızılın həqiqi istismarı dövlətlərin ona olan tələbatından yox, imkanatlarından asılıdır. Bir sıra başqa elementlər haqda da bunu demək olar. Ümumiyyətlə, müxtəlif qara, əlvan və nadir metalların çıxarılması ölkələrin geoloji öyrənilməsi ilə yox, hökumətlərin geoloji-kəşfiyyat işlərinə buraxdığı vəsaitlə təyin olunur.

RF-də Geologiya Nazirliyinin, respublika və əyalətlərin minlərcə geoloji-axtarış dəstələri MDB ölkələrində yeraltı sərvətlərin varlığı və ehtiyatlarının miqdarı problemləri ilə məşğul olur; müxtəlif metalların olduğu konkret regionlar üzə çıxarılır. Lakin geoloji işlərin səviyyəsi, onlara buraxılan vəsait qızılın və platinin çıxarılma miqdarını kömürün və dəmirin səviyyəsinə çatdıra bilməz. Burada klark məsələsi var. Yer qabığında nadir və nəcib metalların miqdarı çox cüzdür. Məsuliyyətsiz və hüdudsuz istifadə yaxın gələcəkdə planetdə bir sıra metalların tamam tükənməsi ilə nəticələnə bilər.

Təbiətdə elementlərin paylanması və xalq təsərrüfatında onlardan istifadə arasındakı nisbətin aydınlaşdırılması məqsədilə rus alimi A.İ.Perelman elementin texnofilliyi (T)əmsali deyilən anlayış təklif edir. Bunun üçün elementin süxurlardan illik çıxarılma miqdarı onun litosfer klarkına bölünür. Məsələn, deyək ki, Mendeleev cədvəlində iki qonşu metal, 25 Nöli manqan və 26 Nöli dəmir götürülür. Sənayedə hər iki elementdən qara metal kimi istifadə olunur. Dünyada ildə 310 milyon ton dəmir və 6 milyon ton manqan çıxarılır. Manqanın klarkı 0,1 və dəmirin klarkı 4,65-dir.

Elementlərin texnofilliyini hesablayaq:

$$\text{Dəmirin texnofilliyi} - T_{Fe} = \frac{3,1 \cdot 10^8}{4,65} = 6,6 \cdot 10^7$$

$$\text{Manqanın texnofilliyi} - T_{Mn} = \frac{6 \cdot 10^6}{0,1} = 6 \cdot 10^7$$

Görürük ki, dəmirin litosfer klarkının manqanından 46,5 dəfə artıq olmasına baxmayaraq onların təbiətdən alınması intensivliyi eynidir. Əlbəttə, alınmış rəqəm təsadüfidir və mülahizə etmək olmaz ki, dövlətlərin plan-iqtisad müəssisələrinin rəhbərləri gələcəkdə təbiətdən metalların çıxarılmasında onların klarklarını nəzərə alacaqlar. Lakin bu iş nəzərə alınsa çox yaxşı olar.

Mendeleyev cədvəlinin birinci qrupundan iki digər mərtəbə qonşusunu götürək: misi və gümüşü. Qrupda mis gümüşdən bir mərtəbə üstədir və onların atom nömrələri arasında dövrilik (18 elektron) fərqi var; misin atom nömrəsi 29, gümüşünkü isə 47-dir. Misin litosfer klarkı $4,7 \times 10^{-3}$, gümüşünkü isə 7×10^{-6} -dir, başqa sözlə desək, Yer qabığının bir ton maddəsində 47 qram mis və 0,07 qram gümüş olmalıdır. İldə dünyada 5,4 milyon ton mis və 8 min ton gümüş istehsal edilir, lakin elementlərin texnofillik əmsali eynidir:

$$T_{Cu} = \frac{5,4 \cdot 10^6}{4,7 \cdot 10^{-3}} = 1,1 \cdot 10^9 \quad T_{Ag} = \frac{8 \cdot 10^3}{7 \cdot 10^{-6}} = 1,1 \cdot 10^9$$

Gələcək texniki tərəqqinin təmini və faydalı qazıntılardan rəşional istifadə üçün elementlərin texnofilliyi geoloqların, iqtisadiyyat-plan müəssisələrinin, dövlət işçilərinin vacib vəzifələrindən biri olmalıdır.

Aparılmış hesablamalar göstərir ki, bir çox elementlərin Yer qabığındakı klarkları müxtəlif olsa da və çıxarılma miqdarı bir-birindən seçilsə də onların texnofilliyi, mis və gümüşdə olduğu kimi ya yaxın, yaxud da eynidir. Məsələn,

kadmium və cıvə, niobium və tantal, uran və molibden, titan və sirkonium və s. Geokimyəvi qohum, lakin texnofilliyi ilə seçilən elementlər də vardır: haloidlərdən xlor və ftor, süxuryaradan elementlərdən kalsium, kalium, natrium və s.

Kimyəvi elementlərdən ən yüksək texnofillik əmsalına karbon malikdir. Bu elementin texnofilliyi kömür üçün 8×10^{10} və neft üçün 3×10^{10} olub, ümumiyyətlə $1,1 \times 10^{11}$ -dir. Belə yüksək texnofillik yanacaq enerjisinin insan aləminə nə qədər lazım olduğunu əks etdirir. Həyat enerjisiz başa düşülə bilməz. Bilirik ki, hazırda bir çox ölkələrin siyasəti energetika resurslarının varlığından, ixracından və idxalından asılıdır. Əgər texnofilliyə mineral xammala olan qiymət də əlavə olunarsa karbonun mahiyyəti daha da yüksələr. Karbon neft, qaz və kömürün başlıca komponenti və almaz ilə qrafit kimi mineralların yeganə tərkib hissəsidir. Almazların isə dünya bazarında olan qiyməti hələ ki, çox yüksəkdir.

Texnofillik əmsalının qiymətinin kiçik olduğu elementlərə ittrium, qallium, sezium, torium aiddir. Onların sənayedə tutduğu yeri nəzərə alsaq, bu nəticəyə gələrik ki, sezium və torium kimi metalların texnofilliyi tezliklə artmalıdır.

İnsanın gündəlik fəaliyyətində kimyəvi elementlərin Yer qabığında və müxtəlif regionlarda olan orta miqdarı həmişə nəzərə alınmalıdır. Gələcək nəsillər barədə düşünmək lazımdır. Yer qabığında olan faydalı qazıntı yataqlarının mülahizə olunan ehtiyatı yadda saxlanılaraq hesablanmışdır ki, mineral xammaldan istifadə tempi bu günkü səviyyədə saxlanılırsa, planetimizin daş kömür ehtiyatı 100-150 ilə, neft 200 ilə, təbii qaz 300 ilə, qurğuşun 20-60 ilə, gümüş 13-40 ilə, digər əlvan, nəcib və nadir metallar isə 40-80 ilə ancaq bəs edər. Belə ki, gələcək nəsillər mineral xammalın qıtlığı təhlükəsi altındadır. Lakin dəmir, silisium, alüminium, kalsium, qələvilər kimi elementlərin ehtiyatı tükənməzdir və nikbin fikirləşək ki, gələcəyin insanları yeni enerji mənbələri və xammal sahələri üzə çıxaraacaq və çətinlik çəkməyəcəklər.

Mineral xammalın istehsalı və istifadəsi prosesində ətraf mühitin mühafizəsinə xüsusi fikir verilməlidir; nəfəs aldığımız

atmosferdə başlıca elementlərin - oksigenin, azotun, inert qazların, karbon qazının və s. nisbi miqdarları gözlənilməlidir və burada, həmçinin texnofilliyə fikir verilməlidir.

İnkişaf etmiş kapitalist ölkələrində təbiətin sərvətlərindən istifadə dünyadakı orta istifadə miqdardan dəfələrlə artıqdır. Məsələn, ərazisində dünya əhalisinin cəmi 6%-i yaşayan ABŞ-da planetin təbii resurslarının illik miqdarının 40%-i istifadə olunur və ölkənin verə biləcəyi oksigendən iki dəfə artıq oksigen udulur.

Yer qabığının təbii sərvətlərindən istifadə məsələsi o qədər vacib problemdir ki, Birləşmiş Millətlər Təşkilatında (BMT) planetin təbii resurslarından, enerji və onun nəqlindən istifadə Mərkəzi yaradılmışdır. Mərkəzin ekspertlər qrupu tərəfindən 1979-cu ildə mineral xammal resurslarının yeni beynəlxalq təsnifatı tərtib edilmişdir. Bu təsnifatda kimyəvi elementlərin klarkları, illik istifadə və ətraf mühitin mühafizəsi amilləri xüsusi olaraq nəzərə alınmışdır.

Kimyəvi elementlərdən istifadə ilə onların regional klarkları daha sıx əlaqələndirilməlidir. İndi biz metalları onların ən çox təmərküzləşdikləri yerlərdən, yataqlardan çıxarıyıq. Lakin zəngin yataqlar tezliklə istismar olunur və onların ehtiyatı az zaman içərisində tükənir. Ola bilsin ki, yaxın gələcəkdə qranit, diorit, nefelinli sienit və s. maqmatik süxurların özləri metalların çıxarılma obyektlərinə çevriləcəklər. Məsələn, hələ 20-25 il əvvəl filiz kütləsində 1,5-2% mis olmalı idi ki, istismar müəssisələri yatağı qəbul etsinlər. Bu gün isə bu qiymət 0,2-0,5%-ə enmişdir.

İri maqmatik və metasomatik kütlələr, onların hər tonunda heç olmasa 200 qram mis olduqda hesaba alınır və gələcək üçün ehtiyata verilir.

Mis-porfir filizi adlandırılan (görməli nümunələri Azərbaycanda var) yataqlarda orta hesabla 0,5% metal olur və hazırda onlardan ABŞ-ın, Perunun, Çilinin və dünyanın bir sıra başqa ölkələrinin bütün misini çıxarırlar. Təbiət və elementlərdən istifadə arasındakı bağlılıq, xüsusən son illər, elmi-texniki tərəqqidə özünü büruzə verir.

Atom enerjisinə yiyələnmək, reaktorlarda uran - 235 izotopunun parçalanması ilə bağlıdır. Uran-235 nüvə yanacağıdır. İnsan uranın təbii parçalanmasının sürətini hədsiz artırır və metalın nüvəsinin süni bölünməsinə səbəb olur. Proses zamanı nüvədə izotop nisbətləri dəyişir: uran-238 sabit qaldığı halda, uran-235-in miqdarı azalır. Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, yaxın gələcəkdə uran-238 izotopu həmçinin enerji mənbəyinə çevriləcək və atom elektrostansiyalarını xammalla təmin edəcək. Başqa sözlə desək, insanın fəaliyyəti uranın klarkının azalmasına yönəldilmişdir. Lakin qeyd edək ki, uranın klarkı çox cüzi azalır, belə ki, metalın başlıca miqdarı yataqlarda yox, qranit tipli süxurlarda cəmlənmişdir.

Gələcəkdə nüvə yanacağı kimi 90Nöli element-torium da istifadəyə verilməlidir. Deməli, onun da klarkları azalmalıdır. İstilik-nüvə enerjisindən istifadə ilə bağlı olaraq, həmçinin deuteriumun da (kütlə ədədi 2 olan hidrogenin qeyri-radioaktiv izotopu) ehtiyatı Yer qabığında azalmalıdır və təbiətdə hidrogen atomlarında izotop nisbəti dəyişməlidir.

Atom reaktorlarında baş verən nüvənin parçalanması proseslərində, partlayışlarda radioaktiv olmayan elementlərin əvvəl təbiətdə müşahidə olunmayan radioaktiv izotopları əmələ gəlir. Onların içərisində stronsium-90 (atom nömrəsi 38-dir) nəzəri cəlb edir. Bu izotop çox enerji ilə yerini dəyişir, miqrasiya edir, torpağa, bitkilərə, suya və heyvanlara yoluxur. İnsanın orqanizmində stronsium-90 skeletdə təmərküzləşir, radioaktiv ocaqlar yaradır və xərçəng xəstəliyinə səbəb olur. Bu elementin yarımparçalanma periodu (dövrü) 27,7 ildir və o, onillərlə xarici mühiti zəhərləyə bilər. Nüvə partlayışlarının verə biləcəyi zərərin qarşısını almaq məqsədilə Yerin səthində, suda və atmosferdə nüvə sınaqlarının aparılması qəti dayandırılmalı və hətta yeraltı partlayışlar da müəyyən sərhəd daxilində aparılmalıdır.

Bəşəriyyətin nüvə silahlarının istehsalının məhdudlaşdırılması və nüvə sınaqlarının tamam ləğvi barədəki mübarizəsinin başlıca məqsədi insanların sağlamlığının qorunması və planetin məhvinin qarşısının alınmasıdır. Bu mübarizə nəticə-

sində 1963-cü ilin Moskva müqaviləsi əsasında atom partlayışları atmosferdə, kosmosda və sualtında ləğv edilmişdir. 1974-cü ildə ABŞ prezidentinin SSRİ-yə səfərindən sonra yeraltı nüvə partlayışlarının məhdudlaşdırılması barədə sovet-amerikan razılığı əldə edilmişdir. Fransa hökuməti öz ölkəsindən çox-çox uzaqda, Sakit okeandakı Mururoa adasında partlayışlar aparır, Avstraliyanın, Yeni Zelandiyanın və Mururoaya yaxın adaların əhalisinin həyatını təhlükə qarşısında qoyur.

Stronsium-90 zəhərləyici izotop olsa da, sənayedə və təbabətdə geniş istifadə olunur. O atom elektrik batareyalarının enerji mənbəyidir, zərərli şişlərin müalicəsində işlədilir və s. Nüvə reaksiyaları zamanı stronsium-90 digər elementlərin 200-dən yuxarı, o cümlədən seziumun, yodun və b. elementlərin izotopları ilə müşayiət olunur. Onların miqdarı azacıqdır və həmin elementlərin litosfer klarklarına təsir etmir. Lakin radioaktivliyin artması insanın, canlı aləmin həyat fəaliyyətinə öz təsirini göstərir.

Klarkların hesablanması, onların süni artımı və istehsalat nəticəsində azalmasının səbəblərini aydınlaşdırmaq, təbiətlə insan arasında tarazlıq yaratmaq müasir elmin vacib problemlərindən biridir. Biz hazırda bir sıra klark cədvəllərindən istifadə edirik. Həmin cədvəllər Yer qabığının kimyası barədə dolğun təsəvvür əldə edilməsinə kömək edir.

Klarkların hesablanmasında V.İ.Vernadskinin xidmətləri böyükdür. V.İ.Vernadskiyə qədər klarkların hesablanmasında hidrosfer, atmosfer və biosferin tərkibi nəzərə alınmırdı. O, Yer qabığında rast gələn elementlərin miqdarından asılı olaraq onları dekadalarda cəmləmiş və onun tərtib etdiyi birinci klark cədvəli yaddaqalandır və Yer qabığının kimyəvi tərkibini sadəcə əks etdirir (cədvəl 3).

**Kimyəvi elementlərin dekadalarla miqdarına
görə paylanması (V.İ.Vernadski, 1925)**

Deka- dalar	kütlə (%-lə)	kütlə tonla	elementlər
I	10	10^{19}	O, Si
II	1-10	10^{17} - 10^{18}	Al, Fe, Ca, Na, Mg, K, H
III	10^{-1} -1	10^{16} - 10^{17}	Ti, C, Cl, P, S, Mn
IV	10^{-2} - 10^{-1}	10^{15} - 10^{16}	F, Ba, N, Cr, Zr, V, Ni, Zn, B, C
V	10^{-3} - 10^{-4}	10^{14} - 10^{15}	Li, Rb, Y, Be, Ce, Co, Th, Mo, Pb, Ga, Nb, W
VI	10^{-4} - 10^{-5}	10^{13} - 10^{14}	U, Yb, Dy, Gd, Sm, Er, La, Sn, Sc, Cs, Cd, As, Pr, Hf, Ar, Lu, Hg, Tm, Ho, Tb, J, Ge
VII	10^{-5} - 10^{-4}	10^{12} - 10^{13}	Se, Sb, Ta, Eu, Jn, Tl, Ag
VIII	10^{-6} - 10^{-5}	10^{11} - 10^{12}	Pd, Pt, Os, Po, Au, Rh, Jr, Ac, Te, He
IX	10^{-7} - 10^{-8}	10^{10} - 10^{11}	Re, Tc
X	10^{-8} - 10^{-7}	10^9 - 10^{10}	Kr
XI	10^{-9} - 10^{-8}	10^8 - 10^9	Xe
XII	10^{-10} - 10^{-9}	10^7 - 10^8	Ra
XIII	10^{-11} - 10^{-10}	10^6 - 10^7	Pa

Birinci dekadanın elementlərinin miqdarı Yer qabığının ümumi kütləsinin 10%-dən çoxdur, ikinci dekadanın nümayəndələri Yer qabığının ümumi çəkisinə nisbətən vahidlərlə ölçülə bilər, üçüncü dekadanın üzvləri faizin onda birini təşkil edir və s. Yer qabığının ən nadir elementi XIII qrupda duran protaktiniumdur. Onun miqdarı nəzəri olaraq Yer qabığının ümumi çəkisinin milyardda biri qədər hesablanır, yəni metalın miqdarı cəmi 10 milyon tondur. Ondan cəmi üç dəfə artıq digər vacib radioaktiv metal-radiumdur. A.Y.Fersman təklif edir ki, klarkları tək çəki faizləri ilə yox, atom miqdarları ilə də hesablamaq lazımdır. O, elementlərin paylanma dərəcəsinin təyinatında çəki faizlərinə görə yox, onların atomlarının miqdarı münasibətinə əsaslanmaqda düzgün hərəkət edirdi. Adətən kimyəvi reaksiyalarda qram-molekullar və qram-atomlarla işləmək məqsədə daha uyğundur.

Müasir dövrdə, XX əsrin 20-ci illərindən keçən müddət ərzində kimyəvi elementlərin litosfer klarklarının nə qədər

dəyişikliyə uğramasını əks etdirmək məqsədilə biz Klark və Vaşinqtonun (1924), Fersmanın (1933-1939) tərtib etdikləri klark cədvəllərini müqayisəli olaraq nümayiş etdiririk.

Cədvəl 4

**Kimyəvi elementlərin litosfer klarklarının müqayisə cədvəli
(k ü t l ə %-lə)**

№	Element	İndeks	Klark və Vaşinqton (1924)	A.Y.Fersman (1933-1939)
1	2	3	4	5
1	Hidrogen	H	0,88	1,00
2	Helium	He	-	1×10^{-6}
3	Litium	Li	0,004	5×10^{-3}
4	Berillium	Be	0,001	4×10^{-4}
5	Bor	B	0,001	5×10^{-3}
6	Karbon	C	0,087	0,35
7	Azot	N	0,03	0,04
8	Oksigen	O	49,52	49,13
9	Flüor	F	0,027	0,08
10	Neon	Ne	-	5×10^{-7}
11	Natrium	Na	2,64	2,40
12	Maqnezium	Mg	1,94	2,35
13	Alüminium	Al	7,51	7,45
14	Silisium	Si	25,75	26,0
15	Fosfor	P	0,12	0,12
16	Kükürd	S	0,048	0,10
17	Xlor	Cl	0,19	0,20
18	Arqon	Ar	-	4×10^{-4}
19	Kalium	K	2,40	2,35
20	Kalsium	Ca	3,39	3,25
21	Skandium	Sc	$n \times 10^{-5}$	6×10^{-4}
22	Titan	Ti	0,58	0,61
23	Vanadium	V	0,016	0,02
24	Xrom	Cr	0,033	0,03
25	Manqan	Mn	0,08	0,10
26	Dəmir	Fe	4,70	4,20

4-cü cədvəlin davamı

1	2	3	4	5
27	Kobalt	Co	0,01	0,002
28	Nikel	Ni	0,018	0,02
29	Mis	Cu	0,01	0,01
30	Sink	Zn	0,04	0,02
31	Qallium	Ga	$nx10^{-9}$	0,0001
32	Germanium	Ge	$nx10^{-4}$	0,0004
33	Mərgümüş	As	$nx10^{-4}$	0,0005
34	Selen	Se	$nx10^{-6}$	$8x10^{-5}$
35	Brom	V	$nx10^{-4}$	0,001
36	Kripton	Kr	-	$2x10^{-8}$
37	Rubidium	Rb	$nx10^{-3}$	0,008
38	Stronsium	Sr	0,017	0,035
39	İttrium	Y	-	0,035
40	Sirkonium	Zr	0,023	0,025
41	Niobium	Nb	-	$3,2x10^{-5}$
42	Molibden	Mo	$nx10^{-4}$	0,001
43	Texnesium	Ts	-	$1x10^{-7}$
44	Rutenium	Ru	$nx10^{-9}$	$5x10^{-6}$
45	Rodium	Rh	$nx10^{-9}$	$1x10^{-6}$
46	Palladium	Pd	$nx10^{-9}$	$5x10^{-6}$
47	Gümüş	Ag	$nx10^{-6}$	$1x10^{-5}$
48	Kadmium	Cd	$nx10^{-5}$	$5x10^{-4}$
49	İndium	In	$nx10^{-9}$	$1x10^{-5}$
50	Qalay	Sn	$nx10^{-4}$	0,008
51	Sürmə	Sb	$nx10^{-5}$	$5x10^{-5}$
52	Tellur	Te	$nx10^{-7}$	$1x10^{-6}$
53	Yod	J	$nx10^{-5}$	0,0001
54	Ksenon	Xe	-	$3x10^{-9}$
55	Sezium	Cs	$nx10^{-7}$	0,001
56	Barium	Ba	0,047	0,05
57	Lantan	La	-	$6,5x10^{-4}$
58	Serium	Ce	-	0,0029
59	Prazeodim	Pr	-	0,00045
60	Neodim	Nd	-	0,0017
61	Prometium	Pm	-	??
62	Samarium	Sm	-	0,0007
63	Avropium	Eu	-	$2x10^{-5}$
64	Qadolinium	Gd	-	0,00075
65	Terbium	Tb	-	0,0001

4-cü cədvəlin davamı

1	2	3	4	5
66	Disporzium	Dy	-	0,00075
67	Holmium	Ho	-	0,0001
68	Erbium	Er	-	0,00065
69	Tulium	Tm	-	0,0001
70	İtterbium	Yb	-	0,0008
71	Lütesium	Lu	-	0,00017
72	Hafnium	Hf	0,003	0,0004
73	Tantal	Ta	-	$2,4 \times 10^{-5}$
74	Volfram	W	5×10^{-3}	0,007
75	Renium	Re	-	1×10^{-7}
76	Osmium	Os	$n \times 10^{-8}$	5×10^{-6}
77	İridium	Ir	$n \times 10^{-8}$	1×10^{-6}
78	Platin	Pt	$n \times 10^{-7}$	1×10^{-6}
79	Qızıl	Au	$n \times 10^{-7}$	5×10^{-7}
80	Civə	Hg	$n \times 10^{-5}$	5×10^{-6}
81	Tallium	Tl	$n \times 10^{-8}$	1×10^{-5}
82	Qurğuşun	Pb	0,003	0,0016
83	Bismut	Bi	$n \times 10^{-6}$	1×10^{-5}
84	Polonium	Po	-	5×10^{-6}
85	Astatin	At	-	?
86	Radon	Rn	-	?
87	Fransium	Fr	-	?
88	Radium	Ra	$n \times 10^{-10}$	2×10^{-10}
89	Aktinium	As	-	-
90	Torium	Th	0,003	0,001
91	Protaktinium	Pa	-	7×10^{-11}
92	Uran	U	0,008	0,0004

Verilən cədvəl göstərir ki, Klark-Vaşinqtonun orta klark rəqəmləri Fersmanın klarklarından nəzərə çarpacaq dərəcədə fərqlənir. Axırncı rəqəmlər daha konkretdir. Sual işarəsi ilə göstərilən elementlərin klarkları 50-ci illərdən sonra müəyyənləşdirilmişdir.

Hazırda geokimyada, xüsusən geoloji-kəşfiyyat işlərində geokimyəvi üsullar tətbiq olunarkən A.P.Vinoqradovun litosfer və süxur tipləri üçün verdiyi elementlərin klarklarından istifadə olunur (cədvəl 5).

Başlıca süxur növlərində və litosferdə
kimyəvi elementlərin orta miqdarı (A.P.Vinoqradov)

Element	Ultraəsa- si süxur- lar (dunit və s.)	Əsasi sü- xurlar (ba- zalt və s.)	Orta sü- xurlar (dio- rit və s.)	Turş sü- xurlar (qra- nit və s.)	Çökmə süxurlar (gilli şistlər və s.)	Yerin qabığı (iki hissəsi - turş, bir his- səsi əsasi)
1	2	3	4	5	6	7
H	-	-	-	-	-	-
He	-	-	-	-	-	-
Li	5×10^{-5}	$1,5 \times 10^{-3}$	2×10^{-3}	4×10^{-4}	6×10^{-3}	$3,2 \times 10^{-3}$
Be	2×10^{-5}	4×10^{-5}	$1,8 \times 10^{-4}$	$5,5 \times 10^{-4}$	3×10^{-4}	$3,8 \times 10^{-4}$
B	1×10^{-4}	5×10^{-4}	$1,5 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-3}$	0,01	0,0012
C	0,01	0,01	0,02	0,03	1,0	0,0023
N	0,0006	0,0018	0,0022	0,002	0,06	0,0019
O	42,5	43,5	46,0	48,7	52,8	47,0
F	0,01	0,037	0,05	0,08	0,05	0,066
Na	0,57	1,94	3,0	2,77	0,66	2,5
Mg	25,9	4,5	2,18	0,56	1,34	1,87
Al	0,45	8,76	8,85	7,70	10,45	8,05
Si	19,0	24,0	26,0	32,3	23,8	29,5
P	0,017	0,14	0,16	0,07	0,077	0,093
S	0,01	0,03	0,02	0,04	0,3	0,047
Cl	0,005	0,005	0,01	0,025	0,016	0,017
K	0,03	0,83	2,3	3,31	2,28	2,50
Ca	0,70	6,72	4,65	1,58	2,58	2,96
Sc	0,0005	0,0024	0,00025	0,0003	0,001	0,001
Ti	0,030	0,9	0,8	0,23	0,45	0,45
V	0,004	0,02	0,01	0,004	0,013	0,09Cr
Cr	0,2	0,02	0,005	0,0025	0,01	0,0083
Mn	0,15	0,2	0,12	0,6	0,67	0,1
Fe	9,85	8,56	5,85	2,70	3,38	4,65
Co	0,02	0,0045	0,001	0,0005	0,002	0,0018
Ni	0,2	0,016	0,0055	0,0008	0,0095	0,0058
Cu	0,002	0,01	0,0035	0,002	0,0057	0,0047
Zn	0,003	0,013	0,0072	0,006	0,008	0,0083
Ga	0,0002	0,0018	0,002	0,002	0,003	0,0019
Ge	0,0001	0,00015	0,00015	0,00014	0,0002	0,00014
As	0,00005	0,0002	0,00024	0,00015	0,00066	0,00017
Se	5×10^{-6}	5×10^{-6}	5×10^{-6}	6×10^{-5}	6×10^{-5}	5×10^{-6}
Br	5×10^{-5}	3×10^{-4}	$4,5 \times 10^{-4}$	$1,7 \times 10^{-4}$	6×10^{-4}	$2,1 \times 10^{-4}$

5-ci cədvəlin davamı

1	2	3	4	5	6	7
Rb	0,0002	0,0045	0,01	0,02	0,02	0,015
Sr	0,001	0,044	0,08	0,08	0,045	0,034
Y	-	0,002	-	0,0034	0,003	0,0029
Zr	0,003	0,01	0,026	0,02	0,02	0,017
Nb	0,0001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Mo	0,00002	0,00014	0,00009	0,0001	0,0002	0,00011
Ru	-	-	-	-	-	-
Rh	-	-	-	-	-	-
Pd	$1,2 \times 10^{-5}$	$1,9 \times 10^{-6}$	-	1×10^{-6}	-	$1,3 \times 10^{-6}$
Ag	5×10^{-6}	1×10^{-5}	7×10^{-6}	5×10^{-6}	1×10^{-5}	7×10^{-6}
Cd	5×10^{-6}	$1,9 \times 10^{-5}$	-	1×10^{-5}	3×10^{-5}	$1,3 \times 10^{-5}$
In	$1,3 \times 10^{-6}$	$2,2 \times 10^{-5}$	-	$2,6 \times 10^{-5}$	5×10^{-6}	$2,5 \times 10^{-5}$
Sn	5×10^{-5}	$1,5 \times 10^{-4}$	-	3×10^{-4}	0,001	$2,5 \times 10^{-4}$
Sb	1×10^{-5}	1×10^{-4}	2×10^{-5}	$2,6 \times 10^{-5}$	2×10^{-4}	5×10^{-5}
Te	1×10^{-7}	1×10^{-7}	1×10^{-7}	1×10^{-7}	1×10^{-6}	1×10^{-7}
I	1×10^{-6}	5×10^{-5}	3×10^{-5}	4×10^{-5}	1×10^{-4}	4×10^{-5}
Cs	1×10^{-5}	1×10^{-4}	-	5×10^{-4}	$1,2 \times 10^{-3}$	$3,7 \times 10^{-4}$
Ba	0,0001	0,03	0,065	0,083	0,08	0,065
La	-	0,0027	-	0,006	0,004	0,029
Ce	-	0,00045	-	0,01	0,005	0,007
Pr	-	0,0004	-0	0,0012	0,0005	0,0009
Nd	-	0,002	-	0,0046	0,0023	0,0037
Pm	-	-	-	-	-	-
Sm	-	0,0005	-	0,0009	0,00065	0,0008
Eu	0,000001	0,0001	-	0,00015	0,0001	0,00013
Gd	-	0,0005	-	0,0009	0,00065	0,0008
Tb	-	0,00005	-	0,00025	0,00009	0,00043
Dy	5×10^{-6}	2×10^{-4}	-	$6,7 \times 10^{-4}$	0,00045	0,0005
Ho	-	0,0001	-	0,0002	0,0001	0,00017
Er	-	0,0002	-	0,0004	0,00025	0,00033
Tm	-	0,00002	-	0,00003	0,000025	0,000027
Yb	-	0,0002	-	0,0004	0,0003	0,00033
Lu	-	0,00006	-	0,0001	0,00007	0,00008
Hf	0,00001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0006	0,0001
Ta	$1,3 \times 10^{-6}$	$4,8 \times 10^{-5}$	7×10^{-5}	$3,5 \times 10^{-4}$	$3,5 \times 10^{-4}$	$2,5 \times 10^{-4}$
W	$1,5 \times 10^{-5}$	0,0001	0,0001	0,00015	0,0002	0,00013
Re	-	$7,1 \times 10^{-8}$	-	$6,7 \times 10^{-8}$	-	7×10^{-8}
Os	-	-	-	-	-	-
Ir	-	-	-	$6,3 \times 10^{-7}$	-	$4,2 \times 10^{-7}$

1	2	3	4	5	6	7
Pt	2×10^{-5}	1×10^{-5}	-	-	-	$1,5 \times 10^{-6}$
Au	5×10^{-7}	4×10^{-7}	-	$4,5 \times 10^{-7}$	1×10^{-7}	$4,3 \times 10^{-7}$
Hg	1×10^{-6}	9×10^{-6}	-	8×10^{-6}	4×10^{-5}	$8,3 \times 10^{-6}$
Tl	1×10^{-6}	2×10^{-5}	5×10^{-5}	$1,5 \times 10^{-4}$	1×10^{-4}	1×10^{-4}
Pb	1×10^{-5}	0,0008	0,0015	0,002	0,002	0,0016
Bi	1×10^{-7}	7×10^{-7}	1×10^{-6}	1×10^{-6}	1×10^{-6}	9×10^{-7}
Po	-	-	-	-	-	-
Rn	-	-	-	-	-	-
Ac	-	-	-	-	-	-
Ra	-	-	-	-	-	-
Th	5×10^{-7}	0,0003	7×10^{-4}	0,0018	0,0011	0,0013
Pa	-	-	-	-	-	-
U	3×10^{-7}	5×10^{-5}	$1,8 \times 10^{-4}$	$3,5 \times 10^{-4}$	$3,2 \times 10^{-4}$	$2,5 \times 10^{-4}$

Yer qabığının qranit geosferini təşkil edən turş süxurların klarkları kifayət qədər dəqiq təyin olunmuşdur. Əsasi (bazalt, qabbro və s.) və çökmə (gillər, gilli şistlər, əhəngdaşları, qumdaşları və s.) süxurların Yer qabığındakı orta miqdarı barədə nisbətən düzgün material var. Lakin Yer qabığının orta tərkibinin düzgün təyini mürəkkəb məsələdir, belə ki, ayrı-ayrı süxur qrupları arasındakı nisbət hələ dəqiq müəyyənləşdirilməyib. Bu iş əsasən okeandibi Yer qabığına aid edilə bilər. A.P.Vinoqradovun cədvəllərində turş və əsasi süxurların Yer qabığında yayılma nisbəti 2:1 hesabından götürülür, yəni bu geosferin 2/3-si qranitlərdən, 1/3-i bazaltlardan ibarətdir. Çökmə süxurlar maqmatik kütlələrin aşınması, yerdəyişməsi və dəniz-okean hövzələrində toplanmasının nəticəsidir, orta süxurlar isə turş və əsasi süxurlar arasında aralıq vəziyyət tutur, bu səbəbdən litosfer klarkının hesablanmasında onlar nəzərə alınır. Aydın məsələdir ki, hesablamada həm intruziv, həm də effuziv turş və əsasi süxurların hamısı əhatə olunur.

A.A.Beus (1975) öz hesablamalarında qranit və bazalt geosferlərinin qalınlığını başlıca amil kimi qəbul edir və buna görə də onun aldığı rəqəmlər A.P.Vinoqradovunkundan bir qədər fərqlidir. Beusun klarklar cədvəlində litosfer və qranit qat ayrılıqda qeyd olunur, (cədvəl 6) bazalt qatının tərkibi

dioritə (qranit və qabbro arasında aralıq növü) yaxın hesab edilir və faizlərlə belə ifadə olunur:

Oksigen – 46,0	Kalsium - 5,1
Silisium- 26,2	Manqan - 0,1
Alüminium-8,1	Natrium – 2,4
Dəmir – 6,7	Kalium – 1,5
Maqnezium – 3,0	Hidrogen – 0,1
Fosfor – 0,1	

Bizim fikrimizcə, klarklarla işləyərkən, petroqrafik formasiyaların geokimyəvi xüsusiyyətlərinin aşkara çıxarılması, geokimyəvi parametrlərin süxur növləri üzrə təyini zamanı A.P.Vinoqradovun, lazım olduqda isə A.A.Beusun cədvəllərindən istifadə etmək məqsədə uyğundur.

Cədvəl 6

**Yer qabığında kimyəvi elementlərin orta faiz miqdarı
(A.A.Beus, 1975)**

Atom nömrəsi	Elementlər		Materik Yer qabığı (çökmə örtüksüz)	Qranit qat
	adı	simvolu		
1	2	3	4	5
1	Hidrogen	H	0,10	0,10
2	Helium	He	$6 \times 10^{-5} \text{ sm}^3$	süxurun hər qramına
3	Litium	Li	0,002	0,003
4	Berillium	Be	0,00015	0,00025
5	Bor	V	0,0007	0,001
6	Karbon	S	0,017	0,03
7	Azot	N	0,002	0,0026
8	Oksigen	O	46,0	48,1
9	Flüor	F	0,067	0,072
10	Neon	Ne	Süxurun hər qramına	$7,7 \times 10^{-8} \text{ cm}^3$
11	Natrium	Na	2,3	2,2
12	Maqnezium	Mg	2,4	1,2
13	Alüminium	Al	8,1	8,0
14	Silisium	Si	27,7	30,9

6-cı cədvəlin davamı

1	2	3	4	5
15	Fosfor	P	0,10	0,08
16	Kükürd	S	0,03	0,017
17	Xlor	Cl	0,01	0,017
18	Arqon	Ar	Süxurun hər qramına	$2,2 \times 10^{-5} \text{ cm}^3$
19	Kalium	K	1,8	2,7
20	Kalsium	Sa	4,3	2,5
21	Skandium	Sc	$2,4 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-3}$
22	Titan	Ti	0,6	0,33
23	Vanadium	V	0,019	0,0076
24	Xrom	Cr	0,012	0,0034
25	Manqan	Mn	0,09	0,07
26	Dəmir	Fe	5,7	3,6
27	Kobalt	So	0,0034	$7,3 \times 10^{-4}$
28	Nikel	Ni	0,0095	0,0026
29	Mis	Cu	0,0065	0,0022
30	Sink	Zn	0,0087	0,0051
31	Qallium	Ga	0,0017	0,0019
32	Germanium	Ge	$1,3 \times 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{-4}$
33	Mərgümüş	As	$1,9 \times 10^{-4}$	$1,6 \times 10^{-4}$
34	Selen	Se	1×10^{-5}	$1,4 \times 10^{-5}$
35	Brom	Br	2×10^{-4}	$2,2 \times 10^{-4}$
36	Kripton	Kr	Süxurun hər qramına	$4,2 \times 10^{-9} \text{ sm}^3$
37	Rubidium	Rb	0,009	0,018
38	Stronsium	Sr	0,038	0,023
39	İttrium	U	$2,6 \times 10^{-3}$	$3,6 \times 10^{-3}$
40	Sirkonium	Zr	0,013	0,017
41	Niobium	Nb	$1,9 \times 10^{-3}$	2×10^{-3}
42	Molibden	Mo	$1,3 \times 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{-4}$
43	Texnesium	Ts	-	-
44	Rutenium	Ru	məlumat	yoxdur
45	Rodium	Rh	məlumat	yoxdur
46	Palladium	Pd	$n \times 10^{-7}$	$n \times 10^{-8}$
47	Gümüş	Ag	9×10^{-6}	$4,8 \times 10^{-6}$
48	Kadmium	Cd	$1,9 \times 10^{-5}$	$1,5 \times 10^{-5}$
49	İndium	In	$2,3 \times 10^{-5}$	$2,5 \times 10^{-5}$
50	Qalay	Sn	$1,9 \times 10^{-4}$	$2,7 \times 10^{-4}$
51	Sürmə	Sb	2×10^{-5}	2×10^{-5}

1	2	3	4	5
52	Tellur	Te	1×10^{-7}	1×10^{-7}
53	Yod	Y	5×10^{-5}	5×10^{-5}
54	Ksenon	Xe	Süxurun hər qramına	$3,4 \times 10^{-10} \text{ sm}^3$
55	Seziyum	Cs	2×10^{-4}	$3,8 \times 10^{-4}$
56	Barium	Ba	$4,5 \times 10^{-2}$	$6,8 \times 10^{-2}$
57	Lantan	La	$2,5 \times 10^{-3}$	$4,6 \times 10^{-3}$
58	Cerium	Se	6×10^{-3}	$8,3 \times 10^{-3}$
59	Prazeodim	Pr	$5,7 \times 10^{-4}$	$7,9 \times 10^{-4}$
60	Neodim	Nd	$2,4 \times 10^{-3}$	$3,3 \times 10^{-3}$
61	Prometium	Pm	-	-
62	Samarium	Sm	$6,5 \times 10^{-4}$	9×10^{-4}
63	Yevropium	Eu	1×10^{-4}	$1,4 \times 10^{-4}$
64	Qadolinium	Gd	$6,5 \times 10^{-4}$	9×10^{-3}
65	Terbium	Tb	1×10^{-4}	$1,4 \times 10^{-4}$
66	Disproziyum	Dy	$4,6 \times 10^{-4}$	$6,5 \times 10^{-4}$
67	Holmium	Ho	$1,3 \times 10^{-4}$	$1,8 \times 10^{-4}$
68	Erbium	Er	$2,6 \times 10^{-4}$	$3,6 \times 10^{-4}$
69	Tulium	Tm	$0,2 \times 10^{-4}$	$0,3 \times 10^{-4}$
70	İtterbium	Yb	$2,6 \times 10^{-4}$	$3,6 \times 10^{-4}$
71	Lütesium	Lu	8×10^{-5}	$1,1 \times 10^{-4}$
72	Hafnium	Hf	$2,6 \times 10^{-4}$	$3,5 \times 10^{-4}$
73	Tantal	Ta	1×10^{-4}	$2,1 \times 10^{-4}$
74	Volfram	W	$1,1 \times 10^{-4}$	$1,9 \times 10^{-4}$
75	Renium	Re	7×10^{-8}	7×10^{-8}
76	Osmium	Os	məlumat	yoxdur
77	İridium	Jr	2×10^{-8}	-
78	Platin	Pl	məlumat	Yoxdur
79	Qızıl	Au	$1,7 \times 10^{-7}$	$1,2 \times 10^{-7}$
80	Civə	Hg	$4,6 \times 10^{-6}$	$3,3 \times 10^{-6}$
81	Tallium	Tl	$0,7 \times 10^{-4}$	$1,8 \times 10^{-4}$
82	Qurğuşun	Pb	9×10^{-4}	$1,6 \times 10^{-3}$
83	Bismut	Bi	$0,8 \times 10^{-6}$	1×10^{-6}
84	Polonium	Po	-	-
85	Astat	At	məlumat	yoxdur
86	Radon	Rn	məlumat	yoxdur
87	Fransium	Fr	-	-
88	Radium	Ra	məlumat	Yoxdur
89	Aktinium	As	-	-

1	2	3	4	5
90	Torium	Th	$7,3 \times 10^{-4}$	$1,4 \times 10^{-3}$
91	Protaktinium	Pa	-	
92	Uran		0,00015	0,00026

Verilmiş klark cədvəllərinin analizi göstərir ki, sülb Yer qabığının təqribən yarısını ancaq bir element- oksigen təşkil edir; ikinci yerdə duran silisium təbiətdə oksigensiz yaşamır; üçüncü yer alüminiuma aiddir. Bu üç elementə kalsium, kaliyum, dəmir, natrium, maqnezium və titan əlavə edilərsə alınan cəm Vinqradov cədvəlinə əsasən 99,48% olar və Yer qabığının kimyəvi tərkibi barədə ümumi təsəvvür yaradar. Beləliklə, yerdə qalan təxminən 100 elementin miqdarı 0,52%-dən artıq deyildir.

Deyilənlər nəzərə alınaraq, adətən süxur komplekslərinin petrokimyasını öyrənmək məqsədilə verdiyimiz analizlərdə biz aşağıdakı komponentləri göstəririk (valentlilik nəzərə alınmaqla):

1. SiO_2 və TiO_2 – 4 valentlilər,
2. Al_2O_3 və Fe_2O_3 - 3 valentlilər,
3. FeO , MgO , MnO və CaO – 2 valentlilər,
4. Na_2O , K_2O və H_2O - 1 valentlilər

Göstərilən oksidlərin miqdarı nisbətləri maqmatik, metamorfik və çökmə süxurların bütün mövcud tiplərini təyin etməyə imkan verir.

Aydın məsələdir ki, tərtib olunmuş klark cədvəlləri hər il təkmilləşdirilir və dəqiqləşdirilir. Elm inkişaf etdikcə kimyəvi analizlərin həssaslığı artır, sayları çoxalır və elementlərin Yer qabığındakı miqdarı azlığa, yaxud çoxluğa doğru dəyişir.

Verilmiş klark cədvəlləri əsasında bir sıra nəticələrə gəlmək, qanunauyğunluqlar müəyyənləşdirmək mümkündür.

Hər şeydən əvvəl bir sıra elementlərin klarkları arasındakı kəskin fərqi nəzərə almalıyıq: oksigenin klarkı 47%, protaktiniumunkü isə cəmi 0,00000000007%-dir. Ümumiyyət-

lə, Yer qabığını təşkil edən kimyəvi elementlərin əksərinin miqdarı 0,01-0,0001% (Yerin maddəsinin hər tonunda 1-100 qram arasında) intervalında dəyişir. Geokimyada belə elementlər nadir elementlər adlandırılır. Nadir elementlər çox zaman təbiətdə öz minerallarını yaratmır və digər çox yayılmış təbii birləşmələrin fəza şəbəkəsinə girirlər. Bu cür elementlərə nadir-dağınıq elementlər deyirlər. Məsələn, indium, radium, hafnium, renium, skandium və s. nadir metallar dağınıq hesab olunur. Uranın və bromun Yer qabığındakı klarkı, demək olar ki, eynidir, (müvafiq olaraq 0,00025 və 0,00021%) lakin uran nadir, (bu elementin yüzdən yuxarı mineralı və sənaye əhəmiyyətli yataqları var) brom isə nadir səpələnmiş elementdir, çünki onun cəmi bir mineralı var və köklü süxurlarda yataqları yoxdur. İnsanlar bu çox vacib elementi bromdaşıyan sənaye sularından çıxarırlar.

Geniş yayılmış elementlərin klarkları nadir elementlərə nisbətən milyon və milyardlarla dəfə artıqdır. Misal üçün qeyd edək ki, Yer qabığının nəzəri hesablanmış $2,5 \times 10^{19}$ ton çəkisinin $n \times 10^{18}$ tonunu oksigen və silisium, $n \times 10^7$ tonunu radium və cəmi 1 milyon tonunu protkatinium təşkil edir.

D.İ. Mendeleeyevin kimyəvi elementlərin dövri sistemi cədvəlinin analizi göstərir ki, nisbətən geniş paylanmış elementlər dövri sistemin başlanğıcına yaxın yerləşmişlər. Elementin sıra nömrəsi artdıqca, bəzi haşiyələri çıxmaq şərtilə onun klarkı azalır.

Bu hadisəyə birinci dəfə Mendeleeyev özü fikir vermişdir. Həqiqətən də, hidrogendən sinkə qədər birinci 30 elementin klarkı 0,01%-dən az-az hallarda aşağı düşür, onluq kəsr və tam ədədlərlə ifadə olunur. Yerdə qalan elementlərin miqdarı isə az-az hallarda faizin mində birinə çatır.

Yer qabığında təbii şəkildə (sərbəst, yaxud minerallar halında) təsadüf edilən 89 elementdən (43 №-li texnesium, 85 №-li astat və 87 №-li fransium təbii şəkildə tapılmır), ancaq səkkizi- oksigen, silisium, alüminium, dəmir, kalsium, natrium, kalium və maqnezium nisbətən geniş yayılmışdır. Adı çəkilən elementlərdən hər birinin klarkı ayrılıqda yerdə qalan 81

elementin klarklarının cəmindən artıqdır. Bu səkkiz elementin klarklarının cəmi litosferin çəkisinin 99%-ni tutur. Yerdə qalan bir faizin çoxu isə yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi beş elementin – titanın, hidrogenin, manqanın, karbonun və fosforun payına düşür. Beləliklə, bu 13 element kütlə və həcm etibarilə faktik olaraq Yer kürəsinin üst örtüyünü bütünlüklə əhatə edir: oksigen bu kütlənin 47%-ni, atomların sayı hesabı ilə 58%-ni və həcmcə 90%-ni təşkil edərək, Yer kürəsinin bu üst mərtəbəsinin əsas binasını əmələ gətirir.

Cədvəllər göstərir ki, Yer qabığını təşkil edən bu miqdarı nisbət maqmatik süxurlarda, demək olar ki, dəyişikliyə uğramır. Çökmə süxurlarda isə miqdarı nisbətənin müəyyən dəyişməsi var.

Yer qabığında azlıq təşkil edən, ümumi miqdarları cəmi 0,52% olan 79 element içərisində, geniş yayılmış elementlərdən olan dəmir və alüminiumdan başqa, sənayenin və kənd təsərrüfatının müxtəlif sahələrində işlədilən vacib metalların hamısı toplanmışdır. Sənayenin əvəzedilməz metallarından 10-u – mis, nikel, sink, qalay, kobalt, qurğuşun, torium, molibden, uran və volfram göstərilən 79 elementin 0,331% təşkil edir.

Yer qabığının 95%-nin maqmatik süxurlardan ibarət olduğunu nəzərə alsaq, litosfer klarkları ilə maqmatik süxur klarkları arasında müxtəlif elementlərin miqdarı münasibətinin dəyişməməsi səbəbini başa düşərik. Lakin bir maqmatik süxurdan digərinə keçid zamanı elementlərin klarkları əsaslı surətdə dəyişir. Misal üçün, turş süxurlardan ultraəsasi süxurlara doğru oksigenin, silisiumun, alüminiumun, natriumun, kaliumun miqdarı azalır və əksinə, dəmirin, kalsiumun, titanın, hidrogenin və manqanın klarkları artır. Barium, rubidiyum, sirkon, litium, ittrium və lantan kimi «azlıqda» olan elementlər ana maqmadan nisbətən turş süxurlara, vanadium, nikel, kobalt, skandium kimi elementlər isə nisbətən əsasi süxurlara yığılır. Digər «azlıqda» olan elementlər maqmatik süxurlarda ya eyni olaraq yayılmışdır, ya da onlar üçün səciyyəvi deyil.

Müxtəlif maqmatik süxurların yaşları və onlardakı kimyəvi elementlərin klarkları arasında da müəyyən asılılıq üzə çıxarılır. K.Rankama (1955) müəyyənləşdirmişdir ki, qranitlərdə bir sıra elementlərin (litium, berillium, rübidiyum, sezium, barium, nadir torpaq elementləri, titan, qurğuşun) miqdarı kembriyəqədər yaşlı süxurlardan cavan törəmələrə, paleogen-neogen yaşlı süxurlara doğru artır. Bəzi elementlərin isə, məsələn, ittriumun bu istiqamətdə miqdarı azalır.

Çökmə süxurların klarkları (cədvəl 7) A.Y.Fersman ilə Rankama və Saxama (1955) tərəfindən tərtib edilmişdir; çökmə süxurlardakı elementlərin orta miqdarı gillər və şistlər üçün Vinqradovun cədvəli əsasında verilmişdir.

Cədvəl 7

Çökmə süxurlarda kimyəvi elementlərin orta miqdarı

Nö	Element	Orta hesabla	Gilli süxurlar və şistlər	Qumdaşları	Əhəngdaşları
1	2	3	4	5	6
1	O	50,07	49,09	51,72	49,51
2	Si	27,40	27,28	36,75	2,42
3	Al	6,93	8,19	2,53	0,43
4	Fe	3,91	4,73	0,99	0,40
5	Ca	3,88	2,23	3,95	30,45
6	Na	0,82	0,97	0,33	0,04
7	K	2,33	2,70	1,10	0,27
8	Mg	2,10	1,51	1,48	0,71
	Cəmi	96,85	96,65	98,08	88,29
9	Ti	0,34	0,43	0,10	0,04
10	H	0,48	0,56	0,18	0,09
11	C	2,00	1,53	1,38	11,35
	Cəmi	2,82	2,52	1,66	11,48
	Ümumi cəm-	99,35	98,87	99,74	99,67
12	Mn	izlər	0,06	izlər	0,04
13	P	0,07	0,07	0,03	0,02
14	S	0,3	0,026	0,028	0,011
15	Ba	0,08	0,046	0,017	0,012
16	C	0,016	-	izlər	0,02
17	Sr	0,045	0,017	0,0026	0,06

7-ci cədvəlin davamı

1	2	3	4	5	6
18	Rb	0,02	0,03	0,027	-
19	F	0,05	0,05	0,001	0,025
20	Cr	0,01	0,055	0,015	0,0002
21	Zr	0,02	-	-	-
22	V	0,012	0,013	0,002	0,001
23	N	0,06	-	-	-
24	Cl	0,0057	0,019	-	0,002
25	Ni	0,0095	0,0024	0,0005	-
26	Li	0,006	0,0046	0,0017	0,0026
27	Zn	0,008	0,06	0,002	0,005
28	Ce	0,005	-	-	-
29	Sn	0,001	0,004	-	-
30	Co	0,002	0,0008	-	-
31	Y	0,003	0,0028	0,00016	-
32	Nd	0,0023	-	-	-
33	La	0,004	-	-	-
34	Pb	0,002	0,002	0,002	0,00072
35	Ga	0,003	0,005	0,00074	0,00037
36	Nb	0,002	-	-	-
37	Gd	0,00065	-	-	-
38	Th	0,0011	-	-	-
39	Ge	0,0002	0,007	0,0003	-
40	Cs	0,0012	-	-	-
41	Pr	0,0005	-	-	-
42	Sm	0,00065	-	-	-
43	Be	0,0003	0,00036	-	-
44	Sc	0,001	0,00065	0,00007	-
45	As	0,00066	-	-	-
46	Dy	0,00045	-	-	-
47	Er	0,00025	-	-	-
48	Hf	0,0006	-	-	-
49	B	0,01	0,031	0,002	0,0003
50	Mo	0,0002	-	-	-
51	Yb	0,0003	-	-	-
52	Tl	0,0001	0,0002	0,0002	-
53	U	0,00032	-	-	-
54	Ta	0,00035	-	-	-
55	Br	0,0006	-	-	-
56	Tb	0,00009	-	-	-

7-ci cədvəlin davamı

1	2	3	4	5	6
57	Ho	0,0001	-	-	-
58	Eu	0,0001	-	-	-
59	Lu	0,00007	-	-	-
60	W	0,0002	-	-	-
61	Tm	0,000025	-	-	-
62	Se	0,00006	0,00006	-	0,00001
63	Cd	0,00003	0,00003	-	-
64	Sb	0,0002	0,0003	0,0001	-
65	J	0,0001	-	-	-
66	Bi	0,000001	0,0001	0,00003	-
67	Ag	0,00001	0,000005	0,000044	0,00002
68	In	0,000003	0,00005	0,00003	-
69	Hg	0,00004	0,00003	0,00001	0,000003
70	Os	-	-	-	-
71	Te	0,000001	-	-	-
72	Pd	-	-	-	-
73	Pt	-	-	-	-
74	Ru	-	-	-	-
75	Au	0,0000001	-	0,0000028	0,0000007
76	Re	-	-	-	-
77	Rn	-	-	-	-
78	Ir	-	-	-	-

Çökmə süxurlarla maqmatik törəmələrin klark cədvəllərinin müqayisəli analizi göstərir ki, oksigen, silisium, kalsium, kalium, bəzi nadir elementlərin klarkları hər iki süxur komplekslərində demək olar ki, bərabərdir; çökmə süxurlarda alüminiumun, dəmirin, maqneziumun, titanın, fosforun, manqanın və xüsusən natriumun klarkları aşağı düşür, hidrogenin və xüsusən karbonun orta miqdarı artır. Bu hadisəyə səbəb bizim fikrimizə görə bir sıra elementlərin, ələlxüsus natriumun, dəmirin, fosforun, xlorun və s. çökmə süxuryaratma prosesində sular tərəfindən mənimsənilməsidir. Dediklərimiz okean sularında bir sıra kimyəvi elementlərin nisbi miqdarının artması ilə də sübut olunur.

Təqdim olunan çökmə süxurların klarkları cədvəlində 14 element göstərilməmişdir. Bunlar litosferdə cüzi miqdarda

olan inert qazlar (helium, neon, arqon, kripton və ksenon) və az yaşayan radioaktiv elementlərdir (texnesium, aktinium və protaktinium). Aydın məsələdir ki, nüvə reaksiyaları nəticəsində yaranan və az müddətdə yaşayan transuran elementlərinə də baxılmamışdır. Onlar uranın miqdarına daxildilər. Cədvəldə elementlər təbiətdə tapılma miqdarlarına görə yerləşdirilmişlər. Yüksək klarka malik olan elementlər oksigen (№1) və silisium ((№2) və kiçik klarklı elementlər renium, radon və iridiumdur ((№76, 77 və 78).

Çökmə süxurlarda elementlərin orta miqdarı Fersmanın (№1-14) və Vinqradovun (№15-18) materialları əsasında verilir. Çökmə süxurların müxtəlif tiplərinin (gilli süxurlar və şistlər, qumdaşları, əhəngdaşları) fon klarkları Rankama və Saxamanın «Geokimya» kitabından götürülmüşdür (Çikaqo, 1955).

Çökmə və maqmatik süxurların fon klarklarının müqayisəsi göstərir ki, şistlərdə natriumun, kalsiumun, maqneziumun miqdarının azalmasına, oksigen, hidrogen və karbonla bir qədər zənginləşməyə baxmayaraq, bu süxurların ümumi tərkibi maqmatik süxurlara yaxındır. Bizim analizlərimiz sübut edir ki, Balakən-Şəki zonasının gilli şistləri və qumdaşlarının tərkibi nefelinli sienitlər, kvarşlı dioritlər və s. intruziv süxurlardan kimyəvi tərkibcə, demək olar ki, seçilmir.

Əhəngdaşları başlıca olaraq dörd elementdən – oksigen, kalsium, maqnezium və karbondan təşkil olunmuşdur, buna görə də qumdaşları və şistlərdən əsaslı surətdə fərqlənirlər. Maqmatik süxurlar, gillər və qumdaşları cədvəlin birinci 13 elementi ilə xarakterizə olunur. Çökmə süxurlarda, maqmatik törəmələr kimi çoxlu miqdarda element-qarışıqların iştirakı ilə səciyyələnirlər. Bu cür elementlərin maksimum miqdarına şistlərdə, minimumuna isə əhəngdaşlarında təsadüf edirik. Qumdaşları aralıq vəziyyət tutur.

V.P.Petrov və N.V.Lizunov (1946) Ural gillərinin 130 nümunəsini analiz etmiş və bu nəticəyə gəlmişlər ki, tapılmış 40 elementdən 9-u əsas, 31-i isə element-qarışıqdır. Bu müəlliflərin bir neçə çıxarışları diqqətəlayiqdir: 1) gillərdə element-

qarışıqların miqdarı və nisbətləri onların yaranmış olduqları ana süxurlardan az fərqlənir; 2) yenidən çökmüş gillər element-qarışıqlarla (xrom, nikel, kobalt, qurğuşun, sirkon, berillium, indium, mərgümüş, gümüş) elyuvial gillərə nisbətən daha zəngindir. Niobium və litium müstəsna dirlər və elyuvial gillərdə daha çox təzahür edirlər. Mis və vanadium isə gillərin bütün növlərində daha çox təzahür edirlər. Mis və vanadium isə gillərin bütün növlərində bərabər paylanmışlar; 3) elyuvial gillərdə berillium qranit və «damar» kaolin tiplərində porfirit və şist tiplərinə nisbətən daha adidir; 4) şist kaolinlərində selenin iştirakı səciyyəvidir.

Beləliklə, aşınma prosesləri element-qarışıqların ana süxurlardan və mineral-daşıyıcılardan aparılmasına səbəb ola bilməzlər. Maqmatik süxurların pozulması və çökmə süxurların yaranmasında süxuryaradan mineralların mexaniki aşınması gedir. Bu prosesdə mineralın faza şəbəkəsi pozulmur və deməli, element-qarışıq buradan çıxarılır. Belə hadisənin digər isbatı son illərdə qranitlərin yaranmasının metasomatik yolla getdiyini izah edən nəzəriyyələr ola bilər. Arkoz (çöl şpatlı) qumdaşlarının hesabına yaranan qranitlər, maqmatik mənşəli qranitlərdən az fərqlənirlər. Spektral və kimya analizləri göstərir ki, arkoz qumdaşları və bir sıra qranitoidlərin kimyəvi tərkibləri oxşardır və əldə ana süxur parçası olmasa, ancaq analizə görə, bu süxurları qarışdırmaq olar. Eyni sözü nefelinli sienitlər, foyyaitlər və gilli şistlər, qumdaşları və kvarşlı dioritlər barədə biz yuxarıda xatırlatmışdıq.

HİDROSFERİN KLARKLARI

Yer qabığının kimyəvi tərkibinin öyrənilməsində hidrosferə fikir verilməlidir. Hidrosferə okeanlar, dənizlər, çaylar, bataqlıqlar və yeraltı sular daxildir. Təbii suyun başlıca həcmi dünya okeanında cəmlənmişdir. Okean və onunla bağlı olan dənizlərin səthi, Yer qabığının səthinin 70-80%-ni təşkil edib 361 milyon km²-dir. Orta dərinlik 3800 m götürülərsə okean sularının həcmi 1 milyard 372 milyon kubmetrə çatır. Klark

okean sularının sıxlığını 1,03 qəbul edərək onların çəkisinin 1413×10^{15} ton olduğunu hesablamışdır. Digər suların həcmi və çəkisini hesablamaq çox çətindir. Aşağıdakı cədvəldə (cədvəl 8) V.İ.Vernadskinin, L.K.Davidovun və N.K.Konkinanın (1958), M.V.Boqomolovun (1955) və A.N.Zavariskinin (1956) materialları əsasında hidrosferdə suların paylanması xarakterizə edilmişdir.

Cədvəl 8

Hidrosferdə suların paylanma sxemi

sıra №-si	Suların növü	milyon km ³ -lə həcm	% -lə	Litosferə nisbətən, %-lə	
				həcm	kütlə
1	Dünya okeanının və dənizlərin suları	1372,0	76,4	20,1	7,45
2	Litosferin səth suları: o cümlədən: materik buzlaqları duzlu dənizlər, göllər şirin çay suları şirin göllər, bataqlıqlar	24,0 23,0 0,87 0,10 0,03	1,3	0,4	0,13
3	Litosferin yeraltı suları (16 km-dək) o cümlədən: qravitasion (minerallaşmış, layarası, qrunt, torpaq) suları nəmlik suları	400,0 270,0 130,0	22,3	5,9	2,10
	Cəmi hidrosferdə	1796	100	26,4	9,68

Suların bütün növləri daim litosfer ilə fəal əlaqədə olduqlarından, hidrosferdə, kimyəvi elementlərin, demək olar ki, hamısına rast gəlinir. Suların genezisi və tipindən asılı olaraq onların tərkibindəki elementlərin bu ya başqa müxtəlifliyi müşahidə edilir (cədvəl 9).

Müxtəlif sularda elementlərin klarkları və okean sularında hesablanmış konsentrasiya klarkları (K_k)

№	element	Çəki klarkları (%-lə)			Konsent-rasiya klarkı (KK)
		dəniz və okean sularında	çay sularında	Yeraltı mine-rallaşmış sularda	
1	2	3	4	5	6
1	O	85,89	-	-	1,82
2	H	10,80	-	-	72,0
3	C	1,9	$1,2 \times 10^{-6} - 5 \times 10^{-2}$	16-dək	42,2
4	Na	1,06	$7 \times 10^{-5} - 2,3 \times 10^{-2}$	10-dək	0,4
5	Mg	0,13	$6 \times 10^{-6} - 6,6 \times 10^{-3}$	0,5-dək	0,06
6	S	0,088	$3,7 \times 10^{-6} - 1,7 \times 10^{-2}$	1,5-dək	1,76
7	Ca	0,04	$2,2 \times 10^{-5} - 1,7 \times 10^{-2}$	0,2	0,011
8	K	0,038	$3,8 \times 10^{-6} - 3,4 \times 10^{-3}$	0,1-dək	0,011
9	Br	0,0065	-	0,01-dək	40,5
10	Sr	0,003	$1,2 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-2}$	0,16-dək	0,03
11	Sr	0,0013	$? - 2,3 \times 10^{-5}$	0,005-dək	0,03
12	B	0,00036	$4,8 \times 10^{-6} - 1,2 \times 10^{-2}$	0,005-dək	$1,3 \times 10^{-5}$
13	Si	0,00046	-	0,00012-dək	$1,53 \times 10^{-5}$
14	F	0,00014	$2 \times 10^{-6} - 6 \times 10^{-5}$	0,001-dək	0,0052
15	Al	0,0001	$4,2 \times 10^{-6} - 1,7 \times 10^{-3}$	0,0001-dək	0,000011
16	N	0,000052	$1,8 \times 10^{-6} - 2,5 \times 10^{-3}$	0,003-dək	0,0052
17	Rb	0,00002	-	-	$6,5 \times 10^{-4}$
18	Li	0,00001	$3,2 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-5}$	0,001-dək	0,0015
19	P	0,000006	$8,8 \times 10^{-7} - 6,5 \times 10^{-5}$	0,003-dək	$7,5 \times 10^{-5}$
20	Ba	0,000005	-	0,004-dək	1×10^{-4}
21	J	0,000005	$3,8 \times 10^{-8} - 1,3 \times 10^{-7}$	0,004-dək	0,17
22	Cu	0,0000045	$? - 2,1 \times 10^{-6}$	0,001-dək	$4,5 \times 10^{-4}$
23	As	0,0000014	$2 \times 10^{-7} - 9,3 \times 10^{-5}$	-	$2,8 \times 10^{-3}$
24	Fe	0,0000011	$1 \times 10^{-6} - 4,6 \times 10^{-3}$	0,005-dək	$2,2 \times 10^{-7}$
25	Zn	0,000001	$? - 1,2 \times 10^{-3}$	-	2×10^{-4}
26	Mn	0,00000055	$2,8 \times 10^{-6} - 7 \times 10^{-4}$	0,0005-dək	$6,1 \times 10^{-6}$
27	Pb	0,00000045	-	-	3×10^{-4}
28	Se	0,0000004	-	-	$6,7 \times 10^{-2}$
29	Sn	0,0000003	-	-	8×10^{-5}
30	Cs	0,0000002	-	-	3×10^{-4}
31	Mo	0,00000012	-	-	8×10^{-5}
32	U	0,00000009	-	-	8×10^{-5}
33	Ga	0,00000005	-	-	$3,3 \times 10^{-5}$

9-cu cədvəlin davamı

1	2	3	4	5	6
34	Th	0,00000005	-	-	$6,2 \times 10^{-5}$
35	Ce	0,00000004	-	-	$8,7 \times 10^{-6}$
36	V	0,00000003	-	-	4×10^{-6}
37	Ni	0,000000037	-	-	2×10^{-6}
38	La	0,00000003	-	-	$1,7 \times 10^{-5}$
39	Yb	0,00000003	-	-	$1,1 \times 10^{-5}$
40	Hg	0,00000003	-	-	$4,3 \times 10^{-8}$
41	Ag	0,000000025	$6 \times 10^{-12} - 6,5 \times 10^{-9}$	-	$2,5 \times 10^{-3}$
42	Bi	0,00000002	-	-	1×10^{-3}
43	Co	0,00000001	-	-	$3,3 \times 10^{-6}$
44	Sc	0,000000004	-	-	$6,7 \times 10^{-6}$
45	Au	0,00000005	$3 \times 10^{-13} - 1 \times 10^{-9}$	-	$1,2 \times 10^{-3}$
46	Ra	$1,6 \times 10^{-15}$	-	-	-
47	Ge	izlər	-	-	-
48	Ti	izlər	-	-	-
49	W	-	-	-	-
50	Cd	-	-	-	-

Qeyd: Dəniz və okean sularının klarkları Mezonun (1956), çay sularının klarkları V.İ.Vernadskinin, yeraltı minerallaşmış suların klarkları A.M.Ovçinnikovun (1947) materialları əsasında verilir. Həll olmuş qazlar nəzərə alınmır. Konsentrasiya klarkları dərsliyin müəllifləri tərəfindən təyin olunmuşdur.

Hidrosferin kimyası litosferdən keyfiyyətcə yox, kəmiyyətcə əsaslı surətdə fərqlənir. Hidrosferin əsas tərkib hissəsini iki element – oksigen və hidrogen təşkil edir; ionlara bütün su kütləsi miqdarının 96,69%-i məxsusdur (oksigen- 85,89 və hidrogen – 10,80%), üçüncü başlıca element xlor (1,93%), dördüncü isə natriumdur (1,06%).

Xalq dilində desək, okean suları daş duzun duru məhlulüdür. Lakin dəniz və okeanın sularında bizə məlum olan elementlərin hamısına təsadüf edilir (cədvəl 10).

Okean və dəniz suyunun kimyəvi tərkibi
(A.P.Vinoqradov, 1967; D.Qolberq, 1963)

element	%lə	mq/l	
		A.P.Vinoqradova görə	D.Qolberqə görə
1	2	3	4
H	10,80	-	108.000
He	-	0,000005	0,000005
Li	$1,5 \times 10^{-5}$	0,15	0,2
Be	6×10^{-11}	0,0000006	0,0000006
B	$4,6 \times 10^{-4}$	4,6	4,6
C	3×10^{-3}	28,0	28,0
N	$5,2 \times 10^{-5}$	-	0,5
O	85,89		857.000
F	$1,3 \times 10^{-4}$	1,3	1,3
Ne	-	0,0001	0,0001
Na	1.03584	10354	10500
Mg	0,1297	1297	1350
Al	1×10^{-6}	0,01	0,01
Si	3×10^{-4}	3,0	3,0
P	7×10^{-6}	0,07	0,07
S	0,089	890	885
Cl	1,93534	19354	19000
Ar	-	0,6	0,6
K	0,03875	387,5	380
Ca	0,0408	408	400
Sc	4×10^{-9}	0,00004	0,00004
Ti	1×10^{-7}	0,001	0,001
V	3×10^{-7}	0,003	0,002
Cr	2×10^{-9}	0,00002	0,00005
Mn	2×10^{-7}	0,002	0,002
Fe	1×10^{-6}	0,01	0,01
Co	5×10^{-8}	0,0005	0,0005
Ni	2×10^{-7}	0,002	0,002
Cu	3×10^{-7}	0,003	0,003
Zn	1×10^{-6}	0,01	0,01
Ga	3×10^{-9}	0,00003	0,00007
Ge	6×10^{-9}	0,00006	0,00006
As	1×10^{-7}	0,001	0,003
Se	1×10^{-8}	0,0001	0,004

10-cu cədvəlin davamı

1	2	3	4
Br	$6,6 \times 10^{-3}$	66	65
Kr	-	0,0003	0,0003
Rb	2×10^{-5}	0,2	0,12
Sr	8×10^{-4}	8	8
Y	3×10^{-8}	0,0003	0,0003
Zr	5×10^{-9}	0,00005	-
Nb	1×10^{-9}	0,00001	0,00001
Mo	1×10^{-6}	0,01	0,01
Tc	məlum deyil	məlum deyil	-
Ru	-	-	-
Rh	-	-	-
Pd	-	-	-
Ag	3×10^{-8}	0,0003	0,0003
Cd	1×10^{-8}	0,0001	0,0001
In	1×10^{-9}	0,00001	0,02(?)
Sn	3×10^{-7}	0,003	0,0005
Sb	5×10^{-8}	0,0005	-
Te	-	-	-
J	5×10^{-6}	0,05	0,06
Xe	-	-	0,0001
Cs	$3,7 \times 10^{-8}$	0,00037	0,0005
Ba	2×10^{-6}	0,02	0,03
La	$1,9 \times 10^{-10}$	0,0000019	0,0003
Ce	$1,3 \times 10^{-10}$	0,0000013	0,0004
Pr	6×10^{-11}	0,0000006	-
Nd	$2,3 \times 10^{-11}$	0,00000023	-
Sm	$4,2 \times 10^{-11}$	0,00000042	-
Eu	$1,1 \times 10^{-10}$	0,0000011	-
Gd	6×10^{-11}	0,0000006	-
Tb	-	-	-
Dy	$7,3 \times 10^{-11}$	0,00000073	-
Ho	$2,2 \times 10^{-11}$	0,00000022	-
Er	6×10^{-11}	0,0000006	-
Tm	1×10^{-11}	0,0000001	-
Yb	5×10^{-11}	0,0000005	-
Lu	1×10^{-10}	0,000001	-
Hf	-	-	-
Ta	-	-	-
W	1×10^{-5}	0,1	0,0001

1	2	3	4
Re	-	-	-
Os	-	-	-
Ir	-	-	-
Pt	-	-	-
Au	$4,1 \times 10^{-10}$	0,0000041	0,000004
Hg	3×10^{-9}	0,00003	0,00003
Tl	1×10^{-9}	0,00001	0,00001
Pb	3×10^{-9}	0,00003	0,0002
Bi	2×10^{-8}	0,0002	-
Po	-	-	-
At	-	-	-
Rn	-	-	-
Fz	-	-	-
Ra	1×10^{-14}	1×10^{-10}	1×10^{-10}
Ac	2×10^{-20}	2×10^{-16}	-
Th	1×10^{-9}	0,00001	0,0007
Pa	5×10^{-15}	5×10^{-11}	-
U	3×10^{-7}	0,003	0,003

Cədvəldən göründüyü kimi okeanlarda uranın miqdarı 3×10^{-17} %, qızılın 4×10^{-10} %, radiumun - 1×10^{-14} % və s.-dir. Bu miqdar özlüyündə az deyil. Təsadüfi deyildir ki, bir sıra ölkələrdə okeanın suyundan qızılın çıxarılması layihəsi təklif edilir. Hesablamışlar ki, okean və dəniz sularında planetimizin hər adamına təqribən 1 kq düşəcək miqdarda qızıl həll olmuş haldadır. Müasir zamanədə hələ ki, qızılın sudan çıxarılmasına ehtiyac yoxdur. Lakin bir sıra başqa elementlər həqiqətən də ancaq sudan çıxarılır, okean-dəniz onların başlıca istehsal mənbəyidir. Yod, brom, maqnezium, natrium, xlor dəniz suyundan çıxarılır. Bu iş oksigen və hidrogenə də aid edilməlidir. Müəyyən mexanizmlər vasitəsilə dəniz suyu duzlardan təmizlənir və içməyə yararlı hala gətirilir. Xəzər dənizinin şərq sahilində Manqışlaq yarımadasındakı Şevçenko şəhərində güclü mexanizmlər vasitəsilə şirinləşdirilən dəniz suyundan istifadə edilir. Fars körfəzi sahili ölkələrində həmçinin suşirinləşdirici qurğular fəaliyyətdədir.

Hazırda qəbul olunmuş təsnifatlarda sular üstünlük təşkil edən aniondan asılı olaraq hidrokarbonatlı, sulfatlı və xloridli siniflərə bölünür. Kationlar isə suların yarım siniflərini müəyyənləşdirir: kalsiumlu, maqneziumlu və natriumlu (ya xud qələvi – natrium-kaliumlu). Təbii sulara həll olmuş sülb maddənin miqdarı $10^{-6}\%$ -dən (nisbətən təmiz sular) 40% -dək (mineral məhlullar) dəyişə bilər. Sular həmişə həll olmuş halda qaz saxlayırlar. Suyun tipindən asılı olmayaraq qazların ümumi miqdarı $10^{-3}\%$ -dən aşağı düşür.

Yuxarıda qeyd etdik ki, hidrosferin kimyası litosferdən keyfiyyətə yox, kəmiyyətə fərqlənir. Hidrosferdə oksigen, hidrogen, xlor, kükürd, brom və bor artıqlıq təşkil edir. Natrium, yod, karbon kimi elementlər litosferdə olduğundan azdır. Metalların miqdarı isə litosferə nisbətən on və yüz minlərcə, hətta milyonlarca aşağıdır. Litosferdə təbii birləşmələr – minerallarda bağlı olan bir sıra elementlər hidrosferdə ayrılırlar. Misal üçün, təbiətdə həmişə bir yerdə rast gəlinən natrium və kaliumu götürmək olar. Aşınma zamanı natrium yuyulub dəniz və okeana aparılır, kalium isə məhlullardan bitkilər və adsorben təbii komplekslər tərəfindən mənimsənilir.

Çay sularının başlıca komponentləri xlor, natrium, kalsium, silisium və karbondur. Lakin lap çox minerallaşmış çay sularında belə həmin elementlərin klarklarının cəmi $0,12\%$ -dən artıq olmur. Yerdə qalan elementlərin klarklarının cəmi $0,02\%$ -ə çatır. Karbon və silisium istisna olmaqla adları çəkilən elementlər, daha sonra maqnezium, kalium, ftor, stronsium, ittrium və gümüşün çay sularındakı klarkı, okean və dəniz sularındakından 2-3 dəfə azdır. Silisium, karbon, dəmir, azot, alüminium, sink, manqan, mərgümüş, fosfor və qızıl kimi elementlərin klarkları isə okean suyundan artıqdır, litium və misin miqdarı çay və okean sularında təxminən eynidir.

Çay suları hidrokarbonat, qismən isə sulfat və xlorid siniflərinə daxil olur. Sular içərisində minerallaşmalara çox azacıq məruz qalanları materik buzlaqları və daimi donma zonasının sularıdır. Bu sular o qədər təmizdir ki, distillə olunmuş sulardan seçilmirlər. Yerin şimalından ekvatora doğru

axan suların minerallaşması bu istiqamətdə yüksəlir: Nevanın minerallaşması 57 mq/l. Dneprinki 124 mq/l, Nilinki isə 1580 mq/l və s.

Göllərin kimyəvi tərkibi onları təmin edən çaylarla oxşardır. Bataqdıq suları tərkiblərində müxtəlif turşuların (ulmin, qumin və s.) iştirakı ilə səciyyələnir.

Çayların, göllərin və bataqlıqların sularının tərkibi ilin fəsillərindən asılı olaraq dəyişir. Analiz zamanı, buxarlandırıldıqdan sonra suyun qalan quru qalığının çəkisi 1 q/l-dən artıq olarsa göl suyu minerallaşmış hesab olunur. Belə göllərdən yer üzərində ən böyüyü Xəzərdir (Dənizlərin təsnifatında Xəzər və Aral qapalı dəniz adlandırılır). Minerallaşmış, başqa sözlə desək, duzlu göllərin tərkibi okean sularından az seçilir, lakin onlar hərdən borun, qismən isə yod və bromun yüksək miqdarını saxlayırlar. Yer qabığının dənizləri və okeanları içərisində yod və bromun ən yüksək klarkları Xəzər dənizindədir. Bizim suların mikrokomponentlərini öyrənmək sahəsindəki tədqiqatlarımız Xəzər, Aralıq dənizləri və Benqal körfəzi suları arasında kimyəvi ümumiliyin olmasını aşkar etmişdir. Xəzər dənizi qapalı, Aralıq dənizi daxili, Benqal körfəzi isə kənar dənizdir. Kimyəvi ümumilik onların qədim Tetis okeanının reliktləri olmasını sübut edir.

Minerallaşmış yeraltı sular mürəkkəb tərkibləri ilə xarakterizə olunurlar. Onların duzluluğu 1-50 q/l arasında dəyişir. Minerallaşmış sulardakı kimyəvi elementlər A.M.Ovçinnikov tərəfindən 4 qrupda cəmləşdirilir (1947):

1. Suda həll olmuş yer maddəsinin başlıca kütləsini Na, K, Ca, Mg, Cl, N, S, O, H, C, F, Al və Si təşkil edir;
2. Sularda az miqdarda Li, Rb, As, Ba, Pb, Zn, Cu, Ni, Mn, Br, J, F, B və P-a rast gəlinir;
3. Sularda nadir halda və çox cüzi miqdarda Cr, Co, Tl, In, Ga, Ge, Cl, Zr, Ti, V, Hg, Bi, Cd, Y, W, Se, Te, Mo, Ag, Au, Be, Sn və Sb-a təsadüf olunur;
4. U, Th, Ra və s. radioaktiv elementlərə xüsusi hidrogeoloji şərait daxilində və miqdarda rast gəlmək olar.

Minerallaşmış yeraltı (yuvenil) suların xüsusi axtarış əhəmiyyəti vardır. Onlar filizdaşıyan hidrotermal məhlulların qalıqları hesab olunur və tərkiblərində klarkdan artıq metallogen elementlər saxlaya bilərlər. Belə sular müəyyən metalların perspektivli sahələrinin üzə çıxarılmasında axtarış amilidirlər.

Layarası suların kimyası onların yerləşdikləri süxur laylarının litoloji tərkibindən asılıdır. Çat suları özləri də laykənarı süxurların tərkibini müəyyən filizlərlə zənginləşdirə bilərlər. Layarası suların minerallığı 0,1-30 mq/l arasında dəyişir və dərinliyə doğru duzluluq artır. Başlıca minerallaşdırıcılar xlor, natrium, kükürd, kalsium və hidrokarbonatdır. Dəmir, alüminium və ağır metalların miqdarı cüzdür. Qravitasion suların balansında əsas yeri layarası sular tutur.

Qrunt sularının minerallaşması bir sıra amillərdən asılıdır. Bura sudaşıyan süxurların tərkibi, iqlim, təmin mənbəyinin xarakteri və s. daxildir. Quru iqlimli vilayətlərdə kapilyar qalxma və buxarlanmanın nəticəsində grunt sularının minerallaşması 100-150 q/l çata bilər. Nəm iqlimli əyalətlərdə isə minerallaşma litrdə bir neçə qramdan artıq olmur. Qrunt sularının minerallaşmasına bitkilər çox böyük təsir göstərir. Onlar sulardan kaliumu, kalsiumu, fosforu, azotu çıxarırlar, xloru, maqneziumu və kükürdü isə mənimsəməirlər. Nəticədə bitkilərin bəzi komponentlərlə zənginləşməsi, torpağın isə kasıblaşması baş verir. Hər bitkinin özünün sevdiyi metal, yaxud element var və hazırda geokimyəvi axtarış işlərinin bir növü bitkilərin litoloji şəraitdən asılı olaraq tərkibinə əsaslanır və biogeokimyəvi metod adlandırılır. Metalların grunt sularında miqdarı litrdə milliqramın yüz və mindən bir hissələri ilə ölçülür.

Torpaq sularında minerallaşma onlarla qram ola bilər. Ümumi su balansında yerləri çox kiçik olan torpaq suları V.İ.Vernadskinin fikrincə çay sularının duz tərkibini müəyyənləşdirir. Torpaq sularının minerallaşması bilavasitə torpağın mineraloji-üzvi tərkibinin mürəkkəb funksiyası olub, canlı və bitki aləminin təsirindən, bakteriyalardan və s. asılı

dır. Bu sulara həmişə karbon qazı və oksigen, qələvi və qələvi-torpaq elementləri, xlor, fosfor, ammonium, nadir metallar var. A.P.Vinoqradovun hesablamasına görə torpaqdakı elementlərin ümumi miqdarının təqribən 10%-i bor, 1-10%-i manqan, 1%-i mis və sink, 5-10%-i mərgümüş, 10%-dən yuxarısı selen və yod, 10%-i nadir elementlərdən ibarətdir. Ağır metalların torpaq məhlullarında miqdarı çox cüzdür və milligramın hissəcikləri ilə ölçülür.

Məsamə suları, yaxud süxurların nəmliyi süxurların tərkib hissəsidir və onların həcmnin 2%-ni, kütləsinin isə 0,7 %-ni təşkil edir. Məsamə suları kimyəvi fəal olub bir sıra nadir, rəngli və radioaktiv metalların yaşama formalarından biridirlər. Süxurların kimyəvi-silikat analizlərində məsamə suları – 110°C temperaturda təyin olunur və suyun azlığı, yaxud çoxluğu süxurların geoloji müddətdə dəyişmə dərəcəsini göstərir. Yer qabığında məlum olan mineralların bir hissəsi tərkiblərində su saxlayır, hidrokksidlər, hidrokarbonatlar və s. mineral siniflərinə daxil olurlar.

ATMOSFER

Atmosfer Yer kürəsinin xarici örtüyüdür. Qütbü işıqlanmaların müşahidəsi əsasında atmosferin üst sərhədi 1000 km qəbul edilir. Lakin son illərin kosmik tədqiqatları bu həddin 2-3 dəfə artıq olmasını sübut edir. Alt sərhəd isə Moxoroviç xəttinə qədər, yəni yerin səthindən 60-100 km dərinlikdən keçir və bütün Yer qabığını əhatə edir. Güman edilir ki, maddənin belə dərinlikdə qaz halında olması mümkündür. Göstərilən sərhədlər daxilində atmosferin çəkisinin 5×10^{15} ton olduğu hesablanmışdır. Bu rəqəm Yer qabığının ümumi çəkisinin 0,05%-ni təşkil edir.

Atmosferin bilavasitə Yer səthinə toxunan hissəsinin – troposferin geokimyası bizi daha çox maraqlandırır, belə ki, biz burada yaşayır, nəfəs alır, fəaliyyət göstəririk. Coğrafi koordinatlardan asılı olaraq troposferin qalınlığı 7-8 km-lə (qütblər üzərində) 16-18 km (ekvator ətrafı) arasında dəyişir.

Su buxarlarının nəzərə alınmaması şərtilə troposfer aşağıdakı tərkibə malikdir (A.A.Saukov, 1976):

Azot – 75,51%	Neon – 0,0012%
Oksigen – 23,01%	Kripton – 0,0003%
Arqon – 1,28%	Helium – 0,00007%
CO ₂ - 0,04%	Ksenon - 0,00004%

Deməli, troposferin başlıca elementləri, bizim nəfəs aldığımız hava 99,8% azot, oksigen və arqondan ibarətdir. Atmosferin tərkibində, normal şəraitdəki hallarından asılı olaraq buxarlanmaya məruz qalan bütün kimyəvi elementlərin qaz fazaları iştirak edir. Müasir texniki tərəqqidə, iri şəhərlərin ətrafında və üstündə troposferin tərkibi xeyli çirkləşir və özünün ilkin təmizliyindən qəti surətdə seçilir.

Yerin atmosferi azot-oksigen tiplidir. Yer qrupu planetləri (Merkuri, Venera, Yer və Mars) arasında bizim planet belə atmosferli yeganə fəza cismidir. Planetlərarası stansiyaların – Venera, (13, 14, 15, 16 və s.) Mars, Voyager və s. aparıcıları tədqiqatların nəticəsində müəyyənləşdirilmişdir ki, Veneranın və Marsın atmosferində karbon qazı üstünlük təşkil edir və sərbəst oksigen, demək olar ki, yox yerindədir. Bir neçə milyard il bundan əvvəl Yerin də atmosferi oksigensiz idi və CO₂-nin üstünlüyü hiss olunurdu. Bunu bir sıra qədim süxurların tərkibi sübut edir.

Təqribən 2 milyard il bundan əvvəl planetimizdə yaşıl bitkilər peyda olmuş, fotosintez nəticəsində onlar atmosferdən CO₂-ni yığmağa başlamış və ətraf mühiti oksigenlə zənginləşdirmişlər. Bitkilərin belə fəaliyyəti indi də davam edir. Hamımız bilir ki, otaq bitkiləri havanı təmizləyir, CO₂-ni çıxarır və oksigenin miqdarını artırır. CO₂ atmosferdən bəzi yosunlar və hətta heyvanat aləminin müəyyən nümayəndələri tərəfindən tutulur. CO₂ onların skeletlərinin qurulmasına sərf olunur. Bu hadisəyə sübut balıqqulaqlarının, mərcanların və digər əhəngdaşı (CaCO₃) skeletli heyvanların qalıqlarından təşkil olunmuş, geniş ərazilərdə yayılmış süxur kütlələri, əhəngdaşı dağla-

rıdır. Qeyd etmək kifayətdir ki, Abşeron yarımadasının başlıca süxurları balıqqulaqlı əhəng daşlarıdır. Beləliklə, nəbatat və heyvanat aləminin dünyaya gəldiyi iki milyard il ərzində atmosfer onların fəaliyyəti və məhvi nəticəsində CO₂-dən qismən azad olmuş və oksigenli mühitə çevrilmişdir. Vernadski yazırdı ki, Yerin qaz örtüyü, bizim nəfəs aldığımız hava, həyatın törəməsidir. CO₂ havadan tamam çıxarılmır; planetdə baş verən bir sıra hadisələr, o cümlədən, insanın fəaliyyəti nəticəsində havaya CO₂-nin yeni payları gətirilir. Bu prosesdə xüsusi yeri orqanizmlərin nəfəs alması və vulkan püskürmələri tutur. Yer qabığının, insan, nəbatat və heyvanat aləminin inkişafı və təkamülü göstərir ki, planetdə yaşayışın başlıca amillərindən biri vulkan fəaliyyətidir.

Paylanmasına görə kainatda ikinci yeri tutan helium yerin atmosferində çox azdır. Bu işin səbəbi Yerin bir planet kimi kiçik olması və heliumun inertliyidir, birləşmələr yaratmamasıdır. Yerin cazibə qüvvəsinin helium kimi yüngül elementləri saxlamağa gücü çatmır. Yerdəki ilkin helium milyard illər bundan əvvəl, atmosferin yarandığı ilk günlərdə itmişdir. Hazırda bu elementi, onun törəmə növü «planetin helium nəfəs almasından» yaranan helium əvəz edir. Uran və radiumun radioaktiv parçalanması zamanı süxurlarda atmosfərə qismən diffuziya edən helium yaranır. Yer qabığındakı iri çat sistemləri və parçalanmalar vasitəsilə Yerin səthinə, daha sonra atmosfərə çatmış helium kainata uçar. Radioaktiv parçalanma olmasa idi Yerdə helium olmazdı.

Günəşin ölçüsü aydın məsələdir ki, Yerə nisbətən hədsiz böyük və cazibə qüvvəsi yüksəkdir. Bu səbəbdən helium Günəşdə qalır və onun başlıca tərkib hissələrindən biridir. Qeyd edək ki, helium ilk dəfə spektral analiz vasitəsilə 1868-ci ildə Günəşdə tapılmış və onun Yerdə mövcudluğu varlığı ancaq 1895-ci ildə müəyyənləşdirilmişdir. Yunancadan tərcümədə helios- Günəş deməkdir.

Arqon da helium kimi inert (təsirsiz) qazdır, lakin onun miqdarı atmosferdə bir faizdən artıqdır. Arqonun planetdəki yüksək miqdarı, çox yayılmış element olan kaliumla bağlıdır.

Kaliumun məlum üç izotopundan K^{40} yüksək radioaktivdir. Onun parçalanmasından Ca^{40} və cüzi miqdarda arqon yaranır. Dağ süxurları belə arqonu atmosfərə verir. Arqon helium və neondan ağır olduğuna görə onun kainata uçması tədricidir və deməli, bu səbəbdən o, atmosferdə toplanır.

Raket və süni peyklər vasitəsilə alınmış məlumatlara görə 200-950 km hündürlükdə atmosferin tərkibində azot ionlarının azalması hesabına oksigen ionları üstünlük təşkil edir. Həmin yüksəklikdə azotun oksidinə də təsadüf edilir.

Atmosferin yuxarılarına doğru heliumun əhəmiyyəti artır; 800 km-dək o vacib, 2200 km-dən isə atmosferin başlıca komponentidir.

İnsanların təsərrüfat fəaliyyəti atmosferin klarklarının müxtəlif elementlər üzrə nisbətinin dəyişməsinə səbəb olur. Hər il elektrik stansiyalarının, müxtəlif mühərriklərin, domna sobalarının ocaqlarında milyardlarla ton kömür, neft və qaz yandırılır. Bu prosesdə atmosferdən hədsiz miqdarda oksigen udulur. Görəsən bu iş, planetimizin həyatını oksigen açlığı ilə gələcəkdə hədələyirmi? On illərdən sonra oksigenin miqdarı çox azalacaqmı və insanlar oksigen çatışmazlığından tənənfəs olacaqlarmı? Bu cür hadisələrdən qorxmağa hələ ki, ciddi səbəb yoxdur. Yer qabığındakı neftin, kömürün və yanar qazların hamısı yandırılrsa belə atmosferin oksigeninin miqdarına təsiri çox cüzi ola bilər. Bitki aləmi həmişə fəaliyyətdədir və oksigenin yeni payları ilə atmosferi daim təmin edir. İnsanın həmişə sağlam olması üçün o ətraf mühiti, bitki və heyvanat aləmini qorumalıdır.

Atmosferdəki CO_2 -nin miqdarının daim artması müəyyən təşviş yaradır. Yanar faydalı qazıntılardan istifadə edən insan ətraf mühitə kifayət qədər CO_2 tullayır. Dünya alimlərinin fikrincə atmosferin CO_2 ilə doyması «parnik effektinə» səbəb ola bilər, başqa sözlə, Yer səthinin iqlimi dəyişə bilər, temperatur yüksələr, qütb buzları əriyər, dünya okeanının səviyyəsi qalxar, çoxəhalili dənizkənarı düzənliklər su altında qala bilər. Daha sonra insanın texniki tərəqqi ilə təmin olunan gündəlik fəaliyyəti havanı tozlandırır ki, bu da iqlimin hərtə-

rəfli soyuması ilə nəticələnə bilər. Bu səbəbdəndir ki, bəzi alimlərin fikirincə, bizi gələcəkdə yerin qızması yox, yeni buzlaq erası gözləyir. Bu bir-birilə təzad təşkil edən və mürəkkəb problemlər hazırda dünyanın bütün ölkələrinin mütəxəssisləri tərəfindən analiz edilir və şübhəsiz ki, gələcək təbii fəlakətlərin qarşısının alınması üçün müəyyən tədbirlər tapılacaqdır.

Atmosferin çirklənməsi, onun tərkibindəki elementlərin nisbi miqdarının dəyişməsi vulkan püskürmələrindən də asılıdır. Püskürmə zamanı tullanılan kül, su buxarları, narın daş qırıntıları atmosferin yuxarı hissələrinə qədər qalxır və iri ərazilərdə günəşin qabağını tuturlar və müvəqqəti olsa da həmin yerlərdə iqlim dəyişir. Nüvə silahlarının sınaqdan çıxarılması ilə bağlı olan insan fəaliyyəti vulkanların püskürməsi məhsulları ilə birlikdə insanları gələcəkdə gözləyən ən iri faciələrdən biridir. Bunu da qeyd edək ki, son 30 ildə Yer qabığında güclü zəlzələlərin və güclü vulkan püskürmələrinin sayı artmışdır. Bir sıra alimlər bu hadisəni qismən yeraltı nüvə sınaqları ilə əlaqələndirirlər və belə mülahizəyə əsas var.

BIOSFER

Orqanizmlərin yayılmış olduğu və yaşadıkları Yer qabığının həyat örtüyünə biosfer deyilir. Bu anlayışı elmə birinci dəfə 1875-ci ildə E.Züss gətirmişdir. İnsan aləmi üçün biosferin əhəmiyyəti V.İ.Vernadski tərəfindən aydınlaşdırılır. V.İ.Vernadski həm biokimyayın, həm də onun təbii qolu olan biogeokimyayın banisidir.

Biosfer fasiləsizdir; onun daxilində daimi həyatsız sahələr yoxdur. Orqanizmlərin bu ya başqa növlərinə, əvvəllər həyatsız sayılan sahələrdə belə - uca qarlı dağların zirvələrində, qızmar səhraların ortasında, Arktika və Antarktidanın buzlaqlarında, okeanın təsvir olunmayan dərinliklərində təsadüf edilir. Yalnız fəaliyyətdə olan vulkanların kraterlərindən axan qızmar lava, duzlarla hədsiz doymuş qapalı su hövzələrində hələ ki, həyat aşkar edilməmişdir. Həyat uğrunda mübarizədə canlılar, o cümlədən, insan müxtəlif şəraitlərdə yaşayışa

uyğunlaşaraq geoloji müddət ərzində indi biosfer dediyimiz canlı örtüyü yaratmışlar. Bu örtük hidrosferdən, litosferin üst təbəqələrindən və atmosferin altı -troposferdən təşkil olunmuşdur.

Okeanda biosferin aşağı sərhədi okean dibi ilə üst-üstə düşür. Quruda isə bu hədd Vernadskinin fikrincə, gərək temperaturun 100°C -dən aşağı olmadığı, isti su buxarlarının ağalığ etdiyi sahələrdən üstə, geoidin (yəni planetin) 3-4 km dərinliyinə təsadüf etməlidir. V.A.Pokrovski (1961) biosferin aşağı sərhədini $+100^{\circ}\text{C}$ izotermi- bakteriyaların yaşamasının böhran temperaturu üzrə keçirir. Onun materiallarına əsasən keçmiş SSRİ-nin Avropa hissəsində bu sərhəd 10-15 km Baltik və Ukrayna qalxanları sahəsində, 3,2-5,5 km platformalarda və cavan Alp çökəkliklərində 1,5-2,5 km dərinlikdən keçməlidir. Azərbaycanın iqlim və geoloji-coğrafi şəraiti nəzərə alınarsa, bizim respublikamızda biosferin aşağı sərhədi 3-3,5 km dərinlikdədir.

Biosferin yaşı iki milyard ilə qədərdir. Bu müddət ərzində canlı maddə külli miqdarda Günəş enerjisinin kimyəvi işə sərf olunmasına səbəb olmuşdur. Canlı maddənin bilavasitə iştirakı ilə kimyəvi elementlərin, demək olar ki, hamısının atomları saysız dəfə miqrasiya etmiş, (yerini dəyişmiş) mürəkkəb dövrandə olmuşlar. Planetin üst hissəsinin görkəmi dəyişmişdir, deməli, törəmə mineralyaratma zonasının, o cümlədən, canlı örtüyün indiki görkəmi qədim zamanlardakından əsaslı fərqlənir.

1 milyarda qədər (paleozoy) və daha artıq il (kembriyə qədər dövr) bundan əvvəl planetin atmosferinin tərkibi başqa idi və o, çoxlu CO_2 , nisbətən az miqdarda O_2 saxlayırdı. Ola bilsin ki, geoloji tarixin ilk dövrlərində (arxeydə 2 milyard il bundan əvvəl) atmosferdə oskigen olmamış və Yer səthinin geokimyası tamam başqa imiş; dəmir və manqanın yerdəyişməsi sürətli, oksidləşmə yox imiş, hidrosfer başqa tərkibli və quruda gedən proseslər indikindən kəskin seçilirmiş. Müvafiq olaraq çöküntü toplama hadisələrinin səciyyəsi də başqa cür imiş. Ola bilsin ki, Yerin tarixinin geoloji qədim eralarında elə

süxurlar və filizlər yaranmışdır ki, onlar indi bizə məlum deyildir. Məsələn, dəmirli kvarsitlərlə bağlı olan dəmir filizləri ancaq kembriyə qədər olan dövrdə yaranmışlar və bu epoxa çökmə dəmir filizlərinin iri sənaye əhəmiyyətli ehtiyatları ilə səciyyələnir. Əksinə, kömürün, neftin və yanar qazların əmələ gəlməsi daha gec geoloji dövrlər ilə bağlıdır. Duz yataqları, təqribən, aşağı paleozoy yaşlıdır, lakin qeyd edək ki, onlar indi də yaranmaqda davam edirlər. Hər halda hər faydalı qazıntı yatağının yaranmasının tarixi müəyyən zaman və məkan daxilindədir və dialektik materializmin qanunlarından kənara çıxmır.

Özünün iki milyard illik fəaliyyəti nəticəsində canlı maddə atmosferin tərkibinin, Yer çökmə örtüyünün və hidrosferin xüsusiyyətlərinin müasir şəklə gəlmiş formalaşmasına səbəb olmuşdur.

Yer qabığının daha dərin qatlarının yaranmasında həmçinin biosferin rolu böyükdür. Biosferin qismən məhsulu olan çökmə süxurlar mütəhərrik qurşaqlarda dəfələrlə dərin çökəkliklərə, səthdən dərin qatlara enmiş, yenidən ərimiş və maqmatik süxurlara çevrilmişdir. Bu süxurlar isə dağəmələgəlmə zamanı (orogenez) yenidən planetin səthinə qalxmış və aşınaraq çökmə süxurları yaratmışlar. V.İ.Vernadskinin mülahizəsinə görə, Yer qabığının qranit geosferi keçmiş biosferdir, başqa sözlə, canlı aləmin qalıqları olan çökmə süxurların dərinliklərə enməsi və əriməsi nəticəsində yaranmışdır.

Maqmatik proseslər ola bilsin ki, ekzogen hadisələrlə sıx bağlıdırlar. V.İ.Lebedevin və N.V.Belovun «Geokimyəvi akkumulyatorlar» hipotezində deyilir ki, Günəş enerjisi tək üzvi birləşmələr (humus, kömür, neft və s.) deyil, həmçinin külli miqdarda gilli minerallar tərəfindən toplanır. Dərinliklərə enən bu minerallar, orada əriyir, yenidən çöl şpatlarına çevrilir və toplanmış günəş enerjisi azad olaraq, Yer qabığında baş verən bir sıra proseslərə səbəb olur. Bu fikrin əleyhinə çıxan D.S.Korjnskinin fikrincə, Günəş enerjisinin toplanmasında kristallik maddənin rolu artırılmışdır. Günəş ener-

jisinin bu cür deformasiyası barədə fikir vaxtilə V.İ.Vernadski tərəfindən söylənilmişdir.

Endogen filizyaranmasının qanunauyğunluqlarına, onların əvvəl getmiş çöküntütoplanma hadisələri ilə bağlılığına, iqlim zonallığı və başqa ekzogen amillərlə olan münasibətinə maddənin təbiətdə, zaman və məkan daxilindəki dövrəni nəzərdən baxılmalıdır. Ola bilsin ki, endogen proseslərdə ekzogen amillərin müəyyən rolu vardır.

Hələ 1928-1931-ci illərdə V.İ.Vernadski biosferdə 5 qrup biogeokimyəvi funksiya ayırır: qaz, təmərküzləşmə, oksidləşmə-reduksiya, biogeokimyəvi və antropoloji. Bu funksiyalar barədə ətraflı məlumat alimin ölümündən sonra nəşr olunmuş «Yerin biosferi və onu əhatə edən mühitin kimyəvi quruluşu» kitabında ətraflı şərh olunur. Bizim dərsliyimizdə bu barədə qısa izahat verilir.

QAZ FUNKSİYALARI

Biosfer qazlarının çoxu həyatla bağlıdır və atomların bioloji dövrəni nəticəsində yaranır. V.İ.Vernadski dəfələrlə təkrar edirdi ki, hava həyatın yaradıcısıdır. O göstərirdi ki, metamorfizm və vulkanizm zamanı elə qazlar ayrılır ki, onların tərkib hissələri biosferdə törənən süxurlarda saxlanılır. «Vulkanik və metamorfik qazların çoxu əslində həyatın məhsuludur» (Vernadski, 1965). Bura su buxarları, CO_2 , karbohidrogenlər və s.aid edilə bilər. Deməli, qazlar hipergenez zonasında ya bioloji dövrənin məhsulu (fotosintez zamanı oksigenin, nəfəsə alma zamanı karbon qazının ayrılması və s.), ya da Yerin təkində biogen süxurların parçalanması nəticəsi olub mürəkkəb mənşəlidirlər.

Oksigenli - karbonqazlı funksiya yaşıl bitkilər tərəfindən həyata keçirilir. Fotosintez zamanı sərbəst oksigen yaranması geoloji müddət ərzində O_2 -li atmosferin və oksidləşmə şəraitinin formalaşması ilə nəticələnmişdir. Fotosintezdə CO_2 udulur və eyni zamanda onun atmosferdən çıxarılması prosesi gedir. Beləliklə, həyatın yaranmasından keçən milyon illər ər-

zində yaşıl bitkilər atmosferi CO₂-dən təmizləmişlər və canlı aləmin istifadə edə biləcəyi şəraiti yaratmışlar.

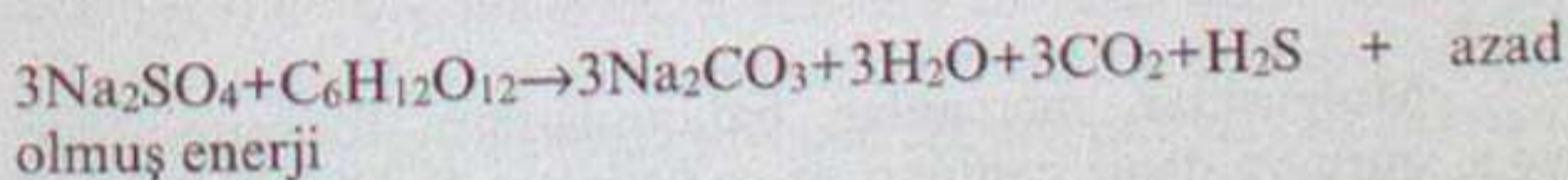
Bütün canlılar - bitkilər, mikroorqanizmlər, heyvanlar, insanlar nəfəs alır və CO₂-ni buraxır. Bu prosesdə torpaqda, lillərdə, Yer qabığının sudaşıyan horizontlarındakı mikroorqanizmlərin rolu diqqətəlayiqdir. Onların fəaliyyəti torpağın və qrunut mühitinin CO₂ ilə atmosfərə nisbətən daha zənginləşməsinə səbəb olur. Biogen mənşəli CO₂ hipergenez zonasında yaranır, sulara həll olur və kimyəvi elementlərin çoxunun yerdəyişməsinə təsir göstərir.

Atmosferdə ozonun yaranması, bioloji proseslərlə də əlaqələndirilə bilər. Ozon atmosferdəki elektrik boşalmaları zamanı biogen O₂-nin hesabına əmələ gəlir.

Azot atmosferdə mikroorqanizmlərin fəaliyyəti və digər bioloji proseslər nəticəsində toplanır.

O₂-siz mühitdə üzvi qalıqların çürüməsi metan və digər karbohidrogenlərin yaranması ilə başa çatır. Belə proseslər müasir bataqlıqlarda gedir, (metana hərdən «bataqlıq qazı» deyirlər), lakin daha çox kömürün, neftin və bitumların pozulduqları sudaşıyan hövzələrdə inkişaf tapmışlar. Müvafiq proseslər mikrobioloqlar tərəfindən öyrənilmişdir (hüceyrənin metan qıçqırması və s.). Dərinlikdə yaranan karbohidrogenlər asan miqrasiya edir və müxtəlif «tələlərdə» toplanaraq qaz yığımları əmələ gətirirlər. Onların axımı Yerin səthinə istiqamətlənir və yeraltı sulara gedən geokimyəvi proseslərə təsir edir.

Üzvi qalıqların və sulfatların olduğu oksigensiz mühitdə sulfatreduksiyaedici bakteriyalar yayılmışlar. Onlar CO₂ və H₂S ayrılması ilə üzvi qalıqları və sulfatları parçalayırlar. Bu proses belə bir reaksiya ilə ifadə oluna bilər:



Verilən reaksiya bakteriyalar üçün nəfəsalma prosesi olub, sulfatlardan oksigeni alır və oksigenlə üzvi maddəni oksidləşdirir. Reaksiyanın verdiyi enerji mikrobların həyat pro-

sesinə sərf edilir. Bərpa olunmuş kükürd H_2S , oksidləşmiş karbon isə CO_2 şəklində ayrılır. Bu cür reaksiyalar hipergenez zonasında geniş yayılmış və üzvi maddənin sərbəst oksigensiz və sulfatların iştirakı mühitində pozulduğu yerdə gedir. Mikrobioloqlar tərəfindən kükürddən azadedici rolunu oynayan bakteriyaların bir sıra qrupları müəyyənləşdirilir. Piritin və digər sulfidlərin, ekzogen yataqlarının yaranmasında canlı maddənin hidrogen-sulfid geokimyəvi funksiyasının rolu böyükdür.

Yer qabığının bitki örtüyü külli miqdarda su udur. Bu su yarpaqlardan buxarlanır və atmosfərə qarışır. Onun buxarı Yerdə suyun dövranına təsir edir, qrunt sularının səviyyəsini azaldır və digər proseslərə səbəb olur.

Mikrobioloqlar təyin etmişlər ki, üzvi maddənin oksigensiz mühitdə parçalanması zamanı sərbəst hidrogen ayrılabilir («Hüceyrənin hidrogen qıçqırması» və s.). Hidrogen hipergenez zonasının fəal elementi olub, filiz yataqlarının yeraltı qazlarında və müxtəlif süxur tiplərində müşahidə olunmuşdur.

TƏMƏRKÜZLƏŞMƏ (KONSENTRASIYALAŞMA) FUNKSIYALARI

Yer qabığının bütün canlıları karbon, hidrogen, oksigen və azot toplayırlar. Kömür yataqlarını, yəqin ki, üzvi mənşəli olan nefti, torfu, bitumları, üzvi əhəngdaşlarını və s. xatırlamaq kifayətdir. Digər elementlərin toplanmasında həm də canlı maddənin müəyyən rolu var. Lakin bu işdə təmərküzləşdirici canlı orqanizmlərin hamısı yox, ancaq onların müxtəlif tip və növləri iştirak edir. Orqanizm-konsentratörlər öz bədənələrində seçilmə yolu ilə bu və ya digər elementi toplaya bilər.

Molyusklar, mərcanlar, balıqqulaqları, foraminiferlər və s. quru və dəniz canlıları öz skeletlərini $CaCO_3$ -dən qurur və deməli, bu birləşmənin konsentratörüdür. Onların ölmündən sonra qalmış skeletlər dəniz və göl əhəngdaşlarının əmələ gəlməsinə səbəb olur. Silisiumun konsentratörleri sün-

gərlər, radiolyarilər, diatomlu yosunlar və s.-dir. Onların fəaliyyəti nəticəsində materiklərin göllərində, dəniz və okeanlarda silisium oksidinin iri yığımları - trepellər, diatomitlər və s. süxurlar yaranır. Stronsiumun konsentratoru akantariy radiolyariyası, yodunkü dəniz yosunları, vanadiumunkü assidlər, natriumunkü isə duzlucalar və sairədir.

Bir sıra mikroorqanizmlər dəmir və manqanı təmərküləşdirir. Orqanizmlər tərəfindən H, Li, Be, B, C, N, O, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ge, Se, Sr, Mo, Ag, J, Au, Pb, Ra və U-nın konsentrasiyalaşdırılması müəyyənləşdirilmişdir.

OKSIDLƏŞDİRİCİ-REDUKSIYAEDİCİ FUNKSIYALAR

Oksidləşmə funksiyası sərbəst oksigenin köməkliyi ilə müxtəlif mineralların - piritin, sideritin, kükürdün, üzvi təbii birləşmələrin (humusun, bitumun və s.) oksidləşməsi ilə ifadə olunur. Bu prosesdə müxtəlif aerob bakteriyaları iştirak edir. Sərbəst kükürdün və torpaqdakı üzvi maddələrin oksidləşməsində aerob bakteriyaların rolu çoxdan məlumdur. Sulfid yataqlarının oksidləşmə zonasında belə proses mikroorqanizmlər tərəfindən həyata keçirilir. Bu, pirit, misin sulfidləri və sulfoduzları, molibdenit və digər kükürdlü birləşmələr üçün təyin edilmişdir.

Reduksiyaedici funksiya dəmirin, manqanın, misin və digər elementlərin hidrogen-sulfid funksiyası ilə sıx əlaqədə, mikroorqanizmlər tərəfindən bərpası ilə ifadə olunur. Lakin mikrobioloji bərpa hidrogen-sulfidsiz də gedə bilər. Belə proseslərin, oksidləşmiş birləşmələrdə ikivalentli haladək bərpa oluna bilən dəmir və manqan üçün əhəmiyyəti var. Reduksiya hipergenez zonasında geniş intişar tapmışdır və geokimyəvi əhəmiyyətə malikdir.

BİOKİMYƏVİ FUNKSIYALAR

Biokimyəvi funksiyalar orqanizmlərin içərisində gedən proseslərlə bağlıdır. Onlara misal olaraq çoxalma funksiyasını göstərmək olar. Çoxalma nəticəsində canlı maddə təbiətdə tez yayılır və yaşayış üçün əlverişli əraziləri əhatə edir. Bu hadisəni V.İ.Vernadski «həyatın təzyiqi» adlandırır və onu qazların təzyiqi ilə müqayisə edir. Hər iki prosesdə qüvvələr ətrafa dağılır. Həyatda dağılma prosesi çox sürətli olub, fiziki vahidlərlə (sm/saniyə) ölçülə bilər. Vernadski hesablamışdır ki, çuma (vəba) vibrionu 33.000 s/s sürəti ilə çoxalır. Canlı maddənin biokimyəvi funksiyasına Vernadski çürümə proseslərini də əlavə edir. Bu prosesdə kaustobiolitlərin -torfun, kömürün, ola bilsin ki, neftin və bitumların yatımları geoloji zaman və məkan daxilində yaranırlar.

İNSAN CƏMİYYƏTİNİN BİOGEOKİMYƏVİ FUNKSIYASI

A.Y.Fersman insanın təbiətə olan təsirini texnogeneza adlandırırdı. Texnogeneza XX əsrin ikinci yarısında getdikcə öz təsirini artırır və xüsusi tədqiqatlar tələb edən ayrıca bir sahə kimi formalaşır. Qeyd edilməlidir ki, bu funksiya bir sıra hallarda təbii reaksiyaların tamamilən əksinə yönəldilmişdir, öz gücü və gərginliyi ilə ən fəlakətli geoloji proseslərlə müqayisə oluna bilər. Yadımıza salaq ki, insan nə qədər odun, kömür, neft, qaz yandırır və beləliklə, atmosferi CO₂-i ilə çirkləndirir. Metalların əksərinə (Fe, Ni, Co, V, Zn, Pb, Cr və s.) təbiətdə birləşmələr şəklində təsadüf edilir və onları təmiz şəkildə almaq üçün müəyyən enerji sərf edilməlidir. Atom və hidrogen bombalarının partlamasında gedən nüvə reaksiyaları zamanı əvvəllər Yerdə təsadüf etmədiyimiz metallar meydana çıxır. Suların tərkibi onlara qarışan istehsalat tullantılarından dəyişir və onlardan istifadə çətinləşir. Dünyanın bir sıra iri şəhərlərində hava zəhərləyici qazlarla o qədər doymuşdur ki, canlıların nə-

fəs alması xeyli ağırlaşmışdır. Misal üçün, Tokionun küçələrinə yolları istiqamətləndirən polis nəfərləri əleyhqaz geyirlər.

Ümumiyyətlə, biogen miqrasiyanın Yer qabığında geokimyəvi rolu, ələlxüsus Yer səthində əhəmiyyətli dərəcədədir. Canlı orqanizmlər, ələlxüsus insan, keçən əsrlərin alimlərinin mülahizə etdiyi kimi ikinci dərəcəli əhəmiyyətli geoloji agentlər olmayıb, Yer qabığında gedən geoloji prosesləri dəyişməyə qadir birinci dərəcəli əhəmiyyətə malik qüvvələrdir. Canlı orqanizmlər Günəş enerjisini fəal kimyəvi enerjiyə çevirən mexanizmlərdir. Əgər belədirsə, onlar hipergenez zonasının başlıca amillərindən biridirlər. Digər proseslərin, məsələn, suyun dövrəsinin böyük əhəmiyyəti vardır. Lakin burada Günəş enerjisi kimyəvi enerjiyə çevrilmir, əsasən mexaniki işlə ifadə olunur.

Biogen miqrasiya mürəkkəb qanunauyğunluqlara tabe olub, ancaq həllolma, adsorbsiya və digər proseslərlə izah oluna bilməz. Kimyəvi elementlərin ion radiusları, valentlikləri, qütbləşmə qabiliyyətləri, elektrik mənfilikləri və s. xarakteristikaları biogen miqrasiya zamanı onların özlərini aparmasını müəyyənləşdirir.

Canlı maddədə kimyəvi xüsusiyyətləri ilə bir-birindən kəskin fərqlənən elementlər (Na, Ca, S, K və s.) toplanır. Bir-biri ilə geokimyəvi qohum, məsələn, qələvilər (Na, K, Li, Rb, Cs) kimi elementlər isə canlı maddə mühitində kimyəvi müxtəliflik təzahür etdirirlər.

Elementlərin çoxü cüzi birləşmələrdə kovalent, yaxud digər qeyri-ion əlaqələr yaradır. Həmin elementlər qeyri-üzvi birləşmələrdə ion əlaqəlidir. Ona görə də Ca, Mg, Na, K və başqa elementlərin canlı maddədə və ondan kənar özünü aparması fərqlidir.

Biogene nəticəsində yaranan səciyyəvi elementlərə atmofil (N), litofil (Si, K, Mg, Ca, Na və s.), xalkofil (Cu, Zn və s.) və siderofil (Fe, Mn və s.) elementlər aid edilə bilər. Məlumdur ki, bu elementlər kimyəvi xassələrinə görə bir-birindən kəskin seçilir. Bu cür müxtəlif xassəli elementlərin assosiasiya-

sı aydındır ki, qeyri-üzvi birləşmələrin müxtəlif həllolma qabiliyyətləri ilə izah edilə bilməz. Burada biogeokimyənin özünün səciyyəvi qanunları əhəmiyyət daşıyır.

Elementlərin biogen miqrasiyası bəzən onların kimyəvi xüsusiyyətlərindən asılı olmur. Məsələn, bilirik ki, Çili və Perunun sahil boyu çoxlu quş dəstələrinin yuva salması nəticəsində qanunun iri yığımları, başqa sözlə, fosfor yataqları əmələ gəlir. Bu halda fosforun və azotun miqrasiyası, həmin elementlərin kimyəvi xüsusiyyətləri ilə deyil, quşların həyatından, yerdəyişmə qanunauyğunluqlarından asılıdır.

V.İ.Vernadskinin əsərlərində geokimyənin əsas qanunauyğunluqlarından biri - canlı maddənin geokimyəvi rolunu müəyyənləşdirilmişdir. A.İ.Perelman bu qanuna Vernadskinin adını verməyi təklif edir və onu belə ifadə edir:

«Biosferdə kimyəvi elementlərin miqrasiyası canlı maddənin bilavasitə iştirakı ilə həyata keçirilir, (biogen miqrasiya) yaxud da bu proses geokimyəvi xüsusiyyətləri keçmiş geoloji dövrlərdə yaşamış və indi yaşayan canlı maddə ilə şərtlənən geokimyəvi şəraitdə mümkündür».

Qısa olaraq Vernadski qanunu belə ifadə edilə bilər: «Kimyəvi elementlərin biosferdəki miqrasiyası (yerdəyişməsi) ancaq canlı maddənin vasitəsilə mümkündür». Canlı maddə ilə biosfer eyni zamanda yaranmışlar. Onlar biri digərini şərtləndirir. Canlı maddə olmasaydı, biosfer də olmazdı, yaxud əksinə. Ona görə də keçmiş geoloji eraların xatırlanmasının əhəmiyyəti yoxdur.

İki milyard illik uzun təkamül ərzində canlı orqanizmlər xarici mühitin müxtəlif şəraitinə uyğunlaşmış və onun dəyişmələrinə həssaslaşmışlar. Biogen miqrasiyanın və biosferin funksiyalarının müxtəlifliyi də buradan irəli gəlir. Perelmanın fikrincə, bu müxtəliflik ikinci bir geokimyəvi qanunun araya gəlməsinə imkan verir: «Hipergenez zonasında biogen miqrasiya, fiziki-kimyəvi miqrasiyaya nisbətən daha rəngarəngdir». Bu ifadəni biogen miqrasiyanın müxtəlifliyi qanunu adlandırmaq olar. Həmin qanunun təzahürünə başqa-başqa landşaft şəraitində təsadüf etmək olar.

Biosfer haqda təsəvvürün tamlığı məqsədilə biz bu təbəqənin klarkları və onunla vulkan fəaliyyəti arasında olan əlaqədən müəyyən məlumat verməli və insanla bəzi bitkilərin kimyəvi tərkibi arasında oxşarlığı qeyd etməliyik.

BİOSFER VƏ VULKANLAR

Biosferdə canlı aləmin yaşaması və inkişafı üçün lazım olan kimyəvi elementlərin başlıca mənbəyi vulkanlardır. Hər şeydən əvvəl canlı hüceyrələri təşkil edən mürəkkəb üzvi birləşmələrin tərkibinə daxil olan hidrogen, karbon, oksigen, fosfor və kükürd kimi elementlər vulkan fəaliyyəti əsasında Yerin daxilindən çıxarılır və bu baxımdan fikirləşmək olar ki, canlı aləmin ilk yaradıcısı Yerin təkidir.

Biosferi adətən üç biotsiklə bölürlər: yerüstü, axar sular və dəniz (okean). Canlı aləmin yaranmasında axırının əhəmiyyəti, sualtı vulkan fəaliyyəti nəzərə alınarsa, daha artıqdır. Rankama və Saxama hesablamışlar ki, biosferin kütləsi litosferin (indiki mənada 40-70 km-lik Yer qabığı nəzərdə tutulur) həcmnin milyonda bir hissəsinə bərabərdir. Kütlənin belə az olmasına baxmayaraq bu təbəqənin geokimyəvi effekti daha kəskin nəzərə çarpır. Belə ki, atmosferdəki sərbəst oksigenin başlıca miqdarı, ola bilsin ki, hamısı biosferin kimyəvi fəallığı - fotosintez reaksiyaları nəticəsində yaranır. Əhəngdaşı qayaları və mərcan rifləri, okean dibindəki milyon kvadrat kilometrə sahəni əhatə edən silisiumlu çöküntülər, çoxmiqdarlı filiz və qeyri-metallik faydalı qazıntı yataqları biogeokimyəvi fəaliyyətin əlavə sübutudur. Lakin bütünlükdə biosferin peyda olması, təkamülü, canlı aləmin yaranması və nəhayət, insanın təzahür edib indiki «ağa» mövqeyini tutmasının əsasında vulkanlar durmuşdur.

Müasir hesablamalar göstərir ki, canlılar (heyvanat aləmi və insan) bitki aləminin iki mindən bir hissəsini təşkil edir və onun hesabına yaşayıb təkamül və inkişaf edirlər. Bitkilər və canlıların kimyəvi tərkibləri arasında müəyyən oxşarlıq vardır.

Aydın məsələdir ki, insanları biosferdə hər şeydən qabaq onların özlərinin klarkları maraqlandırır. Rankama və Saxama insan bədəninin «quru çəkisinin» (külünün) və alfa-alfa otunun hansı elementlərdən və hansı nisbətdə olmasını hesablamış, həmin elementlərin litosfer və hidrosfer klarkları ilə müqayisə etmişlər (cədvəl 11).

Cədvəl 11

İnsanın «quru çəkisi» və alfa-alfa otunun kimyəvi tərkibinin litosfer və hidrosfer klarkları ilə müqayisəsi

№	Element	«Quru çəki»		Orta hesabla	
		yaşlı adam	alfa-alfa otu	litosferdə	hidrosferdə
1	2	3	4	5	6
1	C	48,43	45,37	0,1	0,003
2	O	23,70	41,04	47,2	85,89
3	N	12,85	3,3	0,01	0,000052
4	H	6,6	5,54	0,15	10,80
5	Ca	3,45	2,31	3,60	0,04
6	S	1,60	0,44	0,05	0,088
7	P	1,58	0,28	0,08	0,000006
8	Na	0,65	0,16	2,64	1,06
9	K	0,55	0,91	2,60	0,038
10	Cl	0,45	0,28	0,045	1,9
11	Mg	0,1	0,33	2,1	0,13

Qeyd: İnsanın və alfa-alfa otunun tərkibini təşkil edən bu elementlərdən başqa biosferdə mində bir dəfə və daha az miqdarda digər mikroelementlər iştirak edir. Bunlardan vacibləri Cu, B, Mo, Mn, Zn, Si, Al, Ti, V, Cr, Os, Co, Ni, As, J, F, Ga, Li, Be, Se və sairədir.

Beləliklə, görürük ki, insanın külünün kimyəvi tərkibi ilə bitkilər arasında müəyyən ümumilik var. Əlbəttə, canlı insanın kimyəvi tərkibi onun «quru çəkisindən» xeyli fərqlənir və başlıca olaraq oksigen-hidrogen qarışığından ibarətdir və yandıqda əsasən qaza çevrilir, azacıq miqdarda kül qalır. Dini kitablarda, o cümlədən, «Quran»da yazılır ki, insan küldən (gildən) yaranıb, külə çevrilir. V.İ.Vernadski yazır ki, insan qazlardan yaranmışdır və qaza çevrilir. Bu iki fəlsəfi anlayış arasında fərq çox deyildir.

İnsanın külü ilə alfa-alfa otunun tərkibi arasındakı kimyəvi elementlərin miqdarının yaxınlığına baxmayaraq bu 11 element arasındakı nisbət canlılarda və bitkilərdə bir-birindən kəskin fərqlənir. Fosforun, kükürdün, azotun, natriumun klarkları canlı aləmdə yuxarı olduğu halda, bitkilərdə oksigenin klarkı iki dəfə artıqdır (yənə də quru çəki nəzərə alınır).

Biosfer və hidrosferin klarkları arasında nisbi oxşayış var, lakin Yer qabığının elementlərinin orta miqdarı bu barədə biosferdən kəskin seçilir. Ağır metalların litosferdə və canlı aləmdə klarklarının çox cüzi olmasına baxmayaraq, onların orqanizmlərinin həyat fəaliyyətindəki rolu əvəzənməzdir. Mikroelementlər xüsusi funksiyalar daşıyaraq (fermentlər, vitaminlər, hormonlar) orqanizmlərə daxil olur. Bəzi elementlər (bor, manqan, sink və s.) fotosintezin fəallaşdırıcısı kimi məlum olub, protoplazm kolloidlərinin hidrofiliyini yüksəldir və boyatmanı şərtləndirir, digərləri (vanadium, manqan, osmium) azotun mənimsənilməsi prosesinin katalizatorudur; üçüncülər mayelərlə doymanı idarə edir, protoplazmanın fəaliyyətini intensivləşdirir və hüceyrələrin quruluşunda iştirak edirlər (silisium).

Üzvi həyatın qeyri-üzvi substansiyada dərin kökləri var. Klassik fiziologiyanın qanunlarına əsasən biosferin başlıca mineral - mənimsəmə elementləri azot, kükürd, fosfor, kalium, kalsium, maqnezium və dəmir, daha sonra orqanizmin fəaliyyəti üçün vacib olan mikroelementlər litosfer və hidrosferdən çıxarılır.

Canlı və bitki aləminin bəzi nümayəndələri müxtəlif elementləri özlərində yığırlar. Orqanizmlərin belə qabiliyyəti sink, mis, litium, qızıl, molibden, cıvə, yod və s. üçün dəqiq təyin olunmuşdur. Kömür və neft kütlələrinin litiumla, berilliumla, germaniumla, borla, kobaltla, skandiumla və bir sıra digər elementlərlə zənginləşməsi buna sübutdur.

Canlı hüceyrələrdə fosforun rolu əvəzənməzdir. fosfor nüklein turşularının vacib tərkib hissəsidir. Digər tərəfdən fosfor vulkan məhsullarının başlıca komponentidir. Hesablanmışdır ki, təkcə 1975-1976-cı illərdə Kamçatkadakı Tolbaçik vulkanının

püskürməsindən yerin səthinə 10 milyon ton fosfor anhidridi tökülmüşdür.

Kükürd canlı orqanizmlərdə karbon, hidrogen, azot və oksigenlə birlikdə bütün zülalların tərkibinə daxil olur. Bioloji prosesdə sulfohidril (-SH) və disulfid (-S-S-) fəaldır. Vulkan fəaliyyətinin uçucu komponentləri arasında kükürd aparıcı mövqe tutur. Burada o hərdən sərbəst şəkildə olur, lakin əsasən hidrogen-sulfidin və kükürd qazlarının tərkibinə daxil olaraq atmosfərə qalxır və ətraf ərazidə, müəyyən müddətdən sonra çökür. Tolbaçikin püskürməsi Yer səthinin kükürd ehtiyatını 70 min ton artırmışdır.

N, S, O, P və S-in müəyyən nisbətdə qarışığından vacib bioloji maddələr - zülallar və nuklein turşuları yaranır. Bu maddələrsiz planetdə həyat ağlasığmazdır. Onların isə başlıca mənbəyi vulkan püskürmələridir. Yuxarıda qeyd etdik ki, canlı aləmin yaşamasını bu elementlərdən başqa, onlarca digərləri təmin edir və nizama salır. Mülahizə olunur ki, insan bədəninin hər 100 kiloqram çəkisi üçün 20 qram maqnezium vacibdir. Bu miqdar təmin edilmədikdə infarkt da daxil olmaqla müəyyən xəstəliklərə düşər olmaq olar.

Vulkan püskürmələrinin uçucu komponentləri, dəniz suyu və canlıların qanı arasında müəyyən kimyəvi ümumilik var. Canlıların qanının qeyri-üzvi əsası, başlıca ionları xlor və natrium olan duzların sulu məhluludur. Bu iki elementdən başqa qanın tərkibinə kifayət qədər maqnezium, kalsium və kalium daxil olur. Qanın tərkibinin qeyri-üzvi komponentləri arasındakı nisbət təxminən dəniz suyunu xatırladır. Belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, qan dəniz suyunun geoloji müddət ərzindəki təkamülünün məhsuludur. Dəniz suyu isə öz növbəsində vulkanların uçucu komponentlərinin geoloji eralardakı yığımının axır nəticəsidir.

Dəniz suyunun duz tərkibi vulkan küllərindən kation və anionların çıxarılması, onların fumarollarla və solfatarlarla gətirilməsi nəticəsində formalaşır. Beləliklə, vulkanların uçucu komponentlərinin və qanın belə təkamül xəttini müəyyənləşdirə bilərik:

Vulkanların uçucu komponentləri - dəniz suyu-qan.

İndi baxaq görək, hər hansı bir vulkanın püskürməsi qanın tərkibinə daxil olan nə qədər maddə verir. Tolbaçik vulkanının 1975-76-cı illərdəki fəaliyyəti uçucu komponentləri birlikdə biosferə qanın tərkibinə daxil olan 6,7 milyon ton mineral maddə gətirmişdir, o cümlədən su - 5,4 milyon ton, xlor - 1,3 milyon ton, natrium- 4100 ton, kalium- 129 ton, kalsium - 3672 ton və maqnezium - 988 ton. Həyat üçün vacib elementlərdən biosferə dəmir, mis, sink tullanılmışdır. Hemoqlobinin rəngləyicisi olan dəmirin 2000 tonu Tolbaçikdən biosferə verilmişdir. Nəzərdə tutmaq ki, müasir dövrümüzdə, hal-hazırda, dünyada 800 fəaliyyətdə olan vulkan vardır. Onların geoloji və yaxın keçmişdə miqdarı minlərcə dəfə artıq olmuş və geoloji zamanda bu vulkanlar nə qədər biogen elementi Yer qabığına gətirmiş, dənizləri, okeanları və həyatı yaratmışlar. Məcəzi mənada insan vulkan fəaliyyətinin ən axır məhsuludur.

Həyatın maraqlı məsələlərindən biri budur ki, insan və heyvan orqanizmlərində qanın oksigen aparıcısı rolunu oynayan hemoqlobinin yaranması misin mütləq iştirakı ilə gedir. Heyvanların hamısının bütün əzalarında mis iştirak edir və bu metal vacib həyati əhəmiyyətə malikdir. Misin zülallı birləşmələri məlumdur. Dəniz heyvanlarının bəzilərinin bədənində misin miqdarı dəniz suyunda həll olunmuş miqdardan minlərcə dəfə artıqdır.

Bitkilərdə mis hər kiloqramın 1 milliqramını təşkil edir. Misli gübrələr bir sıra bitkilərin, o cümlədən kartofun məhsulunu yaxşılaşdırır və artırır. Tolbaçikin püskürməsindən biosferə 7 min tondan çox mis gətirilmişdir. Misin dövrü sistemdəki qonşusu sinkin (misin atom nömrəsi 29, sinkinki isə 30-dur) duzlarından, həmçinin gübrə kimi istifadə olunur. Torpaqda sink çatışmadıqda bitkilər müxtəlif xəstəliklərə düçar olur. Saxalinin torpaqlarının öyrənilməsi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, sinkli zəmidə bitkilər daha sürətlə inkişaf edir. Sink zülallarda və nüklein turşularında biosintezi inkişaf etdirir, V₁ və V₆ kimi vitaminlərin yaranmasına şərait yaradır.

Canlıların orqanizmində sink insulin hormonunun tərkibinə daxil olur və qanda şəkərin miqdarını tənzimləyir. Bundan başqa sink hipofiz hormonlarının təsirini gücləndirir. Tolbaçikin püskürməsi biosferə 10 min ton sink gətirmişdir.

İnsanın və heyvanların orqanizminə daxil olan və müəyyən funksiyalar daşıyan kimyəvi elementlər haqqında daha geniş söhbət etmək olar və onların miqdarının Yer səthindəki vulkan fəaliyyətindən asılılığını da göstərmək çətin məsələ deyil. Lakin bu, elmin qollarından biri olub, xüsusi problem-dir və ayrıca bir kitabın mövzusuudur. Hər halda, qeyd etməliyik ki, həyati vacib kimyəvi elementlərin mənbəyi Yerin daxili enerjisi ilə bağlı olan, yuxarı mantiya ilə Yer qabığının təmas qurşağında yerləşən maqmatik ocaqlar və onları Yer səthinə çıxıb püskürən payları - vulkanlardır. Vulkanlar tərəfindən biogen elementlər fəzaya orqanizmlər tərəfindən mənimsənilməyə hazır vəziyyətdə püskürülür, vasitəli olaraq mənimsənilir və aydın olur ki, suda asan həll olan duzlar saxlayan vulkan külləri nə üçün yaxşı gübrədir.

Vulkanların püskürdükləri təzə küllərin tərkibinin öyrənilməsi göstərir ki, onların səthində çoxlu miqdarda fosfatlar və hərdən kalium yığışır. Bilirik ki, hər iki element vacib gübrələrin tərkib hissəsidirlər. Vulkanoloqlar təyin etmişlər ki, 1956-cı ildə Kamçatkadakı Bezimyanni vulkanının püskürməsindən sonra, kül ələnən yerlərdə tərəvəzin məhsuldarlığı qat-qat artmışdır. İ.İ. Tovarovanın hesablamasına görə tək bir gün ərzində, 30 mart 1956-cı ildə, Bezimyannının tulladığı küllərdə asan həll olan duzlar şəklində 450 min ton azot, 80 min ton kalium, 36 min ton maqnezium və 35 min ton kalsium olmuşdur.

Vulkanların fəaliyyəti zamanı uçucu birləşmələr vasitəsilə atmosfərə gətirilən həyati vacib kimyəvi elementlər canlı aləm tərəfindən troposferdən, çaylardan və materik su hövzələrindən, dəniz və okeanlardan və torpaqdan mənimsənilir. Torpaqlar müxtəlif iqlim şəraitində bu və ya başqa orqanizmin həyat fəaliyyəti göstərdiyi mühitdir. Torpaqlar, onlarda yaşayan orqanizmlər ilə birlikdə Yer qabığında gedən aşınmanın

və vulkan fəaliyyətinin məhsuludurlar. Beləliklə, torpağın yaranması, təkamülü və formalaşması, canlı orqanizmlərin meydana gəlməsinin ilkin səbəbi vulkanlardır. Nəzərə alınmalıdır ki, canlı məxluqun harada yaranmağından asılı olmayaraq dəniz və okean sularında, termal bulaqların və isti göllərin sularında, üzvi birləşmələrin və mineral duzlarının hopduğu küllü əsasda hər halda həyatın peyda olmasının başlıca amillərindən biri vulkanlardır. Belə şəraitdə yaranmış canlılar sonralar inkişaf etmiş və bütün planet üzrə paylanmışlar.

Planetimizdə ilk həyati sistemlər mikroorqanizmlər olmuşdur. Onların vulkan fəaliyyəti ilə bağlı olan birinci nümayəndələri isə anaerob avtoqraflarıdır. Bu kiçicik canlılar ancaq CO_2 və özlərinin işlədikləri mineral maddə ilə kifayətlənib O_2 -siz şəraitdə yaşayırlar. Sonrakı dəyişmələr və seçilmə (mutasiya və seleksiya) başqa canlıların, o cümlədən fotosintez qabiliyyətli bakteriyaların və yosunların təzahürünə səbəb olmuşdur. Belə canlılar indi də bir sıra isti bulaqlarda törəyir və inkişaf edirlər. Daha sonra fermentativ sistemləri daha çox olan və nisbətən mürəkkəb mikroorqanizmlər peyda olur. Kuri adaları vulkanlarının tədqiqatçısı Ten Xak Mun yazır ki, müxtəlif valentli elementlərin dəyişməsin, qeyri-üzvi sistemlərdən üzvi sistemlərə keçməsinə təmin edən mikroorqanizmlərdən başqa, vulkanlarda elə bakteriyalar var ki, onlar havadan azotu çıxarırlar. Hərdən onları ekstermal şəraitdə 98°C temperaturu və pH-10,8 olan mühitdə tapırlar. Ola bilsin ki, bu canlılar tək havanın azotunu yox, vulkanik püskürmələrdə ayrılan azot birləşmələrini tutmaq və özlərində cəmləmək qabiliyyətinə də malikdirlər. Deməli, bu cür bakteriyalar torpağı azotla zənginləşdirir, başqa sözlə məhsuldarlığını artırırlar.

Müasir Yer haqqında elm süxurlar və mineralların bakteriyaların iştirakı ilə gedən biokimyəvi aşınmasına xüsusi fikir verir. Bu proses torpaq yaranmasının ilk mərhələsidir. Mineralları dağıdaraq bakteriyalar kaliumu və digər aşınma məhsullarını bitkilərin mənimsəyə biləcəyi hala gətirirlər. Süxurla-

rın biokimyəvi aşınması çöldə öyrənilir. Laboratoriyalarda da diatomların, yaşıl yosunların və müxtəlif göbələklərin alümosilikatları parçalama qabiliyyətləri üzə çıxarılmışdır. Meta-, orto- və alümosilikatlara təsir göstərən bakteriyalar turş və qələvi metabolik məhsullar yaradır. Bəzi bakteriya və yosunlar bir sıra elementlərlə kompleks birləşmələr yaradan selik buraxır. Məsələn, mikrob mənşəli fenollar silisium ilə kompleks əmələ gətirə bilirlər. Bakteriyaların inkişafı üçün lazım olan kimyəvi elementlər çatışmadıqda onlar mineralları dağdaraq lazım olan elementi alırlar. Bu baxımdan vulkan küllərinin öyrənilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir, belə ki, vulkan külü atmosfərə birinci dəfə daxil olur. O, litogenezin ilk məhsulu olub biosfer şəraitdə çökmə süxurların əmələ gəlməsində iştirak edir. Mütəxəssislər aydınlaşdırmalıdır ki, vulkan külü mikroorqanizmlərin yaşayış şəraiti üçün nə qədər əlverişli mühitdir, onların hansı taksonomik qrupları burada yaranıb inkişaf edə bilər və hansı elementlər bakteriyalar tərəfindən mənimsənilən hala gətirilir; küllərin minerallarının biokimyəvi dağılmasının sürəti və gərginliyi nə qədərdir. Ten Xak Mun yazır ki, Kuril adası vulkanlarının külü mikroorqanizmlərin yaşayışı üçün əlverişli deyil. Onlar bakteriyaları öldürən toksik maddələr saxlayır.

Geoloji aşınma əsnasında vulkan külləri zərərli qarışıqlardan azad olur və məhsuldar torpaq yaranmasında əlverişli kütləyə çevrilirlər. İ.A.Sokolov «Vulkanizm və torpaq yaranması» əsərində yazır: «Torpaq yaranması üçün substrat yumşaq vulkanik çöküntülərdir və onların bu prosesdə xüsusi rolu var. Vulkanik fəaliyyət zamanı baş verən kül yağışları torpağın məhsuldar qatının qalınlığını artırır».

Üzvi birləşmələrin kimyəvi təkamülü üçün temperatur vacib amildir. Təbiətdə yaranmış ilkin canlı mikrosistemlərin yaşayışı üçün xarici enerji mənbəyi lazım olmuşdur və güman olunur ki, bu, vulkanların hərarətidir. Əgər belədirsə biz, öz həyat tərzini ilə qədim mikroorqanizmlərə yaxın olan canlıları

müasir vulkan mənşəli isti bulaqlarda axtarmalıyıq. Məsələn, Azərbaycanadakı Kəlbəcərin İstisu bulaqlarında, yaxud da Naxçıvandakı Darrıdağın mərgümlü-sürməli isti sularında, Kamçatka-Kuril qövsünün fəal vulkanları ətrafında, Yaponiya adalarında və s.

Termal (isti) bulaqların bakteriyaları ilkin mikroorqanizmlərin bizə çatmış reliktləridir. Onlar mikroorqanizmlərin xüsusi ekoloji qrupunu təşkil edirlər. Termofil mikroorqanizm adlandırılan belə varlıqlar 40-45°C-dən aşağı temperaturda inkişaf etmirlər, 80°C onlar üçün optimal şərait hesab olunur, maksimum şərait isə suyun qaynama temperaturuna yaxındır. Onların zülalı, piyi, fermentləri, qabıqları, membranları və ribosomları xüsusi keyfiyyətə malikdir.

İsti vulkanik mənşəli bulaqlarda yaşayan mikroorqanizmlərin öyrənilməsi maraqlıdır. Belə tədqiqatların müəyyən tarixi vardır. Hələ 1933-cü ildə yapon alimi Emoto bu ölkənin isti bulaqlarında yaşayan bakteriyalar və yosunlar barədə məlumat vermişdir. 90-95°C temperaturda fəaliyyətdə olan Kamçatkanın qaynar bulaqlarının mikroorqanizmlərini 1955-ci ildə S.İ.Kuznetsov öyrənmişdir. ABŞ-ın qaynar bulaqlarında daha yuxarı temperaturda yaşayan mikroorqanizmlər barədə məlumata Brok və Darlandın (1970) işlərində təsadüf edirik. Bu barədə müxtəlif alimlərin yüzlərcə məqaləsi dərc olunmuşdur.

Kuril adalarının öyrənilmiş 76 isti bulağından 59-da mikroorqanizmlər yaşayır. İsti bulaqların mikroorqanizmlərinin tədqiqi planetimizdə həyatın yaranmasının sirlərini açmağa imkan yaradır və ilk orqanizmlərin əmələ gəldiyi geokimyəvi şəraiti aydınlaşdırır.

Biosferin başlıca nümayəndələri bitkilərin həyatının geoloji tarix boyu izlənməsi həmçinin müəyyən qədər vulkan fəaliyyəti ilə bağlıdır. Püskürən dağların bitki aləminə təsiri Yer qabığının bu və ya digər sahəsindəki fəal vulkanların payqabığının, onların geoloji müddətdəki püskürmə tezliyindən, püskürmələrin gücündən və tullanan məhsulun tərkibindən asılıdır. Vulkan fəaliyyəti və bitki aləmi arasındakı əlaqə Y.K.Marxinin və başqaları tərəfindən axırıncı iyirmi il-

də tədqiq olunur. Mütəhərrik qurşaqların müxtəlif hissələrində, xüsusilə cavan vulkanik ərazilərdə bitki aləminin yox olmasının başlıca səbəblərindən biri püskürmələri müşayiət edən dağıdıcı hadisələrdir. Püskürən krater ətrafındakı məhdud sahələrdə bitki aləminin məhvində, dünyanın çoxlu vulkanları üçün xas olan solfatar fəaliyyətdir. Məsələn, Kamçatkanın, Kuril adalarının, Yaponiyanın, İtaliyanın və s. vulkanlarının ayırdıqları isti, turş buxarlar və qaynar kükürd ilə duz turşusu saxlayan sular fəaliyyət zonasında bitkiləri tamamilə məhv edir və vaxt daxilində vulkanik süxurları yumşaldır, turşu hopmuş giləbənzər törəmələrə çevirir. Bu cür torpaqda artıq bitki bitmir. Solfatarların turş buxarları onların fəaliyyət dairəsindəki bitki aləmini yandırır. Buna görə də vulkanik fəaliyyət baş verə biləcək ərazidə xüsusi xəritələr tərtib olunur və bitkilərin yaşama və tələf olma sahələri qeyd edilir ki, kənd təsərrüfatı işlərini rəşional istiqamətləndirmək mümkün olsun.

Fəal vulkanlar bitki aləminə bilavasitə və dolayı olaraq təsir edə bilər. Xarici aləmə hər şeydən əvvəl çox iri sahələri əhatə edən kül yağışlarının təsiri var. Yuxarıda qeyd etdik ki, bəzi hallarda bu, torpağı gübrələyir və onun məhsuldarlığını artırır, başqa sözlə bitki aləminin inkişafını təmin edir. Kül ələnmələri və yağışları vulkanın ətraf mühitlə olan bilavasitə əlaqəsidir. Püskürən dağların ətraf mühitə dolayı təsiri atmosferin vulkan külü ilə çirklənməsi və dağ yamaclarında müvəqqəti çay dərələrinin yaranması ilə ifadə olunur. Birinci halda lokal regionların mikroiklimi dəyişir, axım sistemlərinin tarazlığı pozulur, qrunt sularının səviyyəsi qalxır, yaxud enir və nəticədə torpaq-hidroloji şəraitin rejimi yeniləşir. Bu işin ətraf mühitə zərəri də ola bilər. İkinci halda fəal vulkanlar ətrafında, dağ yamaclarında müvəqqəti su və sel axımları peyda olur, onlar buzlaqların, qarın və atmosfer çöküntülərinin hesabına təmin olunur, lakin az müddətdə və xeyli güclə özlərini göstərdiklərindən bir yerdə eroziyaya, digər sahədə isə yumşaq materialın yığılmasına səbəb olurlar. Bu hadisə zamanı ağaclar və kolları bütünlüklə, yaxud qismən gətirilən materialın altında qalıb məhv ola bilər. Daha sonra güclü eroziyadan ağaclar qırılıb məhv olur, meşəliklər kolluqlarla əvəz olunur, çox sa-

hələrdə daha davamlı olan iynəyarpaqlılar digər ağac növlərini toplanrı yığıldığı yerlərdə, məhdud ərazidə əvəz edir.

Kamçatka, Kuril adaları, Yaponiya, İndoneziya, İtaliya və s. fəal vulkanların paylandığı regionlarda bitki resurslarından istifadə ancaq vulkan fəaliyyətinin törədə biləcəyi hadisələri nəzərə almaqla düzgün həll edilə bilər.

Biosferin başlıca amili onda yaşayan heyvanat aləmidir. Nəzərə alsaq ki, sualtı vulkan fəaliyyəti qurudakından onlarca və yüzlərcə dəfə güclüdür, püskürən dağlarla heyvanat aləmi arasındakı əlaqə üzə çıxır. Çünki canlı aləm hələ ki, su altında qurudakına nisbətən qat-qat artıqdır.

Sualtı vulkan fəaliyyətinin buranın canlı aləminə, ələlxüsus balıqlara olan təsiri çox böyükdür. Vulkan püskürmələri çayların, göllərin və dənizlərin müəyyən parçalarının hidroloji rejimini dəyişir və bu da balıqların yem bazasının keyfiyyətinə təsir göstərir. Rus alimi İ.İ.Kurenkov balıqların kürü saldığı Şimali Kamçatkadakı göllərdən birində vulkan və balıqların arasındakı əlaqəni müəyyənləşdirmək üçün uzun illər müşahidələr aparmışdır. Bu göl Bezımyanı vulkanının 80 km-liyindədir. Onun güzgüsünün səthi 64 km², hövzəsinin sahəsi isə 480 km²-dir. 1956-cı ilin kül yağışı zamanı gölün səthinin hər kvadrat metrinə 20 kiloqrama qədər kül ələnmişdir. Gölün sahəsinə tökülən külün miqdarı, beləliklə, 10 milyon tona çatırdı. Bu miqdarın 40 min tonunu başlıca olaraq kalsiumun və maqneziumun asan həll olan duzları təşkil etmişdir. Bu hadisə gölün fito- və zooplanktonunun inkişafına əsaslı təsir göstərmişdir.

Göldə başlıca olaraq diatom fitoplanktonu inkişaf edir. Püskürmədən sonra bu yosunların miqdarı xeyli artmışdır. Yosunlar xərçəngəoxşarlardan siklop və dafniyanın başlıca yemidir. Lakin belə yemin miqdarı həddindən çox olduqda, ixrac olunan maddə artır və bu da tələfatla nəticələnir. 1953-cü ildə bir litr suda 38 ədəd siklop olduğu halda, 1957-ci ildə bu rəqəm 4-5-ə enmişdir. Bu vaxtdan 1960-cı ilədək siklopun sayı litrdə 2-dən artıq olmamışdır. 1961-ci ildən başlayaraq inkişaf artır və 1963-cü ildə görünməyən rəqəmə - 240-a çatır. Dafniyanın həcmnin artıb-azalması eyni yolla izlənilir.

Siklop və dafniya qırmızı balığın başlıca yemidir. Beləliklə, gölün yem bazasının vəziyyətində 1949-1963-cü illərdə üç mərhələ müəyyənləşdirilir: orta miqdar (kül yağışına qədər), aşağı vəziyyət (kül ələnməsindən keçən 4 il) və yem bazasının intensiv inkişafı (sonrakı illər). Yem bazasının dəyişməsi aydın məsələdir ki, balığın miqdarının artıb-azalmasına xeyli təsir göstərmişdir.

1973-cü ildə Kuril adalarından Kunaşirdə Tyatya vulkanının kül buludları minlərcə dəniz quşlarını öz yuvalarını tərk etməyə və vulkandan uzaqlara uçmağa, yeni yaşayış yerləri axtarmağa məcbur etmişdi. Vulkan dağının ətəyindəki çoxəsrlik meşələrdə yaşayan kiçik quşların çoxu məhv olmuşdu. 1975-76-cı illərdə Tolbaçikin püskürməsi zamanı quşların hamısı - sərçələr, kəkliklər və hətta qağayı şlak və kül selinin təsir zonasından qurtula bilmir, kiçik daşların zərbələrindən tələf olurdular. Bəzi quşlar gecə pərvanə şam işığına uçan kimi işıqlanan odlu-qazlı-küllü tüstü sütununa doğru yönəlir və yarırdılar.

Vulkan püskürmələrinin quşların həyatına verdikləri dəyəri zərər daha pisdir. Fəal vulkan dağının ətrafındakı bitki aləmi və həşərat məhv olur, ekoloji dəyişikliklər təzahür edir, quşların yem bazası tükənir və nəticədə onlarla quş ailələri qidasız qalıb məhv olur. Tolbaçikin püskürməsi zamanı qar örtmüş kül, yazda qarın əriməsini sürətləndirmiş, güclü sellərə səbəb olmuş və iri bir ərazidə quşlar çoxalma dövründə yuvalarını tərk etməyə məcbur olaraq, yeni məskən axtarmağa məcbur olmuş və bu da onların yumurtalarının məhvinə, köklərinin kəsilməsinə gətirib çıxarmışdır. Püskürmələr zamanı çox zaman qanadlılar uçucu-boğucu qazlar zolağına düşür və boğulub zəhərlənirlər. Belə hadisə 1974-cü ildə Kamçatkada Uzon vulkanının fəaliyyəti zamanı müşahidə olunmuşdur.

Xatırladılan fəlakətlərə baxmayaraq vulkanlar quşların həyatında başlıca olaraq faydalı rol oynayırlar. Məsələn, Uzonun və Qeyzerlər vadisinin geniş termoanomal kalderləri köçəri quşlar üçün qısa tənəffüs və istirahət məntəqələridir. Quşlar Qeyzerlər vadisinin termal sahələri və isti bulaqların çox olduğu orta hissələrində dincəlirlər. Uzon vulkanının kal-

derində, təxminən 50 km² sahədə çoxlu isti, həlim göllər və yer səthinin isti hissələri var. Otlar burada aprelin axırından göyərməyə başlayır və belə yaz mənzərəsi noyabra qədər sabit qalır. Qarla əhatələnmiş bu ərazi qanadlıların diqqətini cəlb edir və yazda burada 16 növdən olan 10 minə qədər suda üzən quş istirahət guşəsi tapır. Quşlar həlim sulara üzür, isti quru sahələrdə yem tapır və istirahət edirlər. Uzonun kalderində cüllütlərin 17 şəkildəyişməsi yaşayır; termomeydançalarda yem tapır. 100-dən yuxarı qu quşu payızda kalderdə istirahət etdikdən sonra səfərlərinə davam edirlər. Termal su hövzələrinin varlığı onların bir hissəsinin (20-22 fərd) burada qışlamasına səbəb olur.

Qeyzerlər vadisi və Uzonun kalderi quşların bir çoxunun yuva yeridir və burada quş yuvaları çox sıx paylanmışdır. Yuvaların qurulma xüsusiyyətləri göstərir ki, qanadlılar torpağın qızma qanunları ilə tanışdırlar. Müşahidə edilmişdir ki, bir dəfə sarı bülbül öz yuvasını qeyzerin fəvvarəsinə çox yaxın tikmişdir. Hər fəvvarədən sonra bir-iki dəfə yuvaya süzülən isti suya quş fikir vermirdi. Yumurtalarını isinmiş yerə qoymuş quş, özünü onların üstündə oturub bala çıxarmaq zəhmətindən qurtarmışdı. Təbiət onun balaları üçün təbii inkubator idi. Quş hərdən bir uçub yuvaya gəlirdi ki, hər tərəfdən eyni dərəcədə qızmaq üçün yumurtalarını çevirsin. Bu, yeganə hal deyildir. İnkubasiya üçün vulkanın istiliyindən bir çox başqa quşlar, həmçinin Uzonun kalderində və Qeyzerlər vadisində istifadə edirlər. Müəyyənləşdirilmişdir ki, termomeydançalarda quşlar başqa yerlərdə olduğundan çox yumurta qoyurlar. Yağışlı və soyuq fəsillərdə quşların nəslinin kəsilməsinin qarşısını Yer daxili istiliyi alır və quş balaları termal bulaqların yaxınlığında özlərini əla hiss edirlər. Termal meydançaların bitki aləmi quşları bol yemlə təmin edir və onların yaşayışını yüngülləşdirir. Yemin qazanılmasının da bir sıra xüsusiyyətləri var. Sarı bülbül (bu quşa çaydaçapan və daşadöyən də deyilir) birbaşa qeyzerin kənarına qonur və onun üzərində ölüb yapışmış ağcaqanadları dənləyir, sonra isə dimdiyinə yığıb balalarına aparır.

Biosferin maraqlı xüsusiyyətlərindən biri də vulkan fəaliyyəti ilə vəhşi heyvanlar arasındakı münasibətdir. Mülahizə edirlər ki, vulkanın püskürməsini qabaqcadan hiss edən heyvanlar öz məskənlərini tərk edirlər. Lakin müşahidələr göstərir ki, bu iş o qədər də düzgün hesab edilə bilməz. Y.K.Marxinin yazır ki, «Tolbaçikin püskürməsinin şirin vaxtı, mən lava konusunun kənarından keçərkən qəflətən qonur ayı ilə üzbəüz gəldim. Ayıların təzə ləpir izlərinə Tyatya vulkanının püskürməsi zamanı kraterin yaxınlığında da tez-tez təsadüf edilirdi. Bütün bunlar sübut edir ki, ayılar ən güclü vulkan püskürmələri vaxtı belə məkanlarını həvəssiz olaraq tərk edirlər». O, sözünə davam edərək qeyd edir: «1972-ci ildə Kuril adalarından birində Alaid vulkanının püskürməsi zamanı sarı tülkünün özünü qərribə aparması məni çox təəccübləndirdi. Tülkü özünün adı yemi olan çöl siçanlarının yaşadığı, lakin püskürmə nəticəsində vulkan külü və bombaları ilə örtülmüş sahədə vurnuxurdu və qəti oranı tərk etmək fikrində deyildi. Onun ovu olan siçan və siçovullar ya püskürmədən məhv olmuş, yaxud da o qədər qalın kül və daş qatı altında qalmışdılar ki, onları çıxarmaq mümkün deyildi. Həmin tülkünü sonrakı günlərdə də fəal konusun yanında və vulkan bombardmanı sahəsində görürdüm. Heyvan adət etdiyi ov yerini tərk etmək istəmirdi və həyatını təhlükə altında qoyurdu. O, bu sahədən asanlıqla çıxıb gedirdi, belə ki, adanın çox hissəsinə vulkanın zərəri dəyməmişdi». Kamçatka, Kuril adaları, Yaponiya, İndoneziya adaları, Ruanda və Zair, İtaliya və Filippin və s. fəal vulkanik əyalətlərin heyvanat aləmi vaxtaşırı ekoloji fəlakətə uğrayır və təbii fəlakətlərə tədricən adət edirlər. Əlbəttə, uzun illər boyu ulu əcdadlarının yaşadığı məkanı tərk etmək heç bir canlıya xoş gəlmir. Bu hissiyyat canlı insana daha çox xasdır.

Uzon krateri, Qeyzerlər vadisi və s. kimi termoanomalialıqların olduğu əyalətlər hərdən heyvanat aləminin üzvlərinə tələ də qurur. İslanidiyada, Kamçatkanın şimalında və s. soyuq yerlərdə qeyzerlərin və isti palçıq çökəkliklərinin üzərində qış zamanı qar və buzdan qabıq yaranır. Bu qabıqlar qaynar bulaqları gizlədir və su çökəkliklərini kölgələyirdilər. Müşahidə edilmişdir ki, iri vəhşi heyvanlar, o cümlədən ayılar belə

tələləri görmür, onların üstünə addımlayır və bu nazik buz qatının qırılmasından qaynar su çalalarına yığılaraq məhv olurlar. Təsadüfi deyildir ki, Qeyzerlər vadisindəki yerlərdən birini yerli əhali «Ölüm dərəsi» adlandırır. Burada yerin səthinə soyuq, qoxusuz və ağır qaz (ancaq yerin səthi boyu yayılır və göyə qalxmır) çıxır və relyefin çökəkliklərini doldurur. 1978-ci ildə Kamçatkanın tədqiqatçılarından biri A.M.Stençenkonun verdiyi xəbərə görə belə zəhərli qaz çalarlarında çoxlu gəmiricilər, dörd tülkü, bir neçə rosomaxa, altı ayı, bir ağ quyruqlu qaraquş və çoxluca qarğa tələf olmuşdur.

Kamçatkanın, Kuril adalarının və Yaponiyanın termoanomaliaları xüsusi ekoloji əyalətlərdir və heyvanat aləminin yaşamasının spesifik mühiti ilə seçilir. Televizorlarda dəfələrlə göstərilmiş Yaponiya adalarının isti sulara çimən meymunları buna parlaq misaldır. Kamçatkada qışlayan qu quşları, qeyzerlərdən ağcaqanad yığan cüllütlər və termoanomal sahələrdə daha məhsuldar çoxalan qanadlılar və s. bunu sübut edir.

Fəal vulkanların heyvanat aləminə təsiri vulkanların paylandığı əyalətlərdə özünü daha aydın təzahür etdirir. Belə ərazilərin ekologiyasının formalaşmasının başlıca amillərindən biri vulkan püskürmələridir. Ola bilər ki, yerüstü vulkanların püskürmələri zamanı ayrı-ayrı adaların faunası tamam yoxa çıxsın və onun ancaq azacıq izləri qalsın. Sonralar, əlverişli fiziki-coğrafi şərait həyatın yenidən yaranmasını şərtləndirir. Bəzi vulkan adalarında, o cümlədən Kuril qövsünə məxsus olan Xarimkotanda vulkanın məhsulları, geoloji müddət ərzində ölmüş heyvan qalıqları olan qatlarla növbələşir. Həyatın yenidən yaranması, çox təəccüblü olsa da, hərdən zəlzələlərlə bağlıdır. 1933-cü ildə Xarimkotanda baş vermiş püskürmə zəlzələ ilə müşayiət olunmuşdur, adadan qırılıb ayrılmış, üzəri kolluq və ağaclarla örtülü parçalarında heyvanlar sığınacaq tapmış və canlarını qurtarmışlar. Aydın məsələdir ki, belə fauna və floralı təbii sallar qonşu adalara tullanıla bilər və orada yeni ekoloji sistemin yaranmasını şərtləndirər.

Fəal vulkanlar şəhərlərə, qəsəbələrə və kənd yerlərinə yaxın olduqda onların püskürməsi xeyli miqdarda ev heyvan-

larının məhvinə səbəb olur. 1783-cü ildə İslandiyadakı Laki vulkanının püskürməsindən otlaqlar tullanılmış küllə basdırılmışdır. Yem məhv olmuş, heyvanlar arasında aclıq və daxili xəstəliklər (həzm traktının iltihabı) 10 min mal-qaranın, 27 min atın və 180 minə qədər qoyunun məhvi ilə nəticələnmişdir.

Vulkan fəaliyyətinin insanlara, bitki və heyvan aləminə, ümumiyyətlə, biosferə zərəri və xeyri var. Vulkanların istilik enerjisindən, vulkan məhsullarından cəmiyyətin xeyrinə istifadə etmək olar və bu işlə yaxından məşğul olmaq lazımdır. Hər halda vulkanlar biosferin formalaşmasının başlıca amillərindəndir. Biosferdə üç mühitin - suyun, qurunun və havanın qarşılıqlı təsiri müasir həyatın varlığını şərtləndirir.

NOOSFER BIOSFERİN YÜKSƏK MƏRHƏLƏSİDİR

Noosfer nə deməkdir? Əgər bu anlayışın tərcüməsinə fikir versək görərik ki, o iki sözün cəmidir: noos - zəka, ağıl və sfera. Başqa sözlə, noosfer zəka, ağıl sferası deməkdir. İnsanın zəkasının çatacağı hər bir sahə, anlaşılması dərk olunan hər bir hadisə noosferin təsir dairəsindədir.

V.İ.Vernadskinin noosferə verdiyi tərif - ağıl sferasını Corc Merrey psixosfer adlandırmışdır və fikrini belə ifadə etmişdir: «Biosfer daxilində insanın anlama və başa düşmə sahəsi peyda olmuşdur və o (insan) kosmosu şərh etməyə və aydınlaşdırmağa cəhd etmişdir. Biz buna psixosfer deyə bilərik» («Okean», Odessa, 1923).

Noosfer təbiətin və cəmiyyətin qarşılıqlı əlaqə sferidir. Bu sferdə insanın əqli fəaliyyəti inkişafın təyinedici amilinə çevrilir. Noosfer uyğun, sinonim anlayışlar psixosferdən başqa texnosfer, antroposfer və sosiosferdir.

Noosfer anlayışını Yer kürəsini əhatə edən ideal «fikirləşən», formalaşması insan zəkasının yaranması və inkişafı ilə əlaqədar olan örtük şəklində təsəvvür olunan bir məfhum kimi

elmə XX əsrin əvvəllərində P.Teyyar de Şarden və E.Lerua gətirmişdir.

Noosfer biosferin məhsulu kimi V.İ.Vernadski və A.Y.Fersman tərəfindən dialektik olaraq əsaslandırılmışdır. V.İ.Vernadskinin fikrinə görə noosfer biosferin yeni, yüksək mərhələsidir. Onun yaranması insanın təzahürü və inkişafı ilə sıx bağlıdır. İnsanlar təbiətin qanunauyğunluqlarını anlamağa cəhd edir, onların bir çoxunu anlayır və aydınlaşdırır, zəmanəsinin texniki tərəqqisini yüksəldir və beləliklə, insanın zəkali fəaliyyəti güclü bir qüvvəyə çevrilir. Öz miqyasına görə zəkalanın qüvvəsi Yer kürəsinin və Yerin qabığının ən qorxunc və dəhşətli hadisələri (vulkan fəaliyyəti, zəlzələlər, daşqınlar, qasırğalar və s.) ilə müqayisə oluna bilər və hətta onun verdiyi ziyan qat-qat artıq ola bilər. Nüvə silahının tətbiqi, atom enerjisindən istifadə, Yerin simasının dəyişdirilməsinə cəhd olunması və bu sahədəki bir sıra faciəvi nəticəli - müvəffəqiyyətlər və s. dediyimizə sübutdur. Bir anlığa fikirləşək ki, insanın zəkali işi əsasında toplanmış nüvə silahının hamısı partladılınsa; belə olduqda planetimiz öz orbitindən çıxıb bilər, Günəşin cazibə-tutma sahəsindən uzaqlaşar və onun kainat boşluğunda daim düşməsi baş verər (dibsiz quyuya düşən daş kimi).

İnsanlar Yer qabığında gedən hadisələrə təsir göstərir və hərdən onları istiqamətləndirmə qabiliyyətinə malik olurlar. Burada əsas rol insanın ağıllı əməlinə məxsusdur. Noosfer daxilində hər bir hadisə insan zəkası ilə aydınlaşdırıla bilər. Gələcəkdə noosferin əhatə orbiti yerətrafi və günəşətrafi fəza hesabına böyüyə bilər. İnsanın təbiəti dəyişən qüvvə kimi meydana gəlməsi və inkişafı, cəmiyyət və təbiət arasında maddələr mübadiləsinin yeni forması kimi ifadə olunur. İnsan biosferə biokimyəvi, texniki və başqa yollarla təsir göstərir və öz varlığını çox vaxt təbiətin zərərinə olaraq hiss etdirir. Ətraf mühitin çirklənməsi, dənizlərin ekologiyasının pozulması, bitki sahəsinin azalması, heyvanat və bitki aləminin bir çox nümayəndələrinin yoxa çıxması və s. dediyimizə sübutdur.

Planetdə yaranmış noosfer daim genişlənmək xüsusiyyətinə malikdir. Vaxt keçdikcə, texniki tərəqqinin səviyyəsindən asılı olaraq noosfer kosmosun struktur elementinə çevrilir və təbiə-

ti sosial olaraq əhatə edir. Noosfer anlayışına görə təbiət və cəmiyyət arasındakı əlaqənin ağıllı (inkişaf etməkdə olan cəmiyyətin tələbatına uyğun) təşkilatı nəzərdə tutulur. Lakin bu münasibət prosesində tərəflərdən heç biri zərər çəkməməlidir. Müasir həyat göstərir ki, təbiət-cəmiyyət münasibətində hər iki tərəf kifayət qədər xeyir götürmür və təbiətə insanın bugünkü xoşagəlməz təsiri gələcəkdə insanın özünün faciəsi ilə nəticələnə bilər.

İnsanın təbiətə münasibəti ancaq elmi-texniki səviyyənin dərəcəsi ilə müəyyənləşdirilir. Əlbəttə, cəmiyyətin sosial quruluşu burada xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Noosferin düşünülmüş zəkadan, ağıldan asılı formalaşması ictimai-iqtisadi münasibətlərin ortaya gəlməsi ilə bağlıdır.

V.İ.Vernadski noosfer (psixosfer) anlayışını izah edərkən başlıca olaraq fransız filosof-idealisti E.Leruanın fikirlərini inkişaf etdirmişdir. Hər iki alimin fikirləri müasir aləmlə qarşılıqlı bağlıqla qəbul edilərsə noosferin üç başlıca tərkib hissəsi olduğu aydın olar:

1. İnsanla bilavasitə əlaqədə olan təbiət (ətraf mühit, heyvanat və bitki aləmi, yerin qabığı və onda baş verən təbii hadisələr);

2. İnsanın özü, onun əqli, mədəni və texniki inkişafı;

3. İnsanı və təbiəti əlaqələndirən vasitələr (əmək alətləri, kobud və geniş mənada texnika).

Axırncı tərkib hissəsi noosferin başlıca amili olub, o qədər güclüdür ki, bəzən noosferi texnosfer anlayışı ilə əvəz edirlər.

Noosfer biosferin təbii-tarixi inkişafıdır. Bu inkişaf zaman və məkan daxilində təsəvvür olunur, canlı maddə ilə ətraf mühit arasındakı əlaqə sahələrini ifadə edir. Noosferi biosferdən ayıran başlıca cəhət burada əməyin və zəkanın varlığıdır. Bioloji sistemlərin təkamülünün başlıca amili ətraf mühitə uyğunlaşmaqdır. İnsanın inkişafında isə müasir zamanədə ətraf mühit cəmiyyətin yaşayış tərzinə uyğunlaşdırılır. İnsanın yaşaması və inkişafının əsası maddi nemətlərin istehsalıdır və bu iş cəmiyyətin təbiətə fəal təsiri ilə yerinə yetirilir. Belə olduqda noosfer və biosfer arasında nəzərə çarpacaq zaman

fərqi yaranır. Öz mənasına görə biosfer planetar hadisədir; fikirləşmə səviyyəsinə çatmamış canlılar öz inkişaflarında elə bir «mexanizm» yaratmamışlar ki, planetadan kənara çıxa bilsinlər.

Noosfer, həmçinin yüz min illər ərzində planetar fəza əyaləti olmuş və insan ancaq Yerin səthində təkamül və inkişaf etmişdir. Lakin XX əsrin ikinci yarısında, hətta bir az da qabaq, insan kosmosa çıxmazdan əvvəl noosfer kosmik miqyaslı hadisəyə çevrilmişdir. Səbəbi budur ki, minlərcə radio və televiziya qurğularının fəaliyyəti kainata Günəşin Yerə verdiyi enerjiyə bərabər, bizim yaxın qonşular Mars və Veneranın buraxdığı enerjidən milyon dəfələrlə çox enerji şüalandırır. Noosferin kosmik miqyasda genişlənməsi üçün «sahə» (elektromaqnit sahəsi) və maddi (insanlar və cihazlar) amillər artıq vardır. Hələ ki, bu təsir sahəsinin genişlənməsi, insanların vaxtaşırı buraxdığı Yerin süni peyklərinin orbitləri boyu uçuşu, insanların Aya uçması və bu yaxın fəza cisminin maddəsinin dünya laboratoriyalarına gətirilməsi, Mars, Venera, Yupiter, Saturn və başqa planetlərə avtomatik stansiyaların göndərilməsi, elmi kosmik stansiyaların Yer ətrafında, müəyyən orbitlərdə tədqiqat aparması və s. ilə ifadə olunur. Yaxın gələcəkdə cəmiyyət öz fəaliyyəti ilə yəqin ki, Günəş sisteminin bütün göy cisimlərini əhatə edəcəkdir. Noosferin kosmik «davamının» əsası istehsalın kosmosda inkişafı ilə bağlıdır. Belə istehsal cüzi olsa da, hazırda yerinə yetirilir. Kosmonavtlar tərəfindən süni peyklərdə bitkilərin yetişdirilməsi, süni kristalların alınması və xüsusi mühitdə inkişafı, heyvanların yaşayış mühitinin yaradılması, Yerətrafi orbitlərdə işləyən insanların avtomatik stansiyalarda aylarla və hətta ildən yuxarı uçuşu, fəza qurğularının təmiri, bitmə və ayrılma əməliyyatları və s. kosmos istehsalının, iş prosesinin rüşeymləridir. Gələcəkdə digər ulduz sistemlərinin hesabına noosferin genişlənməsi tamamilə ağılabatan işdir. Beləliklə, noosfer tədriclə planetar anlayışdan kainat məfhumuna çevrilir. O, ümum aləm sosial əhatə sferinə çevrilir ki, burada təbiət və cəmiyyət arasında maddə, enerji və informasiya mübadiləsi gedir.

Noosferin yaranması və inkişaf tarixində müxtəlif alimlər (filosoflar, geoloqlar, bioloqlar, yazıçılar və s.) onu müxtəlif tərzdə təsəvvür etmişlər. Ceyms Cins tək zəkani yox, istənilən həyat formasının Yer qabığında əmələ gəlməsini, qocalmaqda olan planetin «xəstələnməsi», «kiflənməsi» hesab edirdi. Fransız paleontoloqu P.Teyyar de Şarden şəhər komplekslərini, dəmir və hava əlaqə yollarını, elektrik xətlərini insanın qandaşıyıcı və sinir sistemi ilə müqayisə edir. Polşalı yazıçı-fantast Stanislav Lem «Fikirləşən okean»dan yazır ki, burada hidrosfer noosferlə əvəz olunur. Ola bilsin ki, Lemin Solyaris planetinin «Fikirləşən okean» sürəti, indiki 6 milyard əhalinin əqlinin yaratdığı sferin düzgün ifadəsidir. Lakin Lemdən fərqli olaraq bu «Fikirləşən okean» bütöv deyil, fasiləlidir, şəhərlərə doğru təmərküzləşir, insan yaşamayan sahələrə doğru isə tədricən itir, yoxa çıxır.

Noosferin planetdən kainata doğru inkişafının nə əhəmiyyəti var? Çox mürəkkəb sual olsa da, cavab birdir: Əgər Yer və Günəş sisteminin tarixinin əvvəli və axırı varsa, Yerin «zəkali örtüyü» insanın tükənməkdə olan Yer təbiətindən asılılığını ləğv etməlidir. İnsanlıq öz inkişafı boyu addım-addım təbiətdən olan asılılığından azad olmağa çalışmışdır. Bu sahədəki növbəti addım insanın daimi və sərhədsiz kainata çıxışıdır.

İnsanların kainata olan meylinin tarixinin yaşı kosmos erasından qədimdir. Noosferin təsəvvür edilən coğrafi modeli biosferin görkəmindən mürəkkəb və dağınıqdır və şəhər sahələrində qatılaşır. Digər tərəfdən noosfer təbii həyatın olmadığı yerləri, Antarktidanın mərkəzini, atmosferin yuxarı qatını və kainatı əhatə edir. Noosferi yaratmış biosfer ona darlıq edir və hərdən o biosferin sərhədlərindən kənara çıxır.

Noosferin yaranmasının başlıca səbəbi, insanların yaşayış yerləri tarixi olaraq nə cür peyda olmuş və təkamül baxımından şəkillərini nə cür dəyişmişdir? – sualına cavab tapmaqdır. Təsəvvür edək. Daş dövrünün mağaraları insanları pis havadan və vəhşi heyvanların hücumundan qoruyurdu. Orta əsrlərin qala divarları düşmən tayfalarının hücumunun qabağını alırdı. Hazırda Arktika üçün buzörtüyü altı şəhərcik-

lərin layihəsi tərtib olunur; nəzərdə tutulur ki, belə məskənlər də mikroiklim yaşayışı və zəngin bitki aləminin inkişafını təmin edəcəkdir. Müasir şəhərlər səmaya doğru qalxırlar, yerin altına və suyun altına doğru yönəlirlər. İnsanların sayı artıqca təbiətin istismarı da güclənir və təbiətin insanlardan qorunması məsələsi vacib problemə çevrilir. Təbii qoruqların sayının artması, nəbatət və heyvanat aləminin mühafizəsi «Zəkali örtüyün» və onun başlıca üzvü insanın vacib və nəcib məqsədi olmalıdır.

Noosfer ictimaiyyətin, alimlərin və dövlət xadimlərinin diqqətini özünə günü-gündən daha artıq cəlb edir. Planet və kainat miqyasında noosfer daha qabarıqdır. Müasir elm sübut edir ki, planetdə həyatın və zəkanın yaranması təsadüfi deyil, müəyyən qanunlara tabedir və deməli, biosfer və onun yüksək mərhələsi olan noosfer təsadüfi hadisə ola bilməz.

Kainatda düşüncəli, zəkali həyat başqa ulduz sistemlərində də ola bilər və bizim nəzərimizcə, hətta labüddür. Təsəvvürə gətirilə bilməz ki, milyardlarca ulduz aləmlərinin mövcud olduğu kainatda ancaq Qalaktikanın ucqar kənarında qərar tutan Günəş sistemində həyat olsun. V.S.Troiski təklif edir ki, kainatda digər zəkali aləmlərin üzə çıxarılması üçün planetimizdən vaxtaşırı radioidalğaları şüalandırılmalıdır.

Yerin digər geosferləri arasında noosferin tutduğu yer insanların gələcək əməli fəaliyyətləri üçün vacib əhəmiyyətə malikdir. İnsanların kainata çıxışı onların təbii marağının ödənilməsindən başqa, istehsalın mövcud inkişaf xəttinin, texnikanın, elmin və bütün sosial təcrübənin davamı üçün lazımdır. Bu gün planetimizin «Zəka örtüyü» özünü həyatın «davam etdiricisi» və qoruyucusu kimi göstərir və bu işdə qismən də olsa özünü doğruldur. İndiyə qədər tarixdə bir çox hallarda müşahidə olunduğu kimi, bir sıra irtica qüvvələri zəkanın nailiyyətlərindən insanlığın zərərinə istifadə edirsə bu iş, həm cəmiyyətin, həm də təbiətin əleyhinədir. Xəzər, Aral, Azov dənizlərinin, Baykal gölünün bu günkü halı, vulkan fəaliyyətləri və zəlzələlərin çoxalması, son onilliklərdə sayı tezləşmiş maqnit qasırğaları, Antarktidanın ozon dəşikləri və s. insanın

«Zəkali əməyinin» nəticəsidir və belə «Zəkali əməyə» son qoyulmalıdır. Bu noosferin problemidir.

Texniki tərəqqinin inkişafı ilə bağlı olaraq, zəkanın nailiyyəti köhnə təsəvvürlərin dağılmasına, yenilərinin yaranmasına səbəb olur. İngilis astronomu U.Qerşel 1780-ci ildə yazırdı: «Nəzərə alsaq ki, Yerdə yaşayış mövcuddur və Yerlə Ayı müqayisə etsək görürük ki, bizim peykimiz işıq və isti ilə təmin olunmuşdur, onda torpaq var və beləliklə, Ayda yaşayış şəraiti ola bilsin ki, Yerdən də yaxşıdır. Ona görə də Ayda yaşayış olmasını mülahizə etmək təəccüb doğurmamalıdır». Yüz il sonra F.Engels qeyd edirdi: «Günəş sistemində ən çoxu üç planetdə, indiki şəraitdə, yaşayışın və zəkali canlıların varlığı mümkündür» (К.Маркс и Ф.Энгельс., Соч. Т.20, стр.524). Hazırda biz, Marsda, Venerada və Ayda aparılmış ətraflı tədqiqatların nəticəsində bilirik ki, zəkali varlıqların vətəni hələ ki, Yerdir. Bu isə Günəş sistemində insanın rolunun əhəmiyyətini artırır. Əgər başqa planetlərdə həyat yoxdursa, insan həyatı hazırda yaratmaq qabiliyyətindədir və bu iş insanın təbiətdən olan asılılığının dərəcəsini azaldır. İnkişaf etmiş ölkələrdə, hazırda Veneranın atmosferinin yuxarı hissələrini Yer yosunları ilə «əkmək», Marsın atmosferini oksigenlə zənginləşdirmək layihələri mövcuddur. İngilis sosioloqu S.Lilli yazır: «Onun (Günəş sisteminin) heç bir hissəsi təbii şəraitdə həyata yararlı deyil. Eyni qayda ilə də Yerin quru hissəsinin ancaq müxtəlif sahələri ibtidai adamlar üçün yaşayış mühitinə malik idi...».

İnsanın kosmosa çıxması onu təbiətin təsadüfiliklərindən qoruyur. K.E.Siolkovski qeyd edirdi: «İndi insanlar zəifdirlər, lakin Yerin səthini dəyişirlər. Milyon illərdən sonra onların gücü artacaq, onlar Yerin səthini, bitki və heyvan aləmini, okeanları, atmosferi və özlərini dəyişmə qabiliyyətinə malik olacaqlar. İqlimi idarə edəcəklər və Günəş sistemi daxilində istədikləri işi görəcəklər. Planetdən uzaqlara səyahət edəcəklər, digər günəşlərə çatacaqlar və onların enerjisindən, sönməkdə olan Günəşin əvəzinə istifadə edəcəklər».

İnsanlarda hüdudsuz inkişaf və təkmilləşmə imkanı vardır; insanlar istehsal alətlərini daim təkmilləşdirir və yeni bi-

liklərə malik olurlar. Əlbəttə, inkişaf insanların zərərinə də xidmət edə bilər. F.Engels «Təbiətin dialektikası» kitabında yazırdı ki, «Maddə müəyyən bir vaxt özünün «yüksək işığı - fikirləşən ruhu»nu məhv edə bilər (səbəb Yerin təbiətinin ümumi sönməsi ola bilər), lakin dərhal onu aləmin digər bir yerində doğurar» (К.Маркс и Ф.Энгельс. Соч., т. 20, стр. 363). Müasir elmin və texnikanın nailiyyətlərini nəzərə alaraq, demək olar ki, Yer təbiətinin məhvi heç də hələ insanlığın məhvi demək deyildir. İnkişafın varlığı müəyyən daxili və xarici amillərdən asılıdır, lakin hədudsuzdur. Həqiqətdə də təbiət sönməyə meyl edir, Yerdə və kainatın bu ya digər hissəsində reqressiyaya təsadüf edilə bilər. Yəqin ki, Günəş və Günəş sistemi uzaq geoloji gələcəkdə təbiətin reqressiv təsirini hiss edəcəkdir. Buradan belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, insan təbiətdən nə qədər az asılı olsa, onun fəaliyyət sferası nə qədər geniş olsa, o qədər də insanın inkişafının yüksələn xətti təmin oluna bilər.

Uzaq gələcəkdə noosfer tək insan cəmiyyəti və Yer təbiətinin təsir sferası yox, kainatdakı bütün kosmik mədəniyyətlərin qarşılıqlı anlama sahəsinə çevrilməlidir. Noosferin genişlənməsi, zəka orbitinin böyüməsi kosmos hesabına qəbul edildiyindən bu proses kainatın insanlaşdırılmasıdır.

Müasir Yer haqda elmi baxımdan - Yer qabığı təbiətdə qeyri-üzvi proseslərin nisbətən sakit getdiyi örtük, həyatın gərgin inkişaf sahəsi isə biosfer və noosferdir.

V FƏSİL

KARBOHİDROGENLƏR

Neftin və qazın başlıca tərkib hissəsi olan karbohidrogenlərin öyrənilməsi vacibdir. Neftin tərkibindəki karbohidrogenlərin sayı yüzlərcədir, onun işlənməsindən alınan belə birləşmələrin sayı minlərlə ölçülür.

Karbohidrogen dedikdə karbondan və hidrogendən təşkil olunmuş maddə nəzərdə tutulur. Ən sadə karbohidrogenlər metan - CH_4 , etan- C_2H_6 , propan - C_3H_8 və butandır C_4H_{10} . Onların hamısı qaz halındadır və adətən neftin içərisində həll olunmuş şəkildədirlər. Onlar karbohidrogenlərin parafin sırasına aiddirlər ki, bu sıradan çoxlu fərdi karbohidrogen əldə etmək mümkün olmuşdur. Karbohidrogenlərin digər sırası olefin, yaxud etilen sırasıdır və onların birinci komponentinin formulu C_2H_4 -dür. Başlıca formulu C_5H_{10} olan naften sırası daha mühümdür. O qədər də əhəmiyyəti olmayan sıra aromatik qrupdur. Başlıca komponentlərin tərkibindən asılı olaraq hərdən nefti naften növlərinə ayırırlar, lakin neftlərin çoxu bu iki komponentin qarışığından ibarətdir. Adətən neftlərin tərkibində 10-14% hidrogen olur, yerdə qalan hissə isə karbonla ifadə olunur. Nisbətən adi qarışıq kükürddür.

Bitkilərin tərkibi. Bitki ailələrinin çoxu analoji tərkibə malikdirlər. Ümumi kimyəvi komponentlər arasında karbohidratlar müəyyənləşdirilir. Karbohidrogen və karbohidratlar anlayışları çox oxşardır. Başlıca fərq axırıncılarda suyun varlığıdır və beləliklə onlar həmçinin oksigen daşıyırlar. Karbohidratlara misal olaraq şəkər və nişastanı göstərmək olar. Sellüloz qrupu xüsusi yer tutur və bura pambıq daxil olur. Bitkilər həmişə sellüloz ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$) ilə zəngindirlər.

Neft və sellüloz komponentləri arasında xeyli oxşarlıq vardır. Daha sonra, müasir sənayedə neftin işlənməsi nəticəsində karbohidrat bərpa olur və onu karbohidrogenə çevirmək mümkün olur. Lakin bitkilər çox az hallarda təmiz kimyəvi tərkibə malikdirlər. Sellülozadan başqa bitkilər tərkiblərində

protein (karbon, oksigen, hidrogen və azot) mumlar, qatranlar, liqnit və yağlar saxlayırlar. Bitkilərin demək olar ki, hamısı onlar üçün çox vacib olan azot saxlayırlar. Bitkilərin digər vacib komponenti, bitkilərə yaşıl rəng verən xlorofildir. Tədqiqatlar göstərir ki, bir sıra neftlər xlorofilin parçalanma məhsulu olan - porfirin saxlayır. Neftin genezisinin öyrənilməsində adı çəkilən karbohidrogenlərə və digər komponentlərə xüsusi fikir verilməlidir.

Neftin və kömürün başlıca komponenti karbondur. Karbonsuz dərmanların, partlayıcı maddələrin əksəriyyətinin, üzvi birləşmələrin, insanın, heyvanat və nəbatat aləminin varlığı mümkün deyildir.

Kimyəvi elementlər arasında yeganə olaraq karbon ancaq bir elementlə - hidrogenlə yüzlərcə birləşmələr verir. Bu iş karbonun kristallokimyəvi tərkibinin xüsusiyyəti ilə izah olunur. Digər elementlərin çoxundan fərqli olaraq karbonun atomları bir-birləri ilə kimyəvi bağlanır və beləliklə düz, şaxələnən, qapalı, dairəvi zəncirlər şəklində molekulyar strukturlar yaradırlar. Belə strukturlarda karbonun atomlarının sayı vahiddən yüzlərə qədər çatır. Valentlik nəzərə alınarsa (karbonun valenti 4-dür) karbonun birləşmələrinin sayı yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi hədsizdir.

Kimyəvi elementlərin təbii birləşmələrinin minerallarının sayı 3000-dən yuxarı deyildir, karbonsaxlayan birləşmələrin, başlıca olaraq karbohidrogenlərin miqdarı, karbohidratlar da daxil olmaqla iki milyondan az deyildir.

Karbonun çoxmiqdarlı birləşmələr vermə qabiliyyəti heyvanat və nəbatat aləminin zənginliyini şərtləndirir. Bioloqların hesablamasına görə müxtəlif həşəratların növlərinin sayı 2-3 milyondur. Nəbatatın yer qabığında 500 min növü var. Onurğalılardan növlərinin sayı 40 minə çatır və onların hamısının başlıca tərkib hissələri karbohidrogenlər və karbohidratlardır.

Lakin karbon canlı maddənin ümumi kütləsini müəyyənləşdirmir və onun kütləsinin ancaq 10%-ni təşkil edir. Rəqəmin belə olmasına baxmayaraq biokimyayın banisi akademik V.İ.Vernadskinin hesablamalarına görə canlı maddədə olan karbonun miqdarı 100 000 milyard tona çatır. Təxminən bu

miqdarda karbon Yer qabığının okeanları və dənizlərində vardır. 2000 milyard ton karbon atmosferdə CO_2 şəklində asılı haldadır.

Qeyri-üzvi aləmdə karbon əhəngdaşlarının, mərmərlərin, təbaşirin, mərcanların tərkibinə daxil olur. Qitələrdə və okean daxilində dağ silsilələri yaradır. Belə karbonun miqdarı 3^{16} tondur.

Mikroskopik canlılar - başayaqlılar hədsiz miqdarda qədim isti dənizlərin diblərində yaşamış və öz skeletlərini CaCO_3 -dən yaratmışlar. Sonrakı geoloji dövrlərdə dənizlərin dibində əhəngdaşı laylarının əmələ gəlməsinə səbəb olmuşlar. Yer səthinə çıxan və basdırılmış karbonatlı süxurlar (əhəngdaşı, mergel, təbaşir, dolomit və s.) yer qabığında 40 milyon km^2 sahəni əhatə edir.

Atmosferdəki karbon qazı fotosintez zamanı bitkilər tərəfindən udulur. Karbon qazının tərkibinə daxil olan karbon olmasa bitki karbohidrooksidlərin, yağların, zülalların və başqa üzvi birləşmələrin varlığı mümkünsüzdür.

Atmosferdəki CO_2 -nin varlığı bitkilərin, heyvanat aləminin və insanın varlığını şərtləndirir. Atmosferdən bitkilər ildə 100 milyard tondan az olmayaraq karbon udurlar. Dağ süxurlarının aşınması və CO_2 -li duzların yaranması prosesində atmosferdən 1-2 milyard ton karbon mənimsənilir. Belə proseslərin nəticəsində atmosfer CO_2 -dən kasıblaşır. CO_2 -nin miqdarı müasir atmosferdə, onun həcminin 0,03%-dən yuxarı deyildir. CO_2 Günəş şüalarını Yerin səthinə buraxmaq və Yerin daxili hərarətini atmosferdə saxlamaq qabiliyyətinə malikdir. Beləliklə, Yerin iqlim şəraitinin dəyişməsində karbonun böyük rolu vardır.

Plankton. Okeandaxili həyata karbohidrogenlərin - neftin yaranmasının mümkün olan əlavə amili kimi baxmaq olar. Okeanın səthində və səthinəyaxın hissələrində nəbatatın və canlı orqanizmlərin xeyli miqdarda kiçik formaları mövcuddur. Bu orqanizmlərə plankton deyilir. Planktonun bitkilərdən olan hissəsi (fitoplankton) okean səthinə çox yaxın sahələrdə yaşayır, belə ki, onların yaşaması üçün Günəş işığı lazımdır. Fitoplaktonun çox hissəsi diatomeyalar və dinofla-

qellyatlardan ibarətdir. Sakit okeanın şimal hissəsində suyun bir litrində 220 min diatomeya müəyyənləşdirilmişdir. Okean-sahili sulara isə yaşayan canlıların miqdarı açıq dənizdəkindən 50 dəfə artıqdır. Çox maraqlı məsələdir ki, diatomeyalar öz kiçicik qabıqlarında neft toplayırlar. Bu bir tərəfdən onlara üzmək üçün, digər tərəfdən isə əlavə yemək kimi lazımdır.

Dinoflaqellyatlar diatomeyalardan öz hərəkətlərini idarə etməyi bacarmamaqları ilə seçilirlər. Dinoflaqellyatların bədənindən qamçıya bənzər quyruqlar çıxır ki, onların vasitəsi ilə bu canlılar okean sularında sərbəst hərəkət edirlər.

Əgər karbon qazı və su varsa, bu halda bitkilər karbohidrogen komponentini aşağıdakı empirik reaksiyaya uyğun olaraq yaradırlar:



Bitkinin pigmentləri Günəşin şüa enerjisini tutur və belə reaksiyanın getməsinə şərait yaradır. Bitki fəallığının əlavə məhsulu olaraq sərbəst oksigen yaranır və atmosferi zənginləşdirir, insan və heyvanat aləminin yaşayışını təmin edir.

Dəniz canlıları. Dənizin canlılar aləmi bentos (dəniz dibində yaşayan heyvanlar), nekton (üzən formalar) və zooplankton (sərbəst üzən formalar) kimi üç növdə cəmləşdirilir. Üzən formalar fitoplankton ilə daha sıx əlaqədar olduqlarından birinci növbədə onlara fikir verilməlidir. Onların içərisində tam sadə (birhüceyrəli) foraminofera və radilyari kimi formalar vardır. Onlardan korrelyasiya məqsədilə geoloqlar ətraflı istifadə edirlər. Daha sonra kopepot, ostrakod, meduza, soxulcan və bir sıra kiçik molyuskları nəzərdən qaçıрмаq olmaz, benton və nekton canlılarının yumurta və sirkələrinə fikir vermək lazımdır.

Plankton orqanizmlərinin əksəriyyəti mikroskopik ölçülərə malikdir, lakin bir sıra maraqlı istisnalar mövcuddur. Məsələn, elə meduzalara rast gəlinir ki, onların ölçüləri 1 m-dən yuxarı olur, caynaqları isə 25m-ə çatır. Lakin karbohidrogen-

lərin yaranmasında başlıca rol mikroskopik ölçülü planktonlara aiddir.

Bakteriyalar. Dəniz və okean sularında planktonla birlikdə çox kiçik orqanizmlər yaşayır ki, onlar bakteriyalardır. Bakteriyalar adətən birhüceyrəlidir. Lakin, elə bakteriyalar var ki, onlar zəncirlər, yaxud da hüceyrə qrupları yaradırlar. Bakteriyalar xlorofil saxlamır və beləliklə bitkilərdən seçilir. Onların hüceyrələrində sellüloz yoxdur. Bakteriyaların azacıq olsa da heyvan orqanizmləri ilə oxşarlığı vardır ki, buna görə də bir sıra alimlər mülahizələr yürüdür ki, bakteriyalar nəbatat və heyvanat arasında keçid mövqe tutur. Bakteriyaların ölçülərinin çox cüziliyi də diqqəti cəlb edir. Ölçüsü 0,0005 mm olan formalar mövcuddur. Bakteriyaların bir qisminə oksigen lazımdır, digərləri isə oksigensiz ötürülər. Bakteriyaların çoxu istənilən mühitdə yaşayır və fəaliyyət göstərir. Oksigen və havaya möhtac olan bakteriyalara aerob, oksigensiz və havasız ötürən bakteriyalara isə anaerob bakteriyalar deyilir. Bakteriyaların başlıca funksiyası üzvi maddəni ilkin vəziyyətinə - qeyri-üzvi hala gətirməkdir. Əlavə funksiyaları isə azotlu maddələri bitkilərin yaxşı mənimsədiyi komponentlərə dağıtmaqdır. Onlar fosforlu və kükürdlü birləşmələri dağıtmaq qabiliyyətinə də malikdirlər.

Reqenerasiyanın tsiklləri. Plankton və bakteriyaların fəaliyyəti haqda bütün məlumatlar cəmlənərsə çox maraqlı mənzərə alınar. Fitoplankton karbon iki oksid, Günəşin şüaları və su vasitəsilə üzvi birləşmələri yaradır. Zooplankton və sürfələr fitoplanktonu yeyir və beləliklə daha mürəkkəb üzvi birləşmələr yaradırlar. Sürfələr iri ölçülərə qədər böyüyür və sərbəst üzən canlılara çevrilir, yaxud da onlara təhkim olunmuş benton formalar əmələ gətirirlər. Onlar başqa funksiyalar əldə edir və okeanın daha iri heyvanlarının yeminə çevrilirlər.

Zooplanktonu təşkil edən orqanizmlərin çoxu lazım olduğundan artıq qidalanır və beləliklə bitki materialının bir hissəsi onların orqanizmindən keçib həzm olunmamış şəkildə dənizin dibinə enir və digər heyvanlara və bakteriyalara qismət olurlar. Qeyd olunmalıdır ki, fitoplanktonun hamısı dəniz heyvanları tərəfindən yeyilmir, qismən suda həll olunaraq

okeanın dibinə çökür və dənizdibi heyvanlarına yem olur. Bakteriyalar üzvi maddənin bir qismini qeyri-üzvi maddəyə çevirir və üzvi maddənin çox hissəsində bu proses dənizin dibində gedir. Bütün tsiklin axırında çox cüzi miqdarda üzvi maddə qalır. Beləliklə, mülahizə etmək olar ki, pelaqik (okeanik) çöküntülər neftin yaranması üçün lazımi miqdarda karbohidrogenlər saxlamır.

Əlavə məlumat

Planktonun orta kimyəvi tərkibi belədir: karbon-45%, oksigen-45%, hidrogen-7% və azot - 3%. Dəniz dibinin üzvi birləşmələrinin tərkibi bir qədər seçilir: karbon -56%, oksigen -30%, hidrogen - 8%, azot-6%. Müəyyənləşdirilmişdir ki, okean çöküntülərində 0,3-1,5% üzvi maddə vardır. Okeansahili çöküntülərdə üzvi maddənin miqdarı 8%-ə çatır. Okean sahili-nə nisbətən yaxın hissələrdə orta hesabla 2,5%-dək üzvi maddənin olması hesablanmışdır. Bu maddənin saxlanılmasının bir neçə amilləri vardır. Alevrit və s. kimi narındənəvər çöküntülərdə üzvi maddənin miqdarı artıq olur, kobud dənəvər çöküntülərdə isə faiz azalır. Belə ki, dalğalar, dənizin qabarması və çəkilməsi və axınlar nəticəsində qumlar yaxşı sortlaşırlar. Sortlaşma zamanı yüngül çöküntülər aparılır və lil şəklində çökdürülür və beləliklə karbohidrogenlərin yaranması üçün əlverişli mühit əmələ gəlir.

BAKTERIAL FƏALİYYƏT

Bakteriyaların adi yaşama mühiti lillərdir. Onlar çox yüngüldür və kiçicikdir, güclü axınlara müqavimət göstərə bilmirlər. Digər tərəfdən üzvi maddənin dağılmasının başlıca amili bakteriyaların fəaliyyətidir. Lillərdəki bakteriyaların sayı hədsizdir. Amerikalı alim Zo Bell 1934-cü ildə hesablamışdır ki, Cənubi Kaliforniyanın dəniz sahili nəm lillərinin hər qramında 2 milyon bakteriya vardır. Bakteriyalar başlıca olaraq çöküntünün səthindən 2-3 sm aşağıda toplaşırlar, lakin çöküntülərin bütün qalınlıqları boyu onlara rast gəlinir.

Lilə düşməmişdən qabaq üzvi maddənin kimyəvi tərkibi dəyişkən olur və ona karbohidrooksidlər, protein, yağlar, mum, qatranlar, sellülozlar və liqniylər daxil olur. Karbonun və hidrogenin miqdarının çox olmasına baxmayaraq burada kifayət miqdarda azot, fosfor və kükürd cəmləşmişdir. Bakteriyalar proteinlərə güclü təsir edir və belə prosesdə ammoniyak, hidrogensulfid və karbon iki oksid azad olur. Karbon və hidrogen kimi vacib komponentlərin miqdarının azalması ilə bir sırada azot tamamilən aradan çıxır. Prosesin davamında üzvi maddənin ümumi miqdarı azalır, lakin başlıca komponentlər - karbon və hidrogenin nisbi miqdarı artır. Fosforun və kükürdün azalması ilə bağlı olaraq üzvi maddənin tərkibi karbohidrogenlərə (neftə) daha çox yaxınlaşır. Lillərdə üzvi maddənin tərkibi xeyli dəyişir, neftin tərkibinə oxşar olur və belə maddə üçün "sapropel" anlayışından istifadə edilir.

Zo Bell xatırladır ki, metan üzvi maddənin anaerob qıçırması nəticəsində yaranır və onun əmələ gəlmə mühiti neftin rast olunduğu şəraitlə oxşardır. Laboratoriya şəraitində bakteriyalar neftin karbohidrogenlərinə oxşar birləşmələr verir və belə karbohidrogenlər həm bərk, həm də maye halında olurlar. Maye və bərk karbohidrogenlərin nisbətən artıq miqdarı yağlardan əldə edilir. Müəyyənləşdirilmişdir ki, bakteriyalar proteinlərin parçalanmasından fenol və parakrezol yarada bilərlər. Bu iki komponent də neftin tərkibində vardır. Aşağı oksidləşmə-bərpa potensialı yaradan bakteriyalar neft karbohidrogenlərinin yaranması və saxlanması üçün şərait yaradırlar.

NEFT KARBOHİDROGENLƏRİNİN YARANMASI ÜÇÜN NİSBƏTƏN ƏLVERİŞLİ ŞƏRAİTLƏR

Yuxarıda deyilənlərdən aydın olur ki, neft karbohidrogenlərinin yaranması üçün ən əlverişli şərait narın lillərin toplandığı sahilkənarı ərazilərdir. Lillərin toplandığı sahələrə nisbətən çoxlu üzvi maddə gəlməlidir. Dünya alimlərinin aparıcıları tədqiqatlar göstərir ki, tropik su axınları mötədil iqlimli ərazilərin axınlarına nisbətən lillərə daha çox üzvi maddə gətirir. Beləliklə, neftin yaranmasını izah etmək üçün keçmiş ge-

oloji əsrlərin iqlimi xüsusi olaraq nəzərə alınmalıdır. Üzvi maddənin karbohidrogenlərə çevrilməsində lillərin yığılma sürəti və üzvi maddənin gətirilməsi tezliyi də axır nəticədə böyük əhəmiyyət kəsb edir. Oksigenin çox az olduğu və yaxud heç olmadığı sahələr neft karbohidrogenlərinin toplanması üçün daha əlverişli mühitdir, belə ki, karbonla oksigenin birləşmə tezliyi məlumdur.

Delta şəraiti. Delta şəraiti yuxarıda qeyd olunan şərtlərə daha uyğun gəlir. Deltalarda narın dənəvər lil çoxluq təşkil edən çöküntülərin toplanması çox sürətlə gedir. Güman olunur ki, deltanı təşkil edən axınlar özləri ilə birlikdə xeyli miqdarda üzvi maddələr gətirir. Su deltalarda duz təmlidir və müəyyən vaxtdan sonra okean suyu duzluluğuna malik olur. Burada fasiləsiz olaraq laqunlar və dayaz hövzələr yaranır və onlarda çöküntülər toplanır. Belə çox da böyük olmayan hövzələr karbohidrogenlərin yaranma prosesində başlıca elementlərdir və çoxlu miqdarda üzvi maddə saxlayırlar. Bakteriyaların bol olduğu lillər də belə yerlərdə geniş intişar tapırlar. Oksigenin miqdarı burada məhduddur. Narın dənəvər çöküntülər tezliklə digər alevrit kimi çöküntülər və xırda dənəvər qumlarla örtülülər. Orta həcmli deltalarda sapropellərin çoxlu miqdarda linzavari kütlələri qeyd olunur. Delta böyüdükcə onunla əlaqədar olan su hövzəcikləri daim öz morfolojiyalarını dəyişirlər.

Qədim deltalar. Müşahidələr göstərir ki, dünyadakı neft yataqlarının çoxu delta şəraiti ilə əlaqədardır. ABŞ-da Nyu-York və Pensilvaniya ştatlarındakı devon deltaları çox məşhurdurlar. Buranın şərqində delta çöküntülərinin qalınlıqları 3022 m-dir, onlar Qərbi Pensilvaniyaya nəhəng paz kimi daxil olurlar və neftin başlıca miqdarı da burada təmərküzləşmişdir. Şərqdə delta materialının rəngi qırmızı çalarlıdır və bu da onu göstərir ki, qumların və lillənin toplanması subareal şəraitdə baş vermişdir. Qərbdə doğru çöküntülərin rəngi mavi, boz və yaşıl çalarlıdır və onlar, güman edilir ki, dəniz şəraitində, yaxud duzlu sulardan yaranmışlar. Bu iki tip çöküntülər birləşmələrlə növbələşirlər.

Karbohidrogenlərin yarandığı şəraiti aydın təsəvvür etmək üçün biz ABŞ-dakı bir sıra neftdaşıyan deltaların təsvirini verməyə çalışmışıq.

Pensilvaniya deltaları. Qədim yaşlı dövrlərin deltalarıdır və başlıca olaraq daşkömür yataqlarının formalaşması ilə xarakterizə olunurlar. Pensilvaniya dövrü daşkömür (karbon) erasının yuxarisına təsadüf edir. Mütləq yaşı 350-360 milyon il hesablanır. ABŞ-da Pensilvaniya yaşlı deltalar geniş inkişaf tapmışlar. Onların başlıca paylandığı yerlər Pensilvaniya, Qərbi Virciniya və Alabama ştatlarıdır. İndiananın cənubi-qərbində və İllionoydsda pensilvaniya çöküntüləri bataqlıq şəraitində yaranmışlar. Kömürlərin çoxlu miqdarda laycıqları göstərir ki, bataqlıqlar şirin sulu olmuşlar. Digər tərəfdən nazik əhəngdaşı laycıqları dəniz şəraitinin varlığına dəlalət edir. Bu şərait qədimdə aşağı səviyyəli qurunun olduğunu göstərir. Bu quru vaxtaşırı dayaz dənizlə örtülürmüş. Çoxmiqdarlı axınlar tez-tez öz vadilərini dəyişir və dayaz laqunlar ilə bataqlıqlar arasında dolaşmışlar.

Devon dövrü ilə müqayisədə pensilvaniya dövründə bitki aləmi bolluğu ilə seçilmiş və bu da kömür qatlarının ətraflı inkişafı ilə özünü büruzə verir.

DƏNİZİN SƏVİYYƏSİNİN DƏYİŞMƏSİ

ABŞ mütəxəssisləri mülahizə edirlər ki, pensilvaniya dövründə dənizin səviyyəsi tez-tez dəyişirmiş və bu çöküntü - toplanmanın tsiklləri ilə isbat olunur. Qeyd olunur ki, hər tsiklin əsasında qumdaşları durur. Belə qumdaşı yuyulmuş him üzərindədir və çayağzı şəraitdə yaranmışdır, çəp laylığa malikdir. Pis çeşidlənmişdir və həmin dövrün bitkilərinin şəklinin həkk olunması ilə seçilir.

Pensilvaniya dövründə İllionoydsda, İndianada, Missuri-də, Kanzasda, Oklaxomada və Texasda mövcud olan geniş al-lüvial düzənliklər Şimali Sibirdə Ob çayı ətrafındakı sahəsi 1 milyon km² olan mənşərini xatırladırdı.

Allüvial düzənliklərdə materik mənşəli gilli şistlər yatır- lar və onlar da əhəngdaşları ilə örtülülər. Mülahizə olunur ki, əhəngdaşları şirin su şəraitində yaranmışlar. Şistlər xırdalan- mış üzvi qalıqlar saxlayırlar. Şistlər neftin (karbohidrogenlə- rin) yarandığı ana mühitdir ki, oradan daha sonra məsaməli süxurlara miqrasiya etmişlər.

ABŞ-ın mərkəzi bölgələrinin çöküntüləri pensilvaniya dövründə tsiklik səviyyə daşmışdır və bu hadisənin karbohid- rogenlərin yaranmasında böyük əhəmiyyəti var. Tsikl daxilində müəyyən fazalarda neftlə hopmuş lillərin olduğu güman edilir. Suyun dərinliyi, üzvi maddənin gətirilməsi, duzluluq yə- qin ki, müəyyən nisbətdə olmuşdur və beləliklə üzvi maddə saxlanılmışdır. Tsikldə həmçinin daşkömürün yaranması faza- sı vardır və bu da üzvi maddənin demək olar ki, təmiz halda toplanmasının nəticəsidir. Beləliklə, mineral yanacağın bu iki növünün bir ərazidə olması və eyni dövrdə yaranması Pensil- vaniya çöküntüləri üçün səciyyəvidir.

Çöküntülərin yaranmasının tsiklikliyi həmişə tam təkmil olmur. Demək olar ki, hər tsikldə bir və ya bir neçə element çatışmır. Belə şəraitdə neftin yarandığı lillər, gələcəkdə neft kollektorları olan qumdaşları ilə yanaşı və növbələnən olduq- da karbohidrogenlərin yaranması üçün ideal şərait yaranır.

Karbohidrogenlər saxlayan deltalar həmçinin təbaşir və üçüncü dövrlərdə mövcud olmuşlar. ABŞ-ın ən iri neft ehtiyat- ları olan yataqları Missisipinin üçüncü dövr deltalarındadır. Deltanı təşkil edən çöküntülər müxtəlif yaşlıdırlar. Missisipi çayının deltası 60 milyon il öncə eosən dövründə formalaşma- ğa başlamışdır. Karbohidrogenlərin kollektorlarda təmərküz- ləşməsi eosəndən miopliosenə qədər davam etmişdir. Miosen çöküntüləri Luiziana və Texas ştatlarının neft və qaz yataqla- rının başlıca daşıyıcılarıdır. Onlar əsasən delta materialı - qumlar, alevritlər, gillərdən təşkil olunublar. Körfəzə yaxın hissələrdə əhəngdaşları linzalarına təsadüf edilir.

ABŞ-ın neft daşıyan bölgələrində miosen və pliosen (miopliosen) çöküntülərinin sərhədlərinin müəyyənləşdirilməsi bir sıra çətinliklər törədir. Mürreyin mülahizələrinə görə mi- opliosen çöküntüləri adı altında qalınlığı 1220 m olan delta tö-

rəmələri nəzərdə tutulmalıdır. Deltaların qumları, alevritləri və gilləri arasında dəniz mənşəli əhəngdaşı laylarına rast gəlinir. Dəniz sahili çöküntülərində (şelflərdə) neftlə zəngin miopliosen çöküntüləri hazırda özünü tam doğrultmuşdur. Üçüncü dövrün delta çöküntüləri digər materiklərdə də mövcuddur. Belə bölgələrdə karbohidrogenlər başlıca olaraq üçüncü dövr çöküntülərindən əldə edilir. Karbohidrogenlərin (neftin) iri yığımlarına Venesuelada (Cənubi Amerika) rast gəlinmişdir. Abşeron yarımadasında nəhəng neft yataqlarının varlığı qədim dövrlərdən məlumdur və hazırda daha böyük əhəmiyyət kəsb edir.

AZƏRBAYCAN NEFTİ

Bakı neftinin nəhəng ehtiyatlarının olması xarici ədəbiyyatda da xüsusi olaraq qeyd olunur. ABŞ mütəxəssisləri Bakının üçüncü dövr neftdaşıyıcı çöküntülərinin Cənubi Luiziana ştatının eyni adlı törəmələri ilə oxşar şəraitdə yarandığını göstərirlər. Biz Abşeron neftinin üçüncü dövr çöküntülərində yerinin müəyyənləşdirilməsi üçün bu bölgənin stratigrafik kəsilişini veririk (cədvəl 12).

Cədvəl 12

Abşeron yarımadasının stratigrafik kəsilişi

Yaş	Qalınlıq, m	Litoloji tərkib
Dördüncü dövr	30,5	Konqlomeratlar, qumlar, gillər, balıq-qulağı qırıqları, alevritlər, duz və s.
Orogenik qeyri-uyğunluq		
Üçüncü dövr Yuxarı pliosen: Abşeron	549	Əhəngdaşları, qumlar, mergellər, gillər. Qaz daşıyan qumlar vardır.
Ağcagil	45,75	Qara üzvü gillər, mergellər, qumlar. Bir sıra sahələrdə neft daşıyırlar.
Məhsuldar qat: Yuxarı şöbə	854	Qum linzaları daşıyan gillər. Çoxlu sahələrdə xeyli neft verirlər.
Orta şöbə	183	Qumların və gilli brekçiyaların iri həcmli linzaları. Çoxlu sahələrdə xeyli neft verirlər.

12-ci cədvəlin davamı

Aşağı şöbə	549	Qumlar, gillər, qumdaşları. Çoxlu sahələrdə xeyli neft verirlər.
Orogenik qeyri-uyğunluq		
Orta pliosen Pont	457,5	Orqanogen gillər, silisiumlu mergellər. Qırıntılı əhəngdaşlarının linzaları
Lokal (yerli) qeyri-uyğunluq		
Miosen Diatom layları	915	Diatomlu şistlər və silisli mergellər. Binə-qədidəkilər neft daşıyırlar
Aralıq dənizi layları	457,5	Gillər, mergellər, dolomitləşmiş əhəngdaşları. Ceyildərədə neft daşıyırlar
Oliqosen Maykop	274,5	Qəhvəyi, yaşıl, sarı, bəzən bitumdaşıyan gillər
Koun	549	Yaşıl, qəhvəyi, ağ çalarlı gillər. Bitumlu gilli şistlər. Neft əlamətləri
Eosen	1067,5	Gillər, mergellər, qumlar

Cədvəldə verilmiş çöküntülər delta axınlarının fəaliyyəti nəticəsində sürətli çökmə nəticəsində yaranmışlar. Dənizin müxtəlif səviyyələrdə varlığı çoxlu foraminefera zonalarının olması ilə təsdiq olunur. İlk üçüncü dövr çöküntüləri onlarda balıqların olması ilə səciyyələnirlər. Miosen çöküntülərində milyonlarca diatomeyaların basdırıldığı göstərilmişdir. Basdırılmış çöküntü qalıqları arasında dəniz yosunları da vardır. Onlar çoxluca saprofellər vermiş və sonralar maye karbohidrogenlərin yaranmasında fəal iştirak etmişlər. Miosen çöküntülərində azacıq da olsa karbohidrogenlər vardır, lakin sapropellərin əksəriyyəti neftyaratma prosesində axıra qədər iştirak etməmişdir.

Pont çöküntüləri orta və aşağı pliosenə aid edilir. Bu çöküntülərə dəniz şəraitinin təsiri müşahidə olunur və beləliklə, üzvi maddənin miqdarı məhduddur. Əks hadisə yuxarıda yatmış məhsuldar qatın çöküntülərində müşahidə olunur. Bu qatın gillərində çoxlu miqdarda üzvi maddə vardır. Kəsilişin aşağı hissələrində (549 m) material çökməsinin delta şəraitində getməsi nəzərə çarpır. Orta qatlar (183 m) başlıca olaraq qum linzalarının varlığı ilə səciyyələnir, qum düyünlərinin varlığının olduğunu sübut edir və yəqin ki, qitə-səhra şəraitində formalaş-

mişdir. Palçıq vulkanlarının fəaliyyəti nəticəsində lillərdən yaranmış gil toplularına rast gəlinir. Palentoloji qalıqların olması göstərir ki, orta şöbənin çöküntüləri materik şəraitində yaranmışdır. Bu çöküntülərdə bölgənin iri neft yataqlarının varlığı göstərir ki, karbohidrogenlər buraya qonşu neftlə doymuş lillərdən və bitumlu laycıqlardan, aşağıdan və kənarlardan miqrasiya etmişdir.

Məhsuldar qatın yuxarı hissəsində gillər üstünlük təşkil edir, lakin qumların da kifayət qədər linzaları vardır. Paleontoloji qalıqlar göstərir ki, bu laylar şirin su şəraitində yaranmış və deltaların yuxarı hissəsini xarakterizə edirlər.

Qum linzaları neftlə dolmuşlar. Mülahizə olunur ki, neft burada yerli əhəmiyyət daşıyır və qumlarla növbələnən lillələ əlaqədardır. Lakin onun bir hissəsi daha qədim çöküntülərdən buraya yerini dəyişmişdir. Ağcagilə və Abşeronu aid edilən çöküntülər bir neçə yatımlarda məhdud miqdarda karbohidrogen daşıyırlar. Aydın ki, onların məhsuldarlığı məhsuldar qatdan xeyli azdır. Üzvi maddələrlə zəngin qara gillərin varlığı mülahizə yürütməyə imkan verir ki, onlar neftyaratma prosesində iştirak etmişlər. Maraqlıdır ki, Abşeron çöküntüləri çoxlu miqdarda sərbəst qaz saxlayırlar. Dünyanın bütün regionlarında olduğu kimi buranın qazı da mütəhərrikdir və neft əyalətinin daha yuxarı məhsuldar qatlarında toplanmağa meyl edir.

Palçıq vulkanları. Azərbaycan özünün palçıq vulkanları ilə bütün dünyada məşhurdur. Azərbaycan alimləri və xarici mütəxəssislər palçıq vulkanlarının karbohidrogenlərin yaranmasında rolunu sübut edir və onların neft yataqlarının kəşfində vacib axtarış əlaməti olduğunu inkar etmirlər.

Abşeron yarımadasında ağcagil dövründə palçıq vulkanlarının fəaliyyəti güclənir. Milyon illər ərzində hövzənin çökməsi nəticəsində yaranan diferensial təzyiq ağcagildə apoqeya çatır. Kounun (oligosen) gillərinin bir hissəsi yuxarıda yatan süxurların təzyiqindən yuxarı qatlara basılır. Gillərin qalxmasını müşayiət edən sular onları yumşaldır və parçalanmalar vasitəsilə səthə qalxan bu maddə palçıq vulkanı kimi fəaliyyət

göstərir. Bu prosesin əvvəllərdən başlanmasını sübut edən amil məhsuldar qatın kəsilişində xeyli miqdarda lillərin olmasıdır. Pliosen və dördüncü dövr arasında Abşeronda palçıq vulkanları hədsiz miqdarda olmalıydı. Bu amil indi də özünü doğruldu. Pliosendən sonra orogenik qüvvələr palçıq vulkanlarının fəaliyyəti üçün şərait yaradır və tangensial təzyiq öz maksimum həddinə çatır. Abşeron neft yataqlarının kəsilişində pliosenin tavanında nəzərə çarpacaq bucaq qeyriuyğunluğu bu hadisəyə dəlalət edir. Palçıq vulkanları özünəməxsus təbiət hadisəsi olmaqdan başqa onlar həmçinin Abşeronda neft yataqlarının paylanması qanunauyğunluğunu izah edirlər. Yüzlərcə metr çöküntünün yaranması nəticəsində əmələ gələn diferensial təzyiq eosən və daha qədim çöküntülərin Yer səthinə çıxması ilə nəticələnir. Kökündən ayrılma prosesinə oliqosenin kəon mərtəbəsinin müxtəlif rəngli gilləri daha çox məruz qalmışlar. Qalın miosen və pliosen çöküntülərindən keçərək bu gillər, çatlardan süzən sular vasitəsilə palçığa çevrilir və yuxarıya doğru yerlərini dəyişirlər. Qalxma prosesində palçıqın qatılığı azalır və nəhayət parçalanma və çat sistemləri vasitəsilə o, Yer səthinə püskürür. Neft və qaz da palçıq vulkanının keçdiyi yoldan istifadə edərək yuxarıya doğru meyl edir. Qaz bir sıra hallarda tələ-boşluqlarda toplanır, lakin adətən Yer səthinə qalxır. Abşerondakı Atəşgah buna parlaq misaldır. Palçıq vulkanı məhsullarının keçdiyi qatlar əyriliklər verir və çoxlu miqdarda dizyunktiv pozulmalarla mürəkkəbləşirlər.

Səciyyəvi neft yataqları. Yuxarıda təsvir olunan hadisələrin nəticəsində nisbətən mürəkkəb və özünə məxsus xüsusiyyətlərə malik strukturlar peyda olur. Belə strukturlarda mərkəzi özək dislokasiyalara məruz qalmış və əzilmiş müxtəlif yaşlı süxurlardan ibarətdir ki, bura üçüncü dövrdən də qədim çöküntülər daxil ola bilər. Özəkdəki laylar şaquli qoyulmuş istiqamətlərini köklü dəyişmiş və parçalanmışlar. Özək intensiv çatlama zonası ilə əhatələnir. Bir sıra çatlar qırılıb-

qalxmalarla (faylarla) ifadə olunmuşdur, digərləri isə kənar süxurların endo və ekzokinetik çat sistemləridir. Nəticədə mərkəzi özək çoxlu miqdarda parçalanmalar və dik bucaq altda düşən çöküntü layları ilə əhatələnir. Mərkəzi özəkdən aralı laylar azacıq əyilmişdir və layların düşmə bucaqları az meyildir. Bakı ətrafı yataqların bir qisminə indi də bu cür strukturları müşahidə etmək olar. Bunların bəzilərində sönmüş palçıq vulkanı çoxlu miqdarda neft və qaz təzahürləri ilə müşayiət olunur. Belə ki, Balaxanıda məhsuldar qatın bəzi hissələrində verilmiş buruq quyuları vasitəsilə karbohidrogenlərin zəngin yığımları aşkar edilmişdir.

Palçıq vulkanlarının geoloji tarixi Azərbaycan geoloqları tərəfindən ətraflı təsvir edilmişdir. Bu sahədə akademik Əhəd Yaqubovun və prof. Adil Əliyevin əsərləri diqqətəlayiqdir. Palçıq vulkanlarının (fəaliyyətdə olan və sönmüş) sayı Abşeronda hazırda 250-ə qədərdir. Abşeron yarımadasının sahilləri yaxınlığındakı bir sıra adalar fəaliyyətdə olan palçıq vulkanlarının vətənidir. Palçıq vulkanları daxilindəki qazların müəyyən hissəsinin enerjisi çatır ki, yuxarıdakı süxurları partlatsınlar və bu zaman vulkan püskürməsini xatırladan mənzərə yaratsınlar. Xəzər dənizində palçıq vulkanı fəaliyyəti nəticəsində yaranmış elə adalar var ki, onlar vulkan fəaliyyətindən bir müddət sonra yaşayır və sonra yenidən dənizə qərq olurlar. Axırncı belə hadisə 2000-ci ildə müşahidə edilmişdir. Atılmış süxurların ayrı-ayrı parçaları palçıq brekçiyaları və palçıq topluları yaradır, ada əmələ gəlir və sonradan dəniz sularının təsiri rindən bu yumşaq material yuyulur və ada yox olur. Bir sıra palçıq vulkanları vaxtaşırı 4, yaxud 5 ildə bir dəfə püskürür, ətraf mühitə qaz və palçıq tullayır. Mülahizə olunur ki, Xəzər dənizinin səviyyəsinin dəyişməsi qismən də olsa palçıq vulkanlarının fəaliyyəti ilə bağlıdır.

KARBOHİDROGENLƏRİN ELEMENT-QARIŞIQLARI

Karbohidrogenlərin element-qarıışıqları Azərbaycanın və Türkmənistanın dəniz və dənizkənarı neftlərinin küllərinin öyrənilməsi və dünyanın bir sıra yataqlarının neft küllərinin müqayisəsi ilə tərtib olunmuşdur. Azərbaycanda karbohidrogenlərin başlıca yığıldığı çöküntülər məhsuldar qat (MQ) adlanır. Türkmənistanda bu anlayışa sinonim olaraq qırmızı rəngli qat termini işlədilir (QQ). Neft küllərinin tədqiq olunduğu yataqların əksəriyyəti Abşeron-Balxanyanı astanada paylanmışlar.

Abşeron-Balxanyanı astana, yaxud antiklinal zonası Cənubi Xəzər hövzəsinin şimal sərhədləri və Böyük Qafqaz qırıxıqlıq zonasının cənubi-şərq yüklənməsi ilə bağlıdır. Türkmənistanda bu astana Böyük Balxan - Qubadağ yüklənməsinin qərb hissəsi və Kopetdağın şimali-qərbinə təsadüf edir. Bütünlükdə Abşeron-Balxanyanı astana ümumqafqaz istiqamətli, hərdən endairəsinə yaxın olan iri qırıxıqlıq struktur olub Alp müthərrik qurşağının Böyük Qafqaz və Kopetdağ fraqmentlərini əlaqələndirir. Astana boyu Azərbaycanın neft-qaz daşıyan braxiantiklinal strukturları Xəzər dənizinin Azərbaycan sektorundan keçərək Türkmənistanda eyni tipli neftli-qazlı qalxıntılar şəklində davam edirlər.

Geofiziki tədqiqatlar göstərir ki, Abşeron-Balxanyanı astana şimaldan və cənubdan dərinlik pozulmaları ilə sərhədlənir. Bu pozulmalar dərinliyə doğru kilometrərlə izlənilir. Sübut olaraq 2000-ci ilin axırlarında baş vermiş zəlzələlərin hiposentrlərinin yerləşdiyi dərinliyin 100 km olduğunu və onun episentrinin Abşeron-Balxanyanı astananın şimal yamacında olduğunu göstərmək olar. Tektonik vahidlərin təsnifatı baxımından Abşeron-Balxanyanı astanası iri horst-qalxıntı olub, şimaldan və cənubdan Şimal və Cənub Xəzər qraben-çökəklikləri arasında yerləşmişdir. Beləliklə, bu vacib neft-qaz daşıyan strukturun öyrənilməsi Xəzər dənizinin, xüsusən onun cənub dərin hövzəsinin öyrənilməsi ilə bilavasitə əlaqədardır.

Biz burada, karbohidrogenlərin element-qarışıqlarının səciyyəsinin verilməsindən əvvəl, müqayisə məqsədilə qırmızı rəngli (Türkmənistan) neft-qaz daşıyan qatın litoloji-mineraloji xüsusiyyətlərinə müəyyən qədər yer ayırıq. Belə ki, element-qarışıqların karbohidrogenlərin tərkibinə cüzi miqdarda daxil olması litoloji-mineraloji tərkiblə bağlıdır. Türkmənistan ərazisində biz Çələkənyanı yarımzonasına diqqət yetirmişik və bu əsasda qırmızı rəngli məhsuldar qatın (QQ) kimyəvi xüsusi-ləşməsini aydınlaşdırmağa təşəbbüs etmişik.

Qırmızırəng qatın (QQ) tərkibində məhsuldar qatda olduğu kimi başlıca olaraq üç növ süxurlar iştirak edir: gillər, qumdaşları və alevrolitlər. Onların arasında fasial keçidlər mövcuddur. QQ`gilləri boz və qonurudur, alevrit və əhəngdaşı növlüdür. Süxurlar gilli kütlədən ibarət olub çoxlu miqdarda kvarsit alevrit dənəcikləri, çöl şpatları, karbonatlı və gilli süxurların parçalarını, biotit, muskovit, dəmirin və manqanın hidroskidlərini, maqnetit, ilmenit, sfen və b. qarışıqlar saxlayırlar. QQ-nin qumdaşları kiçikdənəvər və kvars-çöl şpatı tiplidirlər. Qırıntı hissəcikləri 60%-dən yuxarı kvars, 20%-dək çöl şpatı, 10% karbonatlı material (kalsit, dolomit, maqnezit) və cüzi miqdarda hornblendlərə, mikalara, distenə, titanitə, maqnetitə, qranatlara, hetit və hidrohetitə malikdirlər. QQ-nin alevrolitləri boz, sarımtıl-boz, qonuru-boz rənglidirlər, sıx dənəvərdirlər, gilli və əhəngdaşlıdırlar. Tərkiblərində karbonatlı süxurların parçaları, kvars, çöl şpatları, mikalar, amfibollar, qranatlar, turmalin, sirkon, rutil və s. minerallar iştirak edir. Bu süxurlara və minerallara daxil olan elementlər karbohidrogenlərin külündə müəyyən miqdarda iştirak edirlər.

Karbohidrogenlərin kimyası onların litoloji-mineraloji tərkibi ilə əlaqədar olaraq öyrənilmişdir. Neft küllərinin analizləri BDU-nun və Azərbaycan Dövlət Geologiya və Mineral Ehtiyatları Komitəsinin laboratoriyalarında yerinə yetirilmişdir. Neft küllərinin tərkibi dünyanın digər regionlarının kül tərkibi ilə müqayisə olunmuşdur.

Abşeron-Balxanyanı astanasında bizdən qabaq fəaliyyət göstərmiş tədqiqatçıların və bizim analizlərin nəticələrinin xülasəsi göstərir ki, neft küllərinin tərkibində 40-a qədər kimyəvi element vardır. Dəqiq tədqiqatlar apararaq bu elementlər arasındakı korrelyasion əlaqəni aydınlaşdırmaq və neftdaşıyan süxurların ilkin mənbəyini müəyyənləşdirmək mümkündür. Burada həmçinin MQ ilə QQ arasındakı fərqi üzə çıxarmaq mümkündür.

Dünyanın müxtəlif regionlarında kimyəvi elementlər karbohidrogenlərdə müxtəlif nisbətdə iştirak edirlər. Dəqiq, daha geniş aparılacaq tədqiqat işləri neftdaşıyan süxurların kimyəvi xüsusişməsini müəyyənləşdirməyə imkan verir. MQ və QQ-nin karbohidrogenlərində olan element-indikatorlar aşkar edilər, neft suları və onları qırışlıq strukturlarda müşayiət edən yodlu-bromlu sənaye sularının sənaye əhəmiyyətli yataqlarının tapılmasını asanlaşdırar.

Karbohidrogenlərin küllərinin elementar tərkibi, neft və sənaye sularının quru qalığının müxtəlif üsullarla analizi və neft-qaz saxlayan süxurlardan götürülmüş monomineral analizlər, onların müqayisəsi göstərir ki, dünyanın hansı regionundan həmin neft, yaxud sənaye suyu çıxarılmışdır və yeni yataqların proqnozlaşdırılması mümkündür.

Məlumdur ki, karbohidrogenlərin külünün kimyəvi tərkibi müəyyən dərəcədə neftsaxlayan süxurların mineraloji-kimyəvi tərkibindən və neftin miqrasiya yollarından asılıdır. Biz bu məqsədlə neft küllərinin öyrənilməsində geokimyəvi üsullardan istifadə etmişik. Təyin olunmuş geokimyəvi parametrlər göstərir ki, kənar süxurlara nisbətən neft hansı elementlə zəngin, yaxud kasıbdır. Beləliklə, neft flüidlərinin miqrasiyası zamanı hansı element ilkin süxur mənbəyindən gəlir, yaxud miqrasiya prosesində tutulmuşdur. Geokimyəvi parametrlər haqqında məlumat təqdim olunan dərsləyin lazımı bölmələrində verilmişdir. Başlıca parametrlər litosferin klarkları (K_l), süxur tiplərinin klarkları (K_s və K_f), konsentrasiya (təmərküzləşmə) klarkı (K_k), artım əmsali (K_a), metallaşma əmsali (M), kimyəvi xüsusişmə qradienti (G), kimyəvi xüsu-

siləşmənin işarəsi (-, yaxud+). Bu axırını qrafiki üsulla müəyyənləşdirilir.

QQ üçün bizim təyin etdiyimiz parametrlər əsasında MQ və QQ-nin süxurlarında elementlərin paylanma qanunauyğunluqları üzə çıxarılmışdır və onların yaşama formaları aydınlaşdırılmışdır. Aşağıda karbohidrogenlərin küllərində aşkar edilmiş kimyəvi elementlərin səciyyəsi verilir.

V a n a d i u m u n Yer qabığında çoxlu miqdarda təbii birləşmələri - mineralları vardır. Onların içərisində ən yox yayılanları vanadiumun sulfidi- patronit, dəmirli-nikelli vanadium saxlayan sulfid-bravoit, vanadiumun misli sulfoduzu-sulfanit, vanadium daşıyan titanlı maqnetit- davidait, vanadiumlu mika - raskoyelit, vanadinit və s. MQ və QQ-də sayılan minerallardan vanadium mikaların, titanlı maqnetitin, ilmenitin tərkibinə daxildir. Türkmənbaşı-Çələkən sahilində eosən və oliqosen çöküntülərində - arkoz qumdaşlarında klark miqdarında iştirak edir; miqdar fondan az, ya çox ola bilər. Elementin klarkdan və fondan az miqdarı qumlu-alevrit fraksiyasının çöküntülərindədir. Bir sıra gilli minerallarla vanadiumun ion radiusları yaxın olduğundan element gillər tərəfindən adsorbsiyaya məruz qalır. Üzvi maddə həmçinin vanadiumun adsorbentləri sırasına daxildir. Belə ki, qoloturiya və assidiya kimi orqanizmlər vanadiumla zəngindirilər. Abşeronun təmizlənmiş gilləri üzvi maddə daşıyır və vanadiumun miqdarı gilli süxurların fonundan 1,5-3 dəfə artıqdır. Türkmənistanın neftlərinin külündə vanadium Abşeron-Balxanyanı astananın şimali-qərbində olduğundan azdır. Burada vanadiumun miqdarı 0,05%-dir. Çələkəndə isə bu miqdar süxurların litoloji tərkibindən asılıdır (cədvəl 13).

Cədvəl 13

Dünyanın müxtəlif regionlarının və Türkmənistanın neftlərinin külündə vanadiumun geokimyəvi parametrləri

Neftdaşıyan vilayət	X	K _k	Kf _{çs}	Kf _G	Kf _Q
Türkmənistan	0,05	5,55	3,85	25,0	3,85
Fərqanə	0,25	27,8	19,3	125,0	19,3
Şimali-şərqi Qafqaz	0,50	55,5	38,5	250,0	38,5

13-cü cədvəlin davamı

Dağıstan	0,72	80,0	55,4	360,0	55,4
Tacikistan depressiyası	11,20	1244,4	861,5	5600	861,5
Abşeron yarımadası	0,08	8,91	6,17	40,0	6,17
Neft daşları	0,27	30,0	20,8	135,0	20,8
Palçıq sopkası	0,34	37,8	26,2	170,0	26,2
Darvin bankası	0,26	28,9	20,0	130,0	20,0
Pirallahı adası	0,72	80,0	55,4	360,0	55,4
Gürgən-dəniz	0,20	22,2	15,4	100,0	15,4
QQ (Çələkən)	0,02	2,22	1,54	10,0	1,54
QQ (Türkmənbaşı)	0,0237	2,63	1,82	11,85	23,7

Qeyd: x -küllərdə elementin orta riyazi miqdarı; K_k -konsentrasiya klarkı; $K_{fçs}$ -çökmə süxurların fon klarkı; K_{fG} -gillərdə elementin klarkı; K_{fQ} -qumlarda elementin klarkı.

Beləliklə, qərbdən şimali-qərbə doğru QQ-də vanadiu-
mun geokimyəvi parametrlərinin dəyişməsində müəyyən sabit-
lik nəzərə çarpır. Bu QQ-nin aşağı sərhədlərini tapmağa və
onu MQ-dən ayırmağa imkan verir.

X r o m MQ və QQ-nin gillərində, alevrolitlərində, qum-
larında və qumdaşlarında müstəqil minerallara malik deyil. La-
kin onun bu süxurlarda miqdarı K_1 və K_f -dən dəfələrlə artıqdır.
Xromun % artımı titanlı maqnetit, maqnetit və ilmenit kimi ak-
sessor minerallarla əlaqələndirilir.

Türkmənbaşının QQ-sində xromun miqdarı K_1 -dən 2-3
dəfə aşağıdır. Gillərdə və qumlarda həmçinin eyni nisbət
görünür. Buna baxmayaraq xromun %-i Türkmən neftinin
külündə Abşeron-Balxanyanı astanasının digər yataqlarından
artıqdır (cədvəl 14).

Cədvəl 14

**Dünyanın müxtəlif regionlarının və Türkmənistanın neftlərinin
külündə xromun geokimyəvi parametrləri**

Neftdaşıyan əyalət	X	K_k	$K_{fçs}$	K_{fG}	K_{fa}	K_{fQ}
Türkmənistan	0,04	4,81	4,0	0,728	-	2,63
Fərqanə	0,01	1,21	1,0	1,82	-	0,667
Şimali-şərqi Qafqaz	0,03	3,62	3,0	0,545	-	2,0

14-cü cədvəlin davamı

Dağıstan	0,016	1,96	1,6	0,29	-	1,07
Tacikistan depressiyası	0,0168	2,02	1,68	0,305	-	1,12
Abşeron yarımadası	0,028	3,36	2,8	0,51	-	1,87
Neft daşları	0,028	3,36	2,8	0,51	-	1,87
Palçıq sopkası	0,018	2,17	1,8	0,328	-	1,2
Darvin bankası	0,028	3,36	2,8	0,51	-	1,87
Pirallahı adası	0,16	19,3	16,0	2,9	-	10,7
Gürgən-dəniz	0,022	2,68	2,2	0,4	-	1,47
QQ (Çələkən)	0,0028	0,34	0,28	0,051	14	0,187
QQ (Türkmənbaşı)	0,005	0,586	0,47	0,09	24,3	0,324

Qeyd: Kf₂ - alevrolitlərdə xromun klarkı.

Manqan çökmə süxurlarda geniş yayılmış elementlərdəndir və o bu çöküntülərdə həm sərbəst minerallar, həm də element-qarışıq şəklində iştirak edir. QQ-nin karbonatlığının dəyişməsi ilə əlaqədar olaraq karbonatlar və QQ örtən Ağcagil və Abşeron çöküntüləri arasında müəyyən korrelyasion əlaqə müşahidə olunur. Korrelyasiyanın təyinində ilkin mənbə ilə dəniz hövzəsi arasındakı məsafə nəzərə alınmalıdır.

Təbiətdə manqanın 150-dən çox mineralı vardır. Onların başlıcaları manqanın hidromikalari - pirollyuzit, braunit, hausmanit, manqanit, psilomelan; karbonatları - rodoxrozit və manqan-kalsit silikatları - rodonit, manqandaşıyan qranatlar və epidotlardır. QQ və PQ-da həmin minerallardan, Abşeron və Ağcagil yaruslarında manqan-kalsitin, pirollyuzit və psilomelanın, qranatların və epidotların varlığını mülahizə etmək olar.

QQ-da manqanla nisbətən zəngin çöküntülər QQ-nin yuxarı yaruslarındadır. Ağcagil və Abşeron çöküntülərindən fərqli olaraq QQ-nin yaruslarında manqanın %-i qumlardan və qumdaşlarından gilli çöküntülərə doğru artır və Çələkənyanı zolaqda gillərdə və alevrolitlərdə öz maksimumuna çatır. Qumlu-gilli çöküntülərdə manqanın miqdarı K₁ və K₁-dən 2 dəfə və daha çox azdır. Türkmənbaşı ərazisinin çökmə süxurlarında eyni hal müşahidə olunur. Qırmızı qatın dabanındakı çöküntülərdə manqan pis sortlaşmış çöküntülərdə və alevrolitlərdə təmərküzləşmişdir.

Türkmənistanın və Abşeron yarımadasının neftlərinin küllərində manqanın geokimyəvi parametrlərinin qiyməti çox aşağıdır və bu iki regionda parametr nisbəti 2:1 kimidir. Manqanla nisbətən zəngin neft külləri Dağıstana məxsusdur (cədvəl 15).

Cədvəl 15

Dünyanın müxtəlif ölkələri və Türkmənistanın neftlərinin küllündə manqanın geokimyəvi parametrləri

Neftdaşıyan əyalət	X	K _k	Kf _{çs}	Kf _G	Kf _z	Kf _Q
Türkmənistan	0,08	0,8	1,2	1,34	-	1,6
Fərqanə	0,05	0,5	0,75	0,84	-	1,0
Şimali-şərqi Qafqaz	0,06	0,6	0,9	1,0	-	1,2
Tacikistan depressiyası	0,09	0,9	1,3	1,5	-	1,8
Dağıstan	0,133	1,33	1,8	2,21	-	3,6
Abşeron yarımadası	0,14	1,4	2,1	2,34	-	2,8
Neft daşları	0,04	0,4	0,6	0,67	-	0,8
Palçıq sopkası	0,4	0,4	0,6	0,67	-	0,8
Darvin bankası	0,026	0,26	0,39	0,435	-	0,52
Pirallahı adası	0,04	0,4	0,6	0,667	-	0,8
Gürgən-dəniz	0,044	0,44	0,66	0,735	-	0,88
QQ (Çələkən)	0,149	1,49	2,23	2,43	-	3,73
AQ- (Türkmənbaşı)	0,0238	0,356	0,397	0,238	-	0,595
YQ-Türkmənbaşı	0,033	0,33	0,493	0,55	-	0,825

Qeyd: AQ-aşağı qırmızırəngli qat; YQ-yuxarı qırmızırəngli qat.

Dəmir qırmızırəngli qatın başlıca elementidir. Dəmir sulu oksidlərinin və qismən manqanın qırmızı rəngli qatda geniş paylanması QQ-yə bu rəngi vermiş və çöküntülər bu adı almışlar. Məhsuldar və qırmızırəngli qatlarda dəmirin miqdarı onun çökmə süxurlardakı %-dən, o cümlədən gilli şistlər və qumdaşlarından 1,5 -2 dəfə artıqdır.

QQ-nin neftlərinin küllərində dəmir Darvin bankası, Şimali şərqi Qafqaz və Neft daşlarının neftinin küllərində olduğu qədərdir (cədvəl 16).

QQ, MQ, Türkmənistan, Neft daşları, Darvin bankası və Şimali-şərqi Qafqazın neftlərinin külündə dəmirin geokimyəvi parametrləri

Region	X	K _k	Kf _{çs}	Kf _G	Kf _Q
Türkmənistan	3,0	0,645	0,77	0,685	3,06
Darvin bankası	3,3	0,71	0,84	0,70	3,34
Şimali-şərqi Qafqaz	3,0	0,64	0,77	0,64	3,06
QQ	4,9	1,06	1,25	1,03	4,95
MQ	4,5	0,93	1,05	0,91	4,70
Neft daşları	3,27	0,70	0,84	0,69	3,3

Dəmir məhsuldar və qırmızırəngli qatların ayrı-ayrı horizontlarında aksesor minerallar - maqnetit, titanlı maqnetit, ferrosilit kimi piroksenlər şəklində iştirak edir; andradit-grossulyar sırası qranatların tərkibinə daxil olur.

Nikel bütün süxur tiplərinin litosfer və fon klarklarından qat-qat artıq miqdarda Abşeron yarımadasının karbohidrogenlərində iştirak edir. Türkmənistan, Fərqanə və Şimali-şərqi Qafqazın neftlərinin küllərində nikelin miqdarı nisbətən azdır. Dəniz neftinin küllərində nikelin miqdarı quruda olduğundan artıqdır. Elementin maksimum miqdarına palçıq sopkasının neftinin küllərində rast gəlinir. Təəccüblü olsa da Abşeron yarımadasının neftlərinin külündə nikelin miqdarı başqa regionlarda olduğundan azdır (cədvəl 17).

Müxtəlif neftdaşıyan regionlarda neftin külünün nikelini səciyyələndirən geokimyəvi parametrləri

Region	X	K _k	Kf _{çs}	Kf _G	Kf _Q
Türkmənistan	0,57	98,2	60,0	237,0	1140,0
Fərqanə	0,3	51,7	31,6	125,0	600,0
Şimali-şərqi Qafqaz	0,65	112,0	68,4	271,0	1300,0
Dağıstan	1,15	198,0	121,0	479,0	2300,0
Tacikistan depressiyası	8,34	1437,9	879,0	3475,0	12680,0
Abşeron yarımadası	0,16	27,6	16,9	66,7	320,0
Neft daşları	4,9	844,8	516,0	204,1	9800,0

17-ci cədvəlin davamı

Palçıq sopkası	9,0	1551,7	945,0	3750,0	18000,0
Darvin bankası	5,3	913,0	557,4	2208,3	10600,0
Pirallahı adası	9,6	1655,1	1010,0	4000,0	19200,0
Gürgən-dəniz	5,2	896,5	548,0	2166,6	10400,0
QQ (Çələkən)	0,0017	0,3	0,18	0,72	3,48
QQ (Türkmənbaşı)	0,001	0,17	0,105	0,42	0,2

QQ-ın Türkmənbaşı-Çələkən sahilində %-i müxtəlif süxurlarda və horizontlarda çökmə süxurların və qumlu-gilli çöküntülərin litosfer və fon klarklarından qat-qat azdır. Nikelin miqdarı QQ-də Çələkəndən Türkmənbaşına doğru şimal, şimali-qərb istiqamətində azalır. Digər tərəfdən neftlərin küllərində nikel neftdaşıyan süxurlarda olduğundan xeyli artıqdır. Palçıq sopkası və Neft daşlarında nikel element-indikatorudur, belə ki, onun miqdarı litosferin və çökmə süxurların fon klarkında on minlərcə dəfə artıqdır. Bu obyektlərin neftinin külündə nikelin geokimyəvi göstəriciləri, hətta ultrasəsi (Yer qabığında nikellə ən zəngin süxurlardır) əsasi, orta və turş maqmatit və vulkanitlərdən də bir neçə dəfə yuxarıdır. Beləliklə, regionların neftinin külündə olan nikelin miqdarına əsasən neftdaşıyan əyaləti səciyyələndirmək olar.

Mis qırmızırəngli qatın törəmələrində həmişə litosfer və fon klarklarında az miqdarda iştirak edir (cədvəl 18).

Cədvəl 18

Qırmızırəngli qatın süxurlarında misin geokimyəvi parametrləri

Süxurlar	X	K _k	K _{fcs}	K _{fG}	K _{fQ}
Gillər və alevrolitlər	0,0024	0,5	0,42	0,126	1,2
Gillər və alevritlər	0,0028	0,6	0,5	0,147	1,4
Qumlar və qumdaşları	0,036	7,7	6,3	3,5	18,0

Sedimentasiya hövzəsinin sərhədlərinin genişlənməsi və orta pliosen dövründə çöküntü toplama regionunun ilkin mənbədən uzaqlığı misin həll olunmuş şəkildə çökməsini şərtləndirmişdir. Ağcagil çöküntülərində misin müxtəlif yaşama formaları Ağcagil dənizinin konturunun kiçikliyi, hövzənin ilkin mənbəyə yaxınlığı ilə izah olunur. İlkin mənbədən

klastik (parçalanma) materialının dənizə doğru miqrasiyası çoxalmış və mis sahilkənarı şəraitdə molekulyar-örtük məhlullarında alevrolitlərin, gillərin və qumların məsamələrində çökmüşdür. Sedimentasiya hövzəsinin daha da kiçilməsi Abşeron yarusunun çöküntülərində misin qeyri-bərabər paylanmasına səbəb olmuşdur. Belə qeyri-bərabərlik digər regionlarda da nəzərə çarpır (cədvəl 19).

Cədvəl 19

Müxtəlif regionların neftlərinin külündə misin geokimyəvi parametrləri

Region	X	K _k	K _{fcs}	K _{fG}	K _{fQ}
Türkmənistan	0,08	17,02	14,0	4,21	-
Fərqanə	0,05	10,6	8,79	2,63	-
Şimali-şərqi Qafqaz	0,30	63,9	52,7	15,8	-
Dağıstan	0,97	206,4	171,7	51,0	-
Tacikistan depressiyası	0,13	27,7	22,8	6,84	-
Abşeron yarımadası	0,06	12,8	10,5	3,16	-
Neft daşları	0,05	10,6	8,8	2,6	-
Darvin bankası	0,03	6,4	5,3	1,6	-
Pirallahı adası	0,04	8,9	7,4	2,2	-
Gürgən-dəniz	0,04	8,1	6,7	2,0	-
(Türkmənbaşı) QQ	0,003	0,6	0,5	0,1	1,4
Çələkən (QQ)	0,04	7,7	6,3	1,9	17,5

Türkmənistan neftlərinin külündə misin miqdarı Abşeronun neft küllərində olandan 1,5-2 dəfə artıqdır. Dağıstanın neftləri üçün mis element-indikator ola bilər. Başqa regionlarda da neft küllərindəki misin miqdarı K₁ və K_f-dən 8-10 dəfə yüksəkdir.

Stronsium QQ-nin aşağı və yuxarı şöbələrində korrelyasiya horizontlarının müəyyənləşdirilməsinə qismən şərait yaradır. Belə ki, selestin şəklində süxurlarda iştirak edir və neft yataqları və sənaye sularında kifayət qədər (K₁ və K_f-dən yuxarı) toplana bilər. Lakin neftdaşıyan layların yerləşdikləri kənar süxurlarda stronsiumun miqdarı cüzdür. Çələkənin çökmə süxurlarında rast gəlinən vulkan külü laycıqlarında stronsiumun miqdarı bir qədər yüksəlir və 0,16%-ə çatır, başqa sözlə tufları ümumi klarkdan 2-2,5 dəfə artıq olur. QQ-nin çöküntülərində karbonatlığın artması da süxurdakı stronsiumun miqdarı ilə düz mütənasibdir və karbonatlı mühitdə

stronsianit şəklində çökür. Ağcagil çöküntülərində karbonatlığın yüksəlməsi ilə əlaqədar stronsiumun miqdarı hərdən 1%-ə çatır. Abşeronun balıqqulaqlı əhəngdaşlarında elementin miqdarı da %-lərlə hesablanır. Əhəngli qumdaşlarında və alevrolitlərdə stronsiumun %-i xeyli aşağı düşür.

BDU-nun mütəxəssisləri tərəfindən aparılmış tədqiqatlar göstərir ki, element-indikator kimi aşağıdakı metallardan istifadə oluna bilər:

1. Abşeron-Balxanyanı astanının şimali-qərbinin neftdaşıyan süxurları üçün nikel;
2. Tacikistan depressiyasının neftdaşıyan çöküntüləri üçün dəmir və vanadium;
3. Dağıstan neftləri üçün manqan;
4. Türkmənistan neftləri üçün mis-xrom-manqan-dəmir assosiasiyası.

Neftlərin küllərində birinci üç elementin nisbəti 2:1:2 kimidir.

KARBOHİDROGENLƏRİN MİQRASIYASI

Karbohidrogenlərin miqrasiyası əslində neftin zaman və məkan daxilində yarandığı üzvi maddələr saxlayan lillərdən məsaməli süxurlara - kollektorlara yerdəyişməsi və orada təmərküzləşməsi deməkdir. Yuxarıda qeyd etdik ki, neft karbohidrogenlərin yüzlərcə növlərinin qarışığıdır. Başlıca karbohidrogenlər metan, etan, propan və butan qaz şəklindədir və neftin içərisində həll olmuş haldadırlar. Lakin neftin tərkibini müəyyənləşdirən başlıca karbohidrogenlər olefin - C_2H_4 və naftendir - C_6H_{10} . Aydınlaşdırmaq lazımdır ki, nefti yarıdan bu karbohidrogenlərin yerdəyişməsinin səbəbi nədir, niyə neftin kollektorları qumlar, qumdaşları, qismən isə əhəngdaşlarıdır. Belə problemin həlli yeni neft və qaz yataqlarının tapılması üçün axtarış əlaməti ola bilər.

Miqrasiyanın isbatı. Neftin miqrasiyasının ən yaxşı izahı neftin torpağın dərinliklərindən süzülərək çatlar vasitəsilə Yerin səthinə çıxmasıdır. Neftin Yerin üzərinə çıxması eramızdan min illər əvvəl məlum idi. Bəzi hallarda belə mənbələr uzun

illər boyu neft verirdilər. Lakin çox zaman neftin yüngül fraksiyaları uçur və ondan ancaq qatran qalırdı. Digər hallarda maye ilə birlikdə qaz da səthə çıxırdı. Xeyli sahələr var ki, Yerin səthinə ancaq qaz çıxır. Abşeron yarımadasındaki Atəşgah buna misaldır.

Eramızdan əvvəl Şimali İtaliyada Aqriqenta yaxınlığında Yer səthinə çıxan neftdən işıqlandırma işlərində istifadə olunurdu. Çox da böyük olmayan neft bulaqları burada Bolonya və Genuya şəhərləri arasında adda-budda paylanmışdılar. Lap qədim zamanlarda relyefin çökəkliklərində toplanan suyun səthindən neft yığılırdı. Sonralar kiçik quyular qazaraq bu qiymətli yanacağı qoruyurdular. Əldə olan məlumata görə hələ 1640-cı ildə belə quyuların dərinliyi 18 m-ə çatırdı. 1802-ci ildə Amyendə Taro şəhərinin yaxınlığında neft belə quyulardan istehsal olunur, Parma və Genuya şəhərlərinin işıqlandırılmasına sərf edilirdi. Tarixdə qədim qaz çıxıntıları az təsvir edilmişdir.

Mesopotamiyada Dəclə və Fərat çaylarının axımı boyu neftin və qazın təzahürlərinin və İrandakı neft çıxıntılarının tarixi daha qədimdir. Bu barədə eramızdan 450 il əvvəl Herodot məlumat verir. Türkiyədə, İranda və Azərbaycanda olan neft təzahürləri haqda soxlu yazılar saxlanılmışdır. Türkiyə ilə Fars körfəzi arasında 800 km məsafədə vaxtaşırı neft çıxıntılarına təsadüf edilirdi.

Qədim Babilistanda (müasir İraq) Herodotun yazdığına görə Babil şəhərinin divarlarının tikilməsində neft bulaqlarının asfaltından sement kimi istifadə olunurdu. Plutarx «İskəndərin həyatı» əsərində Kərkük şəhəri (Bağdaddan 100 km şimalda) yaxınlığında qaz mənbələri və asfalt gölləri olduğunu təsvir edir. Mülahizə olunur ki, Kərkükün qaz təzahürləri minillərlə yanmışlar. Diametri 30 m-dən artıq olmayan kiçik çökəkliklərdəki yanan qaz gündüz o qədər də nəzərə çarpmır. Gecələr isə parlaq-göy rənglərlə ətrafı işıqlandırırdılar.

İraqın ən iri neft yataqları hazırda bu ərazidə istismar olunurlar və onlardan biri Kərkükdür. Buradakı başqa neft yataqlarına misal olaraq, Kərkükdən şimalda yerləşən Kəyarehi, İranla İraqın sərhədindəki Neft-xana və Neft-Şahi,

Məscidi-Süleymanı, İrandakı Neft-Şahı göstərmək olar. Ən iri neft yataqlarından biri olan Həft-Kəldə Yerin səthinə ancaq qaz çıxır. Nəfti-Səfiddə (nəfti-səfid tərcümədə ağ neft deməkdir) uzun illərboyu səthə çıxan yüngül neftdən istifadə olunmuşdur. Ehtimal olunur ki, belə neft səthə çıxan qazın kondensatıdır.

Abşeron yarımadasının neft və qaz təzahürləri insanlara məlum olan ən qədim sənədlərdə göstərilmişdir. Yüz illərlə bundan əvvəl atəşpərəstlər Hindistandan Abşerona gəlir və yanan qaz mənbələri yaxınlığında məbədlər tikirdilər. Yanan qaz mənbələri müqəddəs hesab olunurdu və dünyanın hər tərəfindən atəşpərəstləri bura cəlb edirdi. 1880-ci ilə qədər bu məbədlər Hindistan din adamları tərəfindən qorunurdu və ibadət mərkəzi idi. Bu odlar «Əbədi odlar» adlı sənədlərdə təsvir olunur. İndi həmin məbədlərdən muzey düzəldilmişdir və turistlərə nümayiş etdirilir.

Abşeron yarımadasının şərq qurtaracağında nafta adlanan maye neft məhsulu Yerin səthinə sızılırdı və bitum yaradırdı. Bitum isə farslar tərəfindən qayıqlarda İrana aparılır və işıqlandırma vasitəsi və yanacaq kimi istifadə olunurdu. Bitumun digər vacib mənbəyi «Müqəddəs ada» (Pirallahı adası) idi.

Palçıq vulkanları həmçinin karbohidrogenlərin miqrasiyasının vacib amilidir.

Karbohidrogenlərin miqrasiyası neft alınması üçün vurulmuş buruq quyularının fəaliyyəti ilə də sübut olunur. Buruq quyuları neftdaşıyan kollektorları -qumları kəsdikdə neft və qaz sürətlə quyunun lüləsinə meyl edir və Yer səthinə fəvvarə vurur. Müəyyən aralıqda vurulmuş buruq quyularının fəaliyyəti göstərir ki, neft azı 200 m məsafədə bir quyudan o birisinə yerini dəyişə bilər. Müəyyən ərazinin buruq quyuları 3,2 km məsafəyə qədər bir-birilə bağlı ola bilər və mərkəzdə qoyulan buruq quyusu güclü fəvvarə vurarsa ətraf quyuların debiti nəzərə çarpacaq dərəcədə azalır.

Bataqlıq qazı. Dünyanın bir çox hissələrində qaz yerin səthinə bataqlıq qazı şəklində zühur edir. Belə qaz yanardır və çoxsaylı analizlər göstərir ki, o metandır - CH_4 . Ola bilsin ki,

bataqlıqlardakı üzvi maddənin bir hissəsi karbohidrogenlərə çevrilir və onları örtən çöküntülərdən süzülərək səthə çıxır. Belə hadisələrə qədim bataqlıqlarda daha çox təsadüf edilir.

Miqrasiyanın səbəblərinin öyrənilməsində neftdaşıyan süxurların məsaməliliyinə, onları təşkil edən hissəciklərin forması və sortlaşma dərəcəsinə, səthi gərginlik və kapilyarlığa, adsorbsiyaya, sıxlığa, lay təzyiqinə, lay suları və onların miqrasiyasına, basdırılmış sulara, qazların roluna xüsusi fikir verilməlidir.

Karbohidrogenlərin miqrasiyasının tədqiqi üçün bir sıra fərziyyələr irəli sürülmüşdür. Bunlardan hidravlik, qravitasiya-hidravlik, sıxılma-hidravlik nəzəriyyələr miqrasiyanın səbəblərini daha düzgün aydınlaşdırmağa imkan verir.

Karbohidrogenlər bölməsinə son vuraraq belə nəticəyə gəlmək olar ki, neft və qaz müəyyən şəraitdə karbohidrogenlər hopmuş lillərdə yaranır. Daha sonra karbohidrogenlər ətraf süxurlardakı müəyyən həcmli, linzaşəkilli qumlara miqrasiya edir və bu hadisə differensial təzyiq tarazlığı nisbətindən yaranır və neft kollektorlarda toplanır.

VI FƏSİL

METEORİTLƏR

Yerin dəmir nüvəsi, pirolit mantiyası və alümosilikat qabığı haqda təsəvvürlər barədə mülahizə və hipotezlər hər şeydən əvvəl meteoritlərin öyrənilməsi ilə əldə edilmişdir. Xalq dilində meteoritlər hər gecə gördüyümüz «düşən ulduzlardır». Onlardan böyükləri atmosferdən keçərkən qismən yansalar da Yerin səthinə çatır və kainatın sirrləri barədə bizə məlumat verir. Meteoritlərin və mikrometeoritlərin düşməsi ilə əlaqədar olan atmosferdəki optik və başqa hadisələr ümumi «meteor» termini ilə ifadə olunur. Məlumdur ki, ilin müəyyən vaxtlarında meteorlar kiçik hissəciklərin yağışı kimi təzahür edirlər. Belə yağışların baş verməsi Yerin öz orbitində parçalanmış kometlər ilə görüşməsi ilə əlaqədardır. Lakin iri meteoritlərin mənbəyi tamamilə başqadır və bu barədə başlıca olaraq iki fikir vardır:

1. Mülahizə edilir ki, Günəş sisteminin 4-cü və 5-ci planetləri - Mars və Yupiter arasında milyardlarla il bundan əvvəl Faeton adlı bir planet fırlanırmış. Naməlum səbəblərdən həmin planet vaxtilə partlamış, onun yerində asteroidlər qurşağı yaranmışdır və Faetonun parçaları vaxtaşırı başqa planetlərin, o cümlədən Yerin cazibə sahələrinə daxil olaraq onların səthinə düşürlər;

2. Ola bilsin ki, meteoritlər iri planetlər yarandıqdan sonra onlardan qalmış artıq maddədir.

Meteoritləri öyrənərkən «tapılma» və «düşmə» anlayışları arasında müəyyən sərhəd keçirilməlidir. Birinci anlayış göstərir ki, meteoritin düşməsi müşahidə olunmayıb və onun Yerin səthində nə vaxtdan qaldığı məlum deyil. Belə hüdudun qoyulmasının petroloji və kimyəvi tədqiqatlarda vacib əhəmiyyəti var, belə ki, «tapılmalar» Yerin səthinə düşdükdən sonra geoloji müddət ərzində aşına bilər, dəyişilər və ilkin tərkib və strukturlarını itirə bilərlər. «Düşən» meteoritlər isə Yerlə toqquşan fəza cisimlərinin mahiyyətini daha düzgün əks etdi-

rirlər. 1959-cu il noyabrın 24-də bizim respublikamızın ərazisinə düşmüş Yardımçı meteoriti buna əyani misaldır. Düşən meteoritlərdən təxminən 92%-i «daş»dır, olivin və piroksenlərdən təşkil olunmuşdur və azacıq metal xəlitələri ilə başqa birləşmələr saxlayırlar. Meteoritlərin 6%-ə qədəri «dəmirdir» və dəmir-nikel xəlitəsindən ibarətdirlər. Yerdə qalan 2% yarımbaran «daş» və «dəmirdən» ibarətdirlər. Lakin «tapılan» meteoritlərin əksəriyyəti «dəmirdir», belə ki, onlar daş meteoritlərə nisbətən aşınmaya az məruz qalır, tərkib və strukturlarını dəyişmir, sıxlıqlarının böyük olması ilə seçilir və xüsusi görkəmə malikdirlər.

Düşən meteoritlər Yerə atmosferindən keçərkən o qədər qızılırlar ki, səthə çatanda partlayırlar və alınan parçaların sürəti düşərkən azalır. Yerə düşən iri meteoritlər planetlə toqquşarkən ilkin kinetik enerjilərinin böyük qismini saxlayır və bomba çalalarına oxşayan partlayış kraterləri yaradırlar. Meteoritlərin düşdüyü yerdə yaranan zərbə dalğası, çala yaxınlığında azmüddətli yüksək temperatur və təzyiqli şəraiti yarada bilər və bu cür mühitdə koesit (kvarsın daha böyük sıxlıqlı şəkildəyişməsidir) kimi qeyri-adi fazalı minerallar əmələ gəlir. Belə fazalar Arizona meteoritinin kraterində müşahidə edilmişdir. Zərbə kraterlərinə Yerə başqa sahələrdə, Ayın, Marsın, və Merkürün səthlərində təsadüf edilir. Planetlərin və Ayın səthlərinin son illərdə alınmış şəkillərində belə zərbə çalaları aydın görünür. Atmosferdən keçərkən ani artan istilikdən meteoritlərin səthində reaksiya qabıqları yaranır. Onların qalınlıqları bir millimetrdən artıq olmayıb tərkibləri oksidləşmə məhsulları və şüşədən ibarətdir. Meteoritlər düşərkən Yerə atmosferinin qazlarını öz daxillərində qismən uda bilərlər və bu onların kainatda uçarkən boş olan məsələlərini doldura bilər. Yaranmış reaksiya qabığı ilə qazların adsorbsiyası arasında müəyyən əlaqə var və meteoritlərin tərkibi öyrənilərkən bu hadisə mütləq nəzərə alınmalıdır.

METEORİTLƏRİN YAŞI

Meteoritlərin tədqiqinin vacib məsələlərindən biri onların yaşının müəyyənləşdirilməsidir. Adətən meteoritlərin yaşı onlardakı müxtəlif elementlərin radioaktiv izotoplarının nis-

bəti ilə təyin olunur. Yaşın üzə çıxarılması üçün meteoritlərin tarixində beş başlıca hadisəyə fikir verilir:

1. Elementlərin nüvələrinin sintezi (nükleosintez);
2. Xəlitələrdən bəzi meteoritlərin bərk ana maddəsi kimi sübləşməsi;
3. Ana cismin soyuması;
4. Ana cismin parçalanması;
5. Meteoritlərin düşməsi.

Bu hadisələrdən ən mühümü nükleosintezdir, daha sonra isə izotopların xəlitədən sülb maddəyə keçərkən özünü aparmasıdır. Əgər meteoritlər yaxşı saxlanıbsa bu iki hadisənin baş verməsi üçün 4,5 milyard il vaxt keçməsi lazım gəlmişdi mülahizə olunur. Fikirləşilir ki, nükleosintez ilə meteoritin tam sübləşməsi arasında göstərilən vaxt keçməlidir. Broun tərəfindən təklif edilmiş nükleosintez metodu azyaşayan radioaktiv izotopların (^{205}Rb , ^{129}J və s.) parçalanmasının stabil məhsullarının nisbi miqdarının öyrənilməsinə əsaslanır. ^{129}J -un ^{129}Xe parçalanması üçün yarımparçalanma periodu 17 milyon ildir. Reynolds (1960), Merrixyu (1963) və başqalarının məlumatına görə xondrit tipli daş meteoritlərdə ^{129}Xe -nin formalaşmasına təxminən 100 milyon il sərf olunmalıdır. Nükleosintez və meteoritin bərkiməsi arasındakı vaxt intervalının təyini, meteoritlərin sonrakı hadisələr zamanı qızmaması şəraitində mümkündür, yaxud da təyini üçün elə izotop götürülməlidir ki, onun qızmaya həssaslığı cüzi olsun. $^{129}\text{J}/^{129}\text{Xe}$ nisbətinə əsaslanan təyinatda temperatur həddü 500-1800K arasında olmalıdır (Merrixyu, 1963). Bərkimənin yaşının müəyyənləşdirilməsi üçün sıx əlaqəli metalların, rubidium-stronsium, renium-osmium, yaxud qurğuşun-bismut və s. nisbətlərinə əsaslanan üsullardan istifadə etmək olar. Adı çəkilən elementlər kimyəvi elementlərin dövri sistemində yanyana durmuşlar və eyni rəqəmli izotoplara malikdirlər.

Qersoq və başqaları (1969) $^{129}\text{J}/^{129}\text{Xe}$ metodunu kömürlü xondritdəki maqnetikin yaşının təyini üçün istifadə etmişlər. Müəlliflər belə fikrə gəlmişlər ki, bu primitiv xondritin meteoritin içərisində «xondrlar» (damlacıqlar) yoxdur, yaşı baş-

qa daş meteoritlərin yaşından seçilmir. Bunu nəzərə alaraq onlar mülahizə edirlər ki, sıxlaşma, xondrların yaranması və akkresiya (ətraf mühitdən maddə ilə təmin olunaraq böyümə) ilə birlikdə Günəş dumanlığı mərhələsi cəmi 2 milyard ilə qədər davam etmişdir. Bu nəticənin Günəş sistemi və Yerin yaranması hipotezlərinin əsaslandırılmasına əhəmiyyətli təsiri var.

Meteoritlərdə onların bərkiməsindən sonra baş verən hadisələr kosmik şüaların onların səthlərində buraxdığı izlərə görə öyrənilir. Ana cismlər parçalandıqda onların qırıq müstəviləri daha təzə olur, kosmik şüalar radioaktiv və qeyri-radioaktiv nüvələr arasında müxtəlif dərəcədə udulur və alınan nisbət meteoritin yaşının təyininə imkan yaradır. Bu metoddan meteoritin ilkin həcmnin ölçülərəninin təyini və onun atmosferlə münasibətinin aşkar edilməsi üçün də istifadə etmək olar.

METEORİTLƏRİN TƏSNİFİ SXEMLƏRİ

Meteoritlərin ən sadə təsnifi onların tərkibi nəzərə alınaraq verilir. Belə sxemlərdə onlar üç qrupda cəmləşdirilir:

1. Dəmir meteoritlər. Onları siderit adlandırırlar; tərkibləri azacıq kobalt saxlayan nikelli dəmirdən ibarətdir;

2. Siderolit deyilən daş-dəmir meteoritlər. Bunların yarısı nikelli dəmir, yarısı isə silikatlardır (piroksen və olivin);

3. Daş meteoritlər - aerolitlər. Silikatlardan ibarət olub nikelli dəmirin kiçik damlalarını saxlayırlar. İki növə bölünürlər: a) xondritlər (yuvarlaq xondrları, daş-dəmir damlaları olan daş meteoritlər); b) axondritlər (xondrlar yoxdur).

Lakin ədəbiyyatda hərdən xüsusi adlara da təsadüf olunur. Onları tapılmaların yerlərinə, yaxud tapan şəxslərin adlarına görə verirlər. Hindistanda Bixar ştatında Şerqotti deyilən yerdə tapılmış meteoritə görə, misal üçün, axondritlərin «şerqotit» qrupu ayrılmışdı. Bu qrup avgitin və maskelenitin (zərbdən yaranmış çöl şpatı şüşəsi) olması ilə səciyyələndirilirdi. Məşhur geokimyəçi və petroloqlar (Meyzon, Prayon, Vink, Saukov, Müller, Saksena və b.) meteoritlərdə silikat: metal nisbətini, metal və silikat kütlənin tekstur və strukturunu və kimyəvi tərkibin əlavə xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq meteorit-

lərin ümumiləşdirilmiş təsnifi sxemini təklif etmişlər. (cədvəl 20).

Cədvəl 20

Meteoritlərin təsnifatı

Qruplar	Sınıf və yarımşinif
Dəmir meteoritlər	Heksaedritlər Oktaedritlər Aznikelli ataksitlər Çoxnikelli ataksitlər
Dəmirdaş meteoritlər	Pallasitlər Mezosideritlər
Daş meteoritlər	Enstatitli xondritlər Adi xondritlər olivin-hiperstenli pijonitli Kömürlü xondritlər I tip II tip III tip Axondritlər hiperstenli enstatitli olivin-pijonitli hipersten-plaqioklazlı diopsid-olivinli avgitli

Qeyd: Xondritlər, son illərdə dəmirin faizindən asılı olaraq bircinsli (dəmir azdır) və müxtəlif tərkibli növlərə ayırırlar.

Yüksək və aşağı dəmir faizli xondritlər təqribən bronzitli (ferrosilitin %-i 14, 7-17, 2 arasında dəyişir) və hiperstenli növlərə (17,-9, -21,7% ferrosilit) uyğun gəlirlər. Bircins xondritlər üçün dəmirli-maqneziumlu silikatların varlığı və Fe/Mg-nun sabit nisbəti meteoritin bütün kütləsində səciyyəvidir. Müxtəlif cins xondritlərdə kimyəvi tərkib silikatların dənəsindən – dənəsinə doğru dəyişir və meteoritin cismi bir neçə fazada ifadə olunur. Kömürlü və enstatitli xondritlər bu növə aiddirlər.

Qeyd edilməlidir ki, mütəxəssislər meteoritlərin çox mürəkkəb təsnifi sxemlərindən istifadə edirlər, lakin onların dərslərdə verilməsi məqsədəuyğun deyil.

METEORİTLƏRİN MİNERALOGİYASI

Meteoritlərin çoxunu mineral assosiasiyası və kimyəvi tərkiblərinə görə Yer in süxurlarından seçmək asandır. Son illərdə maddənin tərkibinin öyrənilməsinin müasir fiziki-kimyəvi üsullarının həssaslığı artdığından meteoritlərin aşkar edilən minerallarının sayı xeyli çoxalmışdır və bu proses davam etməkdədir. Biz burada meteoritlərin amorf və kristallik fazalarındakı başlıca minerallarının siyahısını və kimyəvi tərkibini veririk (cədvəl 21).

Cədvəl 21

Kristallik və amorf fazalarda meteoritlərin başlıca mineralları

Xondrit, axondrit, dəmirdaş və dəmir meteoritlərdə	
Mineral	tərkib
1	2
Kamasit (α- dəmir)	(Fe,Ni,Co) -xəlitə
Tenit (γ-dəmir)	(Fe,Ni,Co) -xəlitə
Troilit	FeS
Pentlandit	/Fe,Ni/S _{1-n}
Qrafit	C
Almaz	C
Ortopiroksen	/Mg, Fe/SiO ₃
Klinopiroksen	/Ca,Mg,Fe,Ti,Al/ SiO ₃
Olivin	/Mg,Fe/2 SiO ₄
Plaqioklaz	/Ca, Na ₂ /Al ₂ Si ₆ O ₁₆
Qələvi çöl şpatı	/Na, K/ AlSi ₃ O ₈
Şüşə	Al,K,Na-la zənginləşmişdir
Vitlokit	Ca ₃ /PO ₄ /2
Apatit	Ca ₅ /PO ₄ /C ₃
Şreyberzit	/Fe,Ni/3P
Koqenit	/Fe, Ni/3C
Dobreelit	FeCr ₂ S ₄
İlmenit	/Fe,Mg/3/PO ₄ /2
Sarkopsid	FeTiO ₃
Farrinqtonit	Mg ₃ (PO ₄) ₂
Şpinel	/Mg,Ni/Al ₂ O ₄
Xromit	FeCr ₂ O ₄
Rutil	TiO ₂

1	2
Karlsbergit	CrN
Başlıca olaraq enstatitli xondritlərdə və axondritlərdə	
Enstatit	MgSiO ₃
Alabandin	MnS
Oldaqamit	CaS
Sinoit	Si ₂ N ₂ O
Osbornit	TiN
Tridimit	SiO ₂
Kristobalit	SiO ₂
Kvars	SiO ₂
Sfalerit	ZnS
Nininqerit	(Fe, Mg, Mn) S
Başlıca olaraq kömürlü xondritlərdə	
Laylı silikatlar	(Mg, Fe) ₆ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₈
Ferrit	(Fe, Ni)Fe ₂ O ₃
Maqnezit	(Mg, Fe)CO ₃
Kalsit	CaCO ₃
Dolomit	CaMgC ₂ O ₆
Gips	CaSO ₄ ·2H ₂ O
Epsomit	MgSO ₄ ·7H ₂ O
Üzvi maddə	H-C-N-S-O
Kükürd	S
Akermanit	Ca ₂ MgS ₂ O ₇
Qelenit	Ca ₂ AlSiAlO ₇
Perovskit	CaTiO ₃
Qrossulyar	Ca ₃ Al ₂ Si ₃ O ₁₂
Sodalit	Na ₄ ClSi ₃ Al ₃ O ₁₂
Qibonit	Ca ₂ (Al, Ti) ₂₄ O ₃₅

Cədvəldə verilmiş fazalardan çoxu geniş yayılmış və meteoritlərin əksəriyyətində təsadüf olunurlar. Belə fazalara hər şeydən əvvəl qrafit, troilit, piroksen, olivin, silikat şüşəsi və dəmirli-nikelli xəlitələrə - kamasit və tenit aid edilə bilər. Xondritlərin başlıca tərkib hissəsi olivin, piroksen, Fe-Ni xəlitəsi və troilitdir. Bu minerallar axondritlər və dəmir meteoritlərdə də üstün mövqə tutur. Nisbətən az yayılmış silikat fazasına plaqioklaz daxildir. Bu mineral adi xondritlərdə yüksək temperaturlu

albit şəklində iştirak edir. Mezosideritlərdə və piroksen-plaqioklazlı axondritlərdə plaqioklaz başlıca fazaya çevrilir və onun tərkibində kalsiumun miqdarı əhəmiyyətli dərəcədə artır. Yerdə qalan fazalara meteoritlərdə vaxtaşırı və az miqdarda təsadüf olunur. Onlar çox zaman sabit deyil və bəzən tədqiqatçılar tərəfindən qeyd olunurlar.

METEORİTLƏRİN GEOKİMYASI VƏ GENEZİSİ

Meteoritlərin müxtəlif qruplarda cəmləşdirilməsi bilavasitə onların kimyəvi tərkibləri ilə bağlıdır. Kimyəvi tərkibə baxılarkən metal/silikat nisbətinə fikir verilir və bundan asılı olaraq dəmir, daşdəmir və daş meteoritlər müəyyənləşdirilir. Dəmir və daşdəmir meteoritlərin kimyəvi tərkibləri o qədər dəyişkəndir ki, onlardan ancaq təsnifi məqsədlərlə istifadə olunur. Axondritlər də dəyişkən tərkibliyə və hətta bəzən monomineral süxurlar yaradırlar. Xondritlər nisbətən sabit tərkibliyə və onların müxtəlif siniflərinin nümayəndələri bir-birindən dəmirin oksidləşmə dərəcəsi ilə fərqlənirlər.

Meteoritlərin kimyəvi dəyişkənliyini ətraflı öyrənmiş G.T.Pryaor (1916, 1920) belə bir qanun aşkar etmişdir:

«Xondrit meteoritlərində nə qədər az dəmir-nikel xəlitəsi varsa, onlar o qədər nikellə zəngindir və maqnezial silikatlarda dəmirin miqdarı o qədər artıqdır». Meteoritlərə aid geoloji ədəbiyyatda verilən ifadəyə **Prayor qanunu** deyilir.

Xondrit meteoritlərinin müxtəlif qruplarının kimyəvi analizləri cədvəl şəklində verilir (cədvəl 22). Dəmirin oksidləşmə dərəcəsi cədvəldən aydın nəzərə çarpır və dəmirin ümumi miqdarı ilə xəlitəyə daxil olan faizinin fərqi meteoritlərin mənşəyinin müəyyənləşdirilməsində mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

**Müxtəlif xondrit meteoritlərinin müəyyən
qruplarının kimyəvi tərkibi**

Komponentlər	1	2	3	4	5	6
Fe	23,70	15,15	6,27	4,02	0,00	0,00
Ni	1,78	1,88	1,34	1,43	0,00	0,00
Co	0,12	0,13	0,05	0,09	0,00	0,00
FeS	8,09	6,11	5,89	5,12	3,65	5,65
SiO ₂	38,47	36,55	39,93	34,82	27,81	21,74
TiO ₂	0,12	0,14	0,14	0,15	0,08	0,07
Al ₂ O ₃	1,78	1,91	1,86	2,18	2,15	1,59
MnO	0,02	0,32	0,33	0,20	0,21	0,18
FeO	0,23	10,21	15,44	24,34	27,34	23,86
MgO	21,63	23,47	24,71	23,57	19,46	15,24
CaO	1,03	2,41	1,70	2,17	1,66	1,18
Na ₂ O	0,64	0,78	0,74	0,69	0,63	0,71
K ₂ O	0,16	0,20	0,13	0,23	0,05	0,07
P ₂ O ₅	Sl.	0,30	0,31	0,20	0,30	0,27
H ₂ O	0,34	0,21	0,27	0,10	12,86	19,17
Cr ₂ O ₃	0,23	0,52	0,54	0,58	0,36	0,35
NiO	0,11	-	-	0,00	1,53	1,19
CoO	-	-	-	0,00	0,07	0,06
C	0,32	-	0,03	0,19	2,48	2,99
Cəmi	99,89	100,29	99,67	100,08	101,00	100,03
Üzvi maddə	-	-	-	-	-	6,71

Analizlər: 1. Enstatitli xondrit (Denyels, Kuil; 1916); 2. Adi xondrit, N tipi, yüksək dəmirli (Oakley, 1956); 3. Adi xondrit - tipli, az dəmirli (Meyzon, 1961); 4. Kömürlü xondrit; 5. Kömürlü xondrit (Uiik, 1956); 6. I növ kömürlü xondrit (Uiik, 1956).

Gətirilmiş analizlər Prayor qanununun düzgünlüyünü sübut edir. Lakin 6-cı analizdə üzvi birləşmənin və suyun çoxluğu onların səma mənşəli olmasını şübhə altına alır. Ola bilsin ki, meteor düşdükdən sonra keçən müddət ərzində müəyyən dəyişmələrə məruz qalmışdır. Həmin analizlər suyun, kömürün və kükürdün çıxarılması şərtilə atom %-ləri ilə hesablanmışlar (Cədvəl 23).

Müxtəlif qrup xondrit meteoritlərinin atom %-ləri ilə kimyəvi tərkibi (N, O, C və S-süz)

Komponent	1	2	3	4	5	6
Fe	28,52	26,32	21,85	25,72	26,18	27,34
Ni	1,65	1,74	1,27	1,38	1,41	1,37
Co	0,11	0,12	0,04	0,08	0,06	0,07
Si	34,98	33,17	36,17	32,77	31,85	31,12
Ti	0,08	0,10	0,09	0,14	0,09	0,09
Al	1,91	2,04	2,01	2,42	2,90	2,68
Mn	0,02	0,25	0,26	0,16	0,19	0,22
Mg	29,43	31,72	33,92	33,03	33,19	32,48
Ca	1,67	2,34	1,57	2,19	2,04	1,81
Na	1,13	1,37	1,30	1,25	1,40	1,97
K	0,18	0,23	0,17	0,27	0,07	0,12
P	-	0,23	0,25	0,16	0,29	0,33
Cr	0,32	0,37	0,39	0,43	0,33	0,40
24	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Atom faizləri ilə göstərilmiş və xondritlərin sabitliyinin zəif diferensiyaya məruz qaldığını göstərən rəqəmlər, xondritlərdəki uçucu olmayan elementlərin Günəş sistemindəki miqdarı ilə müqayisə olunduqda daha aydın özünü biruzə verir və bu fəza cismləri arasındakı qohumluğu sübut edir (cədvəl 24).

Günəş sistemi və xondritlərdə uçucu olmayan elementlərin müqayisəli kimyəvi tərkibi (at. %)

Elementlər	Günəş sistemi	Xondritlər
Si	34,7	36,3
Mg	27,4	33,2
Fe	30,09	21,8
Na	2,19	1,59
Al	1,74	3,45
Ca	1,56	1,78
Ni	0,90	0,995
P	0,24	0,182
Cr	0,17	0,283
Mn	0,087	0,249
Ti	0,053	0,0888
K	0,055	0,115

Qeyd: analizlər Odlerin (1961); Züssün və Yurinin (1956) işləri əsasında verilir.

Xondritlərdə uçucu element-qarışıqların miqdarı sabit deyildir. I növ kömürlü xondritlərdən adi xondritlərlə doğru selen, gümüş, qallium, qurğuşun, tallium, bismut, civə və indium kimi xalkofillərin miqdarı tədricən azalır. Mendeleyev cədvəlində qonşu olan civə, tallium, qurğuşun və bismut (atom №-ləri müvafiq olaraq 80, 81, 82 və 83-dür) kimi metalların faizi kömürlü xondritlərdə adi növlərdən artıqdır. Günəş maddəsi ilə meteoritlər arasında ittrium və itterbiumun miqdarları arasında nəzərə çarpacaq fərq var.

Günəşin maddəsi ilə meteoritlərin tərkibinin yaxınlığı bu fəza cismlərinin Günəş sistemində daxil olan hər hansı bir hipotetik planetin parçaları olması barədə mülahizə yürütməyə imkan verir. Belə bir fərziyəni şərtləndirən aşağıdakı amillər mövcuddur:

1. Meteoritlərdən və tərkibcə onlara yaxın olan Yerdəki suxurlardan və filizlərdən götürülmüş numunələrdə dəmirin, nikelin, xromun və silisiumun izotop tərkibləri sabitdir. Bu, Yer və meteoritlərin eyni ilkin maddədən yaranmasını sübut edir;

2. Meteoritlərin yaşı 2,9-3 milyard ildən yuxarı deyil, Yer yaşı bir planet kimi 3-4,5 milyard il və bir qədər artıq götürülür. Bu məsələ və yuxarıda meteoritlərin yaşı bəhsində verdiyimiz amillər nəzərə alınarsa (nükleosintez, xəlitə və sülb maddə arasındakı əlaqə və s.) meteoritlərin və Yer fəza qoşumluğu nəticəsinə gələrik;

3. Müəyyənləşdirilmişdir ki, meteoritlər kicikik səma maddəsinin hissəcikləri ilə birlikdə Günəş sistemində zodiakal işığı şərtləndirən meteor maddə yığımları yaradır. Müvafiq hesablamalardan sonra akademik V.Q.Fesenkov belə bir fikir söyləyir ki, meteoritlər bizim Günəş sistemində ulduzlar arası fəzadan gələ bilməz;

4. Meteoritlərdə işığın əks edilməsi asteroidlərdə olan kimidir. S.V.Orlov göstərir ki, asteroidlər sferik cismlər olmayıb, müxtəlif formalı və ölçülü qırıntılardan ibarətdir, onların toqquşmaları və parçalanmaları indi də davam edir;

5. Meteoritlərin kimyəvi və mineraloji tərkibinə gəldikdə onları təşkil edən mineralların, demək olar ki, hamısına Yerdə

rast gəlirik. Qeyd etmək kifayətdir ki, başlıca meteorit minerallarından troilitə respublikamızın məşhur Filizçay kolçedan-polimetallik yatağında, pentlanditə Kəlbəcər və Daşkəsəndə, olivin və prioksenlərə Kiçik Qafqazın mərkəzi hissəsinin mantiya maddəsində, Laçın, Kəlbəcər və Talışın ultraəsasi süxurlarında və s. rast gəlinir.

Meteoritlərin başlıca növü xondritlərdir. Onların və Günəş maddəsinin (müvafiq olaraq Yer maddəsinin) ümumiliyi aşağıdakı amillərin varlığı ilə izah oluna bilər:

1. Ümumiyyətlə, xondritlərin, ələlxüsus I tip kömürlü xondritlərin elementlərinin Günəşin kimyəvi tərkibinə uyğun gəlməsi;

2. Xondritlərdəki izotopların, xüsusən azyaşayan elementlərin radiokativ parçalanması nəticəsində yaranan izotopların nisbi tərkibi;

3. Xondritlərin strukturu;

Meteoritləri bir elm sahəsi kimi öyrənən mütəxəssislərə lazım olan digər əlavə əlamətlər bunlardır:

4. Xondritlərin müxtəlif siniflərində elementlərin tərkibinin nisbi fərqi, oksidləşmənin dərəcəsinin dəyişməsi, xondritlərin az və çoxdəmirli növlərinin varlığı və Prayor qanunu;

5. Xondritlərdə metallik dənələrin paylanma səciyyəsi;

6. Bircins və müxtəlifcins xondritlərin varlığı;

7. Bir sıra xondritlərdə maddənin iki və daha artıq generasiyasının varlığı və qarışması nişanələri;

8. Meteoritlərdə ani hadisələrin varlığı işarələri;

9. Eyni paragenezisdə olan minerallarda elementlərin paylanma təbiəti və bu hadisədən asılı olaraq kristallaşma zamanı temperatur və təzyiqin tarazlığının müəyyənləşdirilməsi.

Bütün bu amillər meteoritlərin vaxtilə Mars və Yupiter arasında dövr edən bir planetin parçaları olması mülahizəsinin həqiqətə uyğunluğunu aşkar edir.

Müxtəlif tərkibli xondritlərin strukturlarının tədqiqi, digər amillər də nəzərə alınarsa həmin planetin daxili quruluşu barədə təsəvvür yaradır. A.N.Zavariskinin hesablamalarına görə «Faetonun» dəmir nüvəsinin radiusu, planetin bütün radiusunun 40%-ni təşkil edirmiş (Yerin nüvəsinin radiusu

ümumkürə radiusunun 57 %-ni tutur). Xarici bazalt örtüyünün qalınlığı isə planet radiusunun 1,5%-nə bərabər imiş (Yerin bazalt örtüyünün qalınlığını orta hesabla 30 km qəbul etsək burada bu rəqəm 0,47%-dir). Deməli, «Faetonun» nüvəsi Yerinkindən kiçik, bazalt örtüyü isə qalın imiş.

Faetonun parçalanması sülb halda baş vermiş və nəticədə çoxlu miqdarda peridotit tərkibli, lakin kristallik struktura malik evkrit və xondritlər kosmik fəzaya dağılmışlar. Fərz olunur ki, bazalt örtüyünün altındakı peridotit təbəqəsi (tərkibi Yerin mantiyasının tərkibinə uyğundur) ilk əvvəl qismən maye, qismən isə sülb halda imiş. Maye hissə damlalara parçalanmış və həmin damlalar soyuyaraq xondrlara çevrilmişlər.

Partlayışdan sonra Faetonun maye dəmir özəyi (Yerin xarici iri nüvəsinin də maye olduğu mülahizə olunur) həmçinin damlalara çevrilmiş və narın meteorit tozu ilə birləşərək xondrit aqlomeratlarını yaratmışdır. Yer qabığında, o cümlədən bizim respublikada vulkanik aqlomeratlara tez-tez təsadüf edilir.

Faetonun sülb dəmir özəyi (daxili nüvəsi) parçalandıqdan sonra kiçik hissəciklərə bölünmüş və narın kosmik tozla qarışaraq dəmir meteoritlərə xüsusi və ancaq onlara xas olan struktur görkəm vermişdir. Meteoritlərin belə yolla yaranması onların quruluşunun xüsusiyyətləri və yüksək məsaməliliyi ilə sübut olunur. Belə ki, daş meteoritlərin məsaməliliyi Yer qabığının püskürmə süxurlarının məsaməliliyindən 5-6 dəfə artıqdır.

Meteoritlərin tektit deyilən növü də var. Onların çəkiliəri bir neçə qramdan artıq deyil, görkəmləri şüşəvaridir, düşmələri müşahidə olunmamışdır, genezisləri isə hələ ki, qəti müəyyənləşdirilməmişdir. Tektitlərin mənşəyi barədə maraqlı məlumat «Pravda» qəzetinin 15 dekabr 1988-ci il nömrəsində verilmişdir. Buradakı «Başqa planetdən yağış» məqaləsi hipotezin doğrulması rubrikası altında gedir və tektitlərin məğzi belə izah olunur: «Tektitlər. Tanınmamış uçan obyektlərlə müqayisədə tektitləri Yer qatlarında yatım salmış tanınmamış kütlələr adlandırmaq olar. Hazırda tektitlər mənşələri aydınlaşdırılmamış ciddi məsələdirlər. Keçən əsrin ortalarından tektitlərin səma, yaxud yer mənşəli kütlələr olması fikirləri ara-

sında mübahisələr gedir. «Yermənşəlilərin» birinci tərəfdarı Çarlz Darvin olmuşdur».

Müəmmalı şüşə damlalarının ən iri yatımlarına Avstraliya-Asiya tektit qurşağında təsadüf edilir. Qurşağın uzunluğu 10 min kilometrə çatır və donmuş şüşə damlaları yerləşən süxur laylarının yaşı on min ildən yuxarı deyildir. Tədqiqatlar süxurların yaşı ilə onların saxladıqları tektitlərin yaşı arasında əhəmiyyətli fərqin olduğunu göstərir. Tektitlərin yaşı 0,5-1 milyon il arasında dəyişir. Elə çıxır ki, ana öz övladından 100 dəfə cavandır və tektitlər yarandıqdan yüz min illər keçdikdən sonra süxurlara soxulmuşlar. Bu məsələni aydınlaşdırmaq lazımdır.

Novosibirskili alim E.M.İzox mülahizə edir ki, tektitlər başqa planetdə doğulmuş və uzun müddət kainatda səyahət etdikdən sonra Yərə düşmüşlər. Günəş sisteminin buzlu zirehi olan planetlərdən birində, vulkanik fəaliyyət nəticəsində lava püskürmüş, onun damlaları buz-qar örtüyünə düşərək soyumuş, sonra öz növbəsində buzla bərkimişdir. Sonrakı püskürmələri müşayət edən partlayışlar planetin buzlara bərkidilmiş lava damlaları olan iri parçasını qoparır və kosmosa tullayır. Beləliklə, dərinliklərində lava damlaları (tektitlər) saxlayan komet peyda olur. Onun buz zirehi «damla», «qantel», «mərçi», «düymə» və «göbələk» formalı tektitləri kosmik şüalardan qoruyur, planetlərarası fəzada dağılmalarına mane olur.

E.P.İzox bu fikrin ilk müəllifi deyildir. Tektitlərin kometlər vasitəsilə Yerin səthinə gətirilməsi 50-ci illərdə kosmokimyacı E.Sobotoviç tərəfindən söylənilmişdir. Tektitlər Şimali Aral kənarında Jamanşinin zərbə kraterində tapıldıqdan sonra bu məsələ ilə E.P.İzox məşğul olmuş, aydınlaşdırılması mümkün olan hipotez yaratmış və Avstraliya-Asiya tektit qurşağını Vyetnamdan (bu ölkədə də tektitlərin yatımına rast gəlinir) keçirərək Jamanşinə qədər uzatmışdır. Onun fikrincə, Yərlə toqquşan kometdən iri bir parça qopmuş, sıldırım izlə (trayektoriya ilə) Jamanşinə soxularaq zərbə krateri yaratmışdır, kometin digər parçaları xətti olaraq Avstraliya və Asiya

qitələrində paylanmış, cavan süxurlara tökülərək fəzada izlə-nən qurşaq yaratmışlar.

Tektitlər xondrların xüsusi növüdür və gördük ki, onla-rın vulkanik mənşəli olması E.P.İzox tərəfindən əsaslandırılır. Meteoritlərə aid ədəbiyyatda xondrların varlığının, həmçinin vulkan fəaliyyəti ilə bağlı olması ən sübut edilmiş hipotezlər-dən biri hesab olunur.

Məşhur amerikan geokimyəçisi Rinqvud xondrların vul-kan məhsulları olmasının ardıcıl və ağlabatan nəzəriyyəsinin yaradıcılarından biridir. Onun fikrincə meteoritlərin müxtəlif qrup və sinifləri tərkibinə görə I tip kömürlü xondritlərin dəyişmələridirlər. Rinqvudun konsepsiyası əsasında həcmi Aydan böyük olmayan, müxtəlif ölçülü fəza cismlərinin ana maddəsinin azyaşayan radioizotopları hesabına qızması gedir. Nəticədə mürəkkəb kimyəvi reaksiyalar baş verir, karbonun birləşmələri yuxarı valentli dəmiri bərpa edir və prosesin ilk mərhələsinin temperaturu 900 K-dən artıq olmadıqda CO_2 və H_2O daha yüksək temperaturda isə CO və H_2 ayrılır. Mülahizə olunur ki, sonra H_2O və H_2S güclü həlledici kimi təsir göstə-rək bir çox elementlərin meteoritlərin bəzi növlərindən çıxma-sına səbəb olurlar. Ancaq I tip kömürlü xondritlərə dəyişmə təsir etmir.

Rinqvudun modelinə görə meteoritlərdə əldə edilmiş bərpa dərəcəsi, Prayor qaydası ilə qeyd edilir və kömürün ilkin miqdarından asılıdır. Azdəmirli qrupun nisbətən güclü oksid-ləşmiş adi xondritlərində ilk əvvəl kömür az olmuşdur, enstati-li xondritlərin isə karbonla zənginliyi onlarda qrafitin olması ilə sübut olunur.

Güman edilir ki, göstərilən prosesin ən yüksək mərhələ-sində ana kütləsinin daxilində ərimə baş verir. Əmələ gələn maqma səthə püskürülür, nəticədə CO və H_2 kimi qazlar tez-liklə uçurlar. Vulkanik proses nəticəsində maqma güclü dezin-teqrasiyaya məruz qalır və eyni zamanda tez soyuması xondr-ların və səciyyəvi xondrit strukturlarının peyda olmasına sə-bəb olur. Metallik və silikat hissəciklərinin bir yerdə rast ol-

ması, maqmada turbulent hərəkət zamanı qravitasion sepe-
siyanın aradan qaldırılması ilə izah olunur.

Fiş və başqalarının (1960) modelində kömürlü xondritlərə ilk əvvəl ana maddəsi kimi baxılır, onlar asteroid, yaxud as-
teroidlərin yaxın məhsulları hesab edilir və onlardan sonra
fəza cisminin mərkəzinə doğru adi xondrit, axondrit, daşdəmir
və dəmir meteoritlərin yerləşmə sırası müəyyənləşdirilir. Vul-
kanik emanasiyalar başlıca olaraq S_2 və SiS ilə zənginləşmiş-
lər və onlarda C , H_2O və H_2 həlledici rol oynadır. Mikroele-
mentlərin meteoritlərdə paylanması FeS və uçucu qazların
«kükürd tsiklində» şaquli hərəkəti ilə izah olunur. Aydın mə-
sələdir ki, xondritlər yarandıqdan sonra uzun geoloji həyatları
boyu müəyyən dəyişilmələrə məruz qalırlar və bu hadisələr
onların yaşı və tərkiblərindən asılı olaraq öyrənilməlidir.

Geoloji ədəbiyyatda meteoritlərin ilkin qaz-toz Günəş
dumanlığından, fəza cismlərinin toqquşmasından və parça-
lanmasından yaranması hipotezləri də mövcuddur.

Hər il Yerin səthinə milyonlarla ton meteorit düşür. On-
ların çəkili bir neçə qramdan yüzlərlə tonadək olur. Meteo-
ritlərin düşdüyü sahələrdə kraterlər və iri çalalar yaranır. Hər-
dən belə kraterləri vulkanik mənşəli hesab edirlər. Misal üçün
1984-cü ildə Podolyada, İlnetsk rayonunun Luqovaya kəndi-
nin yaxınlığında iri bir çökəklik, aerofoto-planalama nəticə-
sində aşkar edilmişdi. Şəkillərdə bu çökəklik nəhəng vulkanın
kraterini xatırladırdı. Lakin düzənlikdə iri bir vulkan qurğusu-
nun varlığı şübhə doğururdu. Ukrayna alimlərinin əksriyyəti
bu fikrə gəlmişdilər ki, burada Yerlə toqquşmuş kometin par-
çası - bolid düşmüş, partlamış və özündən sonra zərbə krateri
izi qoymuşdur. Bu fikrin təsdiqi üçün, əlbəttə, hər şeydən qa-
baq fəza cismlərinin parçalarını tapmaq lazım idi. Ayın, Günəş
sisteminin başqa planetlərinin səthlərində çoxlu miqdarda
meteoritlərin zərbə kraterlərinin izləri var. 1959-cu ildə Azər-
baycanda Yardımlı rayonunda xondrit tipli dəmir meteorit
düşmüş və M.S.Qaşqay ilə V.İ.Əliyev tərəfindən «Yardımlı
meteoriti» adı ilə tədqiq olunmuşdur.

«Tapılmış» və «düşmüş» daş, dəmir və daşdəmir meteoritlər yığılır, onların mineraloji, kimyəvi, izotop tərkibləri öyrənilir və Yer in yaranması və quruluşu haqda olan hipotezlərin əsaslandırılması üçün istifadə olunur. Lakin elə səma cisimləri var ki, özlərindən sonra iz qoysalar da (zərbə kraterləri) onların maddi qalıqları tapılmır, haradan gəldikləri və tərkibləri insanlar üçün sirli qalır. Buna səciyyəvi misal Tunqus meteoritidir. Biz bu «hipotetik» xondrit barədə öz fikrimizi söyləmək istəyirik. Belə ki, Tunqus meteoritinin sirrinin açılması Yer in və Günəş sisteminin yaranması hipotezinin başlıca amillərindən birinə çevrilə bilər və bu geokimya və kosmikimyanın qarşısında duran mühüm məsələlərdəndir.

Tunqus meteoriti nədir? Xondritdir, axondritdir, partlamış buz parçasıdır, sideritdir, yaxud siderolitdir? Əgər meteoritdirsə, onun tərkibi nədir? Müasir Yer haqda elmi baxımdan bu suala cavab verməyə çalışaq.

...1908-ci ilin iyun ayının axır günlərində Orta Sibir dağüstü düzənliyində Daşaltı Tunquska və Aşağı Tunquska arasındakı sahədə ardıcıl olaraq bir neçə gün gecələr çox işıqlı keçmişdir. 30 iyun səbh tezdən səmada gözqamaşdırıcı parlaq və yüksək sürətlə uçan fəza cismi müşahidə edilmişdir. Bir neçə saniyədə Günəşin işığını kölgələndirən həmin kütlə, tüstülü-dumanlı quyruq şəkilli iz buraxaraq üfüqdən qeyb olmuşdur. Bir andan sonra Daşaltı Tunquska çayının sahilində yerləşən Varovara ticarət məntəqəsinin (faktoriyasının) yaxınlığında göyə nəhəng alov sütunu qalxmış və tüstü-duman buludu yaranmışdır. Bizim fikrimizcə, həmin bulud tüstü yox, bütünlüklə su buxarından ibarət imiş. Göyə qalxan alov sütunu 450 km məsafədən görünmüşdür, partlayışın səsi yüz kilometrərlə uzaqlarda eşidilmişdir. Böyük bir ərazidə, zəlzələdə olduğu kimi torpaq lərzəyə gəlmiş, binalar titrəmiş, evlərdəki asılı əşyalar yellənmiş, pəncərə şüşələri çərçivələrindən qoparılmış və parça-parça olmuşdur. Yer in tərpənməsi planetin bir sıra seysmik stansiyalarında qeyd olunmuş və güclü hava dalğası Yer ətrafında bir neçə dəfə dolanmışdır...

O zaman Tunqus fəlakəti ilə məşğul olan müəssisə və adamlar olmamışdır. Qəza yerinə birinci ekspedisiya 1927-ci

ildə təşkil olunur. 1928-1930-cu illərdə SSRİ Elmlər Akademiyası Tunqus tayqasına iki əlavə ekspedisiya göndərir. 1938-ci ildə fəlakət ərazisinin aerofotoplanı alınır. Böyük Vətən Müharibəsinin başlaması Tunqus meteoritinin tədqiqini dayandırır və təkrar işlər ancaq 1958-ci ildə bərpa olunur.

Meteoritin öyrənilməsi üçün aparılan işlər bir neçə məsələni üzə çıxarmışdır. Məlum olmuşdur ki, meteorit Yerin səthi ilə toqquşarkən zərbə krateri yaratmamış və onun maddəsindən kiçik bir zərrə də qalmamışdır. Böyük bir sahədə ağaclar yıxılmış və on kilometrə məsafədə onların gövdələri partlayışın mərkəzinə doğru cəhətlənmişdir. Maraqlı burasıdır ki, partlayışın mərkəzində, onun dağıdıcı gücü daha çox gözlənilmədiyi yerdə ağaclar yıxılmamış, ancaq təpələri və budaqları qırılmışdır. Təsəvvür etmək olar ki, hava dalğası ağacları təpədən vurmuşdur.

Aparılan müşahidələr Tunqus meteoritinin Yer səthindən kifayət qədər ucada, havada partlaması barədə mülahizələrin yaranmasına səbəb olmuşdur. Partlayışın bütün nəticələri nəzərə alınarsa onun nöqtə səciyyəli olması fikrinə gəlmək olar, başqa sözlə partlayış bir anda mərkəzdən baş vermişdir. Belə ki, ağaclar vahid bir mərkəzdən radial şüavi şəkildə ətrafa dağılır və konsentrik çevrə yaradırlar. Bununla bağlı olaraq sirli cismin təbiəti haqda müxtəlif hipotez və mülahizələr meydana çıxmışdır. Mülahizələrdən biri, hətta Tunqus meteoritinin kosmik gəmi olduğunu iddia edir və fərz edir ki, bu gəmi Yerin cazibə sahəsinə daxil olmuş və atmosferlə toqquşaraq partlamışdır.

Tunqus meteoritinin təbiəti barədəki hipotez və fərziyyələr hamısı ciddi çətinliklərlə qarşılaşır və onların heç biri tam qəbul edilmir. Bu fəza cisminin təmsalında təbiətin sirli hadisələrinin öyrənilməsi ilə bağlı olan və uzun illər ərzində elmi əsaslandırılması çətinlik törədən maraqlı qanunauyğunluq izlənilir. Adətən kainat və Yerlə əlaqədar olan məsələnin izahı və həlli elmin qonşu sahələrinin köməyi ilə başa çatdırılmalıdır. Tunqus möcüzəsinin də sirri bu cür açılmalıdır. Biz burada geokimyacı üçün maraqlı olan bir sıra hipotezlərin xülasəsini veririk.

Fiziklər Tunqus meteoritinin təbiətini antimaddə, anti-hissəciklərlə əlaqələndirirlər. Mülahizə olunur ki, Tunqus meteoriti milyard illərlə kosmik fəzada dolaşan və nəhayət, bizim planet ilə toqquşan antimaddənin balaca bir hissəsidir. Məlum olduğu kimi maddə və antimaddənin təması annihilyasiya ilə nəticələnir; maddə və antimaddə bütünlüklə elektromaqnit şüalanmasına məruz qalır və bu zaman nəhayətsiz enerji ayrılır. Antimaddə hipotezinin müəllifləri bu yolla Tunqus xondritini müşayiət edən dağılmanın səbəbini izah etməyə çalışırlar. Düzü, meteoritin antitəbiəti hipotezinin tərəfdarları çox az idi. Antimaddə parçasının kosmik fəzada uzun müddət səyahət edərək salamat qalması şübhə doğururdu. O çoxdan ulduz və planetlərarası hissəciklər ilə toqquşub məhv olmalı idi.

Fizikanın başqa böyük kəşfini, kvant generatorlarının - lazerlərin yaranmasını da Tunqus meteoritinin sirrinin açılmasına yönəldirlər. Həmin mülahizəyə görə 1908-ci ildə Tunqus tayqasında baş verən hadisələrin hamısının səbəbi, mənşəyi məlum olmayan kosmik lazer şüasının iyun ayının 30-da səhər çağı Yeri kəsməsidir. Bu izah o qədər ağlasığmazdır ki, heç kəs onu ciddi fikir kimi qəbul etmir. Lakin XX əsrin axırında, texniki tərəqqinin belə yüksək mərhələsində hər şey fikirləşmək olar.

Son illərdə Tunqus meteoritini fiziki ideyalarla bağlayan yeni bir təşəbbüs göstərilmişdir. Bu dəfə o, fizik və astrofiziklərin sirrini araşdırdıqları «Qara deşik» hipotezi ilə əlaqələndirilir. «Qara deşik» özünün şəxsi cazibə qüvvəsi tərəfindən «zəbt» olunmuş nəhayətsiz sıxılmış maddədir. Belə «cism» ətraf mühitdən maddəni ancaq udur, onun daxilindən isə xaricə nə hissəcik, nə də şüalanma çıxa bilməz. Bunu nəzərə alaraq ABŞ-da Texas Universitetinin iki fiziki: A.Cekson və M.Rian fərz edirlər ki, bəlkə Tunqus meteoriti çox böyük sürətlə Yerin atmosferinə soxulmuş balaca bir «qara deşik» imiş.

Müxtəlif ölkələrin fiziklərinin apardığı hesablamalar göstərir ki, Tunqus meteoritinin düşdüyü zaman baş verən hadisələr, əgər Yer «Qara deşiklə» toqquşsaydı baş verə biləcək hadisələrdən əsaslı olaraq seçilir.

Rus geoloq və geofiziklərinin Tunqus meteoritinə həsr olunmuş bir sıra ciddi işləri var.

RF-in Yerin Fizikası İnstitutunda Tunqus meteoritinin partlayışını modelləşdirən bir sıra maraqlı eksperimentlər qoyulmuşdur. Fəlakət baş vermiş sahənin müəyyən miqyasda maketi düzəldilmiş və xüsusi kamerada yerləşdirilmişdir. Makeddə ağacların gövdələri məftillərlə ifadə olunmuş və onların üzərində müxtəlif nöqtə və hündürlüklərdə, müəyyən bucaqlar altında kiçicik partlayışlar törədilmişdir. Hər partlayışdan sonra meşə ağaclarının yığılmasının özünəməxsus şəkilləri yaranmışdır. Bir sıra hallarda təbiətlə süni eksperiment arasında müəyyən oxşarlıq əldə etmək mümkün olmuşdur.

Alınmış məlumat göstərir ki, Tunqus meteoriti 30-50 km/san sürətlə hərəkət edirmiş və 5-15 km yüksəklikdə partlamışdır. Partlayışın gücü 20-40 meqaton trotilin qüvvəsinə bərabərmiş. Dağıntının səbəbi partlayışın zərbə dalğaları olmuşdur; onlar üstdən və altdan əks edilərək, Yerin səthindən ətraf meşəliyə təsir etmişlər.

Məşhur rus astronomu və meteoritlər sahəsində mütəxəssis akademik V.Q.Fesenkovun fikrincə planetimiz 1908-ci ilin iyun ayının axırında nisbətən kiçik bir kometin buz özəyi ilə toqquşmuşdur. K.P.Stanyukoviçin hesablamaları göstərir ki, buzdən olan kometlər səsin sürətindən böyük sürətlə Yer atmosferinə daxil olur, qabaqca tədricən əriyir, atmosferin aşağısında sıx hava şəraitində buz qızır və komet bir anda qaz laxtasına çevrilir və buxarlanır. Bu hadisə özlüyündə güclü partlayışı xatırladır.

Bu axırıncı hipotez Tunqus meteoritinin təbiətini daha qənaətbəxş izah edir. Lakin onun sübutu üçün köməkçi amillər lazım idi. Məsələn, qeyd edilirdi ki, 1908-ci ildə Günəşin yaxınlığından heç bir komet keçməmişdir. Əlbəttə, XX əsrin əvvəlinin texniki səviyyəsi nəzərə alınarsa, fikirləşmək olar ki, kometin astronomlar nəzərdən qaçırmissalar, belə ki, kometin varlığını göstərən bir amil tapılmamışdı.

Astronomlar bilir ki, bolidlərin uçması və atmosfərə girməsi zamanı elə bil, səmada ətrafa odlu damcılar şəklində qığılcımlar səpələyən kürə uçar. Bolidlərin təzahüründən

sonra Yerə meteoritlər düşür. Bolidlərin sistemətik olaraq fotoşəkillərinin alınması məqsədilə xüsusi «meteorit şəbəkəsi» düzəltmiş Amerika və Çexiya alimləri fərz edirlər ki, bu fəza cismləri Yerə atmosferinə soxulur, lakin səthə çatmamış məhv olurlar. Ola bilsin ki, Tunqus meteoriti bolidir. Moskvalı astronom V.A.Bronşteyn 33 bolidin və Tunqus cisminin xüsusiyyətlərini müqayisə etmiş və onlar arasında fiziki oxşarlığın olması fikrinə gəlmişdir.

Tunqus meteorit buz komet olmasını akademik Q.İ.Petrov da qəbul edir. Onun hesablamalarına görə həmin fəza cismi buz kristallarından ibarət, yumşaq özəkli iri qar kütləsi olub, 100 min ton çəkilyə, 300 m en kəsiyinə və sudan dəfələrlə böyük sıxlığa malik imiş. Yerə atmosferinə səsdən 100 dəfə böyük sürətlə soxulmuş bu qar toplusu bir anda qızmış və buxarlanmışdır. Yer səthindən bir neçə kilometr hündürlükdə qar toplusunun qalığında buxarlanma nəticəsində yaranan qazlar sürətlə genişlənmiş, partlamış və zərbə dalğası yaratmışlar ki, nəticədə radiusu on km-lərlə olan iri bir ərazidə ağaclar radial-şüavi görkəmdə yerə sərilməmişlər.

Fesenkovun, Bronşteynin və Petrovun mülahizələri Tunqus meteoritinin havada partlamasının fiziki təbiətini, zərbə çökəklikləri və xondritlərin parçalarının olmaması səbəblərini nisbətən qənaətbəxş izah edir. Tunqus meteoritinin qarlı-sulu buz olması məsələsi adama elə gəlir ki, sübut olunur. Lakin yenə də meteoritin bütün sirləri açılmır. 1983-cü ildə SSRİ EA-nın Sibir şöbəsinin meteoritlər və kosmik toz komissiyasının Ümumittifaq astronomiya və geodeziya cəmiyyətinin Krasnoyarsk və Tomsk şöbələrindən genişləndirilmiş yığıncağındakı çıxışlar sirlərin hələ açılmadığını göstərirdi. Oradakı məruzələrdən bir neçə ifadəni misal gətirək:

«... İndiyə qədər meteorit adlandırılan kütlənin maddəsinin bir milliqramı belə tapılmamışdır».

«Təəssüf ki, nə patlamışdır?» sualına hələ ki, düzgün cavab tapılmamışdır».

«Hipotezlərdən heç birini əsaslandırılmış hesab etmək olmaz».

Sirli Tunqus meteoritinin indiyə qədər yaddan çıxmamasına səbəb olan amillərdən biri də möcüzəni açmaq istəyən axtarışçı-həvəskarlardır. Məsələn, Tunqus probleminə həsr olunmuş Tomsk özfəaliyyət ekspedisiyası yaradılmışdır (TKÖE). TKÖE-nin həvəskar üzvləri məzuniyyətlərini Tunqus tayqasında keçirir və meteoritin kiçik bir parçasını tapmağa çalışırdılar. Onlar meteoritin düşdüyü gündən indiyədək faktları yığır, sistemə salır və müqayisə edirlər. 40 ildən artıq fəaliyyətdə olan ekspedisiyanın cərgələrindən 2000-dək adam keçmişdir. Onun gənc üzvlərinin çoxu sonralar astronom, yaxud geoloq sənətini seçmiş və talelərini planetin öyrənilməsi işinə bağlamışlar.

Tunqus meteoritinin sirri açılacaq, ya yox? Qeyd edək ki, bu suala krasnoyarsklı D.Timofeyev 1986-cı ildə cavab vermişdir ki, yox. Səbəbi, gərək meteorit olsun ki, onun da sirri bilinsin. Timofeyevin fikrincə asteroid, bolid, meteorit və s. fəza cismi Tunqus tayqasında olmamışdır. Partlayışın ərazisinin mərkəz hissəsində bataqlıqlar var. Burada təbii qaz yığılmış və altdan tektonik pozulmalar boyu sızılan qazların təsirindən atmosferdə toplanmış və təsadüfi qığılcımdan partlamışdır. Timofeyev hesablamışdır ki, Tunqus partlayışı gücünə malik fəlakətin baş verməsi üçün 0,25-2,5 milyard kub metr qaz lazımdır. Geoloji miqyasda bu həcm o qədər də çox deyil.

Atmosferdə qaz dağılır və küləklə aparılırdı. Atmosferin yuxarı təbəqələrində qaz ozonla reaksiyaya girir, oksidləşir və göydə işıqlanma baş verirdi. Gecə-gündüz ərzində qazın quyruğu 400 km-ə çata bilərdi. Hava ilə qarışan qaz buludu güclü partlayış qüvvəsinə çevrilmişdi və onun partlamasına dediyimiz kimi balaca bir bəhanə lazım idi.

Yeni hipotezə görə Tunqus çökəkliyindən on kilometr-lərlə ətrafa qasırğa cəbhəsi boyu qaz yayılaraq havada nəhəng bolidi xatırladırmış. Qazın daha çox yığıldığı çökəklikdə nəhəng kürə alışmış və minlərlə ağacı zərbə dalğası ilə yıxmışdır. Eyni zamanda zərbə dalğasından Yer səthi çökmüş, onun çatları və parçalanmaları bağlanmış və qazın atmosferə axını dayanmışdır. Evenklər deyirlər ki, partlayışdan sonra bataq-

lıqların suyu adamın əlini yandırır. Təbii qazın tərkibində müəyyən qədər kükürd var, o su ilə reaksiyada turşu yaradır ki, o da insanın dərisinə yeyici təsir edir.

Bizim fikrimizcə, Timofeyevin hipotezi əğlabatan deyil. Birincisi ona görə ki, zərbə dalğasından çatlar və parçalanmalar bağlanmalı yox, daha da genişlənməli idilər, ikincisi budur ki, partlayışın mərkəzində qədim, sönmüş vulkanın nəhəng krateri var və burada solfatar hadisələri müşahidə olunmuşdur, üçüncüsü isə Qərbi Asiya və Avropa üzərindəki işıqlı-rəngli gecələri qaz partlayışı ilə izah etmək məntiqdən kənar işdir və s.

Bu suala TKÖE-nin yaradıcılarından biri, SSRİ Tibb Elmləri Akademiyasının həqiqi üzvü N.V.Vasilyev belə cavab verir:

«1958-ci ildə biz ancaq bir şeyi qəti bilirdik: 30 iyun 1908-ci ildə, təxminən səhər saat 8-də, Qrinviç vaxtı ilə saat 00-da Mərkəzi Sibirin ərazisi üzərindən iki kosmik obyekt uçmuşdur. Uçuş güclü işıq və səs hadisələri ilə müşayiət olunmuş və Vanavar ticarət fabriyasında partlayışla nəticələnmişdir. 2150 km² sahədə meşə dağılmışdır. Yerin ətrafına dolanan partlayış dalğasını Avropanın və Asiyanın (İndoneziyanın), ABŞ-ın geofiziki stansiyaları qeyd etmişlər. Bu bizim Tunqus meteoriti barədə birinci təsəvvürümüzdür.

1960-1967-ci illərdə bütün dünya rəsədxanalarının arxivlərindəki geofiziki məlumatlar cəm olunduqdan sonra təsəvvür dəyişir. Hazırda yüzlərlə səhifədən ibarət, partlayış zamanı baş vermiş hadisələri təsvir edən material var. Meteoritin partlaması belə mülahizə olunur: güclü yanğından meşənin döşənəyi od tutur və alov eyni zamanda iri ərazini əhatə edir. Lakin həmin anda yanğın partlayış dalğası tərəfindən saxlanılır. Daha sonra yeni yanğın ocaqları yaranır və birləşərək iri sahəni tutur. 1908-ci ilin meşə yanğınının başlıca xüsusiyyəti duran ağacların yox, yıxılan ağacların od tutması idi.

Partlayış dalğasının törətdiyi dağıntı sahəsinin forması da spesifik idi. Meşə dairə üzrə pozulmamışdı. Ağacların yerə sərildiyi sahə qanadları açıq uzanmış kəpənəyi xatırladırdı. «Kəpənəyin» bir qanadı şimal-şərqə, digər qanadı isə cənub-

qərbə istiqamətlənmişdi. Şimal-qərbə doğru dağıntısının sahəsi 40-45 km uzanırdı. Cənub-şərqə doğru məsafə dəyişir, lakin dağıntısının gücü artır. Digər səmtlərdə partlayış dalğasının gücü zəif idi.

Meşənin yıxılma strukturu da maraqlıdır: Ağaclar mərkəzdən ətrafa doğru radial istiqamətdə yıxılmışdılar. Lakin burada müəyyən ox simmetriyası müşahidə olunurdu. Bəzi mütəxəssislərin fikrincə bu uçan obyektin zərbə dalğasının izi ola bilərdi.

Partlayışdan yerin səthi zədələnməmişdir, krater və çökəkliklər yox idi. Maraqlı burasıdır ki, meteorit paleovulkanın krateri üzərində, onun yerüstü mərkəzinə təsadüf edən nöqtədə partlamışdı.

TKÖE-nin işi nəticəsində üç vacib fakt müəyyən olunmuşdur:

1) Uçan cism axır dəqiqələrdə 95° azimutla şimal-qərbdən cənub-şərqə doğru hərəkət edirmiş. Anqara çayının orta axımında yerləşən qəsəbələrin sakinləri meteoriti eyni vaxtda görmüşlər. Bu yerdə səhər saat 7-də Günəşin bucaq hündürlüyü 28° -dir. Işıqverən kütlə Günəşdən ayrılmış parça kimi təsvir olunur. Fəza cisminin Varnavara yaxınlığında partlaması və Anqaranın orta axımında onun görünməsi bir-birinə zidd amillərdir. Belə ki, əgər çayın orta axımının sahəsindən meteorit görünərsə, onda fikirləşmək lazımdır ki, partlayışın mərkəzi Yerdən yüzlərcə kilometr ucadadır. Digər tərəfdən, məlumdur ki, meteoritlər Yer səthindən maksimum 130-140 km məsafədə yanır. Bu iki məntəqədən meteoritin eyni zamanda müşahidə edilməsi mümkün deyil. Belə faktın varlığı «Kosmik zond», «Başqa planetdən gələn gəminin partlaması» kimi hipotezlərin doğrulmasına səbəb olmuşdur.

2) Tunqus meteoritinin öyrənilməsinə bütün ömrünü həsr etmiş L.A.Kulikdən başlamış indiyə qədər fəaliyyət göstərən tədqiqatçıların hamısı meteoritin heç olmasa balaca, kiçik bir parçasını tapmağa cəhd etmişlər, lakin arzularına çatmamışlar.

Meteoritin partladığı rayonda torf bataqlıqları üzərində kosmik toza təsadüf edilir, lakin həmin maddənin Tunqus me-

teoritinə aid olması şübhə altındadır. Belə ki, müasir tədqiqatlara əsasən hər il Yerin səthinə fəzadan milyonlarca ton belə maddə çökür.

Qeyd edək ki, kosmik meteorit tozu yağışı Yerin yarandığı ilk günlərdən indiyədək davam edir və bu, Yerin əmələ gəlməsi barədə olan hipotezlərin əsasında durur. Bu barədə dərslinin növbəti bölməsində məlumat veriləcəkdir. Müəyyənləşdirmək lazım idi ki, Tunqus meteoritinin düşdüyü sahədəki torf bataqlıqlarında olan kosmik tozun 1908-ci ilə dəxli var, ya yox? Tomsk alimləri bu sahədə müəyyən iş aparmış və göstərmişlər ki, ölçüləri 20-100 mikron arasında dəyişən kiçik silikat damlacıqlarına 1908-ci ildə düşmüş bataqlıq tozu arasında təsadüf edilir. Yəni də, onların Tunqus meteoritinə aid olduğunu heç kəs qəti deyə bilməz. Kiyevdə professor E.V. Sobotoviç və əməkdaşları silikat damlacıqlarından kömürlü hissəciklər almağa müvəffəq olmuşlar və onların meteorit mənşəli olması fikrindədirlər. Həmin hissəciklərin tapılması və torfun səthindən götürülmüş maddənin tərkibindəki qurğuşunun, karbonun və hidrogenin izotoplarının tədqiqi Tunqus meteoritinin kömürlü xondritlər sinfinə aid olması mülahizələrinin irəli sürülməsinə səbəb olmuşdur. Ola bilsin ki, Tunqus meteoriti kömürlü xondrit imiş və partlayış nəticəsində toza çevrilmişdir. Hələlik «meteoritə» aid edilə biləcək heç bir parça toz, yaxud damla yoxdur.

3) Başqa bir, indiyədək səbəbi məlum olmayan məsələ 1908-ci ildə Qərbi Sibirdə, Orta Asiyanın şimalında, Rusiyanın Avropa hissəsində, Qərbi Avropada 30 iyun ilə 3-4 iyul arasındakı gecələrin çox işıqlı keçməsidir. Gecələr həmin müddətdə o qədər aydın imiş ki, oxumaq, kiçik şriftlə yazılmış mətnləri köçürmək, cihazlarla ölçülər aparmaq mümkün olmuşdur. Gecələr şəfəqlənmə ilə müşayiət olunurdu və çoxrəngli (al-əlvan) idilər. Rəngarəng və işıqlı gecələrin izahını hələ ki, heç kəs verməmişdir. XX əsrin astronomları fərz edirdilər ki, Yer onun atmosferinə soxulmuş çoxlu miqdarda kosmik maddənin zərrələri ilə təmasa girmişdir. İşıqlı al-əlvan gecələri Varnavar fabriyasında olan hadisə ilə əlaqələndirməyə heç kəs təşəbbüs etməmişdir.

Bu üç müəmmalı hadisənin səbəbi məlum olarsa ola bilsin ki, Tunqus meteoritinin sirri açılsın. Biz, dərsliyimizdə bu üç suala müasir Yer haqda elm və astronomik məlumatlar əsasında cavab verməyə çalışacağıq:

1. Tunqus meteoritinin buzdan ibarət olması Yerin yaranmasının müasir hipotezləri ilə birgə baxılırsa Yerlə toqquşmuş fəza cismindən heç bir əsər qalmamasının səbəbi aşkar olar. Həmin hipotezlərə görə Yer başqa planetlərlə birlikdə ilkin soyuq qaz-toz dumanlığından yaranmışdır. Günəşin cazibə sahəsindəki bu dumanlığın mərkəzi cisimdən müxtəlif məsafələrdə planet özəkləri (protoplanetlər) yaranması gələcək planetlərin formalaşması ilə nəticələnmişdir. Planetləri yaradan diskşəkilli dumanlığın tərkibi 98% hidrogen və heliumdan, 1,5% buzlardan (karbonun, azotun, oksigenin, kükürdün və xlorun donmuş hidratlarından, neon və argondan) və 0,5% daş maddədən (natriumun, maqneziumun, alüminiumun, silisiumun, kalsiumun, dəmirin və nikelin oksidləri) ibarət olmuşdur. Bu maddələrin nisbi qarışığı Günəşdən uzaqlaşdıqca dəyişir. Günəşə yaxın, Yer tipli planetlərdə (Merkuri, Venera, Yer və Mars) daş maddə çoxdur; Günəşdən uzaq nəhəng planetlərdə (Yupiter, Saturn və s.) isə buzun miqdarı artır. Günəşdən uzaqlaşdıqca radial temperatur qradientinin azalması ilə əlaqədar olaraq tərkib dəyişir və planet maddəsinin sıxlığı azalır. Yer tipli planetlərdə buz kondensiasiyası azdır, planetlər daş maddəsinin fəzada toplanmasından, bir-birini cəzb etməsindən, yapışmasından və s. öz indiki forma və tərkiblərini almışlar. Xarici, nəhəng planetlərin yaranmasında isə daş maddəsi ilə bir sırada buzlar iştirak etmişdir və onların özəkləri daha böyükdür.

Beləliklə, əgər xarici planetlərin qaz-toz maddəsi ilə qidalanma sferindən qopmuş asteroid böyük həcmli (en kəsiyi 100 km və daha çox) fəza cismi, yaxud cismləri Yer tipli planetin cazibə sahəsinə soxulub onun üstünə düşərlərsə, onun tərkibi başlıca olaraq buz və azacıq miqdarda silikat tozcuqlarından ibarət olduğundan, atmosferdəki partlayışdan sonra həmin buz meteoritindən əsər-əlamət qalmayacaq.

Tunqus meteoritinin yıxdığı meşənin ümumi şəkli kəpənəyi xatırladır. Aydın məsələdir ki, atmosfərə soxulmuş buz kütləsi, hava ilə sürüşməsi zamanı yanlardan daha çox incələcək və o, partlayışdan sonra dairəvi iz verə bilməz. Torf bataqlıqlarının səthindən tapılan silikat mikrodamları buz meteoritinin tərkibində də ola bilər. Biz bu barədə tekitləri izah edərkən məlumat vermişik. Tunqus meteoriti kömürlü xondrit hesab oluna bilməz. Kömürlü xondritlər adi daş meteoritlərin bir növüdür və Tunqus meteoriti həcmli fəza cisminin izsiz itməsi ağlabatan deyil.

Sadəcə olaraq, Tunqus meteoriti fəza cismlərinin yeni növü, xarici planetlərin sferindən qopmuş, Yer cazibə sahəsinə daxil olmuş, atmosfərə soxulmuş və Yer səthindən 5-10 km yüksəklikdə partlamış asteroid müəyyən həcmli, tərkibində azacıq miqdarda silikat tozcuqları saxlayan buz meteoritidir (Yupiterin, Saturnun və s. nəhəng planetlərin, yaxud onların peyklərinin məhsuludur).

2. Tunqus meteoritinin düşməsinin Anqara çayının orta axımından, indiki Panovo və Kejma qəsəbələrinin olduğu yerdə 1908-ci ildə müşahidə edilməsi heç də təəccüb doğurmamalıdır. Düz xətlə Panovo-Kejma arasındakı Anqaranın sahili ilə Varnavara fabriyasının yerləşdiyi Daşaltı Tunquska çayı arasındakı məsafə 150 km-dən azacıq artıqdır. Belə ki, Tunqus meteoriti atmosferin üst qatlarına soxulduqda buradan da görünməli idi, daha sonra onun həcmi və parlaqlığı da nəzərə alınmalıdır. Digər tərəfdən heç kəs deyə bilməz ki, Anqara çayının orta axımının hansı nöqtəsindən meteorit müşahidə olunmuşdur; bu nöqtə on kilometrə Varnavara yaxın, yaxud ondan uzaq ola bilər.

3. Avropa və Asiya ərazisinin böyük bir ərazisində 30 iyundan sonra 4-5 gün işıqlı və rəngarəng gecələrin keçməsi Tunqus meteoritinin (onu buz asteroidi də adlandırmaq olar) tək olmadığını göstərir. Asteroidlər adətən toplu halda hərəkət edirlər və ola bilsin ki, həmin toplunun bir üzvü Tunqus meteoriti Yer cazibə sahəsinə daxil olub, onun səthində partlamış, partlayışdan yaranmış milyonlarca buz zərrələri atmosferin üst qatını doldurmuş və ayın işığını əks etdirərək gecələ-

rin işıqlı və rəngarəngliliyinə səbəb olmuşdur. Asteroid toplusunun digər üzvləri isə bir neçə gün Yeri və buz zərrəcikləri dolmuş atmosferi işıqlandıraraq kosmik fəzaya doğru uzaqlaşmışlar.

Tunqus meteoriti barədə indiyə qədər olan məlumatlar nəzərə alınarsa həmin fəza cisminin sirrini biz dediyimiz kimi izah etmək olar. Əlbəttə, bizim fikrimiz də hipotezdir və yəqin ki, onun da müəyyən kəsir və tam olmayan cəhətləri var.

Meteoritlərin öyrənilməsi Yerin geosferləri barədə təsəvvür yaradır. Güman edilir ki, dəmir meteoritlər - sideritlər vaxtilə mövcud olmuş, sonra naməlum səbəblərdən partlamış və asteroid qurşağını yaratmış olan hipotetik planetin nüvəsindən, daşdəmir meteoritlər (siderolitlər) onun aşağı mantiyasından, aerolitlər isə yuxarı mantiyası və qabığından qopmuş, müəyyən geoloji müddətdən sonra Yupiter-Mars arası asteroid qurşağından ayrılmış və planetlərarası səyahətdən sonra Yerin cazibə sahəsinə daxil olaraq bura düşmüşlər və indi də düşməkdədirlər.

VII FƏSİL

YERİN ƏMƏLƏ GƏLMƏSİ

«... İlk əvvəl daimi, sərhədsiz, qaranlıq Xaos var idi. O dünyanın yaşayış mənbəyini özündə saxlayırdı. Hər şey, bütün dünya və əbədi allahlar hüdudsuz Xaosdan yaranmışlar. İlahə Yeri - Qeyanı, həmçinin Xaos törətmişdir. Qeya - Yer onun üzərində yaşayan canlılara və bitən bitkilərə həyat verir, çox əzəmətli və genişdir. Nə qədər mavi səma bizdən uzaqdırsa, o qədər də dərinlikdə qaşqabaqlı Tartar - həmişə əbədi qaranlıqla dolu və dibsiz zülmət doğulmuşdur. Həyatın mənbəyi Xaosdan hər şeyi canlandıran qüdrətli güc Sevgi - Eros dünyaya gəlmişdir. Aləm yaranmağa başlamışdır. Hüdudsuz Xaosdan daimi zülmət - Ereba və əbədi gecə - Nüktə doğulmuşdur. Gecə Zülmətdən isə əbədi Işıq - Efir və fərəhli işıqlı gün - Hemera yaranmışdır. Işıq aləmə dağılmış, gecə və gündüz növbələnməyə başlamışdır.

Möhtəşəm və məhsuldar Yerdən hüdudsuz mavi Göy-Uran doğulmuş və Göy Yerin üzərində sərələnmişdir. Yerin doğduğu uca dağlar qürurla Göyə baş qaldırmış və səslənən Dəniz Yerin çökəkliklərini doldurmuşdur. Göyün, Dağların və Dənizin atası yoxdur, onları Ana-Yer doğmuşdur».

Görürük ki, qədim yunan mifi Yerin Xaosdan (hissəcikləri xaotik hərəkətdə olan ilkin soyuq toz-qaz dumanlığından) əmələ gəlməsini, dağların və okeanların yaranmasını, bitki və canlı aləmin Yerin məhsulu olduğunu qənaətbəxş izah edir.

Yaşadığımız planetin yaranması insanlığın yarandığı gündən onu maraqlandırır və bu problemin aydınlaşdırılması müasir dünyagörüşün vacib məsələlərindəndir. İnsan həyata qədəm qoyduğu ilk günlərdən yaşadığı mənzilin, doğma planetin haradan peyda olduğunu anlamağa çalışır. Yerin yaranması barədə olan ilkin biliklər dini-mifoloji səciyyə daşmışdır və dini kitablarda şərh edilmişdir. XVIII əsrdən başlayaraq Yerin yaranması səbəbləri elmi şəkildə əsaslandırılır. Kant və Laplasdan indiyədək Yerin əmələ gəlməsini izah edən

bir sıra kosmoqonik hipotezlər irəli sürülmüş və onlardan hər biri Yerlə bağlı olan hadisələrə kifayətləndirici cavab verməyə cəhd etmişlər.

XX əsrin ortalarına qədər geniş yayılmış və tərəfdarları çox olan Kant-Laplas hipotezinə görə Günəş sistemi nəhəng, fırlanan dumanlıqdan törəmişdir. Dumanlığın kütləsi cazibə və ağırlıq qüvvələrinin təsirindən mərkəzə doğru tədricən qatılaşır, kənar hissələr isə mərkəzə yaxınlaşmağa macal tapmır, xarici halqalar şəklində özək ətrafında hərəkət edirdilər. Sonrakı təkamül prosesində bu halqalar parçalanır və onların maddəsindən kürə-planetlər törəyir. Yaranmış planetlər əvvəlki istiqamətdə dumanlığın mərkəzi ətrafında hərəkətlərini davam etdirirlər. Nəticədə mərkəzdə Günəş, ətraf orbitlərdə isə planetlər formalaşır. Bu fikirdən belə çıxır ki, Günəş və onun ətrafında fırlanan planetlərin hamısı bir istiqamətdə və təqribən eyni müstəvidə hərəkət etməlidirlər. Bu proses həqiqətən də belədir. Günəş sisteminin bir sıra digər xüsusiyyətləri də Kant-Laplas hipotezi ilə kifayətləndirici izah olunur. Kant-Laplas nəzəriyyəsi riyazi olaraq əsaslandırılmamışdı və bu səbəbdən XX əsrin ortalarına doğru tərəfdarlarını itirirdi. Məlum oldu ki, planetlərin peyklərinin bəziləri əks istiqamətdə hərəkətdədir və fırlanma momentləri Kant-Laplas hipotezində düzgün hesablanmamışdır.

Mexanikada enerjinin saxlanması qanunu olduğu kimi hərəkət miqdarının momentinin saxlanması qanunu da var. Bu, təbiətin yoxlanılmış qanunlarından biridir. Hərəkət miqdarı momenti kütlənin sürətə və fırlanma mərkəzinə qədər olan məsafəyə vurulması ilə tapılır. Sistemin ayrı-ayrı kütlələri öz hərəkət miqdarı momentlərini, yaxud onun bir hissəsini bir-birinə verə bilər, lakin bütün sistem üçün bu momentlərin cəmi, ümumiyyətlə dəyişmir və sabitdir.

Kant-Laplasın ilkin dumanlığının müəyyən fırlanma momenti var idi. Bu dumanlıqdan Günəş və planetlər yarandıqdan sonra, bütün kütlə Günəşdə cəmləşir, planetlərə isə Günəş kütləsinin ancaq 1:700 hissəsi düşür. Fırlanma momenti ölçüldükdə isə məlum olur ki, onun 2%-i Günəşə, 98%-i

isə planetlərə paylanıb (planetlərin kütləsi az, sürətləri çox, Günəşdən olan məsafələri isə böyükdür).

Sual olunur, nə cür olur ki, kütlə, demək olar ki, bütünlükdə Günəşdə cəmlənir və hərəkət miqdarı momentinin hamısını kənara verir? Bu işin mexanikası şübhəlidir və təbiətin qanunlarına sığmır. Gətirilmiş səbəb Kant-Laplas hipotezinin aradan çıxmasının başlıca səbəbi olmuşdur.

XX əsrdə müvəqqəti olaraq Multon-Çemberlen hipotezi ilə bir qrupa daxil olan Cinsin fərziyyəsi qalib gəlir. Fərziyyənin əsas məzmunu belə idi. İki ulduz bir-birinə lap yaxınlaşdığı əsnada qabarma dalğası o qədər böyüyür ki, Günəşin maddəsinin bir hissəsi ondan ayrılır və qonşu ulduzu izləyir. Həmin ulduz Günəşdən uzaqlaşan vaxt Günəşin maddəsinə aparmağa cazibə qüvvəsi çatmır və maddə Günəşin cazibə müstəvisində qalaraq onun ətrafında dövr etməyə başlayır. Sonrakı proseslərdə Günəşdən qopmuş bu maddə kütləsi ayrı-ayrı laxtalara parçalanır və onlardan isə öz növbəsində planetlər əmələ gəlir. Aydın məsələdir ki, bütün planetlər Günəş ətrafında bir fəza müstəvisi üzərində, ikinci ulduzun Günəşə nisbətən hərəkəti müstəvisi boyu fırlanacaqlar. Cinsin hipotezi də hərəkət miqdarı momentinin qanunlarına cavab vermirdi. Bu qeyri-uyğunluğu amerikalı astronom Q.N.Rassel özünün «Günəş sistemi və onun yaranması» kitabında göstərir.

Müasir elm Yerin yaranmasında O.Y.Şmidtin ilkin soyuq meteor tozu nəzəriyyəsinə üstünlük verir. Alimin fikirləri astronomlar və geoloqlar tərəfindən bəyənilir və zamanənin ən təkmlil hipotezi hesab olunur. Biz aşağıda Şmidt hipotezinin qısa məzmununu şərh etməyə çalışmışıq.

XX əsrin birinci yarısında astronomiyada iki böyük kəşf edilmişdir: Kəhkəşanın (Qalaktikanın) fırlanması və kainatda toz və kiçicik kütlələr (meteoritlər) şəklində tutqun maddə toplularının varlığı. Qalaktikanı təşkil edən ulduzların onun mərkəzi ətrafında fırlanması fikri qabaqlar da söylənmişdi. Ancaq XX əsrin 20-ci illərində bu hadisə sübut olunmuş və onun başlıca xüsusiyyətləri səciyyələndirilmişdir. Elm bu nailiyyətində Stremberqə, Linblata və xüsusən hollandiyalı astronom Oorta minnətdardır. Bu hadisənin aydınlaşdırılmasında

rus alimi K.F.Oqorodnikovun da böyük əməyi var. Qalaktikaya xas olan mürəkkəbləşmələri kənara qoyaraq, sadəcə nəzərə alınmalıdır ki, hər bir ulduz Qalaktikada elliptik orbit üzrə mərkəzi kütlənin təsiri altında hərəkət edir. Qalaktikanın mərkəzi təxmini müəyyənləşdirilmiş və ondan Günəşə qədər olan məsafə təyin olunmuşdur. Bu məsafə 8000 parsek, başqa sözlə təqribən 17000000000 astronomik vahid (Yerdən Günəşə qədər olan məsafə 1 astronomik vahid- 150.000.000 km-dir), yaxud da $2,5 \cdot 10^{17}$ km-dir. Paranaqo Günəşin Qalaktikadakı orbitini təxmini müəyyənləşdirmişdir. Bu orbit azacıq uzanmış ellipsi xatırladır və Kəhkəşanın mərkəzi müstəvisində qərar tutur. Günəş – bu orbit üzrə öz yolunu 200-300 milyon ilə başa çatdırır. Yeri gəlmişkən qeyd edək ki, həmin müddət ərzində Yerdə bir tektono-maqmatik era keçir. Belə eranın inkişaf və sönmək vaxtı 225-250 milyon ildir. Tektono-maqmatik eranın ilk, əvvəl, orta, axır və son olmaqla 5 mərhələsi var. Hər mərhələnin özünəməxsus faydalı qazıntı yataqları və maqmatik süxur kompleksləri mövcuddur. Beləliklə, Günəşin Qalaktikadakı hərəkəti və bizim planetdə baş verən hadisələr arasında üzvi əlaqənin olduğu meydana çıxır.

Qalaktikada 100 milyarddan yuxarı ulduz var. Dedik ki, onlardan başqa Qalaktikada toz və kiçik hissəciklər toplusu şəklində digər materiya mövcuddur. Həmin materiya əsasən Qalaktikanın mərkəzi müstəvisində yığılmışdır. Ulduzlar həmçinin mərkəzi müstəvidə sıx yerləşmiş və burada «Ağ yolun», «Kəhkəşanın» adı yaranmışdır. Kainatdakı toz və kiçik hissəciklər toplusu buludları xatırladan qaranlıq, tutqun materiya yığını yaradır.

Kəhkəşanın fırlanmasının və onda qaranlıq maddənin varlığının kəşfi O.Y.Şmidt üçün Günəş sisteminin yaranmasının yeni hipotezini irəli sürən istinad nöqtəsi olmuşdur.

O.Y.Şmidtin hipotezinə görə Günəş Qalaktikadakı hərəkəti zamanı, növbəti dəfə Qalaktikanın mərkəzi müstəvisinin orbitini kəsərkən, bir neçə milyard il bundan əvvəl qaranlıq (tutqun) materiya buludu ilə rastlaşır. Həmin materiyanın (meteoritlərin, tozun və s.) bir hissəsi Günəş tərəfindən tutulur, Günəşin cazibə qüvvəsinin təsirindən yolunu dəyişir və Günəş ətrafında hərəkətə

başlayır və sonrakı Qalaktikada olan yerdəyişməsinə Günəşlə birlikdə davam edir. Beləliklə, Günəşin ətrafında meteoritlərin və meteorit tozunun sıx toplantıları cəmləşir. Buluddaxili hərəkətdə meteoritlər bir-birilə toqquşur, kiçik hissəciklər daha böyüklərinin üzərinə düşür, onlara yapışır, tədricən nisbətən iri cismlər formalaşır və onlar daha kiçik hissəciklərin hesabına öz həcm və kütlələrini daim artırır və böyüyürlər. Axır nəticədə planetlər və o cümlədən Yer əmələ gəlir. Bu hadisə daha dəqiq olaraq belə təsvir oluna bilər.

Sıx meteorit toplantısında lap əvvəldən müxtəlif ölçülü cismlər var imiş. Günəşin ətrafında hərəkətləri zamanı onların orbitləri vaxtaşırı kəsişməli, meteoritlər və tozcuqlar bir-birinə yaxınlaşmalı, kiçik hissəciklər böyüklərə ya yapışmalı, yaxud da onların üzərinə düşməli idilər. Milyonlar və milyardlarla illər ərzində meteoritlərin bu prosesdə ehtiyatları tükənəcək (O.Y.Şmidt mülahizə edirdi ki, meteoritlərin ehtiyatının tükənməsi həndəsi silsilə üzrə getməlidir) və maddə başlıca olaraq bir neçə iri kütlədə - planetlərdə təmərküzləşəcək. Planetlər bir-birinə mane olmayacaq məsafələrdə, müəyyən orbitlərlə Günəş ətrafında fırlanacaq. Müasir geoloji dövrdə meteoritlərin ehtiyatı azalmışdır, lakin onlar indi də Yerin, başqa planetlərin və Ayın səthinə düşməkdə davam edirlər. Biz onları meteor alışmaları kimi atmosferin üst qatlarında və hərdən daş və dəmir meteoritlər şəklində Yerin üzərinə düşəndə müşahidə edirik. Bu gün Yer kürəsi öz kütləsini meteoritlərin hesabına hər sutkada bir ton artırır. Dərin geoloji keçmişdə bu miqdar dəfələrcə artıq imiş və Yer daim meteoritlər və meteorit yağışları ilə döyülürmüş. O.Y.Şmidt hipotezi meteorit nəzəriyyəsi adlandırılır.

Yerin səthinə gündə bir ton meteorit düşməsinə, planetin orbitinin ölçülərini, Yerin kütləsini və başqa amilləri nəzərə alaraq O.Y.Şmidt hesablamışdır ki, Yerin indiki ölçülərinə çatması üçün təxminən 7 milyard il lazımdır. Bu, Yerin yaşıdır. Şmidtin hesablamaları petrologiya və geokimya elminin nümayəndələri tərəfindən, ümumiyyətlə qəbul edilir. Bir sıra elementlərin radioaktiv parçalanması göstərir ki, Yer qabığının formalaşmasına 2-3 milyard il lazım imiş. Aydın məsələdir

ki, Yer bir planet kimi öz qabığından yaşlıdır. Yerin formalaşmasında meteoritlərin bir-birinə yapışması, böyük parçaların kiçiklərini tutması və iri kütlənin yaranması ilk əvvəl çox sürətli olmuşdur. Prosesin başlamasının 1-ci milyard ilində planetin yarısı əmələ gəlmiş, sonralar inkişaf zəifləmiş, axırncı milyard ildə isə Yerin radiusunun uzunluğu cəmi bir neçə santimetr artmışdır.

Günəş sisteminin başlıca xüsusiyyətlərindən biri planetlərin hamısının Günəş ətrafında eyni fəza müstəvisi üzərində fırlanmasıdır. Kosmoqonik nəzəriyyələr bu amili müxtəlif cür izah edirlər. O.Y.Şmidtin fikrincə meteoritlər və kosmik toz Günəşin onları tutmasından qabaq da, eyni müstəvi - Qalaktikanın mərkəzi müstəvisi üzrə hərəkət edirmişlər. Günəş tərəfindən tutulandan sonra meteorit yığımının orbit müstəvisi bir qədər dəyişir və müəyyən vəziyyət alır.

Planetlərin hamısının Günəş ətrafında, qütbdən baxılarsa, saat əqrəbinin əksinə hərəkətini də O.Y.Şmidt izah edir. Birinci növbədə meteorit tozunun tutulmadan qabaq Qalaktikadakı hərəkəti təsəvvür olunmalıdır. Fərz edək ki, iki meteorit Günəşdən eyni məsafədədir və onların sürətləri eynidir; onlardan biri Günəşdən sağa, digəri isə sola doğru yerlərini dəyişir. Belə olduqda, tutulduqdan sonra onlar Günəşin ətrafında əks istiqamətdə hərəkət edəcəklər: biri düz, digəri əks istiqamətdə. Belə «düz» və «əks» meteoritlərin miqdarı bərabər olsa idi heç bir planet sistemi yarana bilməzdi. Böyük rəqəmlər qanununa əsasən əks və düz meteoritlər cəmləndikdə miqdarları bərabərləşir, hər meteorit digər əks hərəkətli meteoritə qarşı qoyulur. Əks işarəli, bərabər qiymətli hərəkətlərin cəmi sıfır, sakitlik verməlidir. Planetlərin yaranması üçün eynicins, deyək ki, Qalaktikada Günəşdən sağa hərəkət edən meteoritlərin üstünlük təşkil etməsi lazımdır. Qaranlıq (tutqun) Qalaktika maddəsinin müşahidəsi göstərir ki, Günəş toz - meteor buludunu tutarkən, axırncının sıxlığı Günəşin hər iki tərəfində eyni miqdarda ola bilməzdi. Tutulma zamanı Günəşin bir kənarında, yəqin ki, materiyanın sıxlığı çox imiş və ona görə də doğulmuş planetlər kainatda yerlərini eyni istiqamətdə dəyişirlər və təqribən eyni müstəvi üzərində qərar tuturlar.

Tutaq ki, planetlər elliptik yox, dairəvi orbitlər üzrə hərəkətdədir. Əgər Günəş öz yolunda hazır kürə-planet tutsa idi, bu cism mexanikanın qanununa görə elliptik orbit üzrə Günəşin ətrafında fırlanmalı idi. Şmidtən qabaq təklif edilmiş hipotezlərdə elliptik orbitin sonradan dairəvi forma ilə əvəz olunmasını əsaslandırmağa cəhd edilir. Məsələn, «müqavimət göstərən mühit» nəzəriyyəsi irəli sürülür və mülahizə olunur ki, milyon illər boyu gedən təkamül mühitin müqaviməti nəticəsində elliptik hərəkəti dairə üzrə istiqamətləndirə bilər.

Meteorit nəzəriyyəsi orbitlərin dairəviliyini sadəcə izah edir. Tutulmuş meteoritlərin orbitləri müxtəlif eksentrisitetə malik olub, həqiqətən elliptikdir. Lakin ellipslərin böyük oxları müxtəlif istiqamətlidir. Çoxlu miqdarda meteoritlərin və kosmik tozun planet kimi cəmlənməsi zamanı həmin istiqamətlərdən birinin üstünlük təşkil etməsi vacib deyil. Belə olduqda yaranan orbit hərtərəfli simmetrik, başqa sözlə dairəvi olmalıdır. Şmidt hipotezinin müsbət cəhətlərindən biri dairəvi hərəkətin izahının təbiiliyidir. Çoxlu miqdarda elliptik orbit üzrə olan hərəkətlərin cəmi dairəvi yerdəyişmə ilə nəticələnir. Bu iş onunla sübut olunur ki, yaranmalarına çox meteorit sərf olunmuş iri planetlər kiçik eksentrisitetə (0,02-dən 0,05-ə qədər), kiçik planetlər isə böyük eksentrisitetə (Mars - 0,09, Merkuri - 0,20, Pluton - 0,25) malikdir. Asteroidlərdə isə bu nəzərə çarpacaq dərəcədə böyükdür. Eksentrisitet sabit müsbət kəmiyyət olub, konusun kəsilişinin (ellips, parabola, hiperbola) dairəvidən fərqi ifadə edir.

Günəş sisteminin maraqlı xüsusiyyətlərindən biri, planetlərin peyklərinin varlığıdır. Ayın və digər planetlərin peyklərinin dairəvi orbit boyu hərəkəti sübut edir ki, onlar da meteoritlərin və kosmik tozun bir-birinin üstünə düşməsi, yapışması prosesində yaranmışlar. Lakin peykləri yaradan meteoritlər planetlərin özü tərəfindən, onların Günəş ətrafında meteorit seli arasındakı hərəkəti zamanı tutulmuşlar. Planetlərin peyklərinin əmələ gəlməsi, planetlərin Yer tipli və Yerdən uzaq olmaqla iki qrupda cəmləşdirilməsi, planetlər arasındakı məsafələrin müəyyən qanunauyğunluğu da, həmçinin meteorit hipotezi ilə aydınlaşdırılır.

Müzakirə olunan hipotezə əsasən planetlər iki mərhələdə yaranmışlar:

1. Günəş tərəfindən Qalaktikanın mərkəzi müstəvisində meteorit - kosmik toz buludunun tutulması;

2. Meteoritlərin və kosmik tozun böyük cismlər - planetlər şəklində cəmlənməsi.

Planetlərin xüsusiyyətlərinin başa düşülməsi üçün ilk əvvəl meteorit yığımlarının fəzada mövcud olma tərzini bilmək lazımdır, daha sonra meteoritlərin orbitlərinin ölçü və forması, meteorit maddəsinin sıxlığı və meteoritlərin hərəkətlərinin başlıca istiqaməti barədə təsəvvür olmalıdır.

Tutulma hipotezi tək Günəşin Qalaktikada yanından keçdiyi meteorit -toz yığımina yox, bütün ulduzlara aid edilə bilər. İki ulduz Qalaktikada bir-birinə yaxınlaşdıqda qarşılıqlı cazibə qüvvəsinə məruz qalırlar, əkiz ulduz, başqa sözlə bir-birinə nisbətən elliptik orbitdə hərəkət edən ulduz cütü əmələ gəlir. Cüt ulduzlar eyni zamanda böyük Qalaktika dövründə iştirak edirlər. Şmidt nəzəriyyəsinə görə cüt ulduzların orbitləri də Günəş ətrafında fırlanan meteoritlərin orbitlərinin tabe olduqları qanundan kənara çıxmırlar. Otto Yulyeviç Şmidt özü qeyd edir ki, onun hipotezinin ancaq Günəş sisteminin öyrənilməsi əsasında yoxlanılması o qədər də düzgün deyil. Bu səbəbdən Şmidt cüt ulduzların yaranma problemlərinə fikir vermiş və ulduz sistemlərinin yaranma ümumiliyini aşkar etməyə çalışmışdır.

Günəş ətrafında meteorit və kosmik toz toplusunun yaranma və inkişafı barədə fikir yürüdərək O.Y.Şmidt qeyd edir ki, meteoritlərin əsas kütləsi planetləri yaratsa da, onların bir qismi qarşılıqlı pozuntularla rastlaşır, orbitlərini əyir və qısalır, nəticədə Günəşin üstünə düşərək fırlanma momentlərini ona verirlər. Günəşin öz oxu ətrafında fırlanmasının müasir vəziyyətinin başlıca səbəbi onun üzərinə düşən meteoritlərdir. Günəşin öz oxu ətrafında tam dövrü 27 günə başa gəlir; fırlanma sürəti ekvatorda qütblərə nisbətən artıqdır. Beləliklə, meteorit nəzəriyyəsi Günəşin fırlanma sürətini izah etməkdən əlavə, onun hərəkət miqdarını da müəyyənləşdirir. Nəzəriyyəyə görə planetlərin yaranması və Günəşin fırlanmasının səbəbi özünü Günəşin ekvator müstəvisinin, Yerin Günəş ətra-

finda fırlandığı ekliptika müstəvisinə görə nisbətən az meyində göstərir (müstəvilərarası bucaq 70° -dən artıq deyil). Bucaq cüzdür, lakin sıfıra bərabər deyil. Şmidt hipotezinin köməkliyi ilə, təxmini olsa da Günəşin onun səthinə düşən meteoritlərdən aldığı fırlanma periodunu müəyyənləşdirmək olar.

Yerin yaranmasının izahında Günəşdən aralanmış meteoritlərin də roluna fikir verilməlidir. Belə meteoritlərin orbitləri çox iri və uzanmış ellipslər şəklindədir. Ellipslərin böyük yarımoxlarının uzunluğu Yerlə Günəş arasındakı məsafədən onlarca və yüzlərcə dəfə artıqdır. Orbit üzrə hərəkət periodları 1000 ilə çatır. Belə meteoritlərin sayı çox azdır. Onlar planetlərin orbitlərini o qədər nadir hallarda kəsirlər ki, yaranmada olan planetlərin özəyi ilə görüş ehtimalı hədsiz cüzi olur. Günəşdən çox aralı meteoritlərin əhəmiyyətli hissəsi sərbəst fəza cismləri olaraq qalır, yaxud xırda yerli yığımlar, kometlər əmələ gətirirlər. Bu yaxınlarda Yerə yaxınlaşmış olan Qalley kometi buna gözəl misaldır. Kometlər və planetlərin yaranma ümumiliyi onların orbitlərinin Qalaktikada ekliptika müstəvisindən yaxın keçmələrini şərtləndirməlidir.

O.Y.Şmidtin fikrincə meteoritlər, kometlər, asteroidlər və planetlər tədrici birləşən materiyanın vahid zənciridir. Bu zəncirin insanlar üçün vacib üzvü olan Yer planet kimi nə cür təzahür etmiş və həmin andan indiyədək nə cür inkişaf yolu keçmişdir? Bu inkişafın hansı mərhələsində Yerin qabığı formalaşmışdır, vahid qitə Panqeya və onun parçaları, müasir qitələr nə vaxt dünyaya gəlmişlər?

O.Y.Şmidtin hipotezini qəbul edərək fikirləşək ki, Yer bir neçə milyard il bundan qabaq külli miqdarda meteoritlərin və kosmik tozun bir iri meteorit-cism ətrafında birləşməsi nəticəsində əmələ gəlmişdir. İlk günlərdə meteoritlərin Yer səthinə düşmə tezliyi artıq olmuş və Yer daim meteorit yağışına məruz qalmışdır. İri meteoritlərin düşməsindən təpələrlə əhatə olunmuş çökəkliklər, Ayda olan kimi kraterlər yaranmışdır. Belə çökəklikləri biz hazırda təkan kalderləri (oval görkəmli çökəkliyə kalder deyilir) adlandırırlar. Yer, Şmidt hipotezinə görə meteoritlərin yığımindan ibarət olduğundan planetin və meteoritlərin tərkibində oxşarlıq olmalıdır. Yerin ilkin tari-

xində (uşaqlığında) düşən meteoritlər parçalanır, Yeri yaralayır, öz kütlələrini, enerjilərini və hərəkət momentlərini Yerə verirdilər. Ayrılıqda götürülmüş hər anda meteor yağışı bərabər qüvvəli ola bilməz və bu səbəbdən Yerin ağırlıq və inersiya mərkəzi daim dəyişir. Yerin fırlanması nəticəsində təzahür edən ağırlıq qüvvəsi və mərkəzdən qaçan güc çalışır ki, kütlənin paylanması tarazlıq fiquruna, başqa sözlə kürəyə yaxın olsun və kürə gecə-gündüzlü fırlanma sürətinə müvafiq olaraq qütblərdən basılmış olsun. Belə qüvvələrin təsirindən düşən meteorit parçalarının həcmi, özlülüyü və tərkibindən asılı olaraq Yerdə gərginlik ardıcıl artır, tənzimləşir və yenidən güclənir.

Yer yarandığı vaxt maye halında olsa idi mövcud olan gərginliklərin tənzimlənməsi asan olardı. Lakin meteorit hipotezinə görə Yer öz həyatını sülb cism kimi başlamışdır. Sülb cismlər də gərginlik, sıxılma, dartılma, burulmalarla ifadə olunur ki, bu da parçalanmalara, sürüşmələrə və yerdəyişmələrə gətirib çıxarır. Adətən parçalanma səthləri yan-yanaya yerləşən meteoritlərin toxunma müstəvisidir. Toxunma zamanı kimyəvi reaksiyaların baş verməsi ehtimal olunsa da, meteoritlərə müstəqil yerdəyişən törəmələr kimi baxılmalıdır.

İstənilən yerdəyişmələr zamanı təsir qüvvələri arasında birinci yerdə cazibə qüvvəsi durur ki, o da kütləni Yerin mərkəzinə doğru dartır. Meteorit kütlələrinin sıxlığı müxtəlif olduğundan cazibə qüvvəsinin həcm vahidinə olan təsiri də dəyişkəndir: az sıxlığa malik olan meteoritlər səthə qalxır, çox sıxlıqlı dəmir meteoritlər isə mərkəzdə toplanmağa cəhd edir. Maneçiliyi ancaq maddənin yığcamlığı və bərkliyi göstərir. Ola bilər ki, Yerin hazırda təsəvvür olunan daxili quruluşunun səbəbi ancaq bu dediyimiz amildir. Qravitasiya diferensiasiyası radioaktiv parçalanmadan alınan enerji gücləndirir. Ümumiyyətlə, Yer kimi sülb aqreqatdan ibarət olan cism, bir qayda olaraq ani qüvvələrə qarşı özünü bərk kütlə kimi aparır, geoloji müddətdə təsir göstərən tədrici qüvvələrə qarşı isə planet özlü materiya kimi cavab verir.

Meteorit hipotezinə görə Yerin ilkin temperaturu 4°C , yaxud 277K (Kelvin, mütləq sıfırdan, -273°C -dən hesablanır)

qəbul edilir. Meteoritlər radioaktiv maddələr saxlayır. Lakin onların həcmi az olduğundan, parçalanmadan alınan enerji ani olaraq fəzada itir. Yerdə isə radioaktiv maddə saxlayan massivlərin həcmi iri olduğundan radioaktiv enerjinin fəzaya sızmasının sürəti çox azdır, digər tərəfdən bu prosesə süxurların pis istilik keçiriciliyi şərait yaratmır. Beləliklə, milyon və milyard illər boyu istilik təmərküzləşir və planetin maddəsi mütəmadi olaraq tədricən qızır və genişlənir.

Ulduzlar qaz-toz buludunun mərkəzində, maddə yığcam kütlə şəklində sıxlaşanda (kondensasiyalaşanda) və həmin kütlənin temperaturu istilik-nüvə reaksiyalarının başlanması üçün kifayət olduqda formalaşır. Yaranmaqda olan ulduzun səthində vaxtaşırı alışmalar baş verir. Alışmalar «pərdəni» parçalayır və yaranmaqda olan ulduz müşahidəçiyə görünür. Elə bu hadisəni astronom D.Qrexem görmüşdür. O parlaq qaz buludunun «zirvəsində» (belə buludlar Qerbiq-Qaro obyektləri adlanır) işıq verən ulduza oxşar obyekt aşkar etmişdir. 1972 və 1976-cı illərdə kainatın bu hissəsindən çəkilmiş fotosəkillərdə bu obyekt yox idi. lakin 1980-ci ildə Avstraliyada çıxarılmış fotoqrafiyalarda burada tutqun ulduz görünür».

Təsvir olunan müşahidə göstərir ki, Kant-Laplas və Şmidtin hipotezlərinin istinad nöqtəsi eynidir. Ulduzlar, o cümlədən Günəş ilkin qaz-toz buludundan yaranmışlar. Birinci halda fəza maddəsi qızmar olmuş və onun soyuması, təkamülü və parçalanmasından planetlər əmələ gəlmişdir. İkinci halda qaz-toz, meteorit toplusu soyuq olmuş və sonra qızmar materiyadan ibarət olan Günəş tərəfindən tutulmuşdur. Qeyd edilməlidir ki, ulduz - qaz-toz toplusunun temperaturu, müəyyən çox yüksək dərəcəyə çatdıqda yaranır. Ola bilsin ki, qaz-toz maddəsinin, ulduz yarandıqdan sonrakı artığı, Günəş sistemində olduğu kimi planetlərin yaranması üçün ana materiya olsun.

Yerin əmələ gəlməsi barədə olan hipotezlərin başlıca hissəsinin analizi, O.Y.Şmidt fərziyyəsinə üstünlük vermək şərtilə aşağıdakı nəticələrə gəlməyə imkan verir:

1. Yer və digər planetlər Günəşi ilk əvvəl əhatə edən, yaxud onun Qalaktikadakı hər hansı bir mərkəz ətrafında 200-

300 milyon illik hərəkəti dövrlərindən birində tutduğu qaz-toz dumanlığından əmələ gəlmişlər;

2. Günəşkənarı dumanlıq fırlanma hərəkəti zamanı basılmış disk formasını almış, sonra parçalanaraq iri toplulara (laxtalara) bölünmüş və həmin laxtaların mərkəzində gələcək planetlərin özəkləri formalaşmışdır;

3. Planetlərin özəkləri akkresiya (ətraf mühətdən qidalanaraq böyümə) nəticəsində toz hissəciklərinin və meteoritlərin hesabına böyüyərək indiki planetlərə çevrilmişlər;

4. Planetlərin fırlanma oxlarının meylinin müxtəlifliyi iri meteoritlərin planetin səthinə düşərkən yaranan zərbə qüvvəsinin təsiridir;

5. Planetlərin quruluşları və kimyəvi tərkibləri müxtəlifdir və Yer tipli planetlər (Merkuri, Venera, Yer və Mars) bu barədə Yupiter-Saturn qrupu planetlərindən əsaslı seçilirlər.

Yerin, Günəş sisteminin əmələ gəlməsi, təkamülü, müasir vəziyyətə çatmalarının başa düşülməsi ancaq digər yaxın və uzaq qonşu planetlərin daxili quruluşu və kimyasının öyrənilməsi ilə tam hesab edilə bilər. Yaşadığımız planetin ən yaxın qonşusu və qohumu hazırda ən yaxşı öyrənilmiş fəza cismi Aydır. Ayın səthinə insan ayağı dəymiş, ondan süxur nümunələri gətirilmiş, petroloji-kimyəvi analizdən keçirilmiş və Yer in törəmələri ilə müqayisə olunmuşdur. Ay və Yer in quruluşu və kimyasında bir sıra ümumiliyin ortaya çıxarılması bu iki fəza cisminin talelərinin oxşarlığını sübut edir və bu dərsləyin növbəti fəslə Ay in quruluşu və geokimyasına həsr olunur.

VIII FƏSİL

AYIN QURULUŞU VƏ KİMYASI

Ay bizim planetin ən yaxın fəza qonşusu və qohumudur. İnsan yarandığı gündən Ayla maraqlanmışdır. Çikaqo Universiteti tərəfindən 1949-cu ildə nəşr olunmuş R. Bolduinin «Ayın sifəti» kitabında həmin ilədək Aya həsr edilmiş elmi tədqiqatların xülasəsi verilir. Ay haqda çox qiymətli məlumatı peykimizin səthinə yumşaq enmiş «Luna-16», «Luna-20» cihazları gətirmiş və qısa müddətdə Ayda olmuş ABŞ-ın «Apollon» ekspedisiyasının astronomları əldə etmişlər. Ayla bağlı olan son 40 ildə edilmiş kəşflərin bir sırası Bolduin tərəfindən qabaqcadan söylənilmişdir. Onların içərisində aşağıdakılar nəzəri cəlb edir:

1. Ay süxurlarının çox qədim yaşı. Ay daşları Yerin ən qədim süxurları ilə bir zamanda, yaxud onlardan bir qədər əvvəl yaranmışlar;

2. Ayın kraterləri, dənizləri və digər strukturlarının formalaşmasında meteoritlərin təkan zərbələrinin başlıca rolu;

3. Ay dənizlərinin lava örtüklərinin əsası (tərkib nəzərdə tutulur) səciyyəsi və bu dənizlərin yaranmasında tektonika və vulkanizmin rolu;

4. Ayın başlıca elementlərinin - yüksəkliklərinin, dənizlərinin, krater və kalderlərinin nisbi yaş ardıcılığı;

5. Zəif qravitasiya ilə şərtlənən Ay səthinin susuzluğu;

6. Ayın həyatının ilk çağlarında meteorit maddəsinin nisbətən sürətli akkumulyasiyası və kraterlərin yaranması və sonralar meteorit toqquşmalarının sayının tədricən azalması;

7. Ay maddəsinin, son illərdə müəyyənləşdirilmiş, kəskin diferensiasiyası.

Axırncı xüsusiyyət Ay süxurlarının petrokimyəvi spesifikasi ilə sübut olunur. Daha sonra Ayda stratiqrafik laylanma, vulkanik tağyaratma və bir sıra digər hadisələr aşkar edilmişdir. Bütün bunlara baxmayaraq Ay, Yer, Venera və Marsla müqayisədə nisbətən sadə fəza cisimidir.

AY SƏTHİNİN STRUKTURLARI

Ayın orta sıxlığı $3,344 \pm 0,002 \text{ q/cm}^3$ -dir. Bu rəqəm Yerin yuxarı mantiyasının sıxlığına çox yaxındır. Bu oxşarlıq təsadüfi ola bilər, digər tərəfdən onun dərin genetik mahiyyəti var və belə sıxlığa ümumiliyinə Ay və Yerin qohumluğunun ifadəsi kimi baxıla bilər.

Yerə nisbətən Ayın ümumi sıxlığının azlığı peykin tərkibini müəyyən həduda alır. Ayın bir sıra süxurlarının xüsusi çəkisi onun orta sıxlığından yüksəkdir. Mexaniki və qravitasiyon sabitlik baxımından mülahizə olunmalıdır ki, dərinliyə doğru Ay maddəsinin sıxlığı artmalıdır. Belə olarsa, düşünülə bilər ki, Ay səthinin sıxlığı artıq olan törəmələri, hər hansı bir yolla səthə qalxmış dərinlik diferensiasiyasının məhsuludurlar.

Biz bilirik ki, maqmatik diferensiasiya nəticəsində dəmirlə zəngin xəlitələr yarana bilər. Rinqvud və Essen (1970) fərz edirlər ki, bəzi Ay bazaltları piroksenit tərkibli başlanğıc substratın parsial (qismən) əriməsi nəticəsində əmələ gəlmişlər. Bu prosesdə istənilən xəlitə dəmirlə, yaxud başqa metalla zənginləşə bilər. Belə xəlitələrin Ayın səthinə doğru hərəkətinin səbəbi onların sülb birləşmələrə nisbətən sıxlıqlarının azlığıdır. Lakin onlar səthdə soyuduqdan və sübləşdikdən sonra qravitasiyon qeyri-sabitlik və anomaliyalar peyda olmalıdır. Bu cür anomaliyalar lava ilə dolmuş Ay dənizləri üçün səciyyəvidir.

Metallik dəmir azacıq miqdarda Ay süxurlarının tərkibində iştirak edir, ümumiyyətlə, sıxlığın azlığı göstərir ki, Ayın daxilində bu metalın nəzərə çarpacaq konsentrasiyaları yoxdur və peykin daxilində iri ölçülü dəmir nüvənin olması ehtimalı aradan qalxır. Əgər belə nüvə varsa da, onun radiusu 400 km-dən azdır. Nüvənin tərkibində metallik dəmirlə birlikdə dəmir sulfidi də (FeS) iştirak edərsə radiusun ölçüsü 700 km-ə çata bilər.

Ayın səthinin quruluşundan asılı olaraq peykin inkişafı və təkamülündə bir sıra dövrlər müəyyənləşdirilir (cədvəl 25).

Ayın struktur-petroloji təkamülü
(P.D.Lauman, 1973, 1976)

Mərhələ, milyard il qabaq	hadisə	Mexanizm (səbəb), mənbə
1	2	3
I mərhələ 4,7-4,6 milyard il qabaq	a) Ayın əmələ gəlməsi b) Ayın xarici hissəsinin güclü (1000°C) qızması	a) saxlama, ayrılma, yaxud tutulma (dəqiq mexanizm məlum deyil) b) akkresiya, ayrılma, yaxud Yer ilə qarşılıqlı cazibənin enerjisi; ola bilsin ki, azyaşayan izotopların müəyyən rolu olmuşdur.
II mərhələ 4,6-3,7 milyard il qabaq	a) Al_2O_3 -lü süxur və diferensiatların hərtərəfli yaranması ilə müşayiət olunan ilkin hissələnmə b) hərtərəfli kraterəyanma v) parçalanma strukturlarının peyda olması q) Ay dənizlərinin yaranması d) Arximed kraterlərinin yaranması e) Keyli formasıyası və yüksək dağlıq vulkanlarının yaranması	a) Al_2O_3 daşıyan ilkin bazalt maqmasının yaranması ilə müşayiət olunan parsial ərimə, anortozit və felzidlərin xüsusiləşməsilə maqmatik diferensiasiya: b) Yer - Ay sistemini əhatə edən fəzadan qohum kütlələrin düşməsi; v) Yerdən uzaqlaşdıqca Ayın fırlanmasını ləngidən meridional basılma; q) Ay-Yerətrafi fəzadan iri kütlələrin, ola bilsin ki, Protoayların düşməsi. d) Ay dənizlərinin yaranmasından sonra, lakin onların dolmasından qabaq Ay-Yerətrafi fəzadan kütlələrin düşməsi: e) Yüksək gilli-torpaqlı bazalt maqmasının püskürməsinin generasıyası (Keyli formasıyasının vulkanik mənşəyi qəti müəyyən edilməyib; bir sıra tədqiqatçılar fikirləşir ki, bu formasıya II mərhələnin «q» etasında dəniz çökəkliklərinin yaranması ilə əlaqədar olaraq formalaşmışdır)
III mərhələ 3,7-3,2 milyard il qabaq	Ayın təkrar diferensiasıyası; dənizlərin dolması	Dərinlik hissələrin parsial əriməsi ilə əlaqədar olaraq bazalt maqmalarının generasıyası; qismən dairəvi dəniz çökəkliklərində yığılan, təkrar püskürmələr nəticəsində dənizlər yaranır.
IV mərhələ 3,1 milyard il qabaq	Asteroid və kometlərlə toqquşmadan təkan kraterlərinin yaranması; Ay dağ və dənizlərinin zəif vulkanizmi; dartılma pozulmaları; səthin «aşınması»	

Ayda müşahidə olunan təkamül planetlərdə görünür. Bu, Ayın kütləsinin kiçikliyi, onda atmosferin olmaması və daxili fəallığın məhdudluğu ilə izah olunur.

Ayın təkamülünün birinci mərhələsinin nişanələri aydın təyin olunmamışdır. Bura Ay süxurlarının izotop tərkibi və peykin yaranmasının enerji mənbəyi aid edilir. İkinci mərhələ üçün Ay səthinin xüsusiyyətləri və orada kimyəvi tərkibin dəyişməsinin müxtəlifliyi kimi nişanələr müəyyənləşdirilmişdir. Məsələn, Ay dağüstü sahələrinin qədim yaşı tək onların kraterlərinin yüksək sıxlığı ilə yox, mütləq yaşın təyini ilə də əsaslandırılır. Digər tərəfdən dağlıq əyalətlərin maddəsinin ilkin diferensiasiyadan yaranması əlamətləri Ay səthinin rentgen-fluorosent üsul ilə elementlər üzrə tədqiqatı vasitəsilə aşkar edilmişdir (Adler və b., 1972). İri planetezimalların düşməsindən yaranmış Ay dənizlərinin nisbətən gec inkişafı əlamətləri və kraterlərin sonradan yaranması Bolduin tərəfindən sübut olunmuş və müasir hipotezlərlə əsaslandırılır.

Ümumiyyətlə, Ay səthinin strukturlarının müəyyən mərhələlərdə yaranmasının səbəblərini və mexanizmini verilən cədvəl qənaətbəxş izah edir.

Biz burada Aydan gətirilmiş daş materialı və Ayda «Apollon», «Luna-16» və «Luna-20» cihazlarının apardıqları tədqiqatlara əsasən Ayın daxili quruluşu, petroqrafiyası, mineralogiyası və geokimyası haqda məlumat verəcəyik.

AYIN DAXİLİ QURULUŞU

«Saturn 54V» raketinin işlənmiş pillələrinin düşməsindən, meteorit zərbələrindən və Ayın mərkəzindən baş verən zəlzələlərin seysmik dalğalarının yayılma sürətinin tədqiqi üçün «Apollon» ekspedisiyasının astronautları peykin səthində 4 seysmometr yerləşdirmişdilər.

«Apollon»un endiyi yerlərdə uzununa seysmik dalğaların sürəti peykin səthindən bir neçə km dərinlikdə 4 km/s-dən, 20 km dərinlikdə 6 km/s-dək yüksəlir. Bu nöqtədə sürət ani olaraq 6,7km/s-yə qalxır (Toksöz, Deyntu, Solomon və Anderson, 1974). 20 km-dən 55 km-dək sürət sabitdir; 55-60 km arasında isə 6,8-dən 8 km/s-dək artır. Mülahizə olunur ki, burada Ayın qabığı başa çatır və onun mantiyası başlayır. Topoqrafik ölçülərlə birlikdə ağırlıq qüvvəsinin öyrənilməsi

göstərir ki, Ayın qabığı, ümumiyyətlə, izostastik müvazinətə yaxın haldadır. Yalnız dairəvi dəniz çökəklikləri ilə əlaqədar olan maskonlar (ifrat kütlələr yığımları) müstəsna olaraq təşkil edir. Qabığın qalınlığı maskonların altında 30-35 km, Ayın arxa tərəfindəki qitələrdə isə 90-110 km arasında dəyişir. Ayın qabığının orta qalınlığı onun arxa tərəfindən görünən hissəsinə nisbətən artıqdır. Bu anomaliya Ay cisminin mərkəzinin hündürlüyü mərkəzdən 2,5 km fərqi ilə səbəb olur (Kaula, 1975).

Seysmik dalğaların sürətinin paylanması qanunauyğunluqları əsasında Ayın mantiyasının zonallığı aşkar edilmişdir. Qoins (1977) və başqaları Ayın dərinlik seysmostrukturlarının analizi nəticəsində bu qərara gəlirlər ki, Ayda P (eninə) və S (uzununa) seysmik dalğaların sabit sürəti müvafiq olaraq 8 və 4,6 km/s olan 500 km-ə çatan qatı Ayın yuxarı mantiyası kimi qəbul etmək olar. Bu qatın altında P və S dalğalarının sürəti sıçrayışla 7,7 və 3,8 km-ə düşür. Sürətin belə azalması aşağı mantiyaya keçid kimi interpretasiya olunur. Aşağı mantiya 1000 km-dək sabit sürətlərlə səciyyələnir. Qoins hesab edir ki, Ayın aşağı və yuxarı mantiyası arasındakı sərhəd kəskin deyil, tədricidir.

Nakamuranın (1976) mülahizəsinə görə də Ayın mantiyası mürəkkəb struktura malikdir. O, aşağı və yuxarı mantiyanın sərhədini 300-400 km dərinliklər arasında keçirir və fərz edir ki, burada seysmik dalğaların sürəti tədricən artır. Yuxarı mantiyada 60-300 km dərinlikdə P-dalğalarının sürəti 8,1-dən 7,9 km/s-yə, S-dalğalarının isə 4,7-dən 4,4 km/s-yə enir. Qradientin mənfi qiyməti 800 km-ə qədər saxlanılır. Uzununa dalğaların qiyməti 300-800 km dərinliklərdə 7,9 km/s olub sabitdir.

Yer kürəsində ən dərin zəlzələ ocağı 700 km dərinlikdə yerləşir. Ayda isə bu dərinlik 950 km-ə çatır. Deməli, həmin dərinlikdə Ayın aşağı mantiyası sülb fazada vaxtaşırı təsadüf edilən ərimiş maddə saxlamır və orada su ola bilməz.

Ayda P-dalğaları ən azı 1400 km-ə qədər normal yayılır, lakin bu sahədə S-dalğalarının keçməsi müşahidə olunmur. Deməli, 1000-1400 km dərinlik həddində S-dalğalarının gərgin udulduğu sahə hesab olunmalıdır. Nakamura, Latam, Dorman və Denbeyer (1976) ehtimal edirlər ki, bu hadisənin səbəbi

bi qismən ərimədir və ola bilsin ki, Ayın 170 km minimal radiuslu nüvəsi var. Bu nüvə uzununa seysmik dalğaların aşağı sürətləri (3,7-5,1 km/s) ilə səciyyələnir. Ancaq həmin müəlliflər öz fikirlərindən haşiyə çıxırlar ki, onların bu fikri hipotetikdir və Ayın arxa tərəfinə düşmüş cəmi bir meteoritin verdiyi siqnallara əsaslanır. Varlığı mülahizə olunan belə bir nüvə Ayın ümumi kütləsinin ancaq 2%-ni təşkil edə bilər. Viskerxen və Sonett (1977) maqnitometrik analizlər əsasında həmçinin Ayda metalların azlığını göstərirlər.

AYIN QABIĞI

Ayın qabığı iki başlıca petroloji əyalətdən ibarətdir: anortozit materiklər və bazalt dənizlər. Peykin görünən hissəsində dənizlər çox sahə tutsalar da, onlardakı bazaltların orta qalınlığı Ay qabığının cəmi bir faizini təşkil edir (Hayd, 1976).

Ay qabığı materiklərinin yuxarı hissəsində qabbro-anortozit və anortozit tərkibli brekçiyalar sırası geniş yayılmışdır (Venk və b., 1974, 1975). Ay süxurları içərisində, bazalt və anortozitlərdən başqa, riolit tipli turş süxurlara da təsadüf oluna bilər. Buna şüşəvari və qismən şüşəvari süxurlar aiddir. Şüşə brekçiyalarda sement kimi iştirak edir. Ayın qrununda həmçinin meteoritlərin komponentlərinə rast olunur. Onlar tenit, kamasit və fosfit hissəciklərinin varlığı ilə müəyyənləşdirilir. Ayın süxurları və torpağı narın dənəvərdir. Bir çox hallarda süxurlarda intensiv ovulma və zərbədən dəyişmələr müşahidə olunur. Brekçiyalarda qismən ərimənin və yenidən kristallaşmanın əlamətləri var. Bazaltlar yuvacıqlı və məsaməlidirlər ki, bu da bərkimədən qabaq qazların təsirinin nəticəsidir. Ay süxurlarının strukturu meteoritlərin təkrari güclü zərbələrinin və gərgin vulkanizmin varlığına sübutdur. Ay süxurlarının kimyəvi tərkibi çox da mürəkkəb deyil və bazit-hiperbazit sıraları ilə hədudlanır.

Ay süxurlarının kimyəvi tərkibi

Komponentlər	Analizlər			
	1	2	3	4
SiO ₂	41,27	45,76	48,4	73,71
Al ₂ O ₃	9,75	19,23	15,5	12,82
TiO ₂	10,17	1,54	1,8	0,74
FeO	18,24	8,70	11,0	1,73
MnO	0,29	0,11	-	0,10
MgO	6,84	11,68	7,6	0,10
CaO	12,30	11,72	10,0	1,81
Na ₂ O	0,44	0,52	0,8	0,75
K ₂ O	0,09	0,23	1,0	7,74
P ₂ O ₅	0,07	0,27	0,8	-
BaO	-	-	-	0,30
S	0,19	0,08	-	-
Cr ₂ O ₃	0,27	0,20	-	0,07
CƏMİ:	99,92	99,99	96,90(?)	99,87

Analizlər: 1- «Apollon-17»nin gətirdiyi bazalt; 2- «Apollon-17»nin gətirdiyi norit brekçiyası; 3 - «Apollon-12»nin gətirdiyi şüşə parçası; 4 - «Apollon-12»nin gətirdiyi interstisial riolit şüşə.

Verilən cədvəldəki turş tərkib hissələrin şüşəvari kütlədən ibarət bazalt brekçiyasının interstisiya (dənələrarası) maddəsini xarakterizə edir. «Apollon-17» tərəfindən Sakitlik və Aydınliq dənizlərindən götürülmüş bazaltların çoxunda TiO₂-nin miqdarı Yer in eyni adlı süxurlarından xeyli artıqdır. FeO və CaO-nun miqdarı həmçinin yuxarıdır; qələvilər isə azdır. Ancaq bir sıra Ay süxurlarında K₂O və lantanoidlərin nisbətən yüksək konsentrasiyaları müəyyənləşdirilir.

Mineraloji tərkiblərinə görə Ayın süxurları Yer in adi hiperbazitlərindən az fərqlənirlər. Çox təsadüf olunan minerallara kalsiumlu plaqioklaz, piroksenlərdən pijonit və avgit, ulvoşpinel (Fe₂TiO₄), xromşpinel, ilmenit və rutil aid edilir. Kristallaşma diferensiasiyasının axırncı mərhələsinin məhsulları kimi interstisiyalarda silisium oksidi ilə doymuş fazalar peyda olur, o cümlədən kvars, tridimit, kristobalit və qələvi çöl şpatları toplanır. Bu adi Yer minerallarından başqa, az da olsa hərtərəfli yayılmış meteorit minerallarına - metallik, sərbəst dəmirə (kama-

sitə və tenitə) və troilitə (FeS) təsadüf olunur. Ancaq Ay üçün səciyyəvi olan xüsusi fazalar da vardır, məsələn, baddeleit, piroksofferoit, trankfillitiit və sirkonolit ($\text{Fe}_8\text{Zr}_2\text{Ti}_3\text{O}_{24}$) assosiasiyasını göstərmək olar. Hərdən plaqioklaz zərbə təsirindən, meteoritlərdə olduğu kimi maskelenitə çevrilmişdir.

Ay lavalalarının öyrənilməsi əsasında Mareyz və Mak Birney (1973) mülahizə edir ki, Ayın bazaltları silisium oksidi ilə kasıb və özlülüyü zəif olan və ona görə də uzaq məsafələrə axmaq qabiliyyətinə malik maqmanın məhsuludur. Ayın lava örtükləri Marsdan fərqli olaraq, yaxşı ifadə edilmiş qövsvari cəbhələr yaratmır və bu xassə də maqmanın özlülüyünün azlığı ilə bağlıdır. Əgər Keyli formasiyasının geniş yayılmış törəmələri vulkanogen mənşəlidirsə, onda piroklastlar adı Ay süxurlarına aid olunmalıdır. Belə ki, piroklastların ortaya gəlməsi maqmada həll olunmuş qazların miqdarının artıqlığının ifadəsidir və belə hal Ay bazaltlarının məsaməliyi ilə uyğunlaşır.

Ay maqmalarının soyuması zamanı onlardan çıxmış qazların həqiqi təbiəti hələ ki, aydınlaşdırılmamışdır. Ay süxurlarında sərbəst dəmirin və başqa bərpa fazalarının iştirakı göstərir ki, uçucu komponentlər bərpaedici səciyyə daşımışlar. Ay və meteoritlərin olivin-piroksen-sərbəst dəmir paragenezisinin müqayisəli analizi göstərir ki, Ay bazaltlarının kristallaşması zamanı oksigenin uçuculuğu 10^{-13} atm olub, Yerdəkindən bir neçə dəfə aşağı imiş. Oksigenin uçuculuğunun belə qiymətində süxurların məsamələrində hidrogen sudan çox olmalı idi və bu da süxurların sonrakı məsaməliliyini şərtləndirir.

Vud (1970), Uolker (1975) və b. fikrincə Ayın süxurları və qabığının yaranması peykin xarici zonasını əhatə etmiş irimiqyaslı ərimə və diferensiasiyanın nəticəsidir. Bu proseslər 4,4-4,6 milyard il bundan qabaq, Ayın yaranmasından azacıq sonra baş vermişdir. Ola bilsin ki, 400 km qalınlıqlı xarici qat tamam ərimiş və nəticədə ultraəsasi ilkin maqma yaranmışdır. Bu proses üçün lazım olan enerji və istilik balansı, likvidus və solidus arasındakı temperatur intervalı nəzərə alınarsa Ayın bir neçə yüz kilometrlik xarici zonasının ancaq 20-30%-nin əriməsinin mümkünlüyünü görürük. Ay qabığının yuxarı, pla-

qioklazla zəngin hissəsinin əmələ gəlməsi üçün ilkin maqma bazalt tərkibli olmalıdır. E.A.Şenfeld (1977) «Ay anortozit qabbrosunun modeli» məqaləsində yazır ki, Ay qabığının yuxarı hissəsinə qabbro maqması ilə plaqioklazın kumulyativ kristallarının qarışığı kimi baxılmalıdır. MgO: (MgO+FeO) nisbətinin yüksək qiyməti və xromun Ay qabığındakı artıq miqdarı göstərir ki, ilkin əsasi xəlitə, plaqioklaz kumulyatı tərəfindən tutulmamışdan qabaq fraksion kristallaşmanın təsirini hiss etməmişdir. Kesson və Rinqvudun (1976) apardığı eksperimental tədqiqata görə ayda maqmatik xəlitədən birinci olaraq və geniş interval daxilində plaqioklaz kristallaşır və ancaq sonra ona kotektik olivin və piroksen birləşir. Bu müəlliflər Ay qabığını yaradan maqmanın nəzəri tərkibini tapmaq məqsədilə qabığın yuxarı hissəsinin orta tərkibindən əsasi plaqioklazın (An₉₅) müəyyən miqdarını çıxırlar ki, xəlitə eyni zamanda həm plaqioklazla, həm də dəmirli-maqneziumlu orto-metasilikatla (olivin, piroksen) doymuş olsun. Beləliklə, hesablanmış Ay qabığını yaradan ilkin maqmanın tərkibi cədvəl şəklində verilir (cədvəl 27).

Cədvəl 27

**Ay qabığını yaradan ilkin maqmanın hesablanmış tərkibi
(Kesson və Rinqvud, 1976)**

Komponent	Ay qabığının yuxarı hissəsinin orta tərkibi (Teylor və Ceyks, 1974)	Ay qabığını yaradan ilkin maqmanın tərkibi (57% An ₉₅ çıxarılmışdır)
SiO ₂	44,8	47,7
TiO ₂	0,55	0,88
Al ₂ O ₃	24,6	18,4
Cr ₂ O ₃	0,1	0,13
FeO	6,6	9,14
MgO	8,6	12,3
CaO	14,2	11,3
Na ₂ O	0,45	0,6
MgO:/(MgO+FeO)	0,566	0,567

Atmosfer təzyiqində kotektikanın likvidus fazaları plaqioklaz (An₉₅) və olivindir. Oksidlərin hesablanmış nisbətini Rin-

qvud Ay qabığının orta tərkibinə uyğun və onu yaradan maqmanın tərkibinə yaxın hesab edir. Belə yaradıcı xəlitə oksidlərin miqdarı nisbəti və petrokimyəvi roluna görə prinsipial əhəmiyyətə malikdir.

Ay qabığını yaradan maqmanın tərkibi ilə Yer səthində ən çox püskürülmüş adi okean toleitlərinin müqayisəsi maraqlıdır (cədvəl 28). Məlumdur ki, Ay bazaltları Yerdəki analoqlarına nisbətən uçucu komponentlərlə kasıbdırlar. Cədvəldəki başlıca elementlərdən ən uçucuları silisium və natriumdur. Cədvəldən görünür ki, toleitlərin SiO_2 -nin 7%-i və Na_2O -nün 90%-i çıxarılmış modifikasiyanın tərkibi Ay maqmasına oxşardır. Axırncı isə Ay qabığı qitələrinin yaranmasının başlıca mənbəyidir.

Cədvəl 28

Ay qabığını yarada biləcək bazalt maqması ilə, uçucu komponentlərin müəyyən miqdarı itdikdən sonra nəzərə alınan okean toleitlərinin tərkibinin müqayisəsi (Rinqvud, 1979)

Komponent	I	II	III
	Yerin adi okean toleit ¹	Ay qabığının ilkin maqması	I qrafanın rəqəmlərindən ($7\% \text{SiO}_2 + 2,8\% \text{Na}_2\text{O}$) ² çıxarılmışdır
SiO_2	50,3	47,3	47,5
TiO_2	0,7	0,9	0,8
Al_2O_3	16,6	18,4	18,2
FeO	8,0	9,4	8,8
MgO	10,2	12,3	11,2
CaO	13,2	11,3	14,5
Na_2O	2,0	0,2	0,2
$\text{MgO}:(\text{MgO}+\text{FeO})$	0,69	0,70	0,69
NTE Xondritlər	9	10	10

Ayın qabığını yaradan maqma ilə Yerin okean toleitləri arasındakı oxşarlıq nadir torpaq elementlərinin (NTE) süxurlarda paylanması da özünü göstərir. Xabbard və Qastın (1971) «Ay bazaltlarının kimyəvi tərkibi və mənşəyi» məqalə-

¹ Nümunə R 3-18 / Frey, 1974

² I qrafada gətirilmiş SiO_2 -nin 14% və Na_2O -nün 90%-nin ekvivalenti.

sində anortozitin kristallaşdığı ilkin bazalt maqmasında NTE-nin paylanması hesablanmışdır. Məlum olmuşdur ki, ilkin xəlitədə NTE-nin paylanması xondritlərə yaxındır.

Xabbard göstərir ki, digər Ay anortozitləri kaliumun az miqdarında yevropiumun anomal yuxarı faizini saxlayır və NTE-nin eyni qayda ilə paylanması ilə səciyyələnən ilkin xəlitədən kristallaşmışlar. Toleitlərdə və Ay süxurlarında NTE-nin oxşar paylanmasının petrogenetik əhəmiyyəti var. Bu məsələnin aydınlaşdırılması Ay qabığının petroloji-geokimyəvi xüsusiyyətlərini anlamağa imkan yaradır.

AYIN YUXARI MANTİYASI

Ayin qabığını yaratmış ilkin maqmanın tərkibi yuxarıdakı cədvəldə verilmişdir. Həmin maqmanın soyuması zamanı olivin (F_{088}) əsasi plaqioklazla birlikdə eyni zamanda likvidusda $1250^{\circ}C$ temperaturda (vakuumda) kristallaşır. Mənfi yevropium anomaliyasının olmaması maqmada, onun yarandığı dərinlikdə plaqioklazın yoxluğuna və seqreqasiyadan sonra bu mineralın çox miqdarının ayrılmamasına sübutdur. Olivin 7 kbar təzyiqə qədər likvidusda qalır və ehtimal ki, maqma ocağında qalıq fazalarının tərkibinə daxil olur (Kesson və Rinqvud, 1976). Mülahizə olunur ki, Ay qabığını yaratmış maqma olivinin az dərinlikdə kristallaşması hesabına forsteritlə daha zəngin imiş.

Ay qabığının ana maqması yəqin ki, Ayın xarici qatının bir neçə yüz km dərinlikdə qismən əriməsi nəticəsində yaranmışdır. Qalıq fazalarından ayrıldıqdan sonra maqmatik kameralarda olivinin çökməsi maqma plaqioklazla doyana qədər davam etmişdir. Ola bilsin ki, buna görə də Ay qabığının aşağı hissəsində olivin kumulyatı qatı var.

Ay qabığının ana maqması çətin əriyən dəmirli-magneziumlu fazalardan 150 km dərinlikdə (təzyiq 7 kbardır) ayrılır.

sa faza müvazinəti qaydasına görə qalıq olivindən (Fe_{88}) ibarət olmalıdır. Belə şəraitdə temperatur bir qədər azaldıqda olivinə ortopiroksen qoşulur. Deməli, Ay qabığını yaradan maqmanın əsas kütləsi ayrıldıqdan sonra qalan, çətinəriyən faza ya olivindən, yaxud da olivin ilə ortopiroksenin qarışığından ibarət olmalıdır.

Ay qabığını yaradan ana maqmada $CaO:Al_2O_3$ nisbəti 0,63-ə bərabərdir. Bu rəqəm xondritlərdəki 0,8 nisbi qiymətindən nəzərə cərpacaq dərəcədə azdır. Əgər xəlitənin yaranma əyalətində $CaO:Al_2O_3$ nisbəti xondritə yaxındırsa, yerdə qalan fazalar maqmanın generasiyasından sonra bu nisbətə yüksək qiymətinə malik olmalıdır. Ancaq Ay qabığının ana maqmasından ayrılan ortopiroksenin, daha sonra ana maqma ilə olivinin qarışığının tərkibində $CaO:Al_2O_3$ nisbəti 0,4-dən azdır. Ortopiroksenin qalıq fazalarında iştirakı bu müxtəlifliyi daha da gücləndirir. Belə çıxır ki, ortopiroksen başlıca qalıq fazası ola bilməz. Digər tərəfdən 0,4-0,5% CaO saxlayan, lakin Al_2O_3 -süz olivin, başlıca fazanın mütləq komponenti gillitorpaq şəraitində $CaO:Al_2O_3$ nisbətini istənilən tərəfə yönəldə bilər. Lakin bu effekt miqdarı olaraq kafi deyil.

Əgər Ay qabığının yarandığı bütün sistemi meteorit nisbətləri səciyyələndirirsə, onda başlanğıc sahədə $CaO \geq Al_2O_3$ nisbətli klinopiroksenin çoxlu miqdarda qalmalıdır. Faza tərzliqləri barədəki müasir məlumat bu halın qeyri-mümkünlüyünü göstərir.

A.E.Rinqvud (1979) ehtimal edir ki, Ay qabığını yaradan maqmanın ayrılmasından sonra mantiyada qalmış çətinəriyən qalıq 0,5% CaO və lazım olandan azacıq artıq MgO saxlayan dunitdən ibarətdir. Əgər qəbul etsək ki, Ay qabığının ana maqması ilkin maddənin 25%-nin əriməsi zamanı yaranır (Yerin okean toleitləri kimi), onda $CaO:Al_2O_3$ nisbəti bütün sistem üçün (xəlitə və sülb qalıq faza) 0,7 olacaq. Bu rəqəm isə

xondritlərin 0,8 qiymətindən çox da aşağı deyil və sistem 4,6% Al_2O_3 saxlaya bilər.

Ayın qabığı və yuxarı mantiyasını tərkibi, yuxarıda danışılan nisbətlər nəzərə alınmaqla aşağıdakı cədvəldə verilir. Müqayisə göstərir ki, həmin tərkib Yer yuxarı mantiyasının pirolit tərkibinə yaxındır. Fərq Ayda SiO_2 -nin azlığı və olivin-piroksen nisbətinin yüksəkliyidir. Ayın mantiyasında $CaO:Al_2O_3$ nisbəti də aşağıdır.

Cədvəl 29

Ayın hesablanmış ümumi tərkibinin Yer yuxarı mantiyasının pirolit modeli ilə müqayisəsi (Rinqvud, 1979)

Komponent	Dəniz bazaltlarının ilkin tərkibi	Ayın 400 km-lik xarici zonası	Ayın ümumi tərkibi	İlkin maddə	Pirolit
1	2	3	4	5	6
SiO_2	46,8	42,8	44,8	45,6	45,1
TiO_2	0,4	0,2	0,3	-	0,2
Al_2O_3	3,7	4,6	4,2	4,6	3,9
Cr_2O_3	0,5	0,3	0,4	0,4	0,3
FeO	16,7	11,0	13,9	13,0	7,9
MgO	27,5	37,8	32,7	32,3	38,1
CaO	4,1	3,2	3,7	3,8	3,1
Na_2O	0,06	0,05	0,05	0,06	0,4
MgO:(MgO+FeO)	0,75	0,86	0,81	0,82	0,89
HTE					
Xondritlər					
Mineraloji tərkib	~2	~2	~2	~2	~2
Albit	0,5	0,4	0,4	0,5	3,4
Anortit	9,9	12,3	11,2	12,2	8,9
Diopsid	8,5	2,8	5,7	5,5	5,2
Hipersten	41,8	11,9	26,0	29,2	18,4
Olivin	37,9	71,8	55,5	51,7	63,3
Xromit	0,7	0,4	0,6	0,6	0,5
İlmenit	0,8	0,4	0,6	-	0,4
Venk və b. (1977) görə ilkin maddə Ayın ümumi tərkibini ifadə edir.					

Ayın yuxarı mantiyasının dunitlərinin (F₀₈₈) cıxlığı 100 km dərinlikdə və müvafiq olaraq 600°C temperaturda Keym və Lançetin (1977) hesablamalarına görə 3,29q/sm³-dir; uzununa seysmik dalğaların sürəti bu şəraitdə 8,1km/s-yə çatır (Berç, 1969). Beləliklə, Ayın və Yerin yuxarı mantiyalarının, meta- və ortosilikatların dəyişməsinin müəyyən oxşarlığı vardır. Yerin yuxarı mantiyasında metasilikatlar, Ayda isə ortosilikatlar üstünlük təşkil edir.

AYIN AŞAĞI MANTIYASI

Hazırda bütün ölkələrin petroloqları və geokimyəçiləri qəbul edir ki, bazalt maqması ultrasəsi maddənin, başqa sözlə desək, Yerin mantiyasının qismən əriməsi nəticəsində yaranır. «Luna - 10» avtomatik stansiyasının 1966-cı ildə Ayın səthində apardığı qamma-planalmaya əsaslanaraq A.P.Vinoqradov (1966) mülahizə edir ki, Ay dənizləri Yerin bazaltlarını xatırladan süxurlardan qurulmuşlar. ABŞ-ın «Apollon» layihəsi ilə apardığı işlər alimin fikirlərinin düzgünlüyünü sübut etdi. Bazaltların tərkibinin müxtəlifliyi, qismən ərimənin temperaturu, dərinliyi və səthə qalxarkən maqmanın sonrakı kristallaşma xüsusiyyətləri ilə izah olunurdu.

Eksperimentlər göstərir ki, Ayın dəniz bazaltlarının hamısı 150-200 km dərinlikdə olivinli piroksenitə oxşar maddənin qismən əriməsi nəticəsində yaranmışlar. Belə sadə birmərhələli proses ilə Ay bazaltlarının petroloji-kimyəvi xüsusiyyətlərinin başlıca cəhətlərini aydınlaşdırmaq olur. Lakin bazaltların geokimyasının bir sıra səciyyəvi xüsusiyyətləri, məsələn, onlarda titanın miqdarının dəyişməsinin səbəbləri, NTE-nin nisbi paylanması, yevropium anomaliyaları, TiO_2 -nin %-ni və izotop nisbətləri kimi problemlərə birmərhələli hipotez cavab vermir və ona əlavələr lazımdır.

Deyilənləri nəzərə alaraq Şnetsler və Filipots (1971) yeni hipotez irəli sürür. Onların fikrincə dəniz bazaltları mineraloji və kimyəvi seçilən olivinin, piroksenin və ilmenitin müxtəlif nisbətlili qarışığından ibarət kumulyatlardan 4,4-7,6 milyard il bundan qabaq Ayın ilk-əvvəl diferensiasiyası zamanı təkrarən əriməsindən yaranmışdır. Qəbul edilir ki, aztitanlı bazaltlar yüksək dərinlikdə (200-400 km) olivin-piroksen kumulyatının qismən əriməsinin, çoxtitanlı bazaltlar isə az dərinlikdə (100 km-dək) olivinin, piroksenin və ilmenitin kumulyatının məhsuludur. Əslində belə hipotez TiO_2 -nin iki mərhələli tarixini, lantanoidlərin izotop münasibətlərini, yevropium anomaliyalarını və Ayın dəniz bazaltlarının geokimyasının bir sıra digər vacib xüsusiyyətlərini aydınlaşdırır. Digər tərəfdən az

fraksiyalaşmış, az və çox titanlı bazaltların eyni miqdarda xrom saxlaması və rəvan $MgO: (MgO+FeO)$ nisbətində malik olmasının səbəbi cavabsız qalır. Rinqvud və Kesson (1976) fikirləşir ki, çoxtitanlı bazaltlar kontaminasiyaya uğramış lokal sahələrdə yaranır; aztitanlı bazaltlar isə Ayın dərinlik maddəsinin əriməsinin məhsuludur. Beləliklə, Ayın dərinlikləri barədə məlumatı titanla kasıb bazaltları öyrənməklə almaq olar.

Veniman və Pepayk (1977) ay süxurlarının monomineral fraksiyalarını öyrənərkən tərkibində titanın miqdarı 1%-dən az olan və $MgO: (MgO+FeO)$ nisbəti geniş diapazonda dəyişən bazaltların yeni növünü müəyyənləşdirmişlər. «Luna-24» avtomatik stansiyasının Böhranlar dənizindən götürdüyü riqolitlərin V.L.Barsukov və b. (1977) tərəfindən tədqiqi belə bazaltların varlığını sübut edir. Onlar fraksiyalaşmanın nişanələrini daşıyır, Al_2O_3 -ün nisbətən yüksək faizi, $MgO: (MgO+FeO)$ nisbətinin aşağı qiyməti ilə seçilir. Lakin «Luna-24»-ün gətirdiyi qruntdakı maqneziumu çox olan olivinli vitrofirlərdə titanın miqdarı çox azdır. NTE-nin miqdarı isə xondritlərdə olduğundan 10 dəfədən artıqdır.

Görürük ki, titanlı bazaltların tarixi mürəkkəbdir və adətən Ayın geokimyası öyrənilərkən aztitanlı növlərdən istifadə edilir. İbtidai maqma hesab edilə biləcək belə bazaltların tərkibində nisbətən çox xrom və maqnezium var və onlar çoxlu normativ olivin saxlayırlar. Bəsit bazaltlar Ayın səthinə azacıq miqdarda qabaqca ayrılmış olan kristallar saxlayan maqma şəklində gəlmişlər. Onlarda NTE-nin və digər təzad elementlərin paylanması xondritlərdə olduğundan 10-20 dəfə artıqdır və bu cəhətdən okean toleitlərini xatırladırlar. NTE barəsində deyilənlər lantanoidlərin hamısını əhatə etmir və nadir torpaq elementlərini vermiş ilkin maddənin mürəkkəb geokimyəvi tarixi var.

Qrin və Rinqvud (1973) hesab edirlər ki, «Apollon-15»-in gətirdiyi yaşıl şüşəvari süxurun vacib petrogenetik əhəmiyyəti var. Süxurun tərkibi göstərir ki, Ay səthində bazalt, yaxud pikrit maqmasının bəsit növlərinə rast gəlinir. Belə maqma xondritlərə çox oxşar NTE-nin «ilkin» nisbətləri və cüzi yev-

ropium anomaliyaları ilə seçilir. NTE və qeyri, az uçucu təzad elementlər, titan da daxil olmaqla xondritlərdə olduğundan 4-5 dəfə çoxdur. «Apollon-12» və «Apollon-15»in gətirdikləri maqmatik süxurun ən az fraksiyalaşmaya məruz qalmışi likvidusda olivin F_{074-76} və yaşıl şüşə F_{084} saxlayır. Mülahizə olunur ki, yaşıl şüşə soyumuş maqmadır, ana maddənin 40-60% qismən əriməsi nəticəsində əmələ gəlmişdir. Bu miqdar fərz olunandan xeyli artıq olduğundan, yaşıl şüşə Ayın geoloji tarixini nisbətən dolğun əks etdirən əlavə amillərdən biri ola bilər.

Ay bazaltlarının, anortozitlərinin və Ayın səthi tozu - riqolitlərin öyrənilməsi, «Apollon» və «Luna» stansiyalarının yığıqları məlumatın analizi və materialın dünya alimləri tərəfindən işlənməsi göstərir ki, Ay dənizlərinin bazalt tərkibli süxurları peykin aşağı mantiyasında yaranmışlar. Lakin bazaltların petrogenезisi mürəkkəbdir və onlar azı ikimərhələli maqmatik fəaliyyətin məhsuludurlar. Diferensasiyalaşmış, sıxlığı çox olan yuxarı mantiyanın kumulyatları aşağı mantiyaya yüklənmiş, oradakı maddə ilə qarışmış və nəticədə dəniz bazaltlarının ana xəlitəsinin səciyyəvi geokimyəvi xüsusiyyətlərini daşıyan hibrid süxurlar yaranmışdır. Dəniz bazaltlarının aşağı mantiya mənşəli olması aşağıdakı amillərlə sübut olunur:

1. Dəniz bazaltları Ay yaranandan azı 1,4 milyard il sonra formalaşmışlar. Müxtəlif hüdudda termik şəraitin tarixi analizi göstərir ki, soyuma birinci milyard ildə 200 km-dən az dərinlikdə getmişdir (Yuri, 1962; Toksöz, Xsui və Conson, 1978). Çox çətin təsəvvür olunur ki, belə soyuq xarici çərçivə zonasında 3,2 milyard il bundan əvvəl, qismən ərimə nəticəsində dəniz bazaltlarını yaradan maqma yaşaya bilər. Ay kraterlərinin formalaşması müddətinin hesablanması göstərir ki, vulkanik sonralar da təzahür etmişdir (Boays, Dayl, Soderbolm, 1974). Ayda istilik axınlarının varlığı baxımı (Lanqset, Keym və Peters, 1976) sübut edir ki, uran, torium və kaliumun Ayda paylanması, mülahizə olunduğundan azdır. Buradan belə nəticəyə gəlmək olar ki, Ayın dəniz bazaltlarını yaradan ana xəlitə 200 km-dən daha dərinə yerləşməlidir.

2. Maskonlar, yəqin ki, dəniz hövzələri bazaltlarla dolan vaxt, yaxud da bu prosesdən qabaq yaranmışdır. Maskonların 3,8 milyard ildən yuxarı müddətdə sabit olduqlarını möhkəm, soyuq və qalın (150 km-dən yuxarı), hələ dəniz vulkanizmi vaxtı mövcud olan litosferin varlığı sübut edir (Kaula, 1969). Dəniz bazaltlarının təzahür etməsi göstərir ki, litosfer möhkəmliyini itirmiş və daxili quruluşunu dəyişmişdir. Maskonların saxlanılmasını ancaq dəniz bazaltlarının dərinlik mənşəli olduğunu qəbul etməklə başa düşmək olar.

3. Titanı az olan dəniz bazaltlarının ibtidai maqmasından bir baş orta təzyiqlik şəraitinə qədər likvidus fazası kimi olivin yaranır. Belə şəraitdə olivinə kalsiumla kasıb klinopiroksen və ya ortopiroksen qoşulur. Olivin və piroksenin kotektik münasibətləri 7 (12009 №-li nümunə), 14 (15555 №-li nümunə) və 20 kbarda (yaşıl şüşə) mümkündür. Ola bilər ki, həmin nümunələrin məhsulu olduqları maqma səthə doğru yerinin dəyişərkən ondan müəyyən qədər olivin ayrılmışdır. Belə olduqda həmin təzyiqlər minimumdur. Mikroelementlərin bazaltlarda paylanma qanunauyğunluqlarına əsasən fikirləşmək olar ki, qismən ərimədən maqma ayrıldıqdan sonra qalıqda piroksenlər durur. Piroksen-olivin qarışığının kristallaşdığı təzyiqlik maqmanın yarandığı minimal dərinliyi göstərməlidir. Belə təzyiqlik 140-280 km dərinlik intervalına təfəvüt edir. Maqma 400 km-dən artıq dərinliyin məhsulu olsa da o yuxarı qalxarkən lazımı sərhədlərdə müəyyən qədər olivin verməlidir. Daha sonra, mülahizə etmək olar ki, qismən ərimədə təzyiqlin tədricən azalması səthə hərəkət zamanı baş verə bilər. Eksperimental alınmış təzyiqlik maqmanın ayrıldığı dərinliyə uyğun gəlir, lakin diapirlərin yarandığı ibtidai dərinlikdən azdır.

4. Seysmik dalğaların paylanma sürəti sıxlıq və MgO : ($MgO+FeO$) nisbəti dəniz bazaltlarının formalaşdığı əyalətdə, Ayın aşağı mantiyasının ehtimal olunan xüsusiyyətlərinə daha oxşardır. Qeyd olunmalıdır ki, yuxarı mantiyanın sıxlığı az və burada seysmik dalğaların yayılma sürəti, dəniz bazaltlarının ibtidai olivin-piroksen maqmasıninkinə nisbətən yüksəkdir.

5. Beləliklə, Ayın aşağı mantiyası haqda təsəvvür titanla kasıb peykin dəniz bazaltlarının öyrənilməsi vasitəsilə alınır.

Ümumiyyətlə, Ayın aşağı mantiyasının petroqrafik tərkibi Yer
rin yuxarı mantiyasının pirolit modelinə oxşardır və ondan
qələvilərin və SiO_2 -nin nisbətən azlığı ilə seçilir.

AYIN KİMYASI

Verilən qısa xülasədən məlum oldu ki, Ayın qabığı
özünün bazalt dənizləri və anortozit dağları ilə birlikdə fiziki-
petroloji xüsusiyyətlərinə görə Yer yuxarı mantiyasının
aşağı hissəsinə oxşardır. Beləliklə, Ayın kimyasının tədqiqində
iki məsələyə fikir verilməlidir:

1. Siderofil elementlərin Ayda paylanması;
2. Ay maddəsində uçucu komponentlərin mövcudluğu
və yaşamasının qanunauyğunluqlarının aşkar edilməsi.

«Apollon-11»in gətirdiyi bazalt nümunələrinin analizləri
göstərdi ki, onlar Yer bazaltlarına nisbətən az siderofil ele-
mentlər saxlayır. Bu işin səbəbi metallik fazanın seqreqasiyası,
yaxud ilkin maddənin dəmir ailəsi elementləri ilə kasıblığı ola
bilir. Bazaltların öyrənilməsində onların kimyəvi xüsusişmə-
sinə fikir verilməlidir, süxurların yarandığı region nəzərə
alınmalıdır və ana maqma ilə onun törəməsi - süxur arasındakı
metal assosiasiyaları müqayisə olunmalıdır. Başqa sözlə,
ana maqmadan onun məhsulu - bazalta doğru baş verən tə-
kamül izlənilməlidir.

Geokimyadan məlumdur ki, dəmir ailəsinin vacib üzvləri
dəmirdən sonra nikel və kobaltdır. Onların Ay bazaltlarında
paylanmasını Yer okean toleitləri ilə müqayisə etdikdə iki
məsələ nəzərə alınmalıdır: a) hər iki törəməni yaradan maqma
ibtidai mənbədən ayrıldıqdan sonra fraksiyon kristallaşmaya
məruz qalmışdır və bu prosesdə olivinin ayrılması nikelin,
qismən kobaltın süxurlarda paylanmasına təsir etmişdir və b)
az titanlı bazaltlar barədə məlumatın okean toleitlərinə nisbə-
tən azlığı.

MgO : ($\text{MgO} + \text{FeO}$) nisbətindən asılı olaraq nikelin oke-
an toleitlərində və dəniz bazaltlarında miqdarı nisbəti qrafik
şəklində ifadə oluna bilər. Belə qrafikdə bütün xətlər okean
toleitlərinin yayıldığı sahəni əhatə edir. Müşahidə olunan nis-

bət səthə yaxın fraksiyon kristallaşma ilə əlaqədardır. Qeyri-xətti asılılıq isə nikelin olivin-piroksen kristalları və kumulyatı arasında paylanma əmsalinin maqneziumun eyni parametrlərindən çoxluğunu müəyyənləşdirir. Görünür ki, «Apollon-12»nin gətirdiyi bazaltların fiqurativ nöqtələri Yer bazaltları sahəsinin ortasına düşür; bu, nikelin miqdarının azalması və maqneziumun artması meylinin hər iki süxur tipində oxşarlığına dəlalət edir.

Ay süxuru nöqtələrinin bir qədər dağınıqlığı səthə yaxın nikelin bərpası və metalın seqresiyası ilə izah oluna bilər. «Apollon-15»in nümunələrinin analizlərinin çoxu da Yer bazaltları sahəsindədir, lakin onlarda nikelin miqdarı yuxarıdır. $MgO:(MgO+FeO)$ nisbəti isə dəyişmişdir.

«Apollon-12» və «Apollon-15»in Aydan gətirdikləri bazalt nümunələrində olivin nəzərə çarpacaq dərəcədə fraksiyalaşmışdır (Çapel və Qrin, 1973; Kompston və b., 1971). Deməli, nikelin süxurlardakı miqdarının $MgO:(MgO+FeO)$ nisbətindən asılılığı şübhə doğurmur. Yer və Ayın bazalt sistemlərində nikelin fraksiyalaşması oxşarlığı göstərir ki, hər iki sistem ekvivalent diferensiasiyada nikelin analoji miqdarı ilə xarakterizə olunur. Bu məsələ Okean toleitləri və aztitanlı dəniz bazaltlarında nikelin orta miqdarının müqayisəsi ilə sübut olunur. Delano və Rinqvud (1978) əldə olan məlumatı ümumiləşdirmiş və nikelin yerin okeanik bazaltlarındakı və Ayın analoji süxurlarındakı orta miqdarının müvafiq olaraq 0,00075 və 0,00059 olduğunu təyin etmişlər. $MgO:(MgO+FeO)$ nisbətləri 0,55 və 0,48-dir.

«Apollon-12»nin bazalt nümunələrində nikelin miqdarı ilə $MgO:(MgO+FeO)$ nisbəti arasındakı müəyyən əlaqə nikelin ana maqmada oksid şəklində olduğunu və onun olivinin fraksiyalaşmasında iştirakını göstərir. «Apollon-25»in yaşıl şüşəsində nikelin artıq miqdarı NiO şəklindədir. «Apollon-12»nin gətirdiyi bazaltlardakı metallik faza, güman olunur ki, püskürmədən sonra baş verən bərpa prosesinin məhsuludur (Brett, 1971; Hevins, 1974 və Reyd, 1970).

$MgO:(MgO+FeO)$ nisbətinin azalması ilə bazaltlarda kobaltın miqdarının azalması olivinin kristallaşmasının tə-

siri altda gedir. Qarşılıqlı əlaqənin xəttiliyi kobalt və maqneziumun paylanma əmsallarının yaxınlığı ilə şərtlənir. Bu əlaqə göstərir ki, kobalt ilkin maqmada oksid şəklində (CoO) olmuş və olivinin fəza şəbəkəsinə daxil ola bilər. Aztitanlı dəniz bazaltlarında kobaltın orta miqdarı (0,00041%) Yerin dəniz toleitləri ilə, demək olar ki, eynidir (0,00045%).

Kobaltın və nikelin bazaltlarda paylanması Ay səthinə yaxın maqmada olivinin farksiyalaşmasına təsir göstərə bilər. Bu prosesin digər siderofil elementlərin bazaltlardakı miqdarına münasibəti cüzidir. Aşağıdakı cədvəldə bir sıra siderofil elementlərin aztitanlı dəniz bazaltlarında və okean toleitlərində paylanması barədə məlumat verilir (cədvəl 30).

Cədvəl 30

Ayin aztitanlı dəniz bazaltları və Yerin okean toleitlərində siderofil elementlərin paylanması (Rinqvud, 1977, Delano və Rinqvud, 1978). Əlavələr olmayan yerlərdə rəqəmlər p. 10^{-4} % hesabı ilə verilmişdir

Element	Okean toleitləri	Aztitanlı dəniz bazaltları (AY)	Yerin bazaltları
			Ayin bazaltları
1	2	3	4
I qrup			
Fe	6,3	15,5%	0,4
Ni	250	150	1,7
Co	41	45	0,9
W	0,08	0,14	0,6
Os	$0,3 \cdot 10^{-7}\%$	$0,5 \cdot 10^{-7}\%$	0,6
Ir	$0,04 \cdot 10^{-7}\%$	$0,07 \cdot 10^{-7}\%$	0,6
P	300	380	0,8
S	900	1150	0,8
Se	0,17	0,14	1,2
II qrup			
Cu	70	12	6
Ca	20	4	5
Ge	1,5	0,007	214
As	1	0,006	167
Re	$0,8 \cdot 10^{-7}\%$	$0,01 \cdot 10^{-7}\%$	80
Ag	$30 \cdot 10^{-7}\%$	$1 \cdot 10^{-7}\%$	30
Sl	$29 \cdot 10^{-7}\%$	$0,06 \cdot 10^{-7}\%$	500
Au	$1 \cdot 10^{-7}\%$	$0,03 \cdot 10^{-7}\%$	33

Yeri gəlmişkən qeyd edək ki, verilmiş cədvəldə siderofil adlandırılmış elementlərin ikinci qrupu, V.M.Qoldşmidtin təsnifatına görə xalkofil, başqa sözlə, kükürdlə birləşmələrə can atan elementlərdir. Məlum olur ki, tanıdığımız elementlərdən dəmir, kobalt, volfram, osmium, iridium, kükürd və fosforun miqdarı təqribən Ayda da Yerdə olduğu kimidir və azacıq artıqdır. Xalkofil elementlər isə (II qrup) Yerdə Ayda olduğundan dəfələrlə artıqdır. Bunun səbəbi, başlıca olaraq sulfid yataqlarının nümayəndələri olan xalkofillərin nisbətən uçucu olmalarıdır. Ümumiyyətlə, Ayda Yerə və kömürlü meteoritlərə nisbətən xalkofil elementlər daha az paylanmışlar.

Cədvəlin birinci qrupunun siderofilləri nisbətən az uçucudurlar. P_{H_2} / P_{H_2S} nisbətinin kiçikliyi şəraitində kükürd və selen də belə xasiyyət əldə edirlər. Yer və Ayın bazaltlarının yaranmasında qismən əriməni tənzimləşdirən müvazinətin hər iki fəza cisminə analogi olması siderofil elementlərdə özünü göstərir.

Yerin nüvəsinin yaranması bölməsində biz qeyd etdik ki, siderofil elementlərin Yerdə paylanması və metallik nüvənin seqreqasiyası Yerə xas olan qanunlarla idarə olunur. Əgər Ayın nüvəsi varsa (bu məsələ şübhə altındadır), o Ayın ümumi həcmnin 2%-dən çoxunu tutmamalıdır. Digər tərəfdən, Ayın aztitanlı bazaltları metallik faza ilə doymamışlar və siderofillərin paylanmasını metallik faza ilə bağlamaq düzgün deyil. Bu məsələni nəzərə alan A.E.Rinqvud və S.E.Kesson bu nəticəyə gəlirlər ki, siderofil elementlərin Ayın və Yerin mantiyalarında oxşar paylanması «Ayın, Yerin nüvəsinin seqreqasiyasından sonra, onun mantiyasından əmələ gəlməsini» göstərir.

AYIN NÜVƏSİ VARMİ?

Siderofil və xalkofil elementlərin Ayda və Yerdəki miqdarının müqayisəsindən ortaya belə bir məsələ çıxır – Ayın nüvəsi varmı? Əgər varsa o hansı elementlərdən, yaxud birləşmələrdən ibarətdir?

Ay qitələrinin süxurlarında və dənizlərin bazaltlarında dəmirlə zəngin metallik fazanın azacıq miqdarı olan hissəciklər geniş yayılmışlar. Dünya alimlərinin bir sıra tədqiqatlarında ehtimal olunur ki, Ay qabığının özülündə yığılmış əsası tərkibli kumulyatlar və bazaltları yaratmış ilkin maddədə, dəmirlə zəngin metallik fazanın əhəmiyyətli miqdarı olmalıdır. Kanapatu, Keys, Laul və Andersən (1970) güman edirlər ki, Ay bazaltlarının dəmirlə kasıb olması və onlarda siderofillərin ümumi azlığının səbəbi peykin dərinliklərində, hələ qabıq yaranmamış metallik fazanın ayrılmasıdır. Belə çıxır ki, bu hipotezdən Ayın metallik nüvəyə malik olmasını doğrultmaq üçün istifadə etmək olar.

R.A.Bretti (1976), R.H.Hevinsin və C.İ.Qoldsteynin (1977) dəniz bazaltlarında olivin: metal nisbətinin dəqiq öyrənilməsi göstərir ki, likvidus olivinində 0,4%-dək nikel və 0,25% kobalt var, daha sonra ilk mərhələdə yaranmış olivin metallik faza ilə birlikdə yaşaya bilməz və nəhayət, axırncı mərhələnin olivini qeyri-adi tərkibə malik (55% qədər nikel saxlayan) metallik xəlitə ilə birlikdə çökə bilər.

Aydan gətirilmiş süxur nümunələrinin petroloji-geokimyəvi tədqiqi göstərir ki, aztitanlı və nisbətən bəsit maqma püskürməmişdən qabaq dəmirlə ifrat doymamış olub və maqmanın doğulduğu ana əyalətlərdə həmçinin metallik faza azlıq təşkil edib. Müəyyənləşdirilib ki, yaşıl şüşədəki nikelin artıq miqdarı (0,18%) səpələnmiş metallik faza ilə yox, şüşə boyu paylanmış bərabər ölçülü NiO ilə əlaqədardır. Bu faiz likvidusa yaxın temperaturda metallik faza ilə tarazlıqda olan miqdardan artıqdır. Yuxarıdakı şəkildə göstərmişdik ki, bazaltlardan nikelin ümumi miqdarı ilə $MgO:(MgO+FeO)$ nisbəti arasında müəyyən korrelyasiya var. Bunların hamısı püskürülən maqmada nikelin oksid şəklində olmasına və onun paylanmasının olivinin fraksiyalaşmasından asılı olduğuna dəlalət edir. Yəqin ki, olivinin fraksiyalaşmasının təsiri olmayan nisbətən bəsit dəniz bazaltları oksid şəklində 150 q/t-dan çox nikel və 40 q/t-dan artıq kobalt saxlayır və bu cəhətdən Yerin okean toleitləri ilə oxşarırlar. Deməli, bir sıra ele-

mentlər ilə (məsələn, Ce və s.) kasıblıq metallik fazanın ayrılması ilə bağlı olmaya da bilər. Bundan başqa, Ay süxurlarının ana maddəsinin heç zaman metallik dəmirlə tarazlıqda olmadığını nəzərə alsaq, kimyəvi baxımdan Ayın nüvəsinin varlığı itir. Dəniz bazaltlarında metallik Fe-Ni xəlitələrinin varlığı püskürmə zamanı səthə yaxın olan oksidləşmə prosesləri ilə əlaqələndirilməlidir.

Bəzi alimlər (Murti, Evenson və Xall, 1971) mülahizə edir ki, Ayda 250 km dərinlikdə, yaxud peykin hipotetik nüvəsində (Brett, 1973) Fe-FeS evtektik qarışığına oxşar sulfid-metallik kütlə var. Murtinin fikrincə (1971) siderofil elementlərlə kasıblığı qismən FeS-in seqreqasiyası ilə izah etmək olar. Nəzərə alsaq ki, aztitanlı ibtidai dəniz bazaltları və Ay qabığının ana maqması FeS-lə doymamışlar, onda iki hal mümkündür:

1. FeS-in iri kütlələr şəklində, yaxud nüvə kimi seqreqasiyası (ayrılması və müstəqilləşməsi) baş verməmiş;

2. Hipotetik FeS kütlələri (nüvə, yaxud aşağı mantiyanın özülü) dəniz bazaltları və materik anortozitləri heç zaman müvazinətdə olmamışlar.

Bir anlığa fikirləşək ki, Ayın çox da iri olmayan nüvəsi var. Bu məsələni seysmik baxımdan qiymətləndirsək Ay heç olmasa öz tərkibində 0,4% kükürd saxlamalıdır. Kükürdün ilkin paylanması ilə müqayisə göstərir ki, Ay akkresiya periodunda (xarici mühitdən qidalanaraq böyüməsində) təxminən 3% kükürd tutmalı idi. Günəş dumanlığı şəraitində kükürdün çox uçucu olduğunu nəzərə alsaq onun bu qədər tutulması şübhəlidir. Kükürdün 0,4% qiymətinin aztitanlı bazaltlarda olan sezium, ftor, sink, gümüş, mərgümüş, qızıl və germanium kimi kükürddən az uçucu elementlərin miqdarı ilə müqayisəsi onun akkresiya zamanı çox tutulması çətin təsəvvür olunur.

Ayın nüvəsinin varlığı barədə məlumat geofiziki və geo-kimyəvi tədqiqatlar arasında təzad doğurur və uzlaşmır. Bu iki elmin nəticələri birgə nəzərə alınarsa fərz etmək olar ki, Ayın ümumi kütləsinin 1-2%-ni təşkil edən kiçik nüvəsi var və bu özəkdə Yerin daxilindən fərqli olaraq metallik xəlitənin 60%-dən yuxarısını nikel təşkil edir. Dəmir nüvədən fərqli ola-

raq nikel nüvə oksigeninin yüksək uçuculuğu şəraitində formalaşa bilər.

Deməli, planetimiz Yer – dəmir, onun peyki Ay – nikel nüvəlidir. Lakin nikel nüvənin varlığı hipotetikdir və gələcək petroloji – geokimyəvi tədqiqatlar, insanın bilavasitə Ayın səthində apara biləcəyi işlər, peykimizin nüvəli, yaxud nüvəsiz quruluşlu olması barədə dolğun məlumat verə bilər.

AYIN ƏMƏLƏ GƏLMƏSİ

Bu gün Ayın təbiəti və yaranması tək alimləri yox, bütün insanları maraqlandırır. Bəzən hətta Aya gələcək hərbi baza üçün mövqe, onun anortozit dağları və bazalt dənizlərinə isə bəzi elementlər üçün mineral xammal mənbəyi kimi baxılır. Hər halda peykimizin fizikasının, kimyasının morfologiyasının, daxili quruluşu və geologiyasının öyrənilməsi fəza cismləri, xüsusən Yer tipli planetlər və onların peykləri barədə təsəvvürlərin genişlənməsinə xeyli kömək edə bilər.

Keçmiş SSRİ-nin «Luna» və ABŞ-ın «Apollon» avtomatik stansiyalarının gətirdiyi süxur nümunələrinin öyrənilməsi və bilavasitə Ayın səthində aparılan tədqiqatlara qədər Ay haqqında məlumat çox az idi. Ay haqda hipotezlərin çox qüsurları var idi və dinamik təsəvvürlər daha çox yer tuturdu.

Hazırda Ayın yaranmasını izah edən üç qrup hipotezlər mövcuddur. Bunlardan biri Ayın Yer tərəfindən kosmik fəzadan tutulmasını, digəri peykin Yerlə birlikdə ekiz planet kimi inkişafını və yaranma ümumiliyini, üçüncüsü isə Ayın Yerin mantiyasından, nüvə yarandıqdan sonra qopduğunu əsas götürür. Yaxın fəza qonşumuzun təbiətini başa düşmək üçün hər üç hipotezin izahı lazımdır.

Tutulma (işğal) hipotezi Ayın Yerin ətrafında fırlanması planetdə qabarma hadisələrinə səbəb olur və xüsusən xırda dənizlərdə enerjinin dissipasiyası (fəzada itməsi) baş verir. Nəticədə hərəkətin müəyyən miqdarı Aya verilir. Bu prosesdə Yerin hərəkəti yavaşır və peykin artmış hərəkət miqdarı momenti onun Yerdən uzaqlaşmasını tələb edir. Astoronomik

müşahidələr vasitəsilə Yerin yavaşma və Ayın uzaqlaşma sürətləri təyin olunmuşdur.

Yer-Ay sisteminin qabarma təkamülünün tədqiqi vaxtilə Corc Darvin (1880, 1908) tərəfindən aparılmış və hazırda bir sıra mütəxəssislər tərəfindən (Rinqvud, 1979 və b.) bəyənilir. C.Darvin Ayın qədim orbitini hesablayaraq göstərmişdir ki, peyk keçmişdə Yerə çox yaxın olmuş, öz varlığını Roşa hüdudu (Yerin radiusunun 2,89-u, təqribən üçdən biri, Yerdən 2550,5 km aralı orbitdə) daxilində başlamış və Yerin mantiyasının parçasıdır. Hazırda Yerlə Ay arasındakı məsafə 60 Yer radiusuna, başqa sözlə 382260 km-ə bərabərdir.

Sonralar Yer-Ay sisteminin qabarma təkamülünü tədqiq etmiş H.Gerstenqorn (1955) Ayın daha qədim orbitini tapmışdır. O ehtimal edir ki, Roşa hüdudundan keçmiş Ay salamat qalmış, Yerin radiusunun 1,5%-i (95,560 km-i) qədər məsafədə planetə yaxınlaşmış, burada onun orbitinin meyl bucağı birdən artmış və nəticədə peyk qütblərə toxunmuş və Yerdən tədricən uzaqlaşmağa başlamışdır. Bu hadisə təqribən 2 milyard il bundan qabaq baş vermişdir. Gerstenqorn bu qərara gəlir ki, belə orbit ilə hərəkət edən Ay Yerə yaxınlaşarkən planet tərəfindən tutulmuşdur. Belə çıxır ki, Ay Yerdən asılı olmayaraq Günəş sisteminin dərinliklərində yaranmış, müəyyən orbitə malik olmuş və Yerə yaxınlaşarkən onun cazibə sahəsi tərəfindən tutulmuşdur. Deməli, bu iki fəza cismi arasında kimyəvi tərkib müxtəlifliyi tamam mümkün olan hadisədir. Hipotezin müsbət cəhətlərindən biri qabarma təkamülünün müddətinin azlığı və cəmi 2 milyard il olmasıdır (Ayın Yerə yaxınlaşdığı andan başlayaraq).

Gerstenqornun işlərindən sonra Kaula və Harris (1969, 1975) tutulma hipotezi ilə maraqlanmış və öz variantlarını təklif etmişlər. Gerstenqorn (1969) həmçinin öz hipotezini bir qədər təkmilləşdirir. Bu hipotezlə Qoldreyx (1966) və Mak Donald (1964) da məşğul olurlar. Axırıncılar hesablamışlar ki, Yerin ekvatoruna nisbətən Ayın orbit müstəvisinin meyl bucağı, Ayın Yerə maksimum yaxınlaşması zamanı Gerstenqornun verdiyi rəqəmdən çox azdır.

Yerin Ayı tutması üçün peyk planetin orbitinə yaxın məsafədə qərar tutmalı və qarşılıqlı yaxınlaşma sürəti az olmalıdır. Əgər Ayın Mars və Veneranın orbitlərindən də uzaq bir yerdə yarandığı qəbul edilərsə yaxınlaşma sürəti çox, işğal ehtimalı isə hədsiz az olmalıdır.

Yerin iki milyard il bundan qabaq Ayla yaxınlaşması əhəmiyyətli istiləşmə və qabarma deformasiyaları ilə müşayiət edilməli idi. Belə olduqda Yerin dərinliklərinin qabarma dissipasiyasının sabitliyi fərziyyəsi öz gücünü itirir və bu hadisə ilə geoloji müddətdə kiçik dənizlərin konfigurasiyasının dəyişilməsi əlaqələndirilə bilməz.

Harold Yuri (1962) deyir ki, Günəş sistemində Ay həcmli cismlərin sayı çox olsa idi Ayın tutulma ehtimalı arta bilərdi. Məsələ burasındadır ki, Ay böyüklükdə fəza cismlərinin çoxu akkresiyaya məruz qalmış və planetlərin tərkibinə daxil olmuşlar. Yerin peyki tutulmuş kütlələrdən biri olmuşdur. Belə fərziyyə Ayda və Günəşdə dəmirin paylanma miqdarının oxşarlığı ilə əsaslandırılır. Lakin digər kimyəvi parametrlərinə görə Ay sadə obyektidir və öz xüsusiyyətlərinə görə Yerin yuxarı mantiyasından az seçilir. Bunu dərk edən Yuri sonralar qopma hipotezini təqdir edir (OKif və Yuri, 1977).

Tutulma hipotezinə görə Ay əvvəllər Yerin orbitinə oxşar heliosentrik xətt boyu hərəkət etməli və Yerin «təmin» akkresiyası sahəsində formalaşmalı idi. Belə olduqda hipotez Ayda dəmirin azlığı problemini və siderofil elementlərin paylanma qanunauyğunluqlarını izah etmir. Hipotezin kəsir cəhətlərinə, tutulma fərziyyəsinin ehtimal olunan mexanizminin dinamika baxımından zəifliyi də əlavə olunarsa, Ayın bütün planet kütləsi kimi Yer tərəfindən tutulması fikrinin kifayət qədər əsası olmadığı meydana çıxar.

Əkiz planet hipotezi. Q.P.Koyper (1954, 1963) Ayın səthinin xüsusiyyətlərinə həsr edilmiş işlərində Yer-Ay sistemini ekiz ulduzlara oxşadır. Belə ulduzlar ana qaz-toz buludunun bilavasitə yaxınlığında yaranır və həmin andan biri digərinə nisbətən fırlanırlar. Analogiya o qədər də düzgün hesab edilə bilməz, belə ki, ulduzlar əsasən qazın qravitasion sıxlaşmasından, Yer və Ay isə sülb planetizimlərin akkresiyasından ya-

ranmışlar. Yuri (1963) göstərir ki, Yer və Ay kimi müxtəlif ölçülü və orbitləri sıx əlaqədar olan iki kütlənin dinamik şəraiti məhdud olmalıdır.

Bütün akkresiya müddəti qravitasiya və mərkəzdən-qaçma qüvvələrin sürətləri arasında balans olmalıdır. Belə prosesin ən ehtimal olunan nəticəsi iki kütlənin toqquşması, yaxud bir-birindən ayrılmasıdır. Əkiz planet hipotezinin bu variantı az inandırıcıdır.

Əkiz planet və koaqulyasiya (dispers sistemlərdə hissəciklərin böyüməsi) hipotezinin nisbətən əsaslandırılmış variantını E.L. Ruskol (1960, 1963, 1974 və s.) söyləmişdir. Onun Aya həsr edilmiş tədqiqatlarında peyk və planetin qarşılıqlı yaranma və inkişafı belə izah olunur. Yerə akkresiyası zamanı heliosentrik orbitdə hərəkət edən planetizimalların müəyyən hissəsi planetin yaxınlığında toqquşur və geosentrik orbitə keçir. Onların böyük bir hissəsi burada, həcmi Yerə kütləsinin 0,01-0,1 hissəsini təşkil edən yerətrafi üzük yaradır. Üzük Yerə düşən planetizimalların toqquşması və parçalanması nəticəsində dispers halda saxlanılır. Planetezimalların axını müəyyən böhran miqdarından aşağı düşdükdə üzük tezliklə koaqulyasiyaya məruz qalır və Ay yaranır. Ruskolun hipotezini analiz etmiş Kaula və Harris (1973, 1975) dinamika baxımından onun düzgünlüyünü qəbul edirlər. Bu yolla yaranmış Ay, görünür ki, Yerə ekvator müstəvisi boyu hərəkət edirmiş.

Əkiz planetlər və koaqulyasiya hipotezinin kəsir cəhəti bu iki fəza cisminin tərkibinin müxtəlifliyinin izahının olmamasıdır. Sual olunur: əgər Yer və Ay hər ikisi silikat və dəmir tərkibli qaz-toz hissəciklərindən yaranıblarsa, niyə Ayda metallik fazanın miqdarı Yerə nisbətən qat-qat azdır? Orouen (1969) fərz edir ki, dəmir hissəciklərinin özlülüyü və möhkəmliyi silikatlardan seçilir; toqquşmalar zamanı konsentrik yığımlarda dəmirin iri planetezimalları yarandığı silikatlar ovulmuş və narin toz halında qalmışlar. Orouenin, Ruskolun, daha sonra Kaula və Harrisin fikrincə iri dəmir planetizimallarını Yer tutur, silikat tozunun koaqulyasiyasından isə Ay yaranır. Beləliklə, aztitanlı dəniz bazaltları və peykin digər süxurlarında dəmirin azlığı aydın olur.

E.L.Ruskolun ekiz planetlər və koaqulyasiya hipotezi Ayın yaranması və sonrakı təkamülünün bir sıra qaranlıq tərəflərini aydınlaşdırır. Hipotez dünya mütəxəssislərinin bir qismi tərəfindən qəbul olunur.

Ayrılma (qopma) və çökmə hipotezi. Keçən əsrin axırında Corc Darvin (1880) fərz edirdi ki, Yer və Ay vaxtı ilə 4 saat fırlanma periodu olan vahid kütlə imiş. Sərbəst fırlanan ana kütlə və Günəşin qabarmaları arasındakı qarşılıqlı təsir, birincinin səthində iri şişin yaranmasına səbəb olur. Beləliklə, kütlənin sabitliyi pozulur və onun mantiyasından Günəşin gücü ilə qoparılmış maddədən Ay yaranır. Bu hipotez Ayın ümumi sıxlığını sadəcə olaraq aydınlaşdırır və onun Yerin yuxarı mantiyasının maddəsindən az seçildiyini sübut edir.

1930-cü ildə Ceffris Darvinin hipotezini tənqid etmiş, onun zəif tərəflərini göstərmişdi. 30 il sonra, 1960-cı ildə Rinqvud Darvinin hipotezinin məğzini əsas götürmüş və göstərmişdir ki, iki saat periodu olan fırlanmanın rotasion (dairə üzrə hərəkət) sabitliyinin pozulması metallik nüvənin seqreqasiyası və mantiyadan maddənin qopması ilə nəticələnə bilər. Rinqvud modelinə görə Yer-Ay sisteminin qalıq enerjisi kataklizm (fəlakət, katastrofa) zamanı ağır bəsit atmosferin dağılması və dissipasiyası nəticəsində itmişdir. Oxşar hipotezlər Uays (1963) və Kameron (1963) tərəfindən işlənmişdir.

Qopma hipotezi dəqiq olaraq O Kif (1966, 1970, 1972) tərəfindən öyrənilmişdir. Onun fikrincə fırlanmanın nüvənin seqreqasiyası ilə bağlı olan qeyri-sabitliyi son nəticədə mümkündür və başqa hadisələrlə müşayiət olunmalıdır. Yaranmış Yerin maksimum hərəkət miqdarı var imiş və belə xassə ancaq dinamik sabit, yüksək temperaturlu və özlülüyü kiçik olan fəza cisminə ola bilər. Nüvə ayrıldıqdan sonra, konvektiv soyuma mantiyanın orta özlülüyünü intensiv artırarsa katastrofik qeyri-sabitlik yaranar və yuxarı mantiya parçalana bilər (O Kif, 1969). Alimin mülahizəsinə görə enerji və hərəkət miqdarı momentinin saxlanması üçün Yerin kütləsinin 10-20%-i qopmalıdır. Ay bu həcmə az bir hissəsini təşkil edir. Dissipasiya zamanı enerjinin güclü sərfi Ayın xarici zonasının əhəmiyyətli

dərəcədə qızmasına və uçucu komponentlərin itməsinə səbəb olmuşdur.

Darvin – O Kif hipotezinin başlıca məzmunu Ayın Yerdən ayrıldığı vaxt həm sülb, həm də ərinmiş halda olmasının fərz edilməsidir. Rinqvudun fikrincə isə Ayın müasir maddəsi vaxtilə Yerdən buxarlanmış, disk şəklində uzanmış, kondensasiyaya məruz qalmış planetizimal üzüyü yaratmış və sonra koaqulyasiyalaşaraq Ayın yaranmasına səbəb olmuşdur.

Ayın yaranmasının çökmə hipotezi onun buxarlanmış Yer maddəsinin məhsulu olması fikri ilə uzlaşır. Bu hipotez planetin birmərhələli əmələ gəlmə modeli ilə uyğun işlənmişdir. Model Yerin nüvəsinin seqreqasiyası ilə bağlı olaraq formalaşmasını sıx və isti atmosferin itməsilə əlaqələndirir və qəbul edir ki, atmosferin toz halında olan silikat hissəciklərindən Ay törəmişdir.

Ehtimal olunur ki, ibtidai atmosferin uzaqlaşması Yerin ilkin vəziyyətinin aşağıdakı xüsusiyyətləri və bir sıra onu müşayiət edən proseslərlə bağlıdır. Bura daxildir:

1. Yerin fırlanma sürətinin yüksəkliyi;
2. Burulğan (turbulent) özlülüüyü, yaxud hidromaqnit ilişmələr hesabına atmosferin Yerin hərəkətində iştirakı;
3. Günəş küləyinin müəyyən fazalarda güclü təsiri;
4. Atmosferin Günəş dumanlığı qazları ilə turbulent qarışması və bu proseslə bağlı olaraq atmosferdə hidrogenin miqdarının artması və orta molekulyar kütlənin azalması.

Danışılan hadisələrin qarşılıqlı təsiri ilkin, qatı atmosferin dissipasiyasına səbəb olmuşdur. Soyuma zamanı silikat tərkib hissələrinin çökməsi gedir və Yerin orbitində planetizimallardan ibarət laxtalar yaranır. Çökmə zamanı fraksiyalaşma davam edir, az uçucu maddələr yüksək temperaturda və Yerə yaxın çökür, uçucular isə Yerdən uzaqda və aşağı temperatur şəraitində toplantılar verirlər. Yüksək temperaturda planetizimalların yaratdıqları iri kütlələri uzaqlaşmaqda olan atmosfer özü ilə apara bilməzdi. Lakin daha uçucu komponentlər, nisbətən aşağı temperaturda çökür, mikronlarla ölçülən kiçik hissəciklər şəklində olur, tüstü kimi atmosferin dissipasiyasında tutulur və Yer-Ay sistemindən uzaqlaşırlar. Daha

sonra formalaşan maddənin hesabına yaranmış planetezimallar üzüyü akkresiya nəticəsində Ayı yaradırlar.

Yerin birmərhələli modeli əsasında Ayın yaranmasının çökmə hipotezini A.E.Rinqvud (1966, 1979) təklif etmişdir.

Qopma və çökmə hipotezinin xeyrinə, demək olar ki, bu hipotezə "Apollon" və "Luna" seriyalarının buraxılmasından qabaq Ayın bir sıra xüsusiyyətlərini izah etmişdir. Məsələn, Ay törəmələrinin uçucu komponentlər cəhətdən kasıblığı, peykin istilik tarixinin interpretasiyası, dəniz bazaltlarının bloklar təşkil etməsi və s.

Bizim fikrimizcə, Ayın yaranmasını izah edən üç başlıca hipotezdən nisbətən qənaətbəxş E.L.Ruskolun (1960, 1963, 1973, 1975) ekiz planet və kooquliyasiya modelidir. Hipotezin kəsir cəhəti Ayda dəmirin azlığının aydınlaşdırılmamasıdır. Qopma və çökmə hipotezi Ayın tərkibinin formalaşması problemini yaxşı izah edir. Ayın tutulması hipotezi isə Göy dinamikası və geokimyayın bir sıra peykə aid olan suallarına cavab vermir. Deyilənlərdən belə bir nəticəyə gəlmək olar:

Ay Yerlə birlikdə, ekiz tayları kimi yaranmış, yerə nisbətən metallik faza (sərbəst dəmir, qismən nikel, azacıq kobalt) ilə kasıb hipotetik və çox kiçik nüvəyə malik, bizim planetə ən yaxın və ona qohum fəza cismidir.

IX FƏSİL

YER QRUPU PLANETLƏRİNİN KİMYASI

Planetlər və Günəş sisteminin digər cismləri hazırda astronomiyanın obyektləri olmaqla yanaşı geologiyanın tədqiqat sahələrinə çevrilirlər. Belə ki, fəza cismlərinin öyrənilməsi metodologiyası Yer haqda elmin yığdığı biliklərsiz mümkün deyil, digər tərəfdən isə Yer qrupu planetlərinin öyrənilməsi Yerin keçmiş tarixinə nəzər salmağa, onun qaranlıq tərəflərini anlamağa kömək edir. Tək Yerin maddəsinin tədqiqi əsasında planetin yarandığı gündən onun inkişafının birinci milyard illəri haqda fikir söyləmək çətin məsələdir. Bunun səbəbi planetdə təsadüf etdiyimiz süxurların ən qədiminin yaşının 3,8 milyard ildən artıq olmamasıdır. İndi bilirik ki, Yer və Yer qrupu planetləri analoji şəraitdə yaranmışlar. Onların hamısının kökü qaz-toz buludu (qızmar, yaxud soyuq) olmuşdur. Həmin buludun təkamülü və ilkin özəyinin yaranması sonrakı akkresiya və planetlərin indiki görkəmlərini almalarıdır. Ayı, Marsı və xüsusən Veneranı öyrənərkən biz elə bil ki, Yerin geoloji tarixinin səhifələrini vərəqləyirik.

Keçmişini bilmədən gələcəyi təsəvvür etmək mümkün deyildir. İnsanları Ayın daxili maqmatizmi və tektonikasının ancaq peykin həyatının birinci yarısını (4,6-2,8 milyard il) əhatə etməsinin səbəbləri və axırncı 3 milyard ildə bu yaxın qonşumuzda heç bir nəzərə çarpacaq hadisənin baş verməməsi maraqlandırır. Bilirik ki, Yerdə və Venerada daxili fəallıq indi də özünü büruzə verir və hələ uzun geoloji müddət ərzində davam edəcəkdir. Planetlərin fəal həyatlarının hansı sərhəd daxilində getməsinə bilmək müasir elmin vacib problemlərindəndir. Belə ki, Yerin biosferinin inkişafı bilavasitə vulkanizm və tektonik hərəkətlərlə bağlıdır. Təsəvvür etmək lazımdır ki, planetimizin inkişafı gələcəkdə hansı yolla gedəcək, onun fəallığı güclənəcək, yaxud zəifləyəcək və Yerin ömrü nə qədərdir. Planetlər, başqa sistemlər kimi yaranır, yaşayır, böyüyür, qocalır və nəhayət, məhv olurlar. Planetin varlığı və ömrünün müddəti bir

sıra amillərlə əlaqədardır. Müasir elmdə başa düşülür ki, hər planetin özünəməxsus "genetik kodu" var və bu, onun «doğulduğu» və formalaşdığı vaxt qoyulmuşdur. O, planeti yaradan ana maddənin səciyyəsiindən, kütləsi və ölçülərindən, Günəşdən (yaxud başqa ulduzdan) olan məsafədən və s. asılıdır.

Planetlərin yaranma mexanizmi Günəş sistemi ilə bilavasitə əlaqədə başa düşülməlidir. Dünya alimləri kosmik cihazların köməyi ilə planetləri öyrənir və Yer ailəsi üzvlərinə - Marsa, Veneraya, Merkuriyə və peykimiz Aya xüsusi diqqət yetirirlər. Planetlərin daxilində qismən əriməyə səbəb olan (temperatur 1000°C -dən az olmamalıdır), maqmatizm və vulkanizm ilə nəticələnən enerjinin mənbəyi axtarılır. Kosmik tədqiqatların başlanmasından əvvəl fikirləşilirdi ki, enerjinin mənbəyi radioaktiv elementlərin parçalanmasıdır. Ola bilsin ki, bu həqiqətdə də belədir. Lakin belə enerjinin toplanması yavaş və tədricidir. Onun fəza cismlərinin mantiyasını əritmə gücünü alması üçün milyardlarla il lazımdır.

Aydan gətirilmiş süxurların tədqiqi göstərdi ki, onlar 4-4.6 milyard il bundan əvvəl yaranmışlar. Bu vaxt müddəti Ayın fəza cismi kimi formalaşmasının son mərhələsinə təsadüf edir və görürük ki, Ayın mantiyasının əriməsinin səbəbi radioaktiv parçalanma deyil.

Müşahidələr cavan fəza cismlərinin qravitasion sıxılması və onların formalaşmasının axır mərhələsində zərbə-partlayış səciyyəli meteorit bombardmanına məruz qaldığını göstərir. Marsın tədqiqi sübut etdi ki, bu proseslərin birgəliyi planetlərin inkişafı üçün səciyyəvidir. İlk ümumplanet materik qabığının yaranması üçün zərbə-partlayış prosesi elmdə yenilik hesab olunur. Keçən əsrlərdə və XX əsrin ikinci yarısındanak bu amil nəzərdən qaçırılırdı.

Yer qrupu planetlərinin öyrənilməsinin digər vacib nəticəsi Yerlə eyni zamanda onların səthində bazalt lavalalarının geniş paylanmasıdır. Bazalt lavalaları ilkin materik qabığını örtür və bu prosesdə vulkanik fəaliyyətin gücündən, vaxtından və fəza cisminin həcmindən, kütləsindən asılı olaraq materik qabığı tamam yox ola bilər. Fəza cisminin böyüməsi ilə bazalt

vulkanizminin fəaliyyəti arasındakı nisbət geoloji vaxt ərzində nəzərə alınarsa, hazırda Ayın səthinin cəmi 16%-i, Marsın isə 50%-i ilkin qabıqdan ibarət olmalıdır. Bu nisbət Yerə və Veneraya keçirilərsə, görürük ki, onların qabığı tamam yox olmalıdır; 3-3,8 milyard il bundan əvvəl Yerin və Veneranın səthi bazalt lavaları ilə tamam örtülü olmalı idi. Daha sonra Ay və Marsda ilkin materik qabığının bazalt lavaları ilə örtüldüyü sahələrdə qabığın ümumi qalınlığı çox olmalı idi. Geofiziki məlumat isə bu işin tam əksini göstərir; qabıq bazaltlarla örtülü yerlərdə Ayda ehtimal olunan 70 km-dən 30 km-dək, Marsda isə 30 km-dən 10 km-dək nazıqlaşır. Beləliklə, planetlərin qabığının əyildiyi, yaxud çökdüyü sahələrdə geofiziki interpretasiya ilə geoloji quruluş arasında müxtəliflik müşahidə olunur. Ümumiyyətlə, planetlərin sferlərinin sərhədlərinin müəyyənləşdirilməsi problematik məsələlərdəndir.

Deyilənləri nəzərə alaraq, Yerin keçmişinin (Venera və Merkuri) və ola bilsin ki, gələcəyinin (Mars) aydın təsəvvürü üçün Yerə qohum fəza cismləri barədə məlumatımız olmalıdır.

Yer ailəsini təşkil edən, Günəşə yaxın planetlər - Merkuri, Venera, Yer və Mars nisbətən kiçik ölçüləri (en kəsikləri 6-12 min km arasındadır) ilə seçilir, sülb mineral yığımlarından (süxurlardan) ibarət qabıqla örtülmüşlər və 4-6 q/sm³ arasında sıxlığa malikdirlər. Onların bəzi xüsusiyyətlərini cədvəl şəklində veririk (cədvəl 31).

Cədvəl 31

Yer ailəsi planetlərinin ümumi fiziki parametrləri və orbit elementləri (Uorli, 1965; Landolt-Bornsteyn, 1965; Koyper, 1952; Epik, 1962; Yuri, 1952).

Parametrlər	Merkuri	Venera	Yer	Mars
1	2	3	4	5
Günəşdən olan məsafə:				
a) astronomik vahidlə	0,387	0,723	1,0	1,524
b) Günəş radiusu ilə	83	156	214	327
Günəş radiasiyasının nisbi gücü	6,8	1,91	1,0	0,43

31-ci cədvəlin davamı

1	2	3	4	5
Günəş ətrafında fırlanma periodu:				
a) sutkalarla	88	225	365	687
b) illərlə	0,24	0,62	1,0	1,88
Öz oxu ətrafında fırlanma periodu, sutkalarla	59	243	1,0	1,0
Orbitdə orta sürəti, km/san	47,9	35,0	29,8	24,1
Kosmik sürət (sürəti), km/san	4,3	10,4	11,3	5,1
Orbitin eksentrisiteti	0,206	0,007	0,017	0,093
Orbitin meyli	7 ^o ,0'	3 ^o ,4'	-	1 ^o ,9'
Kütlə, qramla	3,3·10 ²⁶	4,9·10 ²⁷	6,1·10 ²⁷	6,5·10 ²⁶
Orta radius (nisbi)	0,38	0,965	1,0	0,532
Orta sıxlıq	5,5	5,06	5,52	3,96
Səthdə nisbi ağırlıq qüvvəsi	0,37	0,88	1,0	0,39
Albedo (vizual)	0,058	0,760	0,39	0,198
Elliptiklik	?	-	0,00337	0,0089
Səthdə temperaturun hüdudu, °K (kelvinlə)	110-625	600-800	225-315	140-315
Peyklərin sayı	-	-	1	2
Atmosferin kimyəvi tərkibi	CO ₂ ?!/	CO ₂ , H ₂ O, O ₂	H ₂ , O ₂ , N ₂ , H ₂ O, CO ₂	H ₂ O, CO ₂ , Ar
Orta radiusu - 6371 km	2430	6050	6371	3380

Qeyd etmək lazımdır ki, planetlərin eksentrisitetləri və orbitlərinin meyli heç bir qanunauyğunluğa tabe olmur və birbirindən seçilir. Bu hadisə yəqin ki, Yer tipli planetlərin ana mühitdən yarandıqları zaman kondensasiya və akkresiyanın davam etmə müddətindən asılıdır. Ehtimal olunan uzunmüddətli təkamül və qarışma nəticəsində planetlərin kinematik və fiziki xarakteristikalarının qanunauyğun ortalaşmaları baş verməli idi.

Planetlərin hərəkətlərinin orta müstəvisi Günəş ekvatorunun müstəvisini müəyyən bucaq altında kəsir, orbit müstəvilərinin qalxan qovşaqlarının uzunluq dairəsi isə Günəş ekvatorunun uzunluq dairəsinə yaxın yerləşir. Təkcə Günəşə ən yaxın planet - Merkuriyin hərəkəti Günəş ekvatoru müstəvisinə yaxındır.

Fəzada Yer ailəsi planetləri, əyaləti ondan çox geniş olan nəhəng planetlərin ərazisindən sərhəd orbiti ilə ayrılır. Bu orbitin radiusu 2,8 astronomik vahidə bərabərdir. Titsiums-Bo-

de qanununa görə həmin orbitdə planet fırlanmalı idi. Bode-nin $r=0,4+0,3 \cdot 2^n$ formuluna görə n Merkuri üçün sonsuzluğa, Venera üçün sıfıra, Yer üçün vahidə, Mars üçün 2-yə bərabərdir. Planetlərin Günəşdən olan məsafələri (0,4; 0,7; 1; 1,6 ast. vah.) formulla ilə demək olar ki, düzgün müəyyənləşdirilir. n -nin 3 qiymətinə $r=2,8$ ast.vah. təfəvüt edir. Asteroidlər üzüyünün orta xəttinə müvafiq olan bu məsafədə heç bir iri fəza cismi yoxdur, lakin xeyli miqdarda kiçik planetezimallar (meteoritlər və digər fəza cisimləri) hərəkətdədir. Bu hadisəni hələ XIX əsrin əvvəllərində müşahidə etmiş Olbers bu qərara gəlmişdi ki, bu orbitdə hərəkət edən iri planet partlamış və onun parçalarından asteroidlər ailəsi əmələ gəlmişdir. Sonralar bu fikir S.V.Orlov, İ.İ.Putilin, V.Q.Fesenkov, Y.Oort və məşhur petroqraf A.N.Zavaritski tərəfindən təqdir edilir və müdafiə olunur. A.N.Zavaritski və bir sıra astronomlar fərz edir ki, "Faeton" adı verilmiş bu nəhəng planetin partlaması tək asteroid və meteoritlərin parçalarını yox, çoxlu miqdarda kometa-ları da yarada bilərdi.

Titsius-Bode qanununa görə $n=4$ qiymətinə $r=5,2$ təfəvüt edir ki, bu da Günəşlə Yupiter arasındakı məsafəyə uyğun gəlir. Qənaətbəxş uyğunluq Saturn və Uran üçün də alınır. Neptun və Plutonun isə Günəşdən olan hesablanmış orbit məsafələri həqiqətdə olandan əsaslı surətdə seçilir.

Biz müqayisə məqsədilə, Pluton müstəsna olmaqla, nəhəng hesab edilən xarici planetlərin - Yupiterin, Saturnun, Uranın, Neptunun və Plutonun hərəkətləri və bir sıra digər xüsusiyyətlərini cədvəl şəklində xarakterizə edirik (cədvəl 32).

Cədvəl 32

Nəhəng (xarici dövrə) planetlərin ümumi fiziki parametrləri və orbit elementləri

(Uorli, 1965; Landolt-Bornsteyn, 1965; Dolfus, 1976)

Fiziki parametrlər və orbit elementləri	Yupiter	Saturn	Uran	Neptun	Pluton
Günəşdən olan məsafə:					
a) astronomik vahidlə	5,20	9,55	19,18	30,0	39,5
b) Günəş radiusları ilə	1115	2050	4120	6450	8470

32-ci cədvəlin davamı

Fırlanma periodu, illər	11,9	29,6	84,0	163,9	247,3
Orta orbit sürəti, km/s	13,1	9,7	6,8	5,4	4,7
Orbitin eksentrisiteti	0,048	0,056	0,046	0,012	0,246
Orbitin meyli	1 ^o ,3	2 ^o ,5	0 ^o ,8	1 ^o ,8	17 ^o ,1
Ekvator da planetin radiusu (Yerə nisbətən)	11,2	9,5	3,8	3,5	0,5
Orta sıxlıq, q/sm ³	1,3	0,7	1,7	1,8	5,5
Kütlə, qramla	1,9·10 ³⁰	5,69·10 ²⁹	0,87·10 ²⁹	0,3·10 ²⁹	6·10 ²⁶
Kosmik sürət (cazibə sahəsindən çıxma sürəti), km/san	57,5	33,1	21,6	24,6	5-6
Öz oxu ətrafında fırlanmasının ulduz periodu, saatlarla	9,8	10,2	10,8	15,8	150
Atmosferin kimyəvi tərkibi	CH ₄ , H ₃	CH ₄ , H ₃	CH ₄ , H ₂	CH ₄ , H ₂	
Ekvatorun orbitə meyli	3 ^o ,1	26 ^o ,7	27 ^o ,9	28 ^o ,8	
Peyklərin sayı	12 və ola bilər ki, üzük	10 və üzük	5	2	

Pluton müstəsna olmaqla, nəhəng planetlərin xüsusiyyətləri sırasına onların iri, Yer ailəsi planetlərindən 2-3 dəfə artıq kütlələri, kiçik orta sıxlıqları (Yerin sıxlığından 2,5-8 dəfə kiçik) və sürətlə fırlanmaları daxil olur.

Xarici planetlərin atmosferlərinin başqa təbiəti və kimyəvi tərkibi var. Onların bir sıra fiziki xassələri bir-birindən əsaslı seçilir; məsələn, Saturnun sıxlığı anomal azdır (0,7q/sm³) və qrupun digər üzvlərinin sıxlığından 2-3 dəfə aşağıdır. Orbit müstəvisində Uranın fırlanma oxunun vəziyyəti xüsusi diqqət tələb edir.

Yupiter ailəsi planetləri içərisində Pluton orbitinin yuxarı eksentrisiteti və meyli, nisbətən az kütləsi və görünür ki, yüksək sıxlığı (Merkuridə olduğu kimi 5,5 qr/sm³) ilə seçilir. Bəzi astronomlar fərz edirlər ki, Pluton vaxtilə Neptunun sisteminə girirmiş, ola bilər ki, onun peyki imiş və sonra mənşəyi naməlum kosmik qüvvələr onu Neptundan ayırıb.

Yer ailəsi planetlərinin geniş intervalda ardıcıl dəyişən fiziki şəraiti onların kimyəvi və petroloji səciyyəsinə müəyyənləşdirir.

Kosmik cihazların işi və planetlərin səthlərinin bilavasitə zondlaşdırılması son dövrlərdə onların atmosferinin, qabıqlarının və daxili quruluşlarının öyrənilməsi sahəsində xeyli nailiyyətlərlə nəticələnmişdir. Veneraya və Marsa göndərilmiş kosmik stansiyaların, Ay səthinə enən "Apollon"ların və "Luna"ların proqramları, "Vikinqin" Marsa göndərilməsi, 1989-cu ildə Marsın peyki "Fobos"un kosmik cihazlarla tədqiqi Yer ailəsi planetlərinin tədqiqində vacib əhəmiyyət daşıyır.

Planetlərin öyrənilməsində aşağıdakı xüsusiyyətlərə xüsusi fikir verilməlidir:

1. Planetlərin sıxlıq, radius, sıxılma və səthinin topoqrafiyası ilə müəyyənləşdirilən forma və ölçüləri;
2. Fırlanma sürəti və Günəşə qədər olan məsafə və bu hadisənin səbəbi;
3. Planetlərin maqnetizmi;
4. Planetlərin səthindən və atmosferindən əks olunma, albedo, qütbləşmə və bilavasitə müşahidə olunan digər hadisələr;
5. Planet səthlərində temperatur rejimi və hərarətin atmosferdə və fəza cisminin daxilində dəyişmə sərhədləri;
6. Atmosferin və planet qabığının mineraloji-kimyəvi xüsusiyyətləri;
7. Günəş sisteminin ən uzaq üzvü Plutonun Yer və Yupiter ailəsi planetlərinin arasında tutduğu ortaq vəziyyətin səbəbi.

Verilən sırada birinci və üçüncü bəndlər fəza cismlərinin ümumkimyəvi tərkibi, sıxlığın planet daxilindən paylanması ilə bağlı olan maddənin diferensiasiya dərəcəsi ilə üzvi əlaqədir. Günəşə qədər olan məsafə ilə fırlanma sürəti və mənimənilən Günəş enerjisi arasında da əlaqə var. Planetlərin səthlərinin və atmosferlərinin optik xassələri kimyəvi tərkibləri ilə müəyyən münasibətdədirlər. İlk baxışdan elə mülahizə etmək olar ki, planet səthinin temperaturu Günəşdən olan məsafənin funksiyasıdır, həqiqətdə isə temperatur sayılan amillərin hamısı ilə mürəkkəb asılılıqdadır.

Yer ailəsi planetlərini səciyyələndirən cədvəldə kimyəvi və paragenetik proseslərin izahı üçün lazım olan fiziki parametrlər cəmlənmişdir. Radiotexnikanın inkişafı ilə əlaqədar olaraq Merkuri və Veneranın səthinin temperaturu haqda təsəvvürlər yenilənmiş, onun minimum və maksimumları müəyyən edilmişdir. İnfraqırmızı şüalanmanın köməyi ilə Venera atmosferinin yuxarısında temperaturun 220 K olduğu təyin olunmuşdur, Mars üçün müvafiq qiymət 140 K-dən artıq deyil ki, bu da -133°C -yə təfəvüt edir, başqa sözlə, temperatur Yerin ən soyuq nöqtəsindən iki dəfə aşağıdır.

Yer ailəsi planetləri və Ayın atmosferinin təxmini kimyəvi tərkibi barədə ümumi və parsial təzyiqli şəraitində alınmış məlumat cədvəl şəklində verilir (cədvəl 33).

Cədvəl 33

**Yer ailəsi planetlərinin və Ayın atmosferinin kimyəvi tərkibi
(Müller və Saksena, 1977)**

Komponentlər	Merkuri	Venera	Yer	Ay	Mars
Ar	+	+	0,0034	~0	0,00015
N ₂	+	~10	0,78	~0	0,00015
O ₂	~0	~10 ⁻²⁵	0,21	~0	~10 ⁻⁵
H ₂	~0	<10 ⁻⁴	~10 ⁻⁸	~0	~0
CO ₂	?	~90	3,3 · 10 ⁻⁴	~0	7,3 · 10 ⁻³
CO	?	~5 · 10 ⁻³	+	~0	~10 ⁻⁵
H ₂ O	~0	<10 ⁻¹	10 ⁻⁴ -10 ⁻¹	~0	<10 ⁻⁶
CH ₄	~0	<10 ⁻¹⁰	10 ⁻⁸	~0	<10 ⁻⁴
NH ₃	~0	<10 ⁻⁷	+	~0	<10 ⁻⁵
HCl	~0	~5 · 10 ⁻⁵	~0	~0	?
HF	0	~10 ⁻⁶	~0	~0	?
Cəmi	?	~100	1,0	~0	~7,3 · 10 ⁻³

Qeyd: + hələ təyin olunmamış, lakin xeyli miqdar
~ müəyyən olunmamış azacıq miqdar

Aydın məsələdir ki, verilən cədvəldə Yerdən başqa digər planetlərin atmosferi haqda olan məlumat çox məhduddur. Hər halda müəyyən təsəvvür yaranır ki, Merkürinin atmosferi arqon-azot, Veneranınkı arqon-karbon qazı, Marsınkı arqon-azot-karbon qazı tərkibli. Ayda atmosfer yoxdur. Planet-

lərdə elementlərin miqdarı müxtəlif üsullarla təyin olunmuşdur və əsasən maksimum faizə təfavüt edir, yaxud da qeyri-adi az miqdarı göstərir. Aydakı oksigenin qeyri-adi kiçik parsial təzyiqinin Venera üçün müəyyənləşdirilmiş eyni əmsalla müqayisəsi, aydındır ki, heç bir şey vermir. Bu iki qiymətdən axıncısı dolayı yolla, Veneranın səth süxurlarının oksid formasında olması əsasında alınmışdır. Ayda isə bu parametr dəqiq təyin olunsaydı belə onun müvazinət prosesinə daxil yoxdur. Hər iki fəza cismi, Venera və Ay haqda bunu demək olar ki, onlarda oksigenin (atmosfer nəzərdə tutulur) miqdarı çox cüzdür. Oxşar yolla fikir yürütmək olar ki, Marsda metanın parsial təzyiqi (spektroskopik olaraq təyin olunmuş yuxarı hədd) Veneradan azdır (yuxarı hədd atmosferin planetin səthi ilə termodinamik tarazlığı nəzərə alınaraq hesablanmışdır).

PLANETLƏRİN YARANMASI VƏ TƏKAMÜLÜ

Sıxlığın qiyməti və planetlərin (digər fəza cismlərinin) kimyəvi tərkibinin müəyyənləşdirilməsi göstərir ki, onların arasında genetik ümumilik var.

Harold Yuri 1952-ci ildə sıfır təzyiq şəraitində Yer ailəsi planetlərinin orta sıxlığını qiymətləndirməyə cəhd etmişdir. Onun hesablamalarının kökündə planetlərdəki xəlitə dəmirin sıxlığı 7,2 q/sm, silikat maddəsinin isə sıxlığının 3,3 q/sm olması dururdu. Nəzərə çarpan qeyri-müəyyənliyə baxmayaraq sübut olunurdu ki, sıxlığı yüksək olan planet Merkuridir və onun dalınca ardıcıl olaraq Venera, Yer, Mars və Ay gəlir. Bu sıra Yer və Veneranın eyni sıxlığa malik olması ilə azacıq pozulur. Ümumiyyətlə, müşahidə olunurdu ki, Günəşdən uzaqlaşdıqca planetlərdə dəmirin miqdarı azalır və metallik fazaların artması, daxili planetlərdə oksigenin, azotun, karbonun və kükürdün qarışığının azalması ilə müşayiət olunur. Göstərilən elementlər diffuziyaya məruz qalır, dəmir isə müxtəlif yollarla planetdə qalır. Qazların dissipasiyası və metallik

fazanın nüvə kimi seqreqasiyası isə, planetlər indiki ölçü və formalarını almamışdan qabaq baş vermişdir.

Hipotetik Günəş dumanlığından planet maddəsinin sıxlaşması ciddi hesablamalarla qiymətləndirilir. Lakin kondensatların akkresiyası, "protoplanet" və "planetesimal" yaratması mübahisələr doğurur və müxtəlif fərziyyələrin ortaya çıxmasına səbəb olur. Aydındır ki, akkresiyanın (geoloji ədəbiyyatda bu anlayışa analoq kimi "aqqlomerasiya" terminindən də istifadə olunur) sürəti prosesdə iştirak edən hissəciklərin ölçüsü və xüsusi çəkisindən asılıdır; bura onların elektrostatik və maqnitlik xassələri də əlavə olunmalıdır. Bu axırıncıları hipotezlə müəyyənləşdirmək çox çətinidir. Qəbul etmək olar ki, sıxlaşmanın və aqqlomerasiyanın ilk məhsulları aşağı təzyiqli fazalar olmuşdur, belə ki, ağır qazların mövcud olduğu kütlələrdə onların həcmələrinin başlıca hissəsində təzyiq 10^3 atmosferdən yuxarı qalxa bilməz. Nəticədə biz, hazırda planetlərin dərinliklərində təmərküzləşmiş bir sıra tərkib hissələrinin nisbi miqdarı haqda təsəvvür əldə edirik. Deməli, kondensatlarda karbonun hidrogenə olan nisbəti Günəşdə olduğu kimi olsa, o tək karbonatlar şəklində təmərküzləşməyəcək, həmçinin qrafit karbohidrogenləri yaradacaqdır. Lakin Yer qrupu planetlərində karbonun çoxlu miqdarda olması barədə amillər yoxdur və mülahizə etməliyik ki, onun başlıca miqdarı təmərküzləşmə qurtarmamışdan qabaq dissipasiyaya məruz qalmış, xarici mühitə nəql edilmişdir. Yer qrupu planetlərinin məlum olan orta sıxlıqları və nisbətən ağlabatan kimyəvi tərkiblərinin qəbul olunmasına baxmayaraq, onlarda azotun, karbonun, kükürdün, inert qazların (neon, arqon, kripton və ksenonun) artıq miqdarına təsadüf etmirik. Kosmosda və Günəşdəkinə nisbətən inert qazların planetlərdə azlığı ancaq Yerin atmosferi üçün müəyyənləşdirilmişdir. Günəşdə və planetimizdə inert qazların miqdarı müxtəlifliyini birinci dəfə Züss (1949) qeyd etmişdir.

Günəşin yaxın əhatəsindən uçucu komponentlərin axmasına onların müəyyən iri bir fəza cisminin qravitasiya sahəsi tərəfindən cəzb olunmasıdır. Neytral tərkib hissələrinin pla-

netlərin atmosferlərindən axması isə qazların kinetikasi problemi ilə bağlıdır. Bu məsələ bir sıra müəlliflər, xüsusən Şpitser (1952) tərəfindən baxılmışdır. Müzakirə atmosferin yuxarı hissəsində mövcud olan "böhran səviyyəsi" baxımından aparılır; həmin səviyyədə yuxarı sürətləri Yer cazibə sahəsindən çıxmağa imkan verən hissəciklər toqquşmalara az məruz qalır və beləliklə, onların atmosfərə qayıtmasına şərait yaranmır. Hissəciklər axınının planet üçün orta sürəti aşağıdakı tənliklə ifadə olunur:

$$L = 4\pi R_c^2 \frac{n_c}{4} \int_{v_c}^{\infty} v_p(v) dv,$$

Tənlikdə v_c - böhran səviyyəsində axın sürəti, n_c -həmin səviyyədə axan hissəciklərin miqdarı sıxlığı, R_c - böhran səviyyəsindən planetin mərkəzinə qədər olan məsafə, $r(v)$ -maksvell sürətinin paylanma funksiyasıdır. Buradan:

$$r(v) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{2KT}{m} \right)^{-3/2} v^2 \exp\left(\frac{-mv^2}{2KT} \right)$$

Qeyd edilməlidir ki, m hissəciklərinin kütləsi və temperaturu ilə təyin olunan L , n_c -dən axan hissəciklərin təmərküzləşməsindən asılıdır. Şpitser göstərir ki, Yer, yaxud Venera ölçülü planetlərdə atmosferdəki hidrogen və helium geoloji müddətdə axa bilər, lakin oksigen və azot kimi yüksək kütləli elementlərin atomları itmir. O_2 və N_2 Marsın və Merkürinin atmosferindən axa bilər və ola bilsin ki, onların azlığı həmin fəza cismlərində bununla da izah olunur. Yer atmosferindəki heliumun faizini nəzərə alaraq, böhran səviyyəsində temperaturun 1500 K olması ehtimal olunur.

Qazların kinetik nəzəriyyəsi əsasında hesablanmış axın periodları, formalaşmış atmosferdən fraksion ayrılmalardır və onlarda uçucu hala keçməmiş tərkib hissələri var. Atmosferdəki hidrogenin başlıca miqdarı Yerdən uzaqlaşmalı idi və nə-

zərə alsaq ki, bu sferdə planetimizin hidrogeninin ancaq cüzi bir hissəsi iştirak edir, görürük ki, n_e -nin və Yerdən itən H_2 -nin axın sürəti çox azdır. Su hidrogenin Yerdə müşahidə olunan başlıca birləşməsidir və sudan H_2 ətraf mühitə tədrici olaraq it-sə də, tezliklə planetin daxilindən gələn yeni paylarla ehtiyatını bərpa edir. Atmosferdə H və H_2 -nin miqdarı az olduğundan, hidrogenin başlıca hissəsi axın sferinə H_2O şəklində daxil olur və burada ultra-bənövşəyi şüalanma nəticəsində dissosiasiyaya məruz qalır. Beləliklə, hidrogenin axınının mütləq sürəti əməli olaraq H_2O molekullarının atmosferin aşağı qatlarından yuxarı hissələrinə doğru yerdəyişməsilə idarə olunur. Bu cür yerdəyişmə probleminə Koyper (1952) və Yuri (1959) tərəfindən baxılmışdır. Onların fikrincə, suyun yuxarıya doğru hərəkətinə transferin sərhədindəki temperatur minimumu mane olur. Bu sahədə su buxarlarının buza olan təzyiqi çox cüzidir. Yer haqda deyilənləri başqa planetlərə də aid etmək olar və ümumiyyətlə, ayrı-ayrı hissəciklərin axın sürəti axın temperaturundan yox, bütün atmosferin hərərət profilindən asılıdır.

Züss (1949) qeyd edirdi ki, Yer atmosferinin Ne, Ar, Kr və Xe kimi inert qazlarla kasıblığı, onların kimyəvi elementlərin dövrü sistemində tutduğu vəziyyətinin funksiyasıdır. O, bu defisiti atom kütləsi ilə əlaqələndirməyə çalışmış və bu nəticəyə gəlmişdir ki, ağır elementlərin Yer ölçülü fəza cismindən uçması üçün yüksək temperatur şəraiti lazımdır. Sonralar aydınlaşdırıldı ki, bu komponentlərin defisitinin qiyməti onların ionlaşma potensialı ilə şərtləndirilir (Cokini, 1964). İntert qazların çoxunun və hidrogenin ionlaşma potensialı yüksəkdir və onlar Günəş sahəsindən axmalıdırlar; ionlaşma potensialı az olan elementlər isə Günəşin maqnit sahəsi tərəfindən saxlanılır və Yer qrupu (Günəşə yaxın) planetləri yarandıqda onlarda kondensasiyalaşırlar. Xeyli ağır tərkib hissələrinin planetlərdən və planetlərə axını belə izah oluna bilər.

Yer qrupu planetlərinin orta sıxlığı sübut edir ki, onlarda oksigenin əhəmiyyətli miqdarı qalmışdır. Atomar oksigenin ionlaşma potensialı, demək olar ki, hidrogendə olduğu kimidir. Əgər embipolyar diffuziyanın elementlərin axınında va-

cib rolu varsa, onda oksigen ionlaşma potensialı yüksək, digər tərkib hissələri ilə birlikdə diffuziya etməli idi. Lakin oksigenin metalların əksəriyyətilə və karbonla qohumluğu onun başlıca hissəsinin oksidlər və silikatlar şəklində təmərküzləşməsinə və daxili planetlər əyalətində qalmasına səbəb olmuşdur. Hər halda güman edilir ki, Merkürinin yüksək sıxlığına səbəb bu planeti yaratmış kondensatların formalaşmasının ilk mərhələlərində oksigenin itməsidir.

Karbon atomlarının ionlaşma potensialı metallara nisbətən yüksəkdir. Karbonun xaricə aparılması, yəqin ki, onun CH_3 və CH kimi uçucu birləşmələr yaratma təmayülünün nəticəsidir. Belə mülahizəni HS və H_2S şəklində kondensatlarda iştirak edən kükürd haqda da demək olar.

Beləliklə, fraksiyalaşma neytral komponentlərin diferensial diffuziyası ilə şərtlənir, yaxud da bu prosesdə Günəşin temperaturu və qaz dumanlığının şəffaflığından asılı olaraq ionlaşma müəyyən rol oynayır. Əgər Günəşin temperaturu indikindən az olsa idi, ionlaşma ya zəif olar, yaxud da, ümumiyyətlə təzahür etməzdi. Deməli, neytral hissəciklərin ayrılması üçün başqa bir mexanizm fəaliyyətdə olmalı idi. Günəşin temperaturunun indikindən yuxarı olması şəraitində və maqnit sahəsinin varlığı şərti ilə embipolyar diffuziya vacib əhəmiyyət kəsb edir.

Yuxarıda təsvir olunan mexanizmlərin hər biri ayrılıqda, ilkin qaz-toz dumanlığının planetlər yaranana qədər, yaxud onlar formalaşdıqdan sonra, intensiv fraksiyalaşmasını təmin edə bilərdi. Planetlərin bərkimə və diferensiasiyasının ilk mərhələləri onların ana atmosferinin sonrakı dəyişmələri ilə nəticələnə bilərdi. Bu vəziyyət özünü o zaman doğruldu ki, yeni yaranmış planetlər yüksək temperaturlu mərhələdən keçsinlər. Bu cür şəraitdə ilk atmosfer qazları ilə planetlərin səthinin maddəsi arasında reaksiyalar baş verməli idi, litosferin dərin qatları qismən qazların soxulması üçün əlverişli şəraitdə olmalı idi və atmosferin tərkibi ilə sülb litosfer maddəsi arasında müvazinət yaranmalı idi. Yer qrupu planetlərinin kütləsi, onları yaratmış kondensasiya sferlərinə nisbətən çox kiçik oldu.

ğundan, atmosferlərin nəzərə çarpacaq dəyişiklikləri litosfer tərəfindən udulan və buraxılan qazların miqdarından müəyyən qədər asılı ola bilər. Beləliklə, Veneranın atmosferi Günəş dumanlığının qalığı ola bilməz (Cokini, 1964) və bilavasitə planetin formalaşmasının ümumi təkamülü ilə bağlıdır.

Planetlərin diferensiasiyası, qravitasiya sahələri və temperatur ilə əlaqədar olan kimyəvi potensial qradienlərinin varlığı ilə şərtlənir. İzotermik şəraitdə məhlulda komponentlərin paylanmasına qravitasiya sahəsinin təsiri məhlulun qeyri-ideal halına görə mürəkkəbləşir, yüngül və ağır komponentlərin məhluldakı nisbiyyəti gözlənilən parametrlərə cavab vermir, başqa sözlə ideal məhlulun varlığı şübhə doğurur. Qravitasiya sahəsində termodinamik müvazinətin mexaniki aspekti tələb edir ki, yuxarıya doğru fazanın (çoxfazlı sistemlərdə fazaların) sıxlığı azalsın. Lakin məhlulda azacıq miqdarda iştirak edən böyük sıxlıqlı komponentlər üçün tərsinə nisbət müşahidə edilə bilər və onların konsentrasiyası yuxarıya doğru artar. Belə münasibət azacıq miqdarda olan böyük sıxlıqlı komponentlərlə kiçik sıxlıqlı başlıca tərkib hissələri arasında qohumluq şəraitində mümkündür. Yerin qabığında uran kimi bir sıra ağır elementlərin konsentrasiyalaşmasını verilən proseslə aydınlaşdırırlar (Bruer, 1951).

Planetlərin atmosferi sıxlığın mərkəzdən kənara doğru ardıcıl azalması ilə səciyyələnir. Yerin qabığında da belə xüsusiyyət var. Sedimentasiya təbəqədə aşağıda, Yerin geosferlərindən ən yuxarısı bilavasitə atmosfer ilə təmasdadır - qranit geosferi kiçik sıxlıqlı fazalar - kvars və çöl şpatlarıdır təşkil edir. Ancaq bilirik ki, Yer qabığında elə element və fazalar var ki, onlar qravitasiya tarazlıq şərtlərindən kənara çıxırlar. Bu cür anomal hadisələrə petrologiya elmində tez-tez təsadüf edilir. Məsələn, mexaniki müvazinət şəraitində bazalt lavaları nisbətən yüngül süxurlarla örtülmüş materik qabığında saxlanıla bilməzdi. Belə əks münasibətlərin çoxu temperatur qradienli və nisbətən soyuq qabıq süxurlarında daxili gərginliyin götürülməsinin qarşılıqlı təsiri ilə şərtlənir. Planet qabığının müxtəlif tərkibli gərgin sahələrində çatlamların lokal zonaları pey-

da olur, metamorfizm müşahidə edilir və dərinlik mağmasının çatlara, kameralara və layarası boşluqlara soxulması nəticəsində ana törəmələrin intensiv dəyişdiyi vilayətlər yaranır. Hərdən belə ərazilərdə əsasi maqmanın təzyiqi hidrostatik sabitdən yuxarı qalxır, maqma lazım olduğundan artıq, onun üçün normal hesab edilən səviyyədən yüksəkdə qabıq süxurlarına soxulur. Maqmaların bir sıra tərkib hissələri, müəyyən kimyəvi şəraitdə uçucu olur, termik qradiəntin azaldığı istiqamətdə hərəkət edir və yenidən nisbətən soyuq sahələrdə bərkilyirlər. Belə proseslər, yəqin ki, Yer qrupu planetlərinin hamısının qabığında baş verir. Onlar metamorfizmin klassik mexanizmi qanunlarına tabedirlər.

Planetlərdə, bəzi müstəsnaqlarla, təsvir etdiyimiz proseslər müvazinətə doğru yönəlmişlər. Belə təmayül izostaziya nəzəriyyəsi ilə qənaətbəxş uyğunlaşır. Bu nəzəriyyəyə görə nisbətən yüngül süxur kütlələri, aysberqlər kimi, daha sıx substrat üzərində üzür və boyca ucadırlar. Bu cür münasibətlərin qravitasion sahədə sıxlıq diferensasiyasını şərtləndirən kimyəvi potensial effekti var, belə ki, yer qabığının çox hissəsi kiçik yerdəyişmələrin yaranması üçün əlverişli deyil. Qeyd edilməlidir ki, izostatik hal Yer qabığının özlülüyü və bərkliyindən də asılıdır. Qabığın möhkəmliyi olmasa izostatik yüksək kütlələr yan tərəflərə axar və planetin hər tərəfində bircins mühit əmələ gələr.

İzostatik uyğunlaşmadan başqa, planet daxilini yuxarı qaldıran qüvvələr ayrı cür də təzahür edir. Planetar miqyaslı strukturların təkamülündə və plutonların formalaşmasında belə qüvvələrin rolu V.V.Belousov (1951, 1960), Van Bemmen (1933), H.Ramberq (1963, 1964) tərəfindən göstərilmişdir. Ramberqə görə, Yerin sialik qabığı planetin təkamülünün gətirdiyi maddə halından (maye, yaxud sülb) asılı olmayaraq peyda olmalı idi. Ramberq ilkin yer qabığını bircins örtük kimi təsəvvür edir. İndiki materik və okean əyalətlərinin müxtəlifliyi vulkanizmin nəticəsidir. İbtidai sialik qabığın daxilində, yaxud ondan aşağıda yaranan ana maqma, nisbətən möhkəm siala görə yuxarı qalxır; püskürmə və konsolidasiyadan sonra

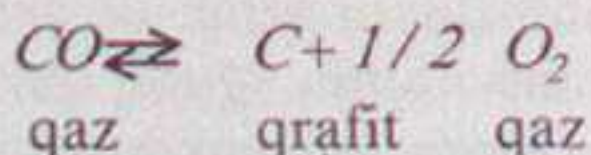
yaranan yüksək sıxlıqlı süxurlar yenidən sialın içərisinə yüklənir. Nəticədə sial kənarlara doğru basılır və materiklərin özləri formalaşır, daxilə doğru əyilmiş yerlərdə isə okeanların hövzəsi təzahür edir. Belə nisbətən aşağı enmiş möhkəm bazit və simatik materialdan ibarət olan əyalətlər, əsasi vulkanizmin fəaliyyət səhnəsi kimi qalır. Bunun səbəbi bazit lavalarının və onların analoqlarının yüngüllüyüdür. Digər tərəfdən yüksək sialik materiklər az sıxlığa malik olduqlarından bazit lavasının püskürməsinə və axınına mane olurlar. Materik və okeanların Yerin təkamülündəki bu rolu indi də davam edir.

Yer haqqında deyilənlər müəyyən əlavə və çıxarışlarla Günəşin digər daxili planetlərinə də aid edilə bilər. Biz onların qısa petroloji-kimyəvi səciyyəsini verməyə təşəbbüs etməmişik.

Merkuri (Tir). Merkuri Yer ailəsi planetlərinin ən kiçiyidir. Lakin onun radiusunun azlığı ilə yanaşı sıxlığının böyük olması qiyməti planet səthinin ağırlıq qüvvəsi təcilini Marsdakına yaxınlaşdırır. Günəş radiasiyası (Günəş küloyi daxil olmaqla) Merkuridə Marsın orbitində olduğundan 15 dəfə güclüdür. Bu iş fotokimyəvi dislokasiyanın nisbi yüksəkliyi və birləşmələrin yaranması üçün molekulların ionlaşmasına şərait yaradır. Qazların kinetikasi baxımından oksigen və azot kimi elementlər Marsdan axmalıdır. Öpik və Zingerin (1960) mülahizəsinə görə, CO kimi nisbətən ağır birləşmələr, ionlaşmış halda planetdən axa bilər. Beləliklə, Merkuridən oksigenin axımı Marsa nisbətən artıq olmalıdır. Əgər Merkuri və Marsın atmosferlərinin sıxlığı oxşardırlarsa, onda Günəşin daha güclü təsirindən Merkuridə CO_2 , H_2O və CO hərtərəfli dissosiasiyaya məruz qalacaq və prosesin məhsulları müxtəlif sürətlərlə planetdən axacaqlar. Merdok və Neyin (1970) müşahidələri göstərir ki, Merkurinin qaranlıq tərəfində temperaturun 0K-dən yüksək olması hərarətin bura atmosfer tərəfindən gətirilməsi ilə şərtlənir.

Atmosfer qazlarının istənilən molekullarının hamısının oksigeni axım təmayülünə malik olarsa, onda ola bilsin ki, Merkuri səthinin süxurları meteorit maddəsi halında və bərpa

şəraitindədir. Venera (Zöhrə) ilə analogiyada ehtimal etmək olar ki, endogen proseslər nəticəsində dərinliklərdən yuxarı qalxan iki valentli dəmir nisbətən oksidləşmiş halın, maqnetit-metal sərhədindəkindən çox qabağını almalıdır. Əgər bərpa-nın dərəcəsi yuxarıda göstərilən kimdirsə, onda 700K (planetin işıqlanan tərəfinin süxurlarının temperaturundan xeyli az)-də oksigenin təzyiqi $P_{O_2} \sim 10^{-33}$ atmosfer, $P_{CO} \sim P_{CO_2}$ olmalıdır, belə ki, metal sahəsində, metal-maqnetit müvazinətində $P_{CO} > P_{CO_2}$ -dir. P_{CO} və P_{CO_2} -nin belə münasibəti geniş temperatur intervalında saxlanılır. P_{O_2} -nin böyük və ya kiçik qiymətini qəbul etməklə, CO və CO₂-nin yaşamasının yuxarı sərhədini hesablamaq olar. Bu məqsədlə CO üçün aşağıdakı reaksiyadan istifadə olunur:



Reaksiyanın müvazinət əmsalı 700K-də $K_2 = 10^{-13}$ -dür. Onda $P_{O_2} < 10^{-33}$ atm-də, $P_{CO} < 10^{-3.5}$ atm alırıq. P_{CO} -nun bundan yuxarı qiymətində qrafit alınır. Bərabər, yaxud aşağı qiymət P_{CO_2} -də olmalıdır. Beləliklə, əgər planetin səth süxurları göstərilən səviyyəyə qədər bərpa olunublarsa, karbonun qazvari birləşmələrinin nisbi miqdarı kəskin hüdudlaşmalıdır. Ancaq Merkürin atmosferi, ehtimal ki, kifayət qədər seyrək olduğundan digər maddələrə nisbətən CO və CO₂ başlıca komponentlər kimi qalır.

Reaksiyalarda iştirak edən və atmosferin başlıca tərkib hissəsi oluna biləcək digər molekulların (SO₃, SO₂, NO və s.) rolu məhduddur. Onların çoxu oksidləşmə şəraitində sabit olub, fotokimyəvi reaksiyalardan pozulur, daha yüngül maddəyə çevrilir və fəzaya axır. Həmin birləşmələrdən N₂ fotokimyəvi reaksiyalara dözümlüdür, geniş intervalda termodinamik stabildir və CO ilə birlikdə atmosferin aşağı hissələrin-

də, yuxarı təbəqələrin müvafiq müdafiəsi ilə saxlana bilər. Merkuri atmosferinin ehtimal olunan komponentlərindən biri radioaktiv K-40-dır. Mars ilə analoqiyada fikirləşmək olar ki, onun parsial təzyiqinin yuxarı həddü 10^{-3} atmosferdir və yaranma sürəti planetlərin kütləsi ilə mütənasibdir. Qazsızlaşma dərəcəsi hər iki planetdə eynidir. Radioaktiv kaliumun miqdarı Merkuridə Marsa nisbətən azdır və burada temperatur yüksək olduğundan qazsızlaşma da sürətlidir.

Tomas (1974) fərz edir ki, Günəş küləklərinin protonları hesabına yaranmış su Merkuridə üstünlük təşkil edə bilər. Bu fikir intensiv fotosintez və qazsızlaşma şəraitində həqiqətdən bir qədər uzaqdır.

Mari, Belton və b. (1972) yazdıqlarına görə "Mariner-10" nun verdiyi Merkuri səthinin şəkillərində Ayda olduğu kimi kraterlər müşahidə olunur. Planetin atmosferi olduğundan bu iş bir qədər təəccüb doğurur. Hər halda bu məlumat Günəş sisteminin təkamülünün ilk mərhələlərində planetizimlərin və meteoritlərin paylanması qiyətləndirilməsinə, Merkuri litosferində gedən mexaniki-kimyəvi proseslərin mexanizmini başa düşməyə kömək edə bilər. Merkuri səthində kobud kraterlərin saxlanması üçün süxurların çox möhkəm olması lazım idi.

Merkurinin daxili quruluşuna gəldikdə, planetin yüksək sıxlığı ($5,45 \text{ q/sm}^3$) onda silikatlara nisbətən metallik fazanın artıqlığına dəlalət edir. Ziqfrid və Solomonun (1974) verdikləri Merkuri modelində metallik faza 60% qəbul olunur. Yurinin silikatlara nisbətən dəmirin Günəş dumanlığında fraksiyalaşmasının vacibliyini göstərən hipotezi başqa planetlərdə olmasa da, Merkuridə özünü doğruldur.

Merkuridə dəmirin anomal yüksək miqdarını hərdən planetin Günəşə yaxınlığı ilə əlaqədar olan müəyyən proseslə izah edirlər. Lakin bu prosesin təbiəti problematiktir və çətin başa düşülür. Bullen (1952) fərz edir ki, Yer ailəsi planetlərinin hamısı əvvəlcə Fe/Si-un eyni nisbətində dünyaya gəlmişlər. Dəmir nüvənin seqreqasiyasından sonra Merkuri Günəşə çox yaxın olduğundan onun silikat mantiyasının müəyyən hissəsi

buxarlanmışdır. Belə olduqda, fikirləşilməlidir ki, Günəş özünün əsas təkamülünün başlamasından qabaq daha işıqlı, isti və fəal imiş. Larson (1969, 1972) və başqalarının ulduzların yaranmasını izah edən müasir modellərində Merkürinin səthindən silikatların buxarlanması və uzaqlaşmasına səbəb ola biləcək istiliyin işıqlanma hesabına olduğu qəbul edilmir. Rinqvudun (1966) fikrincə, Merkürinin yüksək sıxlığı Günəş dumanlığında gedən və Günəşə yaxın yuxarı temperatur şəraitində baş verən akkresiya ilə bağlıdır. Belə olduqda maqneziumun metal və ortosilikatlarının başlıca hissəsi kondensləşmir, planet dəmir-lə, onun mantiyası isə alümosilikatlarla zənginləşib qələvi metallar və oksidləşmiş dəmir saxlamır. Oxşar modellər Anderson (1972), Grossman (1972) və Lyuis (1973) tərəfindən təklif olunmuşdur.

Verilən modellərin kəsir cəhəti Günəş dumanlığında dəmirin və maqneziumun silikatlarının kondensasiya temperaturunun çox yaxın götürülməsidir. Belə çıxır ki, dəmir və maqnezium akkresiyada özlərini oxşar aparmalıdır, onların orto- və metasilikatlarının buxarlanması, yaxud kondensasiya dərəcəsi eyni olmalıdır. Müvafiq olaraq, Merkürinin mantiyası planetin inkişafının ilk mərhələlərində maqnezium və dəmir silikatlarını eyni səviyyədə itirməlidir.

Qaz dumanlığının təzyiqi, Veydenşillingin (1978) fikrincə, Merkürinin orbitində 10^{-3} atm olmalı idi. Belə təzyiqdə dəmirin "kondensasiya temperaturu" cəmi 30°C Mg_2SiO_4 -dən artıqdır. Veydenşilling qeyd edir ki, Merkürinin akkresiya zonasında təzyiq və temperaturun, elə bir nisbətini tapmaq mümkün deyil ki, dəmir forsterit effekti ilə ayrılınsın, maqnezium ortosilikatından uzaqlaşsın və planeti dəmirlə zənginləşdirsinsin. Axırda alim bu nəticəyə gəlir ki, Merkürinin kiçik kütləsi onun sıxlığından da artıq anomal hadisədir. Səthi sıxlıq və ilkin Günəş dumanlığında Günəşdən olan məsafə arasındakı asılılığın empirik nisbətində əsasən Merkürinin kütləsi Yerə və Veneranın kütləsindən az olmamalı idi. Həqiqətdə Merkürinin kütləsi Yerin kütləsinin 5%-indən azacıq artıqdır.

Veydenşillinq mülahizə edir ki, Merkürinin yüksək sıxlığı və kiçik həcmi Günəş dumanlığının həmin sahəsindəki xüsusi prosesin "aerodinamik götürmənin" nəticəsidir. Qazların təzyiqi və orbital sürətlərinin birgə təsirindən Günəşin cazibə qüvvəsinə müqavimət göstərilir, sülb cismlər isə kepler orbitlərində qazlardan fərqli sürətlə fırlanırlar. Nəticədə Merkürinin akkresiya zonasında sülb maddənin çox hissəsi Günəşə düşür və buna görə də planetin kütləsi azdır.

Başqa amillərin bərabərliyi şəratində kiçik sıxlıqlı planetizimallar, aerodinamik fraksiyalaşmadan asılı olaraq böyük sıxlıqlı protoplanet cismlərinə nisbətən Günəşə daha tez yaxınlaşırlar. Ümumi kütlənin itkisinin çoxluğunu nəzərə alaraq Veydenşillinq silikatlarla zəngin planetizimalların fraksiyalaşmasının dəmirli hissəciklərdən azacıq sürətli olacağı şərt ilə Merkürinin akkresiya sahəsindəki qalıq maddəsinin yüksək xüsusi çəkiyə malik olmasını qəbul edir. Bir sıra müsbət cəhətlərinin olmasına baxmayaraq, Veydenşillinq modeli akkresiya zamanı planetizimalların ölçülərinə görə paylanmalarını və belə mexanizmin ancaq Merkuri təmsalında mümkünlüyünün səbəblərini aydınlaşdırmır. Rinqvud və Veydenşillinq modelləri birlikdə, biri digərini tamamlayaraq Merkürinin doğulması səbəblərini nisbətən qənaətbəxş izah edir. Onlardan biri kimyəvi fraksiyalaşmanı temperatur ilə bağlayır, digəri isə metal-silikat bölünmənin fiziki cəhətlərini müəyyənləşdirir və belə fiziki-kimyəvi izah Merkürinin kiçik həcmi olmasına baxmayaraq, yüksək sıxlığa malik olması sualına cavab verir.

Merkürinin səthi Aya çox oxşardır. Planetin çox hissəsi kraterlərlə örtülmüş və yaşı Ay qitələrinin yaşından az seçilir - 3,9-4,4 milyard il. Merkürinin səth maddəsinin əksətmə spektrləri Ayın anortozit qitələrinin qruntunun spektrlərinə oxşardır və deməli, burada da qabıq anortozit tərkiblidir. Merkürinin albedosunun və spektrin müşahidə olunan hissəsinin tədqiqi göstərir ki, onun səthində TiO_2 və FeO -nun miqdarı Aydakından azdır (Hapke, 1977; Adams, 1979; Brudfut, 1977).

Merkuridə vulkanizmin rolunun əhəmiyyətinin aydınlaşdırılması həmişə mübahisələrə səbəb olur. Strom və digər müəlliflərin (1975, 1977) mülahizəsinə görə, kraterlərdaxili geniş düzənliklər vulkanik mənşəlidir, meteorit bombardmanının axırncı mərhələsində doğulmuşlar və planetin qabığına indiki görkəmi vermişlər. Lakin Vilhelm "Vulkanizmin mərhələləri" (1976) adlı Merkuriyə aid olan məqaləsində məsələnin belə izahına etiraz edir.

Merkurinin qlobal maqnit sahəsinin varlığı (Ness və b., 1976) alimlərin əksəriyyəti tərəfindən planetin maye metaldan ibarət müstəqil nüvəsinin olması ilə izah edilir. Nüvədə hazırda konveksion hərəkətlər baş verir və maye nüvə maqnit sahəsi yaradır. Əgər nüvədəki dəmirin hamısı planet maddəsinin diferensiasiyası hesabına yaranmışsa, nüvənin radiusu Merkürinin mövcud radiusunun 75 %-ni təşkil etməlidir. Bu iş, Merkürinin anortozit qabığının varlığı, planetin qlobal diferensiasiyaya məruz qalması və formalaşmasında vulkanizmin əhəmiyyətli rolu məsələləri ilə uzlaşır. Nüvənin yaranması prosesinin ekzotermik təbiəti və daxili gərgin konvensiya tələb edir ki, nüvə Merkürinin inkişafının başlanğıc mərhələlərində, planetə müasir sifəti verən meteorit bombardmanı fazası qurtarmamış peyda olduğu qəbul edilsin. Nüvənin doğulması planetin genişlənməsi ilə müşayiət olunmalı və planet boyu dartılma qüvvələrinin təzahürü ilə nəticələnməli idi. Lakin müşahidələr göstərir ki, Merkuri litosferi planetin tarixinin uzun müddəti ərzində sıxılma halında olmuşdur (Strom, 1977; Strom, Trask və Qest, 1975).

Planetin başlanğıc diferensiasiyası və nüvəsinin yaranması onun həcmnin xeyli hissəsinin formalaşdıqdan sonra yüksək temperaturu (1000°C -dən yuxarı) olmasını tələb edir (Solomon, 1976) və bu mənada Merkuri Aya oxşayır. Akkresiyadan isinmə və Günəş dumanlığının yüksək temperaturu bu istinin ehtimal olunan mənbəyidir (Kassen, 1977). Ancaq bir şey aydın deyil ki, niyə belə tez doğulmuş nüvə indiyə qədər maye xəlitə halındadır və maqnit sahəsi yaradır (Solomon, 1976). Bu problemlərin həlli mantiyada istilik mənbələrinin

müəyyənləşdirilməsindən asılıdır. Lakin nəzərə alınmalıdır ki, konveksiya maddənin sülb halında da mümkündür (Kassen 1976, 1977).

Merkurinin qabığında 3-6% FeO-nun olması sübut olunsa idi, bu iş vacib əhəmiyyət kəsb edərdi (Hapke, 1976). Rinqvud və Lyuisin modellərində akkresiyada iştirak edən Merkürinin maddəsi yüksək temperatur şəraitində dumanlıqdan yarandığından FeO saxlamır və planetin müasir quruluşunu izah etməyə qadir deyillər. Modellərdə yüksək temperaturlu kondensatlarla birlikdə azacıq da olsa aşağı hərarətli birləşmələrin iştirakı nəzərə alınarsa, onlar daha təkmil olar.

Merkuridə Yerə nisbətən aşağı temperaturlu kondensatın miqdarı çox cüzdür. Yüksək temperaturlu kondensat dumanlıqdan çox yuxarı hərarətdə ayrıldığından maqnezium silikatlarından kasıbdır və müvafiq olaraq sərbəst dəmirlə doymuşdur. Mülahizə olunur ki, Merkürinin akkresiyası ətraf mühitin nisbətən soyuq şəraitində başa çatmışdır. Bu mühitdə H_2/H_2O nisbəti Günəş dumanlığında olduğundan çox aşağı olmuş və buna görə də FeO sabit qalmışdır.

Merkuri haqda olan qısa xülasəyə yekun vuraraq qeyd edək ki, Günəşin ən yaxın qonşusunun nüvəsi həcminə nisbətən, sistemin başqa üzvlərində, o cümlədən Yerdə olduğundan xeyli böyükdür. Nüvə maye xəlitə halındadır və onda nikel və dəmir bərabər miqdarda paylanmışlar. Bizim fikrimizcə, Merkuri nüvəsində sıxlığı 10 q/sm^3 -dan artıq olan metalların, o cümlədən onların nəcib və radioaktiv nümayəndələrinin iştirakı tam imkan daxilindədir. Merkürinin mantiyası akkresiya zamanı öz kütləsinin əhəmiyyətli miqdarını itirmişdir.

Venera (Zöhrə). 1967-ci ildə bəşəriyyət tarixində ilk dəfə Dan ulduzu - Zöhrənin (Veneranın) atmosferinə keçmiş SSRİ-nin "Venera-4" avtomatik stansiyası enmişdir. O zamandan bu fəza cisminin atmosferi barədə xeyli məlumat toplanmışdır. İkinci vacib addım Dan ulduzunun səthinə "Venera-7" stansiyasının yumşaq oturması idi. Ondan sonrakı cihazların hamısı Veneradan müxtəlif məlumatlar gətirir və Yerdə analizdən keçirilir. Ən çətin və təəssürat yaradan eksperimentlər 24 il bun-

dan qabaq buraxılmış "Venera-13" və "Venera-14" stansiyaları tərəfindən aparılmışdır.

Son 25-30 il ərzində dünya alimlərinin birgə səyi ilə bizim ən yaxın qonşumuz, planetimizin ekiz tayı olan Zöhrə barəsində kifayət qədər dolğun məlumat əldə edilmişdir.

Veneranın təsvirini onun Yerə nə qədər yaxın olduğunu əks etdirən müqayisəli cədvəldən başlayırıq (cədvəl 34).

Cədvəl 34

Yer və Veneranın müqayisəli səciyyəsi

Səciyyə	Venera	Yer
Kütlə; $n \cdot 10^{27}$ q	4,871	6,1
Radius, km	6054	6371
Orta sıxlıq, q/sm^3	5,06	5,52
Səthdə nisbi ağırlıq qüvvəsi	0,88	1,0
Səthdə temperatur həddüdü, K	600-800	225-315
Metallik nüvənin nisbi kütləsi, %-lə	23	32,5
Mantiyada FeO:(FeO+MgO) nisbəti, mol.payl.	0,24	0,12

Cədvəldən göründüyü kimi, Yerin və Veneranın radiusları və sıxlıqları bir-birinə çox yaxındır. Sıxlıqlar arasındakı fərq Veneranın kütləsinin az olması səbəbindən planetlərin müvafiq qravitasiya sahələrində maddənin sıxılma dərəcəsinin müxtəlifliyi ilə izah olunur. Lyuis (1972, 1973) fərz edir ki, Veneranın Yerə nisbətən sıxlığının az olması, onun Günəşə yaxınlığı və daha yüksək temperaturda yaranmasının nəticəsidir; burada kükürd kondensiyalaşmamış, silikatlar isə FeO saxlamırlar. Yerin doğulduğu nisbətən aşağı temperaturda kükürdün xeyli miqdarı troilit kimi nüvəyə daxil olur, FeO-nun müəyyən hissəsi isə mantiyanın silikatlarının tərkibində saxlanılır. Rinqvud və Anderson (1977) qeyd edirlər ki, bu hipotez miqdarı olaraq sıxlıqların fərqi izah etmir və aşağıdakı mülahizə və müşahidələrlə uzlaşır:

- a) kükürd Yer nüvəsinin başlıca yüngül elementi deyil;
- b) Veneranın buludlarında kifayət qədər kükürd turşusu var (Yanq, 1973);

c) hər iki planetin səthində K/S nisbətinin oxşarlığı (Surkov, 1977);

ç) Venera və Yerdə CO₂-nin miqdarının bərabərliyi (Saqan, 1962).

Axırncı bəndi nəzərə alaraq, Rinqvud və Anderson (1977) bu nəticəyə gəlirlər ki, Venera və Yerdə maddənin oksidləşmə-bərpa potensialı oxşardır.

Veneranın sıxlığının Yerdən cüzi az olmasını metal və silikat hissələrinin planetdə, akkresiyadan qabaq ayrilmaları ilə izah etmək olar (Şmidt, 1950; Yuri, 1959). Bu hipotez Venera barədə özünü doğrultsa da, Marsın həqiqi sıxlığının səbəbini aydınlaşdırmır. İlk Günəş dumanlığında akkresiyadan əvvəl dəmir və silikat planetizimallarının fraksiyalaşması, onların ilkin ölçüləri və sonrakı təkamülləri nəzərə alınarsa şübhə doğurur.

Veneranın kifayət qədər sıxlığa malik olmamasının səbəbi onun mantiyasında FeO:(FeO+MgO) nisbətinin 0,24 olduğu halda, metallik nüvənin Veneranın ümumi kütləsinin 23%-ni təşkil etməsidir. Deməli, Veneranın maddəsi Yerə nisbətən daha çox oksidləşib. Bu mülahizə başlıca metallik elementlərin Yerdə və Venerada paylanmasının oxşarlığı və bu qanunauyğunluğun Mars və kömürlü xondritlərə aid olması ilə əsaslanır.

Petrologiya problemlərinin həlli baxımından da Venera diqqətə layiqdir. Planet səthinin yüksək temperaturu və qabığın hərərətinin yuxarı olması, laboratoriya şəraitində aparılan və silikatların faza müvazinətlərinə həsr olunmuş kimyəvi reaksiyalara oxşar maddələr mübadiləsinə imkan yaratmalıdır. Veneranı daha yüksək temperaturda doğulmuş Yerə oxşatmaq olar. Ölçülərinin və ehtimal olunan tərkiblərinin oxşarlığı nəzərə alınarsa, fikirləşmək olar ki, Veneranın təkamülü Yerin analoji inkişafı yolunu keçmişdir. Fərz etmək olar ki, Veneradakı qabıq süxurları onun mantiyasının diferensiasiyasının məhsuludur. Lakin Venera səthinin temperaturunun yüksəkliyi onun litosferinin Yerdən fərqliliyini şərt-

ləndirir. Planetin fırlanma sürətinin azlığı ola bilsin ki, Veneranın maqnit sahəsinin zəifliyi ilə izah edilə bilər.

Planet səthinin yüksək temperaturu litosferin mineralları və atmosferin qazları arasında termokimyəvi müvazinət üçün heç olmasa müxtəlif əyalətlərdə şərait yaratmalıdır. Bütün bunları nəzərə alaraq, Veneranın atmosferinin aşağı hissəsi və litosferinin tərkibi barədə müəyyən fikir yürütmək olar. Belə fikirləri atmosfer qazları və qabıq mineralları arasındakı hər-tərəfli kimyəvi reaksiyaların varlığı ilə əsaslandırmaq mümkündür. Atmosferin tərkibindən asılı olaraq mineralların sabitlik hədudu müəyyənləşdirilə bilər.

Problemin başlıca məsələsi ondan ibarətdir ki, mineral və qazların kinetik xüsusiyyətləri Venera şəraitində müvazinət halına gələ bilər, ya yox? Bu hal bircins qazlar arasındakı reaksiyalar üçün əsaslandırılır və reaksiyaların Fe_2O_3 və TiO_2 kimi qabıq katalizatorlarının iştirakı ilə getməsi tamamilə qəbul olunur. Fe_2O_3 və TiO_2 -nin iştirakı ilə aparılmış çoxmiqdarlı eksperimentlərdə 400-700K intervalında CO və O_2 arasındakı reaksiyaların sürəti çox böyük olmuşdur. Ancaq iri miqyaslı planetar və mürəkkəb heterogen reaksiyaların getməsi üçün faza müvazinətləri təxmini olaraq aşağıdakı şərtlərdən asılıdır:

1. Reaksiyaların getməsi üçün fiziki qıcıqlandırıcı proseslərin müddətindən daha artıq, davamlı müəyyən vaxt lazımdır. Bu iş vulkanik püskürmələr kimi qıcıqlandırıcı proseslərdə kütlənin yerdəyişməsi halları ilə özünü doğruldur.

2. Litosfer və atmosferin qarşılıqlı təsir zonalarında, müvafiq olaraq temperatur və təzyiqin sürəti dəyişməlidir.

3. Səth temperatur gradientləri, başlıca olaraq radial istiqamətdə, bir sıra tərkib hissələrinin həmin gradientlərə tərəf kütlə yerdəyişməsini təchiz etməlidir.

4. Maddələr mübadiləsi ancaq reaksiyaya girən maddələr kimyəvi ümumilik halında olanda baş verə bilər.

Veneranın litosferində diferensiasiyanın mümkün ola biləcək mexanizminin analizi (Müller, 1969) göstərir ki, planetin mantiyası və qabığında yüksək temperaturla maddi tərkib arasında qarşılıqlı sıx əlaqə olmalıdır. Yüksək temperatur tək

termodinamik müvazinətə və reaksiyaların sürətinə yox, təkamülün hər mərhələsi və səviyyəsində reaksiyaya girə biləcək maddələrin təbiətinə də təsir etməlidir. Yüksək temperatur differensiasiya proseslərinin müvəqqəti miqyasına, hər səviyyədə hidrostatik müvazinətə yaxınlaşma dərəcəsinə güclü təsir göstərməlidir. Çoxlu kütlə yerdəyişməsilə müşayiət olunan differensiasiya, qismən silikat xəlitələri və bərk süxurların özlüyündən asılı olan axının kinetikasi ilə müəyyənləşdirilir. Belə proseslərin nəticələrindən biri Venera səthinin Yerə nisbətən hamar olmasıdır. Yüksək temperatur planet qabığını zəiflədir və dağların himlərinin sabitliyini pozur. Kütlə yerdəyişməsində yüksək temperatur relaksasiya (süxurların pozulması, möhkəmliyini qismən itirməsi) vaxtını qısaldır və mineral fazalarını qravitasiya sahəsində kimyəvi müvazinətə gətirir. Lakin temperatur qradienti istiqamətində maddənin kimyəvi və fiziki yerdəyişməsi effekti müvazinətin bu cür təmayüldə bərpa olunmasına mane olur. Maye xəlitənin axını ilə müşayiət olunan fiziki-kimyəvi effektlər sırasına intruziv kütlələrin yaranması və vulkan püskürmələri ilə nəticələnən maqmanın dərinlikdən qalxma hərəkəti də daxildir. Maqmanın soyuması zamanı yaranan süxurların sıxlığı onların döşəməsindəki kristallik törəmələrdən yüksək ola bilər və beləliklə, qravitasiya qeyri-sabitlik yaranar. Venera qabığının ümumi bərabərliyi bazit vulkanizminin baş verdiyi sahələrdə çökəkliklərin peyda olması ilə nəticələnə bilər. Radial temperatur qradientləri boyu mineral fazaların qaz nəqli, qabıqdan az dərinliklərdə çox sıxıqlıq mineraların yaranmasına səbəb ola bilər.

Yer qabığının adi süxurəmələgətirən mineralarının sabit sahələrdə varlığı məlumatı imkan verir ki, onların çoxunun Venera qabığında, həmçinin sabit sahələrdə mövcudiyyəti barədə fikirləşək. Aydın məsələdir ki, yüksək temperatur şəraitində bu mineralar Venerada başqa səviyyələrdə paylanmalıdırlar.

Mülahizə etmək olar ki, Venera qabığının çox da dərin olmayan qatları qələvi çöl şpatları (sıxlığı 2,57-2,61 q/sm²) və

kvarsdan təşkil olunmuşdur, başqa sözlə, Veneranın da qranit sferi var. «Venera-8»-in Venera səthi süxurlarının qammaşüalanmasından aldığı spektrlər %-lə aşağıdakı tərkibi göstərir: K - 4%, U - 0,00022%, Th - 0,00065% (analizin həssaslığı 30%-dir). Bu rəqəmlər bir tərəfdən Venera səthində həqiqətən də qələvi çöl şpatlarının olmasına, digər tərəfdən isə qabığın differensiasiyalaşmış olmasına sübutdur. Azacıq aşağıda əsasi çöl şpatı (anortit; sıxlığı 2,71 q/sm²), dolomit (sıxlığı 2,87 q/sm²) və kalsit (sıxlığı 2,7 q/sm²) gözləmək olar. Daha dərin səviyyələrdə sıxlığı 3 q/sm²-dən yuxarı olan dəmir-maqnezium silikatlarının (piroksenlər və amfibollar), piroksenoidlərin (vollastonit) təmərküzləşməsi üçün əlverişli şərait var. Xüsusi çəkirlərinə görə, fazaların belə ardıcıl paylanması müxtəlif sıxlıqlı reaksiyaya girən mineralların qarşılıqlı xüsusiləşməsinə, ayrılmasına səbəb olacaq. Məsələn, ola bilər ki, reaksiya nəticəsində kvarsdan müstəqil kalsit ayrıca yaransın. Nəticədə, verilən reaksiyanın getməsi üçün lazım olan kvazimüvazinət halına fəzavi maneə təsir edə bilər.

Veneranın səthi örtük vulkanların təchiz və təmin kanalları ilə deşilmişdir. Vulkanlar öz növbələrində Venera səthinə daha dərin zonalardan qazlar gətirir. Fərz olunur ki, axan lavalar tez bərkiyir və artıq sıxlıqlı sahələrə meyl edirlər. Deməli, yüksək, qalxan vulkanlar əməli olaraq Venerada ola bilməz və vulkanik mərkəzlərin olduğu yerlərdə azdərincikli depressiyalara rast gəlməliyik.

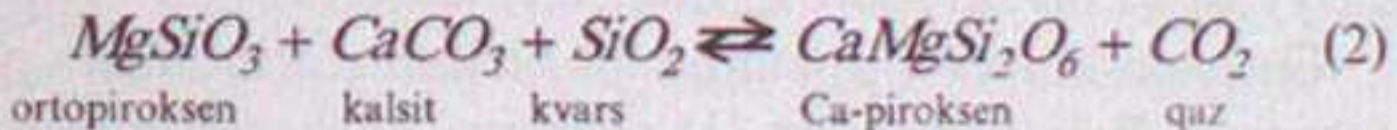
Veneranın atmosferi (qeyd edək ki, Veneranın atmosferinin varlığı 1761-ci ildə M.V.Lomonosov tərəfindən müəyyən edilmişdir) kvazimüvazinət qarşılıqlı təsir modelinə oxşadıla bilər. Lakin atmosferin formalaşmasında iştirak edən reaksiyaların mahiyyəti hələ ki, dəqiq təyin olunmamışdır. Venera atmosferinin başlıca tərkib hissəsi CO₂-dir. Bu qazın hansı reaksiyaların hesabına və hansı vaxt miqyasında peyda olmasını bilmək maraqlıdır. CO₂-nin Venera atmosferində təzahürü barədə Müller və Saksena (1977) belə mülahizə irəli

sürür və geniş aspektdə CO₂ yaradan reaksiyaları üç sinifdə cəmləşdirirlər:

1. Karbonatlar və kvars arasındakı reaksiyalar;
2. Kvarsdan əlavə, karbonatlar və silikatlar arasındakı reaksiyalar;
3. CO₂-dən asılı olmayaraq su ilə gedən reaksiyalar.

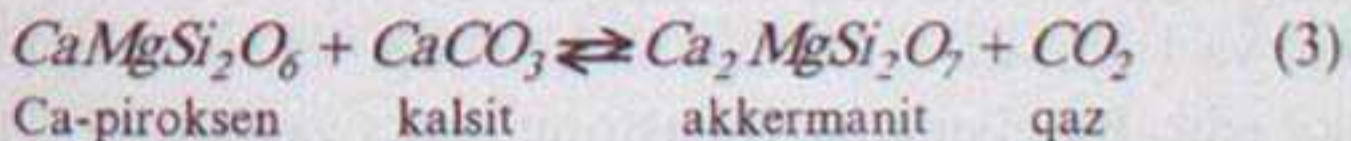


və



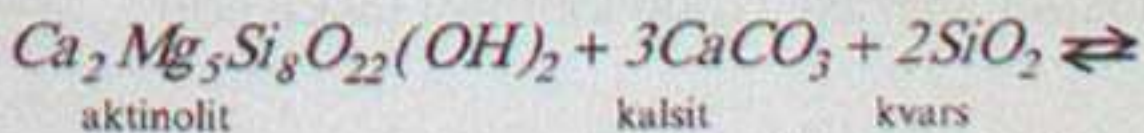
reaksiyaları birinci sinifə daxil olur və Yerdə gedən metamorfik proseslərdə iştirak etdiklərindən çox maraqlıdırlar. Onlar barədə bir sıra termodinamik və kinetik məlumat var.

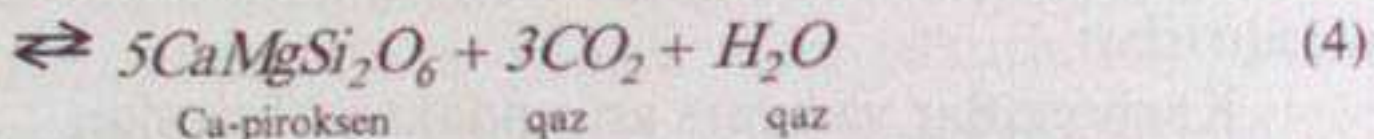
İkinci sinif reaksiyalara aşağıdakı misalı gətirmək olar:



Bu tip reaksiyaları Veneranın atmosferinin yaranmasında nəzərə almamaq olar; onlarda müvazinət təzyiqi aşağıdır və CO₂-nin Venerada müşahidə olunan temperatur və təzyiq şəraitinə uyğun gəlmir.

Üçüncü sinif aşağıdakı reaksiya ilə xarakterizə edilir:





Bu cür reaksiyalar Venera atmosferinin yaranmasında mühüm rol oynayırlar.

Yuxarıda verilmiş və CO₂-nin ayrılması ilə səciyyələnən mürəkkəb reaksiyalar bir neçə mərhələdə gedir və müəyyən mexanizmə tabedir. Onların getməsi üçün reaksiya yerində diffuzion dəyişmənin varlığı labüddür. Reaksiyaların başlanğıcında kristallaşma mərkəzləri yaranmalıdır. Onların sayılan pillələrinin hamısının özlərinin sürət sabiti, fəallıq enerjisi və temperatur əmsali olmalıdır. Reaksiyaların mütləq sürətləri nəzəriyyəsi ilə bu sabitlərə qiymət vermək olar.

Əvvəlcə kimyəvi pozulma və birləşmələrin əmələ gəlməsinə baxaq. Belə baxımdan (1) reaksiya karbonatın parçalanmasının bir, yaxud bir neçə pilləsini ifadə edir və Ca, O, Si, CaO, SiO₂ və s. birləşmələrinin yaranmasını göstərir. Reaksiyanın sürəti ümumiyyətlə, ən yavaş baş verən pillə ilə müəyyənləşdirilir (1). Reaksiya endotermik olduğundan, onun məhdudluğu fəallığın entalpiyası (ΔH) ilə müəyyən edilir; bu eksperimental enerjinin qiymətinə (E) uyğundur və bilavasitə reaksiyanın endotermik entalpiyası ilə təyin olunur. Axırncı 700K və 1 atm-də 21258 kal/mol; 1000K-də isə 20424 kal/mol təşkil edir. Bu qiymətlər vollastonit reaksiyasının [E (700°K) ≥ 21258 kal/mol, E (1000°) ≥ 20425 kal/mol] təmiz kimyəvi hissəsinin ən ləng pilləsindəki kifayət qədər sadə münasibətlərdən alınır. Həmin qiymətlər təxminən Venerada olan bir qədər artıq təzyiq (100 atm) şəraitində səciyyəvidirlər.

Gətirilən qiymətləri vollastonit reaksiyasının eksperimental öyrənilməsinin nəticələri ilə müqayisə etmək olar (Kraydelbaq, 1973). Bu rəqəmlərdən məlum olur ki, su olmadıqda reaksiya diffuziya ilə idarə olunur və Veneranın təzyiqi şəraitində fəallıq enerjisi 22000 kal/mol təşkil edir.

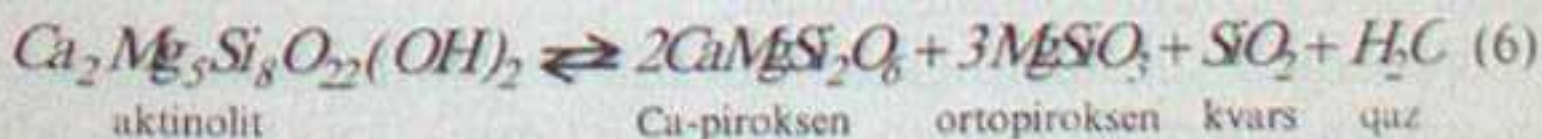
Verilmiş reaksiyanın kinetikasının ikinci vacib aspekti Venerada azacıq miqdarda olan suyun təsiridir. Su yəqin ki, diffuzion və kimyəvi pillələrdə reaksiyanın sürətini artıracaq. Ehtimal olunur ki, su şəraitində (1) reaksiyasının fəallıq enerjisi 20000 kal/mol-dan az olmamalıdır.

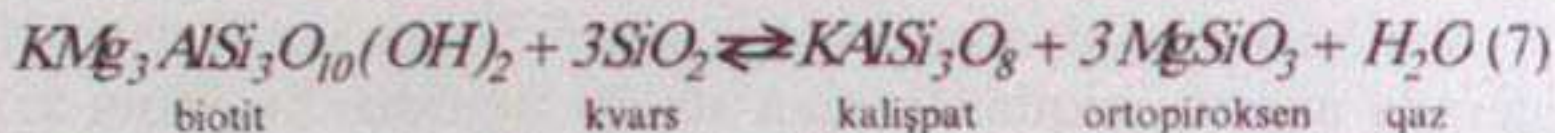
Veneranın səthində karbonatın pozulmasından başqa, karbonatlaşma səciyyəli əks reaksiyalar baş verməlidir ki, onların da sürəti düz reaksiyaların sürəti qədər olmalıdır (Müller, Kraydelbaq, 1973). Karbonatlaşma reaksiyalarının sürəti adsorbsiya sahələrinin təyini məqsədi ilə vacibdir.

Veneranın səthi şəraitində vollastonitin yaranması ilə karbonatların pozulması reaksiyası 1100 K temperaturda bir neçə yüz il müddətində getməlidir. Əlbəttə, planet qabığının daxilində reaksiyanın sürəti azala bilər. Deməli, geoloji müddət nəzərə alınarsa Veneranın atmosferi və litosferi arasında CO₂ mübadiləsinin sürəti çoxdur.

Uçucu komponentlərdən ən vaciblərindən biri olan su Venerada az miqdardadır. Yerdə effekti böyük olan atmosferin yuxarı hissələrindəki soyuq hədd Venerada yoxdur. Buna baxmayaraq, ehtimal olunur ki, su molekullarının fotokimyəvi pozulması və Venera atmosferinin yuxarı hissələrindən hidrogen axınının sürəti Yerdəkindən az deyil. Lakin Veneradakı su azlığını ancaq bu proseslərlə izah etmək düzgün deyil, belə ki, başlanğıc protoplanet mərhələsində Venera artıq Yerdən «quru» idi.

Veneradakı su azlığının səbəbi H₂O-nun soyuq sərhəddən, Yerdə olduğu kimi axımı deyil, litosferin qazlarından axım sürətidir. Ola bilsin ki, suyun litosferin maddəsindən azad olunması aşağıdakı reaksiyalarla idarə olunur:



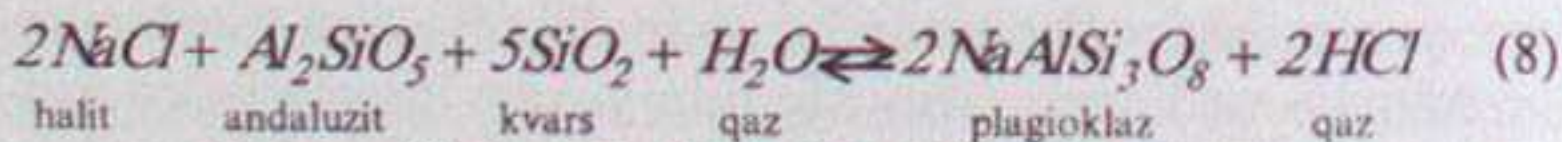


Venera şəraitində verilən reaksiyaların getməsi barədə məlumat hələ ki, azdır. Ola bilsin ki, «Venera-15», «Venera-16» və digər planetlərarası stansiyalarının gətirdiyi məlumat suyun planet səthində yaşama formaları barədə müasir bilikləri daha da təkmilləşdirəcəkdir.

Veneranın öyrənilməsi prosesində vacib kəşflərdən biri planetin atmosferində HCl və HF-un izlərinin müşahidəsi idi (Konnes; Konnes, Benedikt və Kaplan, 1967). Bu birləşmələrin CO₂-yə olan nisbəti belə idi:

$$\frac{P_{HCl}}{P_{CO_2}} = 10^{-6.22}; \quad \frac{P_{HF}}{P_{CO_2}} = 10^{-8.3}$$

Müşahidə olunan nisbətlərin qarşılıqlı təsir modeli ilə uyğunluğuna aşağıdakı reaksiyalar vasitəsilə baxmaq olar:

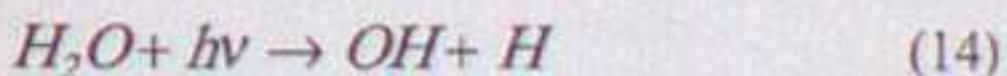
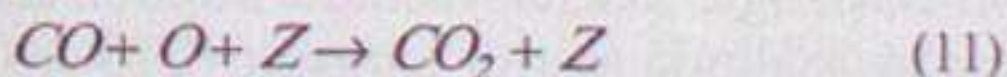
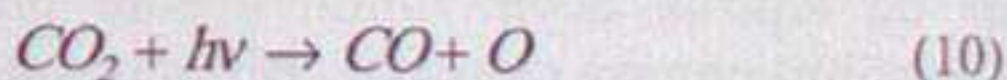


Reaksiyada iştirak edən fazaların Venerada olmağı məlum deyil, lakin oradakı şərait belə birləşmələrin olması və mübadiləsi imkanının olduğunu göstərir. Ehtimal etmək lazımdır ki, HCl və HF-un Venerada müəyyənləşdirilmiş nisbi miqdarı planetin litosferində halogen və silikat fazalarının qarşılıqlı təsiri ilə şərtlənir. Beləliklə, Veneranın atmosferindəki vəziyyəti vulkanik fumarollarla müqayisə etmək olar. Fumarollardakı halogenlərin molekulları aşağıda yerləşən maqma ilə kvazimüvazinətdədirlər.

Venerada su olmadığından orada duzların və karbonatların gərgin çökməsi aradan qalxır. Üstünlük təşkil edən isti quru şərait (8) reaksiyada göstərilən yolla və plagioklazla əla-

qədə sodalitin əmələ gəlməsilə NaCl-un silikatlarla müəyyən kombinasiyalar yaratmasına imkan verir. Bu mülahizə 1000K-dən yuxarı temperaturda plagioklaz və NaCl arasında gedən reaksiyadan eksperimental olaraq sodalitin alınması ilə sübut olunur.

Bizim bu dərsləkdə baxdığımız reaksiyaların əksəriyyəti Veneranın litosferi və atmosferinin aşağı hissəsini səciyyələndirir. Planetin kimyəvi xüsusiyyətlərinin bir qismi, o cümlədən suyun azlığı və oksidləşmə şəraiti atmosferin orta və üst hissələri ilə üzvi əlaqədədir. Atmosferin yuxarı hissəsində gedən fotosintez, onda mövcud olan maddələrin, demək olar ki, hamısına müəyyən təsir göstərir və atmosferin kimyası öyrənilərkən nəzərə alınmalıdır. Dediklərimizi aşağıdakı reaksiyalar vasitəsilə səciyyələndirmək olar:

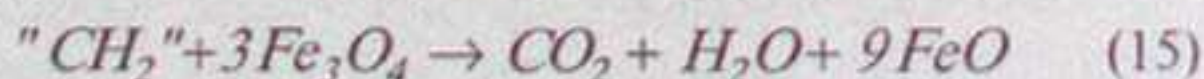


Reaksiyalar zamanı neytral hissəciklərdən başqa çoxlu miqdarda ionlar peyda olmalıdır. Verilən reaksiyalarda istənilən üçüncü komponent Z işarəsi ilə, fotosintez $h\nu$ ilə göstərilmişdir. 10-13-cü reaksiyalar Smidzu (1963) tərəfindən öyrənilmişdir. Bu alim Venera atmosferinin yuxarı hissəsinin yüksəkliyinin funksiyası kimi O, CO və O₂-nin nəzəri tərkibini hesablamışdır. Smidzunun işlərində göstərilir ki, intensiv difuziya olmadığı şəraitdə sayılan maddələr atmosferin yuxarı hissəsinin müəyyən səviyyələrində toplanmalıdır. Deməli, spektroqramların termokimyəvi müvazinət və gözlənilməyindən çox aşağı atmosferdəki faizdən asılı olaraq, həmin maddə-

lərin artıq miqdarını qeyd edə biləcəyini nəzərə almaq lazımdır. Ola bilsin ki, aşağı və yuxarı atmosfer arasında mübadilə və sonra litosfer ilə gedən termokimyəvi reaksiyalar o qədər tez baş verir ki, fotokimyəvi effekt cüzi olur.

Aya və planetlərə həsr edilmiş VIII Ümumdünya elmi konfransında çıxış edən K.P.Florenski, A.İ.Vasilyevski və b. «Venera səthinin birinci panoraması» (1977) məruzələrində Veneranın atmosferi barədə yeni məlumat verir və suyun azlığını (təxminən 0,1%) qeyd edirdilər.

Uçucu komponentlərin Veneradakı nisbəti və tərkibi nəzərə alınaraq ehtimal olunur ki, Venera və Yer analoji şəraitdə akkresiyaya məruz qalmışlar; suyun müvafiq miqdarı planetin dərinliyində saxlanılmış və sonra qazlarla birlikdə səthə doğru yerini dəyişmişdir. Yuxarıda dedik ki, Venera müşahidə olunan qədər də «quru» deyil. Onun «sulu» olmasını iki cür mülahizə ilə sübut etməyə çalışırlar. Birincisi budur ki, karbon planetlərin başlanğıc akkresiyasında kondensasiyalaşmış karbohidrogenlər şəklində iştirak etmişdir. Uoker (1970) yazır ki, karbohidrogenlərin CO₂-yə qədər oksidləşdiyi şəraitdə, planetin dərinliklərində aşağıdakı reaksiyaya uyğun müəyyən qədər su yaranmalıdır:



İkincisi budur ki, Veneranın səthində müşahidə olunan, «Venera» stansiyaları tərəfindən müəyyənləşdirilmiş kalium və uranın paylanması Venerada qranitoidlərin varlığını sübut edir. İntruziv turş süxurların yaranması üçün isə su buxarlarının yüksək təzyiqi lazımdır.

Yuxarıda yazılanlardan və verilən reaksiyalardan bu qərara gəlmək olar ki, Venerada suyun olmaması su buxarlarının güclü fotodissosiasiyası ilə müşayiət olunan istilik enerjisinin effektinin artması və hidrogenin ayrılması ilə qismən izah oluna bilər. Digər tərəfdən oksigen səth süxurlarında Fe₂O₃ əmələ gəlməsi ilə FeO, sulfatların yaranması ilə nəticələnən FeS-lə reaksiyalara sərf olunur. Axırncı reaksiyanın müm-

künlüyü qənaətinə gəlməyə səbəb Venera buludlarının başlıca hissəsi kimi onlarda sulfat turşusunun iştirakıdır (Sill, 1972; Yanq, 1973). Belə reaksiyalara sal tektonikasının fəal prosesləri kömək edir, süxurlar atmosferlə qarşılıqlı əlaqədə «təzələ-nir», qabığın subduksiyası nəticəsində oksidləşmiş məhsullar mantiyaya yüklənirlər.

Venera atmosferinin vertikal zonallığına əsasən əlavə olaraq qeyd edilməlidir ki, «Venera» və «Pioner» aparatlarının buraxılmasından sonra atmosferdə müəyyən dəyişikliklər olduğu aydınlaşdırıldı. Kosmik cihazlar vasitəsilə Venera atmosferinin aşağı hissəsinin tərkibi bu cür təsəvvür olunur:

CO ₂	- 96,4%	Ar	- 0,0019%
N ₂	- 3,4%	Ne	- 0,00043%
O ₂	- 0,0069%	SO ₂	- 0,0186%
H ₂ O	- 0,14%		

Belə tərkib Florenski və b. (1977), Oyama və b. (1979) tərəfindən hesablanmışdır. Venera buludlarında kükürd turşusu və digər kükürdsaxlayan hissəciklərin, o cümlədən sərbəst kükürdün varlığı sübut olunmuşdur. Məlum olmuşdur ki, ilkin Ar³⁶ və Ne²⁰-nin miqdarı gözlənildiyindən artıqdır və Yerin atmosferində olduğundan 200-300 dəfə çoxdur. Venera arqonunun, demək olar ki, yarısı Ar³⁶-dır.

Ehtimal olunurdu ki, inert qazların əksəriyyəti Günəş küləyindən tutulmuşdur; Veneranın zəif maqnit sahəsi bu işi asanlaşdırır (Fon Zan və b., 1979). Lakin Veneranın bu qazlarla zənginliyi onun akkresiyasının xüsusi şəraiti də ola bilərdi. Fərz olunur ki, Venera və Yerin akkresiyası eyni vaxtda getməmişdir; Yerin akkresiyası başa çatdıqdan sonra Venera Yupiterin dağıtdığı axırncı planetezimalları, «aşağı temperaturu» kondensatları öz təsir sferinə yığmışdır.

Bu bölməyə yekun vuraraq qeyd edək ki, Venera Yerə qohum ən yaxın fəza cisimidir. «Venera - 8,9 və 10» avtomatik planetlərarası stansiyalar tərəfindən ölçülmüş və 10000-ə bərabər olan K/U nisbəti, ümumiyyətlə, Yerdə olan kimidir və

ilkin paylanmaya görə, Venera maddəsinin kaliumla yoxsullaşma dərəcəsini göstərir. Venerada «Venera - 8» tərəfindən təyin olunmuş kaliumun 4%, uranın - 0,00022% və toriumun - 0,00065% miqdarı bu planetdə qranitlərin varlığını sübut edir. Yaşadığımız planetdə qranitlər çox mərhələli proseslər nəticəsində, müəyyən qədər sal tektonikası ilə əlaqədar olaraq yaranırlar. «Venera-9» və «Venera-10» tərəfindən ölçülmüş süxurlarda kaliumun, uranın və toriumun paylanması və süxurların 2,8 q/sm³ sıxlığı bazaltlara müvafiq gəlir.

Yuxarıdakı qısa xülasədən belə nəticəyə gəlmək olar: Veneranın CO₂-nin mütləq üstünlük təşkil etdiyi atmosferi, bazalt və qranitlərdən ibarət qabığı, meta-ortosilikatlardan olan mantiyası və metallik nüvəsi vardır. Yerlə fərq atmosferdəki qazların, mantiyadakı orto-, meta- və alümosilikatların, qabıqdakı bazalt və qranitlərin və nüvədəki dəmir və nikelin nisbətlərinin müxtəlifliyidir. Venera bizim planetin keçmişi və gələcəyidir.

Mars (Mərrix, Bəhram). 1988-ci ildə «Exo planeti» jurnalında Amerikanın «Vikinq» kosmik cihazı tərəfindən yerinə yetirilmiş, Marsın sahələrindən birinin şəkli verilmişdi. Şəkildə insan sifətini xatırladan müəmmalı bir struktur nəzərə çarpırdı. «Sifətin» eni 3 km-ə çatırdı. Ona «Mars sfinksi» adı verilmişdi və «Qırmızı planetdə» qədim mədəniyyətin üzə çıxarılması barədə əfsanələr yayılmağa başlamışdı. Belə mülahizələrə, aydın məsələdir ki, elm öz mənfi münasibətini bildirirdi. Təbiətdə istənilən planetin, yaxud onların peyklərinin səthində istənilən formalı və görkəmli obyektlər yarana bilər. Bostonlu mütəxəssis M.Karlotta kompüterlər vasitəsilə «Mars sfinski» ilə xüsusi məşğul olmuşdur. Alim «adamın» gözlərinin yerində dərinlikləri 100 metrə çatan çökəkliklərin olduğunu, ağzının davam etdiyini və hətta dişlərinin izlərinin varlığını müəyyənləşdirmişdi. Karlotta deyirdi ki, «Mars sfinksi» diqqətlə tədqiq olunmalıdır və ola bilsin ki, bu işi «Fobos» stansiyaları edəcəkdir». 1989-cu ilin martında «Fobos»un çəkdiyi Marsın peyki Fobosun fotosəklini görkəmi maraqlıdır. Dəfələrlə televiziya və qəzetlərdə şəkli verilmiş bu fəza cismi üzərində

krater yerləri olan iri qaya parçasını xatırladır. Marsın sirri, hələ ki, axıra qədər açılmamışdır.

Günəşdən uzaqlığı və kütləsinin kiçikliyi (Yerin kütləsinin təxminən 0,1-ni təşkil edir) Marsın atmosferinin seyrəkliyini şərtləndirir. Bu iş «Qırmızı planetdə» əhəmiyyətli temperatur fərqləri olan iqlim zonallığına səbəb olur. Ümumiyyətlə, Mars digər Yer ailəsi fəza cismlərindən hərarətinin azlığı ilə fərqlənir. «Vikinq-I» və «Vikinq-II»-nin gətirdiyi məlumata görə, atmosfer təzyiqi Marsın səthində CO_2 -nin üstünlüyü şəraitində cəmi 7 Mbar-dır. Atmosferdə izlər, lakin ölçülə biləcək miqdarda N_2 , Ar, CO, H_2O , O_2 , O_3 və s. var. Yer daxil olmaqla başqa daş-dəmir planetlərdə olduğu kimi, Marsda da atmosfer səthin süxurlarına nisbətən qeyri-müvazinət halındadır. Atmosferi litosfer ilə sıx bağlı olan Veneradakı tərkib hissələri nisbətlərinə Marsda təsadüf edilmir. Ehtimal olunur ki, P_0 -nin qiyməti kifayət qədər yüksəkdir və ola bilər ki, bu səbəbdən səth süxurları oksidləşmiş və planeti qırmızı rəngə boyamışlar (Ouen və Biyeman, 1976; Klark və b., 1976; Farne, Devis və La Porte, 1976; Matç və b., 1976).

Marsı xarakterizə edən başlıca xüsusiyyət, onun ekvatorial radiusunun qütb radiusundan üstünlüyü ilə ifadə edilmiş nəzərə çarpan elliptiklikdir. Bir sıra mütəxəssislərin fikrincə, belə forma konveksion axınlar, yaxud da «dinamik istinadın» başqa növü ilə şərtlənir və bu da hidrostatik müvazinətin qərar tutmasına mane olur. Hidrostatik müvazinət şəraitində «dinamik elliptikliyin» (C÷F): C qiyməti aşağı olmalı idi. C və A qütbü və ekvatorial oxlar yanındakı müvafiq inersiya momentləridir.

Marsın orta sıxlığı 3,94-3,96 q/sm² arasında dəyişir və sıfır təzyiqində 3,7 q/sm³-a bərabərdir (Yuri, 1952). Deməli, burada iri metallik nüvənin işarələri yoxdur. Marsda balaca nüvənin varlığı fərz olunur və ehtimal olunur ki, burada sulfidlər və oksidlər təmərküzləşmişlər. Orta sıxlıq göstərir ki, planetdə bazalt tipli süxurlar hərtərəfli intişar etmişlər.

Ceffri (1939), Yuri (1952) və Mak Donald (1959) Marsın sıxlığının azlığını onun Yerin nüvə və mantiyasına oxşar sili-

kat və metallik fazalarından ibarət olması, lakin dəmirin silikatlarla nisbətən azlığı ilə izah edirlər. Yuri (1952) bu məsələnin səbəbini metallik dəmirin və silikatların Günəş dumanlığının akkresiyasından qabaq fraksiyalaşmasında görür və bu yolla özünün Yerə yaranması barədə olan hipotezlərini əsaslandırır. Rinqvud (1959, 1966) hesab edir ki, başlıca metalların (Fe, Si, Mg, Al və Ca) miqdarı, ümumiyyətlə, Mars, Yer, Venera və kömürlü xondritlər üçün eynidir. Marsın sıxlığının kiçik olmasının səbəbi onun yüksək dərəcədə oksidləşməyə məruz qalmasıdır.

Marsda tez-tez müşahidə olunan toz qasırğaları planetin atmosferində sirkulyasiya edən küləklərin gücünün Yerdən artıq olmasını sübut edir. Əksinə olsaydı Marsın seyrək atmosferində tozun müşahidə olunacaq yerdəyişməsi mümkün olmazdı. Güclü qasırğalar tərəfindən qaldırılmış atmosfer tozunun tərkibi infraqırmızı spektrometr vasitəsilə aşkar edilmişdir (Hanel, Konrad və b. 1972). Tozun tərkibində SiO_2 -nin miqdarının 60%-ə çatdığını nəzərə alsaq, onun çöl şpatı tərkibli olduğu qənaətinə gələrik. Əgər bu toz Mars səthinin süxurlarının tərkibini əks etdirirsə, deməli planet əsaslı olaraq diferensiasiyaya məruz qalmışdır.

«Vikinqlər» və «Fobos»un işləri göstərir ki, «qırmızı planetin» səthində aşağıdakı səciyyəvi formalar inkişaf etmişdir:

1. Meteorit zərbə kraterləri;
2. Ay dənizlərinə oxşar dairəvi regional çalalar;
3. Yerə vulkan qurğularını xatırladan qalxanlar, gümbəzlər və konuslar;
4. Qrabenvari strukturlar və regional parçalanmalar;
5. Dar dərələr (kanyonlar) və «novçalar»;
6. Müxtəlif eol çöküntüləri, xüsusən qütb vilayətlərinin laylanmış törəmələri və çoxmiqdarlı dyun sahələri (çölləri).

Mak Keyli və b. (1972) «Mariner-9»un gətirdiyi məlumata əsaslanıb sayılan spesifik xüsusiyyətlərə əlavə olaraq və onları nəzərə alaraq Marsın səthini iri əraziləri əhatə edən aşağıdakı əyalətlərə bölürlər:

1. Krater düzənlikləri;

2. Kraterlərin paylanmasının sıxlığı orta olan sahələr;
3. Kraterlərin sıx yerləşdiyi regionlar;
4. Xaotik strukturlu sahələr;
5. Novçavari ərazilər;
6. Xətti strukturlu regionlar;
7. Dağlıq regionlar;
8. Təpəliklər sahəsi;
9. Laylanmış qatların inkişaf etdiyi regionlar;
10. Çoxlu balaca çökəkliklərə malik sahələr.

Verilmiş adlar Mars sahələrinin struktur - morfoloji xüsusiyyətlərini əks etdirir. Laylıq nişanələri olan regionlar Marsın qütbləri üçün səciyyəvidir. Lakin burada Yer üçün xas olan qırışıqlar müşahidə olunmur. Laylı qatların olduğu regionlarda ola bilsin ki, biz Mars çökəkliklərinin, yaxud gümbəzlərinin kəsilişini görürük.

Marsın yaxşı müşahidə olunan və onun Yerə yaxınlığını göstərən xüsusiyyətlərindən biri onun qütblərinin buz örtükləridir. Buzların CO_2 , H_2O tərkibli olmaları hələ ki, dəqiq müəyyənləşdirilməyib. Marsın Cənub qütbünün geoloji xüsusiyyətlərini öyrənmiş Mari, Sederholm və b. (1972) buzların H_2O tərkibli olması fikrindədirlər. Ola bilsin ki, laylanmış törəmələr qütb əyalətlərində buzun çökmə yolla yaranmasını səciyyələndirir.

Mars süxurlarının, atmosferinin və tozlarının tərkibi barədə olan mülahizələrdən başqa «Qırmızı planetin» kimyası, mineralogiyası və petrologiyası haqda məlumat çox cüzdür. Mars litosferinin üst qatlarını təşkil edən süxurların kimyası və petrologiyası barədə fikirləri planetin yuxarıda göstərilən xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq söyləmək olar. Məsələn, Niks-Olimpik qurğusu kimi iri qalxan vulkanın Marsın səthində varlığı bazit püskürmələrinin, yaxud başqa lava axımının sübutudur.

Niks-Olimpik haqda söylənilən fikir Mars düzənliklərində vulkanları əhatə edən çoxlu miqdarda qövsvari lava cəbhələrinin varlığı və vulkanların cinahlarında xeyli uçmuş lava konuslarının olması ilə təsdiq olunur. Niks-Olimpik vulkanı

Yer ailəsi planetlərində məlum olan vulkan qurğularının ən böyüklərindən biridir. Onun diametri 600 km-ə çatır. Bu nəhəng qurğuda mərkəzi krater, xaricə yönəlmiş kənar sıldırım yamaclar müşahidə edilmişdir. Onların mənşəyi belə izah olunur: nisbətən duru və sıxlığı çox lava (mayenin, xəlitənin qatılığı) (və sıxlığı bir-birindən asılı kəmiyyətlərdirlər) az yüksəklikdə püskürmüş və duru olduğundan axmışdır. Az sıxlıqlı və özlü lavalalar isə qurğunun qalxan özəyini yaratmışlar. Ola bilər ki, vulkan qalxanları qismən piroklastolitlərdən təşkil olunmuşlar. Başlanğıc izostatik müvazinət şəraitində yanaşı vulkan qurğuları arasında düzənliklər yaranmışdır. Sıldırım və radial yamacların böyük radiusları izostatik müvazinətin iri əraziləri əhatə etdiyini göstərir.

Mars vulkanlarının bazalt təbiəti püskürmə qurğularının ucalıqları ilə uzlaşır. Qurğuların hündürlüyü ətraf mühitə nisbətən 15 km və daha artıqdır. Bu cür yüksəklik lava materialının sıxlığının müxtəlifliyi ilə izah oluna bilər. Mars dağlarının daha yüngül süxurlardan təşkil olunduğu şübhə doğurur. İnfraqırmızı şüaların spektrlərinin verdiyi məlumatı əsas götürərək fikirləşsək ki, Marsın qabığı qranitoidlərdən və vulkanları bazitlərdən təşkil olunmuşdur, belə kütlələrin izostatik müvazinəti ağlabatan iş deyil. Məsələnin izahı Mars süxurlarının və ümumiyyətlə, planetin qabığının yuxarı mantiyasının aşağı temperatur şəraitində Yer qabığına nisbətən möhkəm olmasıdır. Bir də ki, Marsın vulkanları cavandır və onların özlü litosferə yüklənməsi üçün kifayət qədər vaxt keçməmişdir.

Mars süxurlarının petroqrafik tiplərini müəyyənləşdirmək çətinidir. Qütb sahələrinin laylı qatlarının yarandığı regionlardan çala və gümbəz quruluşlarının əmələ gəlməsinə səbəb olmuş tektonik fəaliyyətin izləri müşahidə olunur. Laylı qatların və vulkan qurğularının cavanlığı zərbə kraterlərinin olmaması ilə təsdiq olunur. Laylı qatların inkişaf etdiyi əyalətlər qütblərdə eol çöküntülərinin, CO₂ və H₂O şəklində buzun çökməsinin sübutudur. Əgər deyilənlər düzgündürsə, onda belə törəmələrin çökmə sürəti və zəif qırışıqlara uğramaları meteorit kraterlərinin yaranma sürətindən çox artıq olmalıdır.

Ramberq və Lauman (1973) Marsda okeanlaşma nişanələri görürlər. Belə prosesin hərəkətverici qüvvəsi gravitasiyadır. Qitələrə xas olan ucalığa qalxa bilməyən çox sıxlıqlı əsasi maqmatik xəlitə üçün okean hövzələri fəaliyyət səhnəsinə çevrilir. Bu hipotez Niks-Olimpik vulkanik qurğusunun yaranma mexanizmini qismən izah edir. Marsda hazırda da davam edən eroziya geniş inkişaf etmişdir. Bu proses dyun çölləri və laylanmış çökmə qatların əmələ gəlməsindən başqa dar dərələrin və arxların (novçaların) varlığını şərtləndirir. Bir sıra mütəxəssislər Mars relyefinin belə formalarının yaranmasını su eroziyasının ilk periodu ilə əlaqələndirir. Lakin Mars şəraitində su molekullarının asan disosiasiyaya uğraması və itməsi belə hadisənin varlığına şübhə oyadır. Dar dərələr və novçalar kimi struktur elementlər yəqin ki, uzun müddətli eol eroziyasının məhsuludur. Marsın daxili quruluşu haqda təsəvvür əldə etmək üçün onun sıxlığı, yaranması barədə hipotezlər, yüksək termodinamik şəraitdə süxuryaradan mineralların sabitlik dərəcəsi və s. nəzərə alınaraq müxtəlif modellər təklif edilmişdir. Rinqvud və Klark (1971) Marsın tərkibini kömürlü xondritlərlə (uçucu komponentlərsiz) oxşar qəbul edərək bir sıra modelləri nəzərdən keçirmişlər. Onların hamısında dəmir Fe^{2+}/Fe^{3+} -un müxtəlif nisbətlərində oksidləşmiş götürülürdü. Aşağı təzyiq şəraitində varlığı ehtimal olunan mineral assosiasiyasına olivin (60%), piroksen (19%) və maqnetit (21%) daxil edilirdi. Mars dərinliklərinin termodinamik şəraitinə uyğun olaraq verilən mineral paragenезisi daha çox sıxlığa malik olan birləşmələrlə əvəz olunmaq üçün 1200 və 2000 km dərinlikdə iki dəfə faza dəyişmələrinə uğramalı idi. Marsın kimyəvi bircins modeli üçün hesablanmış sıxlıq $3,97 \text{ q/sm}^3$ -ə bərabər olub, həqiqi sıxlıqdan, demək olar ki, seçilmirdi. Qəbul olunmuş 0,391 inersiya momenti müşahidə olunandan yuxarı idi. Belə olduqda, modelin təkmilləşdirilməsi üçün fərz edildi ki, Mars öz təkamülündə əhəmiyyətli dərəcədə əriməyə və diferensiasiyaya məruz qalmış, nəticədə maqnetit tərkibli yüksək fazası nüvəyə (radiusu 1640 km-dir) seqreqasiya etmişdir. Belə modelin he-

sablanmış sıxlığı $3,94 \text{ q/sm}^3$, inersiya momenti - $0,373$ -dür. Belə model Marsın müşahidə olunan xassələrinə tam uyğundur.

Verilən model çox sadələşdirilmişdir. Hesab olunur ki, əgər Mars iri nüvə yaratmaqla kifayət qədər diferensiasiyaya uğramışsa, onda planetin qabığının xüsusi çəkisi az olmalıdır. Belə olduqda inersiya momenti az olardı, lakin qəbul olunmuş qiymətdən aşağı düşməzdi. $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ nisbətlerini dəyişməklə mantiya və nüvə arasındakı münasibətləri dəyişmək olar və modelin hipotetikliyi yüksələr.

Başqa planetlərdə olduğu kimi, Marsın akkresiyasında da müəyyən miqdarda kükürd iştirak etmişdir. Marsın tərkibinin analoqu kimi qəbul edilən kömürlü xondritlərdə 4% -ə qədər metalların kükürdlü qarışıqları qeyd olunub. Belə olduqda Marsın nüvəsi ilə mantiyasının sərhədində Fe-S-O maye qatı olmalıdır. Modelin müəllifləri Rinqvud və Klark fikirləşir ki, maqnetit nüvəni sıxlığının aşağı düşməsi üçün troilit (FeS) nüvə ilə əvəz etmək olmaz. Ancaq Arensin (1976) tədqiqatlarına görə, yüksək təzyiq şəraitində troilitin sıxlığı xeyli dəyişə bilər. Belə olduqda modeldəki Fe-S-O təbəqəsinin qalınlığı arta bilər.

Verilən modelə görə, başlıca elementlər: dəmir, maqnezium, silisium, kalsium və alüminiumun Marsda paylanması Yerdəki qanunauyğunluqlara tabedir.

Rinqvud-Klark və Yuri (1952) modelləri arasında müəyyən oxşarlıq var. Yurinin fikrincə, Marsın silikat fazasının tərkibi Yerin mantiyasının analoji fazası ilə oxşardır. Lakin müəyyən edilmişdir ki, müvafiq təzyiq şəraitində Marsın mantiyasının sıxlığı Yerin analoji geosferinin sıxlığından xeyli yuxarıdır. Belə ki, Marsın mantiyasında dəmirin ümumi miqdarı Yerdəkindən çoxdur və bu dəmir Yuri modelinə görə mantiyada bərabər paylanmalı və onun çox hissəsi metallik halda olmalıdır.

Marsın daxili quruluşu barədə Kovaç və Anderson (1965), Reynolds və Sommers (1969), Binder (1969), Anderson (1972), Conston, Mak Ketçin və Toksöz (1971-1977) öz mülahizələrini söyləmişlər. Bir sıra modellərdə kükürdün Mars

nüvəsindəki miqdarına müstəqil dəyişən kəmiyyət kimi baxılır və Mars mantiyasında $Fe:(Fe+MgO)$ nisbəti 0,2-0,4 arasında qəbul edilir (dəmir yerdə olduğundan artıqdır). Bəzən mülahizə edilir ki, Marsın nüvəsi dəmir-kükürd xəlitəsindən ibarətdir və Yerin özəyindən dəfələrlə kiçikdir. Ümumiyyətlə, mütəxəssislər Yuri və Rinqvud-Klark modelini daha çox bəyənilir.

Verilən qısa xülasədən bu nəticəyə gəlmək olar ki, Marsda planetin akkresiyası və prosesdən sonra uzun müddət ərzində planetin daxilində qismən ərimə və diferensiasiya baş vermiş, nüvə, mantiya və qabıq yaranmışdır. Mars Yer ailəsi üzvlərindən ən kiçik nüvəyə malik olan planetdir və onun nüvəsi öz tərkibi ilə də seçilir. Marsın nüvəsi dəmir-kükürd xəlitəsi (yüksək təzyiqdə yaranmış troilit), ya da maqnetit kimi qəbul olunur. Marsın vulkanik qurğuları cavandır və Yerdəkilərə nisbətən ucalıqları ilə seçilirlər. Marsı Venera və Merkuriyə yaxınlaşdıran xüsusiyyət onun atmosferində CO_2 -nin üstünlüyüdür. Yerlə Marsı qohumlaşdıran xüsusiyyət isə hər iki planetin qütblərinin buzlarla örtülməsidir.

X FƏSİL

ATOMUN QURULUŞU VƏ İZOTOPLARIN GEOKİMYASI

Maddənin atom quruluşu hələ eramızdan 500 il əvvəl Hindistanın, daha sonra Yunanıstanın mütəfəkkirlərinə məlum idi. Təbiətə olan atomistik baxış elmdə M.V.Lomonosovun, D.Daltonun, A.Avoqadronun və b. adları ilə əlaqələndirilir.

XIX əsrin axırlarına qədər atom maddənin kiçicik zərrəsi, bölünməz hissəciyi hesab olunurdu. XIX əsrin axırlarında işığın elektromaqnit təbiətinin mahiyyəti (D.Klerk, Maksvell, 1865), elektronların kəşfi (D.D.Tomson, 1897) və radioaktivlik hadisələrinin üzə çıxarılması (A.Bekkerel, 1896 və M.Sklovskaya-Küri, 1897) ilə əlaqədar olaraq atomun quruluşu və onun tərkib hissələri barədə nəzəriyyə yaranır. Ağır elementlərin radioaktiv parçalanmasının kəşfi göstərdi ki, atom bəsit olmayıb mürəkkəb sistemdir. Məlum oldu ki, atomlar ancaq kimyəvi baxımdan bölünməzdirlər və onlar kimyəvi reaksiyalar zamanı maddənin parçalandığı ən kiçik hissəciklərdir.

Fiziki mənada isə atom daha kiçik hissəciklərdən təşkil olunmuş, bölünməyə və dəyişilmələrə qadir olan sistemdir.

Atomun birinci statik modeli ingilis fiziki D.D.Tomson (1903) tərəfindən təklif edilmişdir. Bu modelə görə atom ölçüsü 10^{-8} sm olan, hər tərəfdən bərabər yüklənmiş müsbət elektrikliyə malik kürə şəklində buluddur və onun içərisində ölçüləri kiçik olan (10^{-13} sm) mənfi yüklü elektronlar var («üzürlər»). Sonra bu modeli E.Rezerfordun və N.Borun (1911-1913) dinamik modelləri əvəz edir. Elm inkişaf etdikcə atomun yeni-yeni daha dərin əsaslandırılmış modelləri peyda olur.

Müasir elmdə atom barədə təsəvvür aşağıdakı kimidir. Atomlar nüvədən və elektronlardan təşkil olunmuşlar.

Nüvə nuklonlardan ibarətdir. Onlardan bir hissəsi müsbət yüklənmiş (protonlar), digərləri isə elektroneytraldır

(neytronlar). Adi hidrogenin nüvəsi protona uyğundur, başqa sözlə, neytron daşımır. Elektronlar nüvə ətrafında konsentrik «örtüklər» şəklində yerləşirlər. Bütün elementlərin atomlarının ölçüsü, demək olar ki, bərabərdir və kəsimdə bir santimetrin yüz milyonda biri (10^{-8} sm) qədərdir. Nüvənin ölçüsü 10^4 - 10^5 dəfə azdır. Məsələn, elektronun kütləsi $9 \cdot 10^{-28}$ q olduğu halda ən yüngül hidrogen atomunun kütləsi $1,65 \cdot 10^{-24}$ q-dır, oksigeninki - $26,6 \cdot 10^{-24}$ q-gramdır; ən ağır atomlardan hesab olunan uranın kütləsi $392,7 \cdot 10^{-24}$ q-dır.

İstənilən atomun nüvəsi atomun özündən on minlərcə dəfə balacadır. Atomun kütləsinin 99,96%-i nüvədə yığılmışdır. Nüvənin sıxlığı çox böyük olub, $1,16 \cdot 10^{14}$ q/sm³-dir. Əgər 1 sm³ nüvə maddəsi yığılsa, onun çəkisi 116 milyon ton olar. Atomun radiusu təxminən 10^{-8} sm, nüvənininki $1 \cdot 10^{-12}$ sm, elektronunku isə $2 \cdot 10^{-13}$ sm-dir. Bir dəqiqəlik fikirləşək ki, bir damcı suyun həcmi Yer kürəsi ölçüsündə böyütmüşük (xatırladaq ki, planetimizin radiusu 6371 km-dir); suyun atomları da eyni həcmdə iriləniblər. Belə olduqda atomun diametri bir neçə metrə bərabər olacaq, nüvənin diametri isə 0,01 mm-dən yuxarı qalxmayacaq. Nüvə və elektronların ümumi həcmi bir atomda təxminən 10^{-36} sm³-dir, atomun tam effektiv həcmi isə 10^{-24} sm³-dir. Bu həcm cəmi 10^{-12} -sini nüvənin və elektronların həqiqi həcmi təşkil edir. Deməli, atomlar seyrək quruluşludurlar.

Atomun nüvəsinin yükü müsbət, elektronlarınkı isə mənfi-dir. Elektronların sayına bərabər olan atom nüvəsinin elementar yüklərinin miqdarı atom nömrəsinə, başqa sözlə, Mendeleev cədvəlində axtardığımız elementin sıra nömrəsinə bərabərdir. Müəyyən şərait daxilində atomlar öz elektronlarını verə bilər və artıq elektron ala bilərlər, mənfi, yaxud müsbət yüklü ionlara çevrilərlər. Beləliklə, kimyəvi elementlərin atomları mürəkkəb sistemlər olub, hər bir element üçün xas olan mürəkkəb nüvə və elektron örtüklərindən ibarətdirlər.

Kimyəvi elementlərin bütün xüsusiyyətləri atomun təbiəti, onun quruluşu və onda elementar hissəciklərin paylanması və qruplaşmasından asılıdır. Kimyəvi elementlərin bəzi xüsusiyyətləri ilkindir və bilavasitə onun atomu, strukturu və

Mendeleyev cədvəlindəki yeri ilə bağlıdır (atom nömrəsi, kütlə çəkisi, ion xassələri və s.). Atomların digər xassələri törəmədir və başqa atomlarla əlaqədə təzahür edir (atom və ionların radiusu, qütbləşmə və s.). Geokimya üçün hər iki qrup xüsusiyyətlər vacibdir və onları A.Y.Fersman belə ifadə edir:

1. Atom nüvəsinin kütləsi, yükü və quruluşu ilə əlaqədar olan xüsusiyyətlər: atom nömrəsi, kütlə çəkisi, nüvənin struktur tipi, nuklonların əlaqələr enerjisi, izotop tərkibi, radioaktiv xassələr, sıxlıq, atom və molekul həcmələri;

2. Atomların elektron örtükləri ilə bağlı olan xassələr: elektronların sıçrayışı, ionlaşma potensialı, ion potensialları, valentlik, ərimə və qaynama temperaturu, yaranma istiliyi;

3. Kristallokimyəvi xüsusiyyətlər: atom və ion radiusları, koordinasiya ədədləri, qütbləşmə, kristallik şəbəkələrin simmetrikliliyi;

4. Energetik xüsusiyyətlər: kristallik şəbəkənin enerjisi.

Birinci və ikinci qrup xüsusiyyətlər atomların ilkin, üçüncü və dördüncülər isə törəmə xassələrini səciyyələndirir.

Termodinamikanın və energetikanın qanunlarına əsasən bu xüsusiyyətlərin cəmi və qarşılıqlı bağlılığı elementlərin geokimyəvi xassələrini ifadə edir, onların mürəkkəb təbiət hadisələrində iştirakını, yer qabığında paylanmasını, yerdəyişməsini (miqrasiyasını), dağılmasını və təmərküzləşməsini şərtləndirir.

Geokimyəvi xüsusiyyətlər kimyəvi elementlərin Yer qabığında özlərini aparmasını müəyyən çərçivəyə alır və geoloji müddət ərzində, bu və ya digər xassə özünü daha parlaq ifadə edə bilər. Məsələn, Yerin maddəsinin formalaşmasının planetar mərhələsində atomların nüvələri ilə bağlı olan xüsusiyyətlər daha artıq əhəmiyyətə malik idilər, planetin sonrakı həyatında isə elementlərin həyatı daha çox elektron örtükləri ilə bağlıdır.

ELEMENTAR ZƏRRƏCİKLƏR

XX əsrin ikinci yarısından fizikanın yeni qolu - elementar zərrəciklər fizikası elmi formalaşmaqdadır. Bu işin geo-

kimyada da böyük əhəmiyyəti var, belə ki, nüvə reaksiyaları və dəyişilmələri prosesində, izotop tərkibin müxtəlifliyində, ulduzlarda elementlərin sintezində və s. elementar hissəciklərin rolu böyükdür. Elementar hissəciklər, başlıca olaraq proton və elektronlar, kimyəvi elementlərin yüngül atomlarının nüvələri ilə birlikdə kosmik şüalar şəklində kainatdan Yərə gəlir və burada bir sıra geokimyəvi hadisələrə səbəb olurlar.

Antizərrəciklər daxil olmaqla hazırda elementar hissəciklərin 40 növü müəyyənləşdirilmişdir. Lakin onlardan ancaq üçü - elektron, proton və neytron bizim aləmin başlıca «kərpicləridir». Proton və neytronlar atomun nüvəsini, elektronlar isə örtüklərini yaradırlar. Digər zərrəciklər adi şəraitdə sabit deyil və yarandıqdan sonra bir neçə an yaşayıb itirlər, parçalanırlar və bir sıra radioaktiv dəyişilmələrdən sonra, β - zərrəciklər buraxaraq kiçik kütləli zərrəciklərə: elektronlara, protonlara, qamma-kvantlara və neytrinoya, yaxud onlara müvafiq antizərrəciklərə çevrilirlər.

Sabit olmayan elementar zərrəciklərin iki tipi məlumdur:

1) protondan yüngül, lakin elektrondan ağır zərrəciklər - mezonlar;

2) parçalandıqda nuklonlara çevrilən protondan ağır zərrəciklər - hiperonlar.

Təbiətdə sabit olmayan elementar zərrəciklər atmosferin atomlarının ilkin kosmik şüaların protonları və elektronları tərəfindən bombardmanı zamanı yaranan törəmə kosmik şüalarda əmələ gəlirlər.

Elementar zərrəciklər arasında qarşılıqlı təsirin varlığı nəticəsində azyaşayan və sabit olmayan elementar zərrəciklər, atomun quruluşunun başlıca amilləri olmasalar da onların, xüsusən nüvələrinin xüsusiyyətlərinin formalaşmasında vacib rol oynayırlar. Məsələn, nuklonlar (proton və neytronlar) π - mezonlar ilə güclü qarşılıqlı əlaqəyə girir və nüvə qüvvələrinin səciyyəsinə müəyyənləşdirirlər və s. (bu barədə məlumat atom fizikasından olan dərslilər və tədris vəsaitlərində daha dəqiq izah olunur və təqdim olunan dərslinin məqsədindən bir qədər kənar olduğundan biz qısa xülasə ilə kifayətlənirik).

Elementar zərrəciklər arasında güclü qarşılıqlı təsirdən başqa, nisbətən zəif elektromaqnit əlaqələr də mövcuddur. Belə əlaqədə yüklənmiş zərrəciklər arasında foton mübadiləsi gedir. Müsbət yüklü nüvə və mənfi yüklü elektronlar arasındakı elektromaqnit qarşılıqlı təsir axırincıları nüvə ətrafında saxlayır və atomların elektron örtüklərinin yaranmasını şərtləndirir. Bu əlaqə həqiqətdə atomların və molekul maddəsinin aralarındakı bütün fiziki və kimyəvi qarşılıqlı təsirin səciyyəsinə müəyyənləşdirir.

İZOTOPLARIN GEOKİMYASINA GİRİŞ

Müxtəlif sabit elementlərin izotop tərkibinin dəyişkənliyi birinci dəfə 1925-ci ildə ingilis fizikləri Brisko və Robinson tərəfindən borun ayrı-ayrı yataqlardan gətirilmiş minerallarının tədqiqi zamanı müəyyənləşdirilmişdir. 1932-ci ildə ingilis geoloqu A.Xolms kalsiumun izotop tərkibindən petrogenetik analizdə istifadə olunmasını təklif etmişdir. Amerika fizikləri A.O.Nir, Y.A.Qulbransen və F.İ.Merfi karbonun izotop tərkibini öyrənmiş və bu iş 1941-ci ildə İsveçdə F.Y.Vikmana təbii kömür tsiklində kömürün və bitumun miqdarı nisbiyyətini aydınlaşdırmağa imkan yaratmışdır.

Keçmiş SSRİ-də izotopların hərtərəfli tədqiqinə Böyük Vətən müharibəsindən sonra başlanılmışdır. Onlardan E.K.Qerlinqin, A.İ.Tuqarinovun, A.P.Vinoqradovun, E.M.Qalimovun, V.A. və L.N.Qrinenkoların, K.K.Jirovun, A.K.Lavruxinin, Y.A.Şüklyukovun, L.K.Levskinin, E.V.Sobotoviçin, İ.M.Qoroxovun, N.M.Zahirinin işləri diqqətə layiqdir.

İzotopların geokimyasının gərgin inkişafına onlardan elmi və əməli məqsədlərlə istifadə çox kömək edir. Bu elmin köməyi ilə mineralların, süxurların, formasiyaların yaşları müəyyənləşdirilir. Həmin məqsədlə U-Pb, K-Ar, C, Sr izotop nisbətlərindən geniş istifadə olunur. H, C, N, O, S izotop tərkibinə əsasən şungit kimi bir sıra faydalı qazıntı yataqlarının biogen mənşəyi müəyyənləşdirilmişdir. Maqmatik süxurlarda

karbonun izotop tərkibi keçmişdə baş vermiş hibridizm və kontaminasiya hadisələrindən xəbər verir. Təbiətdə izotopların paylanma qanunauyğunluqlarının üzə çıxarılması mineral maddənin ana mənbəyini göstərir.

Azərbaycanın məşhur Filizçay-Katsdağ qurğuşun-sink-mis yataqlarının genezisinin təyinində kükürdün izotop tərkibindən başlıca amillərdən biri kimi istifadə olmuşdur.

Yüngül hidrogeni (protiumu) çıxmaq şərti ilə kimyəvi elementlərin nüvəsi müəyyən miqdarda proton və neytronlardan təşkil olunmuş mürəkkəb sistemlərdir. Proton və neytron vahid bir elementar zərrəciyin - nuklonun müxtəlif hallarıdır. Nüvədə proton və neytron qarşılıqlı dəyişkən zərrəciklərdir və biri digərinə keçə bilər. Nüvədə protonların miqdarı (atom nömrəsi) onun yükünə bərabərdir və Z hərfi, neytronların miqdarı (neytron ədədi) N və nuklonların (proton və neytronların cəmi) kütlə ədədi A hərfi ilə işarə olunur.

İstənilən atom tipi Z , N və A ilə xarakterizə olunur. Onların arasında aşağıdakı kimi asılılıq var:

$$Z=A-N; N=A-Z; A=Z+N$$

Atomun nüvəsi özlüyündə yük, həcm, kütlə və nuklonların əlaqə enerjisi ilə səciyyələnir. Məlum atomların nüvələrinin yükü şərti olaraq 1-dən 110-a qədər dəyişir. Nüvənin bir şərti yükü protonun yükünə bərabərdir, başqa sözlə, $4,8025 \cdot 10^{-10}$ elektrostatik vahid təşkil edir. Nüvələri eyni müsbət yük daşıyan atomlar, nadir-torpaq elementləri müstəsna olmaqla şərti ilə, Mendeleyev cədvəlində müəyyən yer tuturlar.

Atomların nüvələrinin radiusları $1,45 \cdot 10^{-13}$ sm-lə (hidrogen) $9 \cdot 10^{-13}$ sm (uran) arasında dəyişir.

Atomların nüvəsinin kütləsi (atom, yaxud kütlə çəkisi, yaxud kütlə ədədi) mass-spektroqraflar vasitəsilə $1 \cdot 10^{-4}$ şərti vahid dəqiqliyində ölçülür. Atom nüvələri kütləsinin şərti qiyməti, oksigenin 16 ($15,9994 \pm 3$) hesab olunan bərabərlik sisteminə 1,008 ($1,00794 \pm 7$)-dən protium üçün 262-yə (nilsborium) qədər dəyişir. Atom nüvəsi kütləsinin bir şərti vahidi

$1,6721 \cdot 10^{-24}$ qramdır. Nüvənin yükü artdıqca onun kütləsi də artır, lakin bu əlaqə çox mürəkkəb səciyyə daşıyır.

Atomların növlərinin ifadəsi üçün ümumi ad - nuklidlərdən istifadə olunur. Müxtəlif nuklidlər (növlər) yuxarıda verilmiş üç ədəddən (A, N və Z) ikisi ilə xarakterizə olunurlar. İki ədəd üçüncünün müəyyənləşdirilməsini şərtləndirir. Eyni Z-ə malik, lakin müxtəlif A və N-i olan qiymətli nuklidlərə izotoplar deyilir; eyni A-sı və müxtəlif N və Z qiymətli nuklidlər izobar adlanır; eyni N-ə və müxtəlif Z və A-ya malik növlər izotonlar kimi qəbul olunur (cədvəl 35).

Cədvəl 35

Təbii nuklidlərdə izotop, izobar və izotonların təmsilləri

İzotoplar			İzobarlar				İzotonlar				
Elementin sıra №-si	Z	A	N	Elementin sıra №-si	Z	A	N	Elementin sıra №-si	Z	A	N
$10^{Ne^{20}}$	10	20	10	1^H^1	1	3	2	$6^{C^{12}}$	6	14	8
$10^{Ne^{21}}$	10	21	11	2^{He^4}	2	3	1	$7^{N^{14}}$	7	15	8
$10^{Ne^{22}}$	10	22	12	-	-	-	-	$8^{O^{16}}$	8	16	8
$22^{Ti^{46}}$	22	46	24	$18^{Ar^{40}}$	18	40	22	-	-	-	-
$22^{Ti^{47}}$	22	47	25	$19^{K^{40}}$	19	40	21	$16^{S^{36}}$	16	36	20
$22^{Ti^{48}}$	22	48	26	$20^{Ca^{40}}$	20	40	20	$17^{Cl^{37}}$	17	37	20
$22^{Ti^{49}}$	22	49	27	$44^{Ru^{102}}$	44	102	58	$18^{Ar^{38}}$	18	38	20
$22^{Ti^{50}}$	22	50	28	$46^{Pd^{102}}$	46	102	56	$19^{K^{39}}$	19	39	20
$92^{U^{234}}$	92	234	142	$90^{Th^{234}}$	90	234	144	$20^{Ca^{40}}$	20	40	20
$92^{U^{235}}$	92	235	143	$91^{Pa^{234}}$	91	234	143	$88^{Ra^{228}}$	88	228	140
$92^{U^{238}}$	92	238	146	$92^{U^{238}}$	92	234	142	$90^{Th^{230}}$	90	230	140
								$91^{Pa^{231}}$	91	231	140

Cədvəldən görürük ki, izotoplar eyni elementin müxtəlif növləri, izobar və izotonlar isə müxtəlif elementlərin geokimyəvi qohum tipləridir. Vaxt ərzində nuklidlərdə daxili dəyişmələr baş vermirsə, onlar stabildir; nüvə daxilində ölçülən sürətli dəyişmələr gedir və başqa nuklidlər yaranırsa ilkin nuklid qeyri-sabitdir. K.Rankamanın verdiyi məlumata görə, hazırda 1200-dən yuxarı nuklid mövcuddur. Onlardan çoxu radioaktiv və qeyri-sabitdir, süni yolla alınmışlar. Təbiətdə hazırda 286 stabil və çoxyaşayan radioaktiv izotop olduğu müəyyənləşdirilmişdir. Ümumiyyətlə, 340 izotop və 162 izobar

vardır. Geokimyəvi proseslərdə izotopların rolu müəyyən qədər aşkar edilmişdir.

Kimyəvi elementlər bir neçə (1-dən 10-dək) izotopun qarışığıdır; kimyəvi elementin atom kütləsi onun izotoplarının orta miqdarıdır. Eyni elementin izotopları eyni kimyəvi xüsusiyyətlərə malikdirlər və onları kimyəvi üsullarla bir-birindən ayırmaq mümkün deyildir. Təbii geokimyəvi proseslərdə bəzi izotopların ayrılması müşahidə edilmişdir.

İzotopların kütlə ədədi tam ədədlərlə ifadə olunur. Tam rəqəmdən nisbətən çox təmayül ən sadə və yüngül hidrogen atomunda müşahidə olunur; bu elementin atom kütləsi vahid yox, 1,008 ($1,00794 \pm 7$)-dir. 0,008 fərqinin böyük əhəmiyyəti var, belə ki, tam rəqəmlərdən kənara təmayül atomların energetik ehtiyatının göstəriciləridir. Belə təmayül günəşin, ulduzların, Yer kürəsi və onun yaşamasının energetik mənbəyidir. Qısa desək, atomların kütləsinin tam rəqəmlərdən kənara çıxması varlığın əsasıdır.

Aşağıda cədvəl şəklində kimyəvi elementlərin atomlarının təbii izotopları barədə məlumat verilir.

Cədvəl 36

Kimyəvi elementlərin təbii izotopları

Sıra №-si	Element	Miqdar			Nisbi paylanma, at. %
		protonlar (Z)	neytronlar (N)	nuklonlar (A)	
1	2	3	4	5	6
1	H	1	0	1	99,985
2			1	2	0,015
3				2	3
4	He	2	1	3	$1,3 \cdot 10^{-4}$
5			2	4	99,9999
6	Li	3	3	6	7,52
			4	7	92,48
7	Be	4	5	9	100
8	B	5	6	11	18,98
9	C	6	6	12	98,892
10			7	13	1,108
11			8	14	

36-cı cədvəlin davamı

1	2	3	4	5	6
12	N	7	7	14	99,635
			8	15	0,365
13	O	8	8	16	99,759
14			9	17	0,037
15			10	18	0,204
16	F	9	10	19	100
17	Ne	10	10	20	90,92
18			11	21	0,26
19			12	22	8,82
20	Na	11	12	23	100
21	Mg	12	12	24	78,60
22			13	25	10,11
23			14	26	11,29
24	Al	13	14	27	100
25	Si	14	14	28	92,27
26			15	29	4,68
27			16	30	3,05
28	P	15	16	31	100
29	S	16	16	32	95,1
30			17	33	0,74
31			18	34	4,2
32			20	36	0,016
33	Cl	17	18	35	75,4
34			20	37	24,6
35	Ar	18	18	36	0,337
36			20	38	0,063
37			22	40	99,60
38	K	19	20	39	93,08
39			21	40	0,01
40			22	41	6,91
41	Ca	20	20	40	96,97
42			22	42	0,64
43			23	43	0,145
44			24	44	2,06
45			26	46	0,003
46			28	48	0,185
47	Sc	21	24	45	100
48	Ti	22	24	46	7,95
49			25	47	7,75
50			26	48	73,95
51			27	49	5,51

1	2	3	4	5	6
52			28	50	5,34
53	V	23	27	50	0,24
54			28	51	99,76
55	Cr	24	26	50	4,31
56			28	52	83,76
57			29	53	9,55
58			30	54	2,38
59	Mn	25	30	55	100
60	Fe	26	28	54	5,84
61			30	56	91,68
62			31	57	2,17
63			32	58	0,31
64	Co	27	32	59	100
65	Ni	28	30	58	67,76
66			32	60	26,16
67			33	61	1,25
68			34	62	3,66
69			36	64	1,16
70	Cu	29	34	63	69,1
71			36	65	30,9
72	Zn	30	34	64	48,89
73			36	66	27,81
74			37	67	4,11
75			38	68	18,56
76			40	70	0,62
77	Ga	31	38	69	60,2
78			40	71	39,8
79	Ge	32	38	70	20,55
80			40	72	27,37
81			41	73	7,67
82			42	74	36,74
83			44	76	7,67
84	As	33	42	75	100
85	Se	34	40	74	0,87
86			42	76	9,02
87			43	77	7,58
88			44	78	23,52
89			46	80	49,82
90			48	82	9,19
91	Br	35	44	79	50,52
92			46	81	49,48

1	2	3	4	5	6
93	Kr	36	42	78	0,35
94			44	80	2,27
95			46	82	11,56
96			47	83	11,55
97			48	84	56,90
98			50	86	17,37
99			Rb	37	48
100	50	87			27,85
101	Sr	38	46	84	0,56
102			48	86	9,86
103			49	87	7,02
104			50	88	82,56
105	Y	39	50	89	100
106	Zn	40	50	90	51,46
107			51	91	11,23
108			52	92	17,11
109			54	94	17,40
110			56	96	2,80
111			Nb	41	52
112	Mo	42	50	92	15,86
113			52	94	9,12
114			53	95	15,70
115			54	96	16,50
116			55	97	9,45
117			56	98	23,75
118			58	100	9,62
119			Tc	43	56
120	Ru	44	52	96	5,86
121			54	98	2,22
122			55	99	12,81
123			56	100	12,70
124			57	101	16,98
125			58	102	31,34
126			60	104	18,27
127			Rh	45	58
128	Pd	46	56	102	0,8
129			58	104	9,3
130			59	105	22,6
131			60	106	27,2
132			62	108	26,8
133			64	110	13,5

36-cı cədvəlin davamı

1	2	3	4	5	6		
134	Ag	47	60	107	51,35		
135			62	109	48,65		
136	Cd	48	58	106	1,215		
137			60	108	0,875		
138			62	110	12,39		
139			63	111	12,75		
140			64	112	24,07		
141			65	113	12,26		
142			66	114	28,86		
143			68	116	7,58		
144	In	49	64	113	4,23		
145			66	115	95,77		
146	Sn	50	62	112	0,95		
147			64	114	0,65		
148			65	115	0,34		
149			66	116	14,24		
150			67	117	7,57		
151			68	118	24,01		
152			69	119	8,58		
153			70	120	32,97		
154			72	122	4,71		
155			74	124	5,98		
156	Sb	51	70	121	57,25		
157			72	123	42,75		
158	Te	52	68	120	0,09		
159			70	122	2,46		
160			71	123	0,87		
161			72	124	4,61		
162			Te	52	73	125	6,99
163					74	126	18,71
164					76	128	31,79
165					78	130	34,49
166	J	53	74	127	100		
167	Xe	54	70	124	0,09		
168			72	126	0,09		
169			74	128	1,92		
170			75	129	26,44		
171			76	130	4,08		
172			77	131	21,18		
173			78	132	26,89		
174			80	134	10,44		

36-cı cədvəlin davamı

1	2	3	4	5	6
175			82	136	8,87
176	Cs	55	78	133	100
177	Ba	56	74	130	0,10
178			76	132	0,10
179			78	134	2,42
180			79	135	6,59
181			80	136	7,81
182			81	137	11,32
183			82	138	71,66
184	La	57	81	138	0,089
185			82	139	99,911
186	Ce	58	78	136	0,193
187			80	138	0,250
188			82	140	88,48
189			84	142	11,07
190	Pr	59	82	141	100
191	Nd	60	82	142	27,13
192			83	143	12,20
193			84	144	23,87
194			85	145	8,30
195			86	146	17,18
196			88	148	5,72
197			90	150	5,60
198			Pm	61	86
199	Sm	62	82	144	3,16
200			85	147	15,07
201			86	148	11,27
202			87	149	13,84
203			88	150	7,47
204			90	152	26,63
205			92	154	22,53
206	Eu	63	88	151	47,77
207			90	153	52,23
208	Gd	64	88	152	0,20
209			90	154	2,15
210			91	155	14,73
211			92	156	20,47
212			93	157	17,68
213			94	158	24,87
214			96	160	21,90
215	Tb	65	94	159	100

1	2	3	4	5	6
216	Dy	66	90	156	0,052
217			92	158	0,090
218			94	160	2,294
219			95	161	18,88
220			96	162	25,53
221			97	163	24,97
222			98	104	28,18
223	Ho	67	98	165	100
224	Er	68	94	162	0,136
225			96	164	1,56
226			98	166	33,41
227			99	167	22,94
228			100	168	22,07
229			102	170	14,88
230			Tu	69	100
231	Yb	70	98	168	0,14
232			100	170	8,03
233			101	171	14,31
234			102	172	21,82
235			103	173	16,13
236			104	174	31,84
237			106	176	12,73
238	Lu	71	104	175	97,40
239			105	176	2,60
240	Hf	72	102	174	0,18
241			104	176	5,15
242			105	177	08,39
243			106	178	77,08
244			107	179	03,78
245			108	180	5,42
246			Ta	73	107
247	108	181			99,99
248	W	74	104	178	$2,5 \cdot 10^{-7}$
249			106	180	0,135
250			108	182	26,4
251			109	183	14,4
252			110	184	30,6
253			112	186	28,4
254			Re	75	110
255	112	187			62,93
256	Os	76	108	184	0,018

36-cı cədvəlin davamı

1	2	3	4	5	6
257			110	186	1,59
258			111	187	1,64
259			112	188	13,3
260			113	189	16,1
261			114	190	26,4
262			116	192	41,0
263	Ir	77	114	191	38,5
264			116	193	61,5
265	Pt	78	112	190	0,012
266			114	192	0,78
267			116	194	32,8
268			117	195	33,7
269			118	196	25,4
270			120	198	7,23
271	Au	79	118	197	100
272	Hg	80	116	196	0,146
273			118	198	10,42
274			119	199	16,84
275			120	200	23,13
276			121	201	13,22
277			122	202	29,80
278			124	204	16,85
279	Tl	81	122	203	29,50
280			124	205	70,50
281			125	206	
282			126	207	
283			127	208	
284			129	210	
285	Pb	82	122	204	1,55
286			124	206	22,51
287			125	207	22,60
288			126	208	53,34
289			128	210	
290			129	211	
291			130	212	
292			132	214	
293	Bi	83	126	209	100
294			127	210	
295			128	211	
296			129	212	
297			131	214	

1	2	3	4	5	6
298			132	215	
299	Po	84	126	210	
300			127	211	
301			128	212	
302			130	214	
303			131	215	
304			132	216	
305			134	218	
306	At	85	131	216	
307			132	217	
308			133	218	
309			134	219	
310	Rn	86	133	219	
311			134	220	
312			136	222	
313	Fr	87	136	223	
314	Ra	88	135	223	
315			136	224	
316			138	226	
317			140	228	
318	Ac	89	138	227	
319			139	228	
320	Th	90	137	227	
321			138	228	
322			140	230	
323			141	231	
334			142	232	100
335			144	234	
336	Pa	91	140	231	
337			143	234	
338	U	92	142	234	0.0058
339			143	235	0.71
340			146	238	99.28
341					
342	Np	93	144	237	
343	Pu	94	150	244	
344	Am	95	148	243	
345	Cm	96	151	247	
346	Bk	97	150	247	

1	2	3	4	5	6
347	Cf	98	153	251	
348	Es	99	153	252	
349	Fm	100	157	257	
350	Md	101	157	258	
351	No	102	157	259	
352	Lr	103	157	260	
353	Ku	104	157	261	
354	Ns	105	157	262	
355	Ew	106	157	263	
356	ERe	107	155	262	

Qeydlər: 1. İzotopların paylanması K.Rankamanın işləri əsasında verilir; təkcə volfram və tallium üçün Fridlander və Kennedinin yeni işləri nəzərə alınmışdır.

2. Aktinidlərin A ədədi onların atom kütləsi (atom №-si) əsasında müəyyənləşdirilmişdir.

3. Cədvəldə göstərilmiş texnesium və prometiumun izotoplarına Yer qabığında rast olunmur.

4. Bismutun nüvəsinin izotop nisbətləri dəqiq təyin olunmadığından onların cəmi 100% verilmişdir.

5. Poloniumdan protaktiniuma qədər radioaktiv elementlərin izotoplarının faiz nisbəti məlum deyil.

36-cı cədvəldə verilmiş kimyəvi element atomlarının təbii izotopları haqda olan məlumatı analiz edərək aşağıdakı nəticələrə gəlmək olar:

1. Kimyəvi elementlərin yaxşı öyrənilmiş nümayəndələrinin kütlə ədədləri tam ədədlər olub 1,2,3...262 ilə ifadə olunurlar. Bu ədədlər sırasında boş yalnız 5 və 8-dir. Bu cür ədədə malik izotoplar var, lakin onların nisbi miqdarı 0,00001%-dən artıq deyil və belə izotopların varlığının inkarı sübut olunmur.

2. Təbii izotopları iki qrupa bölmək olar: radioaktiv və stabil. Atom nömrəsi 84-dən (polonium) yuxarı olan elementlərin hamısı radioaktiv izotoplara malikdirlər. Bismuta qədər olan bütün elementlər (atom nömrəsi 83-dür), texnesium (№43) və prometium (№61) heç olmasa bir stabil izotopa malikdirlər (cədvəl 37). Ən çox stabil izotopu olan element qalaydır, onun 10 izotopu var.

3. Yüngül elementlərin stabil izotoplarının nüvəsində proton və neytronların sayı təxminən bərabərdir. Kalsiumdan başlamış ($Z \geq 20$) stabil izotopların neytronlarının sayı artmağa başlayır və ağır elementlərin neytron-proton nisbətləri 1,6-ya çatır.

4. Tək rəqəmli protonlar cüt rəqəmli neytronlarla sabit nüvələr yaradır və belə izotopların faiz miqdarı cədvəldən göründüyü kimi, üstünlük təşkil edir. K.Rankamanın məlumatına görə proton və neytronların tək və cütlüyü kütlə ədədlərinə görə aşağıdakı kimi paylanmışdır:

Z	N	A	İzotopların miqdarı
Cüt	Cüt	Cüt	166
Cüt	Tək	Tək	55
Tək	Cüt	Tək	47
Tək	Tək	Cüt	5

Eyni kütlə ədədi olan iki izotop, əgər onların Z-lərin cəmi vahid qədər seçilirlərsə, hər ikisi stabil ola bilməz. Buna görə də mülahizə olunur ki, təbiətdə Z-ləri 43 və 61 olan (texnesium və prometium) elementlərin stabil izotopu yoxdur və Z-ləri 84 və yuxarı olan elementlərin ancaq radioaktiv izotopları var. Bu qayda ancaq yer qabığı üçündür, belə ki, Günəş və digər ulduzlarda texnesium xeyli miqdarda müşahidə olunmuşdur.

Cədvəl 37

H-dən Bi-ta qədər kimyəvi elementlərin stabil izotoplarının miqdarı

Elementin stabil izotoplarının miqdarı	Elementlər	Elementlərin sayı	İzotopların sayı
1	2	3	4
1	Berillium, flüor, natrium, alüminium, fosfor, skandium, vanadium, manqan, kobalt, mərgümüş, ittrium, niobium, rodium, yod, sezium, lantan, prazeodim, terbiyum, holmium, tulium, lütesium, tantal, qızıl, bismut	24	24

1	2	3	4
2	Protium (yüngül hidrogen), hidrogen, litium, bor, karbon, azot, xlor, kalium, mis, qallium, brom, rübidiyum, gümüş, indium, sürmə, yevropium, renium, iridiyum, tallium	19	38
3	Oksigen, neon, maqnezium, silisium, arqon, serium	6	18
4	Kükürd, xrom, dəmir, stronsium, qurğuşun	5	20
5	Titan, nikel, sink, germanium, sirkon, volfram	6	30
6	Kalsium, selen, kripton, palladium, erbiyum, hafnium, platin	7	42
7	Molibden, rutenium, tellur, barium, neodim, samarium, qadolinium, disprozium, itterbium, osmium, civə	11	77
8	Kadmium	1	8
9	Ksenon	1	9
10	Qalay	1	10
Cəmi		81	276

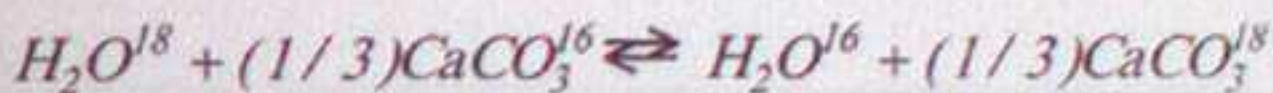
Ümumiyyətlə, hazırda 300-ə qədər stabil və 1200-dən yuxarı radioaktiv izotopların olduğu müəyyənləşdirilmişdir. Yuxarıdakı cədvəllərdən görürük ki, atom nömrəsi cüt olan elementlərin izotopları çoxdur. Bu hadisəyə Oddo-Xarkins qaydası deyilir.

İzotopların geokimyasında bölünmə əmsalı (α) anlayışından istifadə olunur. α əmsalı bir kimyəvi birləşmədə (A) olan iki istənilən izotopun miqdarları nisbətinin, digər birləşmədəki (V) müvafiq izotopların miqdarına olan münasibətidir:

$$\alpha_{A-B} = R_A / R_B$$

Məsələn, O^{18} və O^{16} -nin aşağıdakı reaksiya əsasında suda və $CaCO_3$ -dəki ayrılma əmsalları belə ifadə olunur:

a) reaksiya:



b) ayrılma əmsalı (α):

$$\alpha_{CaCO_3 - H_2O} = \frac{(O^{18} / O^{16})_{CaCO_3}}{(O^{18} / O^{16})_{H_2O}} = 1.03125 \text{ C-äj}$$

α -nın qiyməti adətən vahidə yaxındır və buna görə də ayrılma əmsalı Δ -rəqəmlə, başqa sözlə, promille ilə (‰) ifadə olunur. Promille hər hansı bir rəqəmin (məsələn, ‰ -in) mində birinə deyilir.

α və Δ öz aralarında aşağıdakı ifadə ilə əlaqədardırlar:

$$\alpha_{A-B} = \left(\frac{R_A}{R_B} - 1 \right) \cdot 10^3 = (\alpha - 1) \cdot 10^3 \text{‰}$$

Laboratoriyada analiz edilmiş A və V birləşmələrinin izotop tərkibi belə ifadə oluna bilər (‰ -lə):

$$\delta_A = \left(\frac{R_A}{R_{st}} - 1 \right) \cdot 10^3$$

$$\delta_B = \left(\frac{R_B}{R_{st}} - 1 \right) \cdot 10^3$$

R_{st} - standart nümunədə məlum izotop nisbətidir. Standartlardan H, C, O və S-ün izotop analizində istifadə olunur.
(cədvəl 38)

H, C, O və S-ün izotop analizində istifadə olunan standartlar (Y.Xefs, 1983)		
Element	Standart	İfadə
H	Standart ortaokean suyu	SMOW
C	ABŞ, Cənubi Karolina Pi-Di formasiyasından	PDB
O	Standart ortaokean suyu	SMOW
S	Kanyon-Dyablo meteoritindən götürülmüş troilit	CD

δ -nın qiyməti α və Δ ilə aşağıdakı kimi əlaqələndirilir:

$$\alpha_{A-B} = \frac{\delta_A / 10^3 + 1}{\delta_B / 10^3 + 1} = \frac{\delta_A + 10^3}{\delta_B + 10^3}$$

$$\Delta_{A-B} = \left(\frac{\delta_A + 10^3}{\delta_B + 10^3} \right) \cdot 10^3 \text{‰}$$

Δ -nın təxmini qiymətləri δ rəqəmlərinin fərqinə bərabərdir və $10^3 (1,00X) = X$ qəbul edildiyindən onları $10^3 \alpha$ kimi ifadə etmək olar. Beləliklə, $\delta_A - \delta_B = \Delta_{A-B} = 10^3 \ln \alpha_{A-B}$ qəbul edilir.

Y.Xefs (1983) stabil izotopların geokimyasının aşağıdakı qanunauyğunluqlarını göstərir:

1. $Z \leq 40$ olan elementlərdə nisbətən böyük kütlə ilə əlaqədar olaraq nəzərə çarpacaq fraksiyalaşma müşahidə olunur;
2. Sülb, maye və qaz birləşmələri yaradan elementlərin ağır izotopları adətən sülb fazada toplanır və molekulların nisbətən oksidləşmə hissələrində yığılırlar;
3. Bioloji sistemlərin çoxunda yüngül izotoplar reaksiyada, məsələn, fotosintez məhsullarında toplanırlar.
4. Stabil və radiogen izotoplar arasında korrelyasiya münasibətləri var və bu hadisə böyük əhəmiyyət daşıyır.

Geokimyada izotopların öyrənilməsinin əhəmiyyətinə suyun təmsalında baxaq. Təbii su aşağıdakı izotop tərkibə malikdir (ml.‰):

$H_2O^{16} - 99,73$	$HDO^{16} - 0,03$	$D_2O^{16} - 2,3 \cdot 10^{-6}$
$H_2O^{17} - 0,04$	$HDO^{17} - 1,2 \cdot 10^{-15}$	$D_2O^{17} - 0,9 \cdot 10^{-9}$
$H_2O^{18} - 0,20$	$HDO^{18} - 5,7 \cdot 10^{-5}$	$D_2O^{18} - 4,4 \cdot 10^{-9}$

Əgər verilən tərkibə T^3 , O^{14} , O^{15} və O^{19} əlavə edilərsə (bunların hamısına təbiətdə rast gəlinir), suyun izotop şəkində dəyişmələrinin sayı 36-ya çatır.

Müxtəlif izotop tərkibli suyun (cədvəl 39) və həmçinin hidrogenin izotoplarının (cədvəl 40) xüsusiyyətləri bir-birindən nəzərə çarpacaq dərəcədə seçilir.

Cədvəl 39

Müxtəlif izotop tərkibli suların xüsusiyyətləri

Xassə	H_2O^{16}	H_2O^{17}	H_2O^{18}
20°C-də sıxlıq, q/sm ³	0,9979	1,1051	1,1106
Ən yüksək sıxlığın temperaturu, °C	3,98	11,24	4,30
760 mm civə sütunu təzyiqdə * ərimə temperaturu, °C	0,00	3,81	0,28
760 mm civə sütunu təzyiqdə qaynama temperaturu, °C	100,00	101,42	100,14
100°C qazların təzyiqi, civə sütunu, mm ⁰	760,00	721,60	-
20°C-də özlülük, sP	1,002	1,247	1,056

*Civə sütununun 1 mm-i 133 Pa-ya bərabərdir

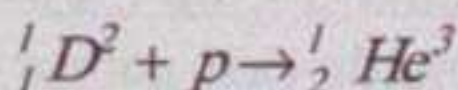
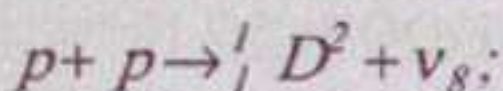
Cədvəl 40

H izotoplarının bəzi xüsusiyyətləri

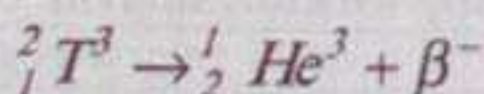
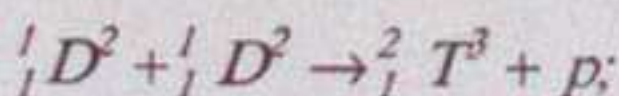
Xassə	$^1H^1$	$^2D^2$	$^3T^3$
Adi suda miqdarı	11,19 kütlə %	1:6800 H^1	1:10 ¹⁸ H^1 *
Radioaktivlik	yoxdur	yoxdur	$T_{1/2}$ 12,3 il
Neytronları udur	güclü	zəif	Nüvə
Neytronları yubandırır	zəif	güclü	yanacağıdır
Qaynama temperaturu, K	20,39	23,57	24,90
Suyun hidrolizi	zəif	nisbətən çətin	?
Yaşama vaxtı	stabildir	saniyələr	$T_{1/2}$ 12,262 il

*Okean sularında tritiumun miqdarı 100 kq-dan çox deyil

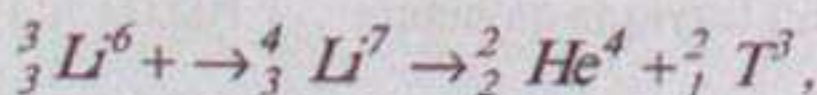
H-ı hər üç izotopu müxtəlif nüvə proseslərinin fəal iştirakçılarıdır. Günəş və ona oxşar ulduzların dərinliklərində aşağıdakı tip reaksiyalar gedir:



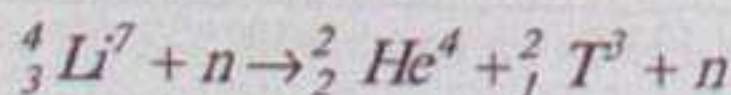
Nüvə tədqiqatları laboratoriyalarında aşağıdakı reaksiyalar həyata keçirilib:



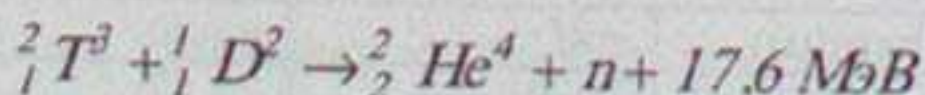
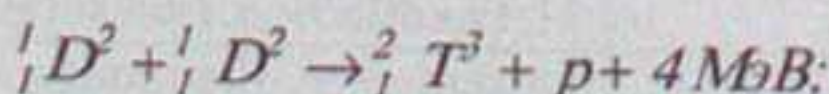
Nüvə reaktorlarında T-ni aşağıdakı reaksiyalar nəticəsində alırlar:



yaxud



Termik nüvə sintezi zamanı temperatur hədsiz yüksək olur, olduqca artıq miqdarda enerji alınır:



Termik nüvə sintezində axırncı reaksiyanın başlanğıcına kiçik temperatur tələb olunduğundan gələcək üçün onun perspektivi daha artıqdır.

Yüksək enerjili kosmik şüaların yer atmosferinə təsiri zamanı T-nin artıq miqdarı yaranır:



Oxşar sürətdə kosmik protonlar, yaxud yüksək enerjili mezonlar atmosferdəki S və O-nu bombardman etdikcə T nüvələri peyda olur.

Fraksiyalaşma proseslərinin müxtəlifliyi səbəbindən H-də izotop tərkibinin dəyişkənliyi Yer nümunələrində 700 ‰-yə çatır. Okean sularına nisbətən yuvenil sular, püskürmə, metamorfik və çökmə süxurlar D² ilə kasıbdır və ağır O¹⁸-lə zəngindir. Meteor sular, okean sularına nisbətən həm O¹⁸ və həm də D² ilə yoxsuldurlar. Buradan belə nəticəyə gəlmək olur ki, isti bulaqların çoxu (95%-dən yuxarı) yerli mənşəli meteor sulardırlar (Qreyq və b., 1956). İsti bulaqların əksəriyyətində D²-nin miqdarı yerli meteor sularda olan qədərdir, ancaq onlar yüksək temperatur şəraitində ətraf süxurlarla izotop mübadilə nəticəsində O¹⁸-lə zənginləşmişlər.

Suyun atmosfer dövrəsinə onun izotoplarının fraksiyalaşma sxemi belə təsəvvür olunur (Ziqenhaler, 1979). Okean səthindən suyun buxarlanması zamanı su buxarları 1_1H və O^{16} ilə zənginləşirlər, belə ki, H₂O¹⁶-nin buxarlarının elastikliyi HDO, yaxud H₂O¹⁸-dən artıqdır. Tarazlıq şəraitində, 25°C-də suyun buxarlanması prosesində fraksiyalaşma əmsali O¹⁸ üçün 1,0092 və D üçün 1,074-dür. Y.Xyövsün (1983) məlumatına görə təbii şəraitdə su buxarlarının real izotop tərkibi, tarazlıq parçalanma əmsallarının göstərdiyindən daha yüngüldür və bu iş kinetik effektlə izah olunur. Okean səthindən qalxan buxar, tez - gec soyuyur və yağışa çevrilir. Yağış damlalarının yaranması prosesində, atmosferin buxarı daim ağır izotoplarla yoxsullaşır, belə ki, maye fazası - yağış O¹⁸ və D ilə zənginləşir. Deməli, hava kütlələrinin qütblərə tərəf hərəkətində və soyu-

masında, hər yeni yağışdakı O^{18} və D miqdarı əvvəlkinə nisbətən azalacaqdır.

İzotopların geokimyasının daha dolğun izahı üçün biz nüvənin örtük modeli və «sehrli» rəqəmlər barədə məlumat verməyi məqsədəuyğun hesab edirik.

Örtük modelinə görə nüvədə proton və neytronlar hər hansı bir orta nöqtə ətrafında örtüklər şəklində yerləşirlər. Nüvənin nuklon örtüklərindən ibarət olması fikrini Elzaser (1934) və eyni vaxtda keçmiş SSRİ-də S.A.Şukin, İ.P.Semyonov, V.A.Plotnikov və başqaları söyləmişlər. Örtük modelinə görə nüvələrdə nuklonlarla doldurulmuş, yaxud yarımçıq olan təbəqələr («orbitlər») var və bu «orbitlər»i proton və neytronlar bir-birindən asılı olmayaraq doldururlar. Neytron və proton örtükləri dolmuş nüvələr daha sabit struktura malikdir və bu iş onların bir sıra xassələrində özünü göstərir. Doldurulmuş nüvə örtüklərindəki neytron və protonların miqdarı «sehrli» rəqəmlər adlandırılır. Müşahidə edilmişdir ki, cüt rəqəmli proton və neytronlara malik olan nüvələr («cüt-cüt» növ) protonlar üçün 2, 8, 10, 14, 20 (28), (40), 50, 58, 82 və neytronlar üçün 2, 8, 10, 14, 20 (28), (40), 50 (64), 70, 82, 126 «sehrli» rəqəmlərə malik olduqda onlar daha sabit və çox yayılmış olurlar. Bəzi «sehrli» rəqəmlər şübhə altındadır və ona görə də mötərizəyə alınmışlar. «Sehrli» rəqəmə malik nüvələr qonşularına nisbətən maksimum möhkəmdirlər. Bu hadisənin ən parlaq təmsali oksigenin izotopu O^{16} -dir ($Z=8$ və $N=8$) 0, iki qat «sehrlidir».

«Sehrli» rəqəmli neytronları olan izotoplar daha yüksək nisbi yayılmışlar. «Sehrli» rəqəmə malik neytronlu izotoplar iki və daha çox elementlərə xasdırlar. Məsələn, azot və oksigenin izotoplarının 8 neytronu var; 20 neytron kükürdün, xlorun, arqonun, kaliumun və kalsiumun izotoplarında mövcuddur, 28 neytrona xromun, manqanın və dəmirin izotoplarında təsadüf edirik, 40 neytron 3 elementin - sinkin, qalliumun və mərgümüşün izotoplarında var, 6 elementin (kriptonun, rodiumun, stronsiumun, vanadiumun, sirkonun və molibdenin) nüvəsində 50 neytronlu izotoplar müəyyənləşdiril-

mişdir, 82 neytron altı elementdə – ksenonda, bariumda, lantanda, seriumda, prazeodimdə və neodimdədir, 4 ağır elementin-talliumun, qurğuşunun, bismutun, və poloniumun 126 neytronlu izotopları var.

126-neytronlu radioaktiv nüvələrin yarımparçalanma periodu çox uzun, 128-neytronlularınkı isə çox qısadır, belə ki, adi α -parçalanma 126-neytronlu sabit nüvələrin yaranması ilə nəticələnir.

Atom nüvələrinin «damla» və «örtük» modelləri izotopların geokimyasının bütün tələbatına cavab vermir və təkmilləşdirilməlidirlər.

XI FƏSİL

KİMYƏVİ ELEMENTLƏRİN TƏBİƏTDƏ YAŞAMA VƏ TAPILMA FORMALARI

Kimyəvi elementlərin təbiətdə bir sıra tapılma və yaşama formalarına təsadüf edirik. Tapılma formalarından ən vacibi sülb cismlər - minerallardır. Təbii birləşmələr olan minerallar öz növbələrində süxurların, filiz və qeyri-filiz faydalı qazıntı kütlələrinin tərkib hissələridir.

Kimyəvi elementin həyatında minerallar müəyyən yaşama mərhələsidir; onlar bir geoloji şəraitdə yaranır, digərində pozulurlar, onları təşkil edən elementlər isə həyat yollarını davam etdirirlər. Mineralların xassələri onların kimyəvi tərkibindən və onları təşkil edən vahidlərin (ionların, atomların, yaxud onların komplekslərinin) mineralın fəza şəbəkəsində yerləşmə qanunauyğunluqlarından asılıdır. Bu səbəbdən müasir geokimyada onun qolu olan kristallokimyaya xüsusi yer verilir.

MÜASİR KRİSTALLOKİMYANIN BAŞLICA ANLAYIŞLARI

Kristallokimya atom və ionların fəzada, kristallik şəbəkələrdə yerləşməsini və əlaqəsini müəyyənləşdirən, kimyəvi tərkibin strukturaya və əksinə strukturun və kristallik şəbəkənin energetik xüsusiyyətlərinin onların fiziki-kimyəvi və fiziki xassələrinə təsirini öyrənən elmdir. Yer qabığını təşkil edən atom və ionların başlıca xüsusiyyətlərindən biri onların müəyyən termodinamik şəraitdə sülb cismlərdə qanunauyğun quruluşlar - kristallik şəbəkələr yaratma qabiliyyətləridir.

Kristallik şəbəkə maddi nöqtələr - atomlar, ionlar, yaxud onların qruplarının fəzada tam müəyyən həndəsi qanunauyğun yerlər tutduğu bircins, sonsuz vektorial quruluşlara deyilir. Kristallik şəbəkələr hissəciklərinin yerləşməsi maddənin strukturunu səciyyələndirən, təkrar olunan özək-

lərdən (hüceyrələrdən) ibarətdir. Maddi nöqtələrin kristallik şəbəkələrdəki yerlərinə şəbəkə qovşaqları deyilir.

Atomlararası, yaxud ionlararası (qovşaqlararası) məsafələr belə adlandırılır: 1) iki yaxın qonşu ionun mərkəzləri arasındakı məsafə; 2) iki yaxın qonşu atom arasındakı məsafə; 3) kompleks ionların, yaxud ayrı-ayrı molekulların ağırlıq mərkəzləri arasındakı məsafə. Kristallik şəbəkənin simmetriyasına malik, onun ən kiçik özəyinə elementar özək (bəsit hücrə) deyilir. Kristallik maddənin simmetriyasına uyğun olaraq elementar özəklər müxtəlif çoxüzlülər - düz ya çəp bucaqlı paralelepiped, kvadrat, yaxud altıüzlü prizma, kub şəklində ola bilərlər. Elementar özəklər mərkəzləşmə ilə də xarakterizə olunurlar, başqa sözlə desək, atomlar paralelepipedlərin tək zirvələrində yox, onların mərkəzləri və üzlərinin mərkəzində yerləşə bilərlər.

Maddələrin kristallik şəbəkələri eyni şərait daxilində maksimum simmetriyaya və hissəciklərinin (atomlarının, ionlarının və onların qruplarının) sıx yerləşməsinə cəhd edirlər. Yerləşmə sıxlığı anlayışı altında bir elementar özəkdəki kürəşəkilli hissəciklərin (atomların, ionların və onların qruplarının) həcmnin bütün özəyin həcminə olan nisbəti nəzərdə tutulur. Bu vahid faizlərlə ifadə olunur. Əgər elementar özəkdə iki eyni kürə arasındakı məsafə R -ə bərabərdirsə, kürənin radiusu

$r = \frac{R}{2}$ -dirsə, B.F.Ormonta görə, kürənin həcmi

$$V_A = \frac{\pi}{6} R^3 \text{ \AA}$$

olacaq, elementar özəyə daxil olan n - kürənin həcmi isə belə ifadə olunacaq:

$$V_n = \frac{\pi}{6} n R^3 \text{ \AA}$$

Elementar özəyin həcmi $V_E A$ ilə ifadə olunarsa, yerləşmə sıxlığı P -yə bərabər olacaq:

$$P = \frac{V_n}{V_E} 100(\%)$$

Elementar özəyin məlum başlıca tiplərinin yerləşmə sıxlıqları aşağıdakı kimidir:

1. Adi kubik şəbəkə - $P = \frac{\pi}{6} \sqrt{1} \cdot 100 = 52\%$

2. Mərkəzləşmiş kubik şəbəkə - $P = \frac{\pi}{6} \sqrt{\frac{27}{4}} \cdot 100 = 68\%$

3. Mərkəziüzlü kubik şəbəkə - $P = \frac{\pi}{6} \sqrt{2} \cdot 100 = 74\%$

4. Çoxsıxlıqlı heksaqonal şəbəkə - $P = \frac{\pi}{6} \sqrt{2} \cdot 100 = 74\%$

5. Almaz tipli oktaedrik şəbəkə - $P = 34\%$

6. Tetraqonal şəbəkə - $P = 48-54\%$

7. MoS_2 tipli heksaqonal şəbəkə $P = 52\%$.

Kristallik şəbəkələrdə fəzanın dolma sıxlığını bilmək çox vacibdir, belə ki, Yer qabığının bünövrəsi 97,77% oksigenin atom və ionlarının elektrostatik sahələri həcmindən və ancaq 8,23% həcmə başqa elementlərin elektrostatik sahələrindən təşkil olunmuşdur. Elə bil ki, yerin qabığında oksigenlə bağlı olan elementlər oksigendə «qablaşdırılmışlar».

Kristallik şəbəkələrin başlıca xüsusiyyətləri kristallokimyanın birinci və ikinci prinsipləri ilə müəyyənləşdirilir. Birinci prinsip elementlərin kristallostruktur, ikinci prinsip isə kristalloenergetik xassələri ilə əlaqədardır.

Kimya üçün ümumi halda birinci prinsip hələ XIX əsrdə A.M. Butlerov tərəfindən belə formalaşdırılmışdır: «Kütlənin kimyəvi təbiəti onun elementar hissəciklərinin miqdarı təbiəti və onun kimyəvi strukturu ilə müəyyənləşdirilir». 1923-cü ildə V.M. Qoldşmidt tərəfindən verilmiş tərif deyiləndən az seçilir:

«Kristallik şəbəkənin strukturu onun struktur vahidlərinin miqdarı, ölçüsü və qütbləşmə xüsusiyyətləri ilə təyin olunur».

Kristallik şəbəkəni təşkil edən hissəciklərin fəzada yerləşməsi üsulunu S strukturlu hissəciklərin ümumi miqdarını Σ_n , kation və anionların radiuslarını R_k və R_a , qütbləşmənin əmsalını i ilə işarə etsək, kristallokimyanın birinci prinsipini A.F.Kapustinskiyin verdiyi formulla riyazi olaraq belə ifadə etmək olar:

$$S = F(\Sigma_n, R_k, R_a, i)$$

burada F - funksional asılılıqdır.

Birinci prinsip yalnız sadə kimyəvi birləşmələrin şəbəkələrinin struktur amillərini təyin edir.

B.F.Ormontun 1950-ci ildə verdiyi kristallokimyanın qanunu belə ifadə olunur: «Hər hansı maddənin kimyəvi tərkibinin strukturu, onun yaranması, yaşaması və atomlarının əvəz olunmasından asılı olaraq dəyişə bilər». Lakin atomların əvəz olunması ilə struktur dəyişmə müəyyən termodinamik şəraitdə gedir, atomlar arasındakı kimyəvi əlaqə və xüsusi həndəsi amillərlə şərtlənir. Kristallokimyanın birinci prinsipini ifadə edən bu anlayışlar biri digərini tamamlayır.

Kristallokimyanın ikinci prinsipini 1933-cü ildə A.F.Kapustinski belə müəyyənləşdirmişdir: «Kristallik şəbəkənin enerjisi» (U) və onun enerji ilə şərtləndirilən xassələri, struktur vahidlər (Σ_n), onların ölçüləri (R_k, R_a), valentlikləri (W_k, W_a), bir sıra hallarda isə qütbləşmə xüsusiyyətləri ilə təyin olunur». Alim fikrini aşağıdakı formulla göstərir:

$$U = f(\Sigma_n, R_k, R_a, W_k, W_a) [i]$$

burada f - funksiyadır.

Kristallokimyanın başlıca prinsiplərinin analizi göstərir ki, R_k/R_a münasibəti kristallik şəbəkənin strukturunu müəyyənləşdirir, R_k+R_a isə strukturun seçilməsində heç bir rol oy-

namır. Əksinə, şəbəkənin enerjisi radiusların cəmi ilə təyin olunur və radiusların nisbətinin energetikaya təsiri yoxdur.

Beləliklə, elementlərin başlıca kristallogokimyəvi xüsusiyyətləri aşağıdakı amillər ilə müəyyənləşdirilir: atom və ionların radiusları, qütbləşmə, koordinasiya ədədi, kimyəvi əlaqə, elektromənfilik, kristallik şəbəkənin simmetriyası, kristallik şəbəkənin enerjisi, kimyəvi elementlərin ayrı-ayrı atom və ionlarının energetik xassələri.

Kvant-dalğa nəzəriyyəsi baxımından atom və ionlar kristallik şəbəkədə öz ətraflarında, sıxılmayan, ölçüləri Å-lərlə ölçülən kürələr şəklində elektromaqnit sahələri yaradırlar. Belə elektromaqnit sahələrinin göstəriciləri atom və ion radiusları adlandırılır. Eksperimental yolla ölçülmüş ion və atom radiusları effektiv radiuslar adlandırılır, belə ki, onların ölçülərinə kristallik şəbəkədə onları əhatə edən digər atom və ionlar təsir edə bilər. Atomun daxili xüsusiyyətlərindən asılı olaraq, ətraf mühitin təsiri nəzərə alınmadan nəzəri çıxarılmış atom və ion radiusları mütləq ölçü hesab olunur. Geokimyada atom və ionların effektiv radiuslarından istifadə olunur.

Valentlikdən, eyni maddənin müxtəlif modifikasiyalarının şəbəkəsinin tipindən, koordinasiya ədədindən, kimyəvi birləşmənin tipindən və termodinamik şəraitdən asılı olaraq atom və ionların radiuslarının ölçüləri dəyişə bilər. Atom radiuslarından fərqli olaraq ion radiusları mürəkkəb səciyyəlidir, əks işarəli hissəciklərlə qarşılıqlı əlaqədədir və elə bil ki, kristallik şəbəkədə tarazlığı müəyyənləşdirir. Elementlərin Mendeleev cədvəlində tutduqları yer, atom və ion radiusları ilə birlikdə geokimyayın vacib parametrləridir.

İZOMORFİZM

Atomları və yaxud ionları bir-birlərini qarşılıqlı əvəz edə bilən və sülb məhlul yaradan birləşmələrə izomorf maddələr deyilir. Sülb kristallik faza mayədə olduğu kimi bir neçə kimyəvi birləşmədən təşkil olunur.

Kimyəvi elementlərin minerallardakı assosiasiyalarının səbəbinin izahında izomorfizmin əhəmiyyəti çox böyükdür. Nadir, ələlxüsus özünün təbii birləşmələrini yaratmayan elementlərin Yer qabığındakı konsentrasiyalarının (yataqlarının) müəyyənləşdirilməsində izomorfizm vacib axtarış əlamətlərindən biri sayılır. Rubidium, hafnium, renium və s. dağınıq - nadir metalların sənaye əhəmiyyətli yığımları izomorfizmin qanunları əsasında aşkar edilmişdir.

İzomorfizmin başlıca qanununu A.Y.Fersman belə ifadə edir: «Eyni tip kristallik şəbəkəyə malik elementlər, onların ionlarının (yaxud atomlarının) radiusları yaxın olduqda bir-birlərini izomorf əvəz edə bilirlər».

İzomorfizmin iki növü var: sadə və mürəkkəb. Sadə ionun (yaxud atomun) sadə ionu əvəz etməsi sadə, ion (atom) qruplarının kompleks olaraq bir-birini əvəz etməsi isə mürəkkəb izomorfizmdir. Məsələn, plaqioklazlarda albit ($AlSi_3O_8$) və anortit ($Al_2Si_2O_8$) qrupları natriumun kalsiumu əvəz etməsilə eyni zamanda bir-birlərini əvəz edirlər. Mürəkkəb hallarda silikatların ölçüləri bir-birinə yaxın olan qurucu vahidlərlə əvəz olunur.

V.M.Qoldşmidt izomorf əvəzetmənin üç tipini ayırır: 1) hər iki maddədə müvafiq atomların ionlarının yükü eynidir (misal, $BaSO_4$ və $SrSO_4$; $CaCO_3$ və $MgCO_3$); 2) yüklərin cəmi eynidir, lakin onlar qeyri-bərabər paylanmışlar (misal, $KClO_2$ və $SrSO_4$; $NaAlSi_3O_8$ və $CaAl_2Si_2O_8$); 3) yüklərin cəmi qeyri-bərabərdir, lakin atomların sayı hər iki maddədə eynidir (misal, TiO_2 və MgF_2).

Bir-birini izomorf əvəz edən ionların qütbləşmə xüsusiyyətləri yaxın olmalıdır. Belə olmadıqda, onların ionlarının radiusları çox yaxın olduqda belə izomorfizm mümkün deyildir. Məsələn, birvalentli mis və natrium arasında, bu iki elementin atom radiusları çox yaxın olsa da (müvafiq olaraq 0,96 və 0,97 Å) izomorfizm yoxdur. İon radiusları yaxın olan ikiva-

lentli kükürd və xlor, silisium və fosfor arasında izomorfizm hadisəsi müşahidə olunmur.

Beləliklə, izomorfizm bir-birinə yaxın birləşmələrdə o zaman mümkündür ki, onları təşkil edən elementlərin ionlarının ölçüləri və qütbləşmə qabiliyyətləri yaxın olsun və müəyyən sərhəddən kənara çıxmasın. Məsələn, kalsium ($0,99\text{\AA}$) stronsiumla ($1,12\text{\AA}$), titan ($0,68\text{\AA}$) isə sirkonla ($0,79\text{\AA}$) əvəz oluna bilər; bu zaman struktur saxlanılır. Kalsium maqneziumla ($0,66\text{\AA}$) əvəz olunarsa izomorfizmin həddü daralar və yeni struktur yaranar.

Kimyəvi tərkibin qanunauyğun dəyişməsindən asılı olaraq strukturun və kristallik formanın kəskin, lakin qanunauyğun dəyişməsi morfotropiya adlanır. Maddənin müxtəlif strukturlar yaratma qabiliyyəti - polimorfizm bir sıra tədqiqatçılar tərəfindən morfotropiyanın cari halı hesab olunur. Belə hallarda eyni maddənin müxtəlif strukturları termodinamik şəraitdən asılı olaraq dəyişir, tərkib isə sabit qalır. Beləliklə, izomorfizm, polimorfizm və morfotropiya ümumi kristallokimyəvi xassələrə malikdirlər və onların qarşılıqlı təsiri izostruktur birləşmələr (o cümlədən, izomorf qarışıqlar), yaxud da müxtəlif kristallik şəbəkəyə malik olan birləşmələrin (morfotropiya) yaranması ilə nəticələnə bilər.

İzomorf qarışıqlarda əvəz olunan atomların miqdarı müxtəlif ola bilər. Bu iş nəzərə alınaraq iki hal qeyd olunur: a) normal izomorfizm - hər iki element eyni miqdardadır və ayrılıqda öz şəbəkələrini yarada bilərlər və b) endokriptiya (A.Y.Fersmanın terminidir) - müstəqil şəbəkəsi olan başlıca element və onun şəbəkəsində gizlənən ikinci dərəcəli element. Normal izomorfizmə misal olaraq dəmir və maqneziumun karbonatlarını və ortosilikatlarını, plaqioklazları və s. göstərmək olar; endokriptiyaya germaniumun silikatlarda olması, indiumun sfaleritin, reniumun molibdenitin, hafniumun sirkonun şəbəkəsinə girməsi və s.-ni göstərmək mümkündür.

Adətən, izomorf əvəzetmə elementlərin ion radiusları yaxın olduqda asan gedir, lakin hərdən radiusların fərqi 15%-ə çata bilər və belə olduqda qütbləşməyə fikir verilməli-

dir. Aydındır ki, izomorf əvəzetmə eyni adlı ionlar arasında mümkündür (kation kationla, anion anionla) və elektrostatik tarazlığı şərtləndirir.

İzovalent izomorfizm kimyəvi elementlərin dövri sisteminə vertikal sıralar (qruplar) üzrə müşahidə olunur. Məsələn, $Rb^{+H} \rightarrow Cs^{1+}$, $Sr^{2+} \rightarrow Ba^{2+}$ və s. Lakin biz bilirik ki, təbiətdə heterovalent izomorfizm geniş intişar tapmışdır. Müxtəlif valentli (heterovalent) elementlərin bir-birini izomorf əvəzetməsinə endokriptiya hadisələrində daha tez-tez rast gəlinir; bir-birini əvəz edən elementlər Mendelejev cədvəlində diaqonal boyu qonşu yerləşirlər və radiuslarının yaxınlığı ilə seçilir. Adətən, əvəz edən elementin valentliyi əvəz edilənə nisbətən daha yüksək olur. Buna istiqamətli (qütbi) izomorfizm qanunu deyilir. Qütbi izomorfizm qanunu ilə kalsium nadir torpaq elementləri işi (apatitdə), maqnezium skandiumla, titan niobiumla və tantalla və b. əvəz olunur. Qütbi izomorfizm zamanı, azvalentli əvəz olunan elementin fəza şəbəkəsinə yüksək valentli əvəzedicinin atomları daxil olur və şəbəkənin enerjisini artırır. Axırınının mənası ondadır ki, enerji etibarlı ilə lazımlı elementin tutulması, həmin elementin məhluldakı miqdarından asılı deyil və məhlulun artıq doyması ilə izah edilmir.

Heterovalent izomorf əvəzetmə zamanı kristalın elektrostatik tarazlığı pozulduğundan, təbiidir ki, müəyyən qədər valentlik kompensasiyası lazımdır. Bir sıra hallarda belə kristalokimyəvi kompensasiya kifayət qədər öyrənilmişdir. Misal üçün plaqioklazlarda birvalentli mənfi qrupun ($AlSi_3O_8$) ikivalentli mənfi qrupla ($Al_2Si_2O_8$) izomorf əvəzedilməsi ilə eyni zamanda müsbət birvalentli Na müsbət ikivalentli Ca-la əvəz olunur.

Kimyəvi elementlərin izomorf, mineral və digər formalarda təbiətdə yaşamasının anlaşılması üçün kristallik şəbəkədəki kimyəvi əlaqə, qütbləşmə, kristallik şəbəkənin enerjisi, radiuslar və şəbəkənin münasibəti, qütbləşmə və s. barədə müəyyən məlumat olmalıdır.

KRİSTALLİK ŞƏBƏKƏLƏRDƏ KİMYƏVİ ƏLAQƏ

Kristallik şəbəkələri təşkil edən vahidlərin kimyəvi əlaqələrini nəzərə alaraq kristallik şəbəkələri dörd başlıca qrupa bölürlər: 1) ion (heteropolyar), 2) atom (tipik homeopolyar), 3) molekulyar və 4) metallik. Bir sıra aralıq tipləri mövcuddur: ion və atom, ion, atom və molekulyar, yaxud ion, atom və metallik tiplər arasında və s.

Birləşmələrdə atomlar arasındakı kimyəvi əlaqəni müəyyənləşdirən yeni kristallokimyəvi xüsusiyyətlərdən biri hər atomun özünün elektronunu saxlaması və ionlaşma zamanı özgə elektronu tutmasıdır ki, buna elektromənfilik deyilir. Bu anlayış 1932-ci ildə elmə L.Pollinq tərəfindən gətirilmişdir. Ancaq qeyd edilməlidir ki, hələ XIX əsrdə İ.Y.Berselius kimyəvi elementlərin «elektrooxşarlıq», «elektromüsbət» və «elektromənfi»liyi barədə yazmışdır.

A.S.Povarennıx (1955) elektromənfilik anlayışını belə müəyyənləşdirir: elektromənfilik verilmiş atomun başqa atomlarla birləşdikdə valentlik elektronlarını cəzətmə enerjisidir. Elementlərin elektromənfiliyinin hesablanması üçün bir sıra formullar təklif edilmişdir. A.S.Povarennıxın verdiyi tənlik belədir:

$$E = \frac{I_n}{n} + F$$

burada

E – elektromənfilikdir;

I_n - müəyyən valentlik halına qədər ($X^{n+1} \rightarrow X^n$) atomun ionlaşma potensialıdır; kkal/q atomla ifadə olunur;

n - birləşmədə atomun valentliyidir;

F - elektronla oxşarlıqdır; kkal/q atom.

Qiymətlərinin artması sırası ilə elektromənfiliyin bir sıra elementlər üçün qiyməti aşağıdakı cədvəldə verilir:

**Bir sıra elementlərin elektromənfiliyi (EM)
(A.S.Povarennix, 1955)**

Element	EM, kkal	Element	EM, kkal	Element	EM, kkal	Element	EM, kkal	Element	EM, kkal
Cs	90	Ca	137	Ti	260	Te	310	Br	425
Rb	97	Mg	175	Sn	235	P	320	N	450
K	100	Y	160	Ce	265	H	312	Cl	460
Ba	115	Sc	200	Si	270	Se	360	O	530
Na	118	Be	210	Sb	270	J	375	F	605
Li	125	Al	220	B	290	C	370		
Sr	125	Zr	200	As	310				

İki qarşılıqlı fəal atom arasında elektromənfilik nə qədər yüksəkdirsə, olaraq elektromənfiliyi çox olan atom, elektromənfiliyi az olanın elektronlarını o qədər güclü cəzb edir və onların arasında ion əlaqəsi yaranır. Elektromənfiliyin azalması ilə əlaqədar olaraq qarşılıqlı fəal elementlər arasında atom əlaqəsi güclənir, iki atom arasında elektronların cüt birləşməsi baş verir.

Beləliklə, qarşılıqlı fəal atomlar arasında ion əlaqəsi elektromənfiliyin kəskin fərqli şəraitində yaranır; onlardan biri digərinin bir, yaxud bir neçə elektronunu işğal edib aniona çevrilir, elektromənfiliyi az olan digər atom isə kation olur.

Litiumdan fransiuma qədər Mendeleev cədvəlinin birinci qrupunun sol tərəfində yerləşmiş qələvi metallar atomlarının minimum elektromənfiliyi qiyməti ilə seçilirlər. Cədvəlin yeddinci qrupunun sağ tərəfində qərar tutan flüordan astata qədər olan haloidlər isə əksinə bu geokimyəvi parametrin yüksəkliyi ilə seçilirlər. Buna görə də haloidlər və qələvilər arasında elektromənfiliyin kəskin fərqi şəraitində ion əlaqəsi yaranır. Məsələn, natriumun flüorlu birləşməsi olan villiomit mineralında elektromənfiliyin fərqi 487 kkal-dır.

İon əlaqəsinin yaranması atomların xarici örtükdə elektronların tamlığı ilə seçilən sabit orbitə olan təmayülü ilə şərtlənir. İon şəbəkələri geniş yayılmış olub, müxtəlif geokimyəvi proseslərdə təzahür edirlər.

İon və atom şəbəkələri koordinasiya tiplidirlər. Belə şəbəkələrdəki düyünləri molekullar yox, müəyyən atom və ionlar tutaraq birlikdə iri molekulu xatırladırlar. Əlaqə belə şəbəkələrdə bərabər paylanır. Buna görə də onlar yüksək fiziki-kimyəvi göstəricilərə malikdirlər. Bəzi birləşmələrdə bu sabitlik pozula bilər.

İon və atom əlaqəli koordinasiya şəbəkələr müəyyən atom və ionlardan təşkil olunmuş, sadə komplekslər (məsələn, NaCl, KCl, CuO, ZnS, FeS₂ və s.) və düyünlərində sadələrlə yanaşı, kompleks ionlar yerləşmiş komplekslər ola bilərlər - Ca(CO₃), Ca(TiO₃), Mg(SiO₃), Fe₂(SiO₄), Fe(WO₄) və s.

Molekulyar şəbəkələrin düyünlərində molekullar qərar tutur və onların daxilində hissəciklər arasında çox möhkəm atom və ion (ion molekulu olduqda) tip əlaqə var. Ayrı-ayrı molekullar arasında əlaqə zəifdir və keyfiyyətcə ion və atom əlaqələrindən seçilir. Molekullar arasında əlaqə vandervaals qüvvələri ilə yerinə yetirilir. Bu qüvvələrin üç tipi var:

1. Cəhətlənmiş qüvvələr - molekulların çoxunun neytral olması ilə yox, polyarlığı ilə şərtlənir, belə ki, onlar müxtəlif tərəflərində yük daşıyaraq dipol, kvadrupol və s. yaradırlar;

2. Nisbətən universal dispers qüvvələr - çox az məsafələrdə təsir göstərilir, nüvə və elektronların qarşılıqlı daxili hərəkəti nəticəsində atomda kiçik, tez-tez dəyişən dipollar yaranır. Bir sıra atom və molekulların təmasından elektron və nüvələrin sinxron yerdəyişməsi baş verə bilər və bu hadisə daimi cazibə qüvvələrinin əmələ gəlməsi ilə nəticələnir. Nəcib qazların qeyri-qütbi atom və molekulları üçün bu qüvvələr yeganədir.

3. İnduksion, yaxud döndərilmiş (istiqamətləndirilmiş) qüvvələr - qonşu molekulların elektrik sahələrinin polyarlaşması (deformasiyası) nəticəsində peyda olurlar.

Molekulyar şəbəkələrə misal olaraq buzun (H₂O), senarmontitin (Sb₂S₃) və s. kristallik şəbəkələrini göstərmək olar. Molekulyar kristallik şəbəkələr möhkəm deyil, yer qa-

bığında az yayılmışlar, metasomatik və hipergen proseslərdə müəyyən rol oynayırlar.

Metallik şəbəkələrdə elektronların hamısı «azad» və müəyyən nüvələrə tabe deyillər. Hər atom əlaqədə iştirak edən elektronunu verir və müsbət yüklü iona - atomun bünövrəsinə çevrilir. Kəbud olaraq metallik əlaqə sıx qablaşmış müsbət yüklü, araları «elektron qazı» ilə dolmuş nüvələrin (atom bünövrələrinin) qarşılıqlı təsiridir. V.M.Qoldşmidt metallik şəbəkələri «çoxnüvəli psevdotoomlar» adlandırır. Metallik əlaqə istiqamətsizdir və birləşmə zamanı hər ion özünü maksimum qonşularla təmin etməyə çalışır. Məsələn, sərbəst misin şəbəkəsində hər atom (ion) 12 qonşu ilə əhatələnmişdir. Elektronlar «qazhallı» olub nüvələrə bağlı olmadıqlarından belə şəbəkələr «metallik» xassəlidirlər - uçucu deyillər, yüksək elektrik və istilik keçirmə qabiliyyətinə malikdirlər, sərt dirlər, qələvi metallar müstəsna olmaq şərti ilə elastikdirlər.

Metallik əlaqə sərbəst elementlərdən qızılın, gümüşün, platinoidlərin və s. şəbəkələri üçün xasdır. Belə şəbəkələr ultraəsasi və əsasi maqma ilə bağlı olan mineralyaratma proseslərində, metasomatozda və hipergenezdə özlərini büruzə verirlər.

İon, atom, molekulyar və metallik əlaqələr nadir hallarda təmiz və müstəqil olaraq təzahür edirlər. Real kristallik şəbəkələrdə, bu əlaqələrdən birinin üstünlük təşkil etməsilə aralıq əlaqələr daha çox yayılmışlar.

Təbii birləşmələrdə kimyəvi əlaqənin halı onların möhkəmliyini, atom və ionlararası məsafələri, koordinasiyanın tipini, müvafiq olaraq kimyəvi tərkibin xassələrini və struktur tipini müəyyənləşdirir, başqa amillərlə birlikdə təbii birləşmənin fiziki və fiziki-kimyəvi xassələrini təyin edir. Kimyəvi əlaqənin tipi ilə onun energetikası arasında da əlaqə var.

ATOM (İON) RADIUSLARI VƏ KRİSTALLİK ŞƏBƏKƏLƏRİN STRUKTURLARI

Atom və ionların şəbəkələrdəki halına təsir edən başlıca kristallokimyəvi xüsusiyyətlərdən biri onların atom və ion ra-

diuslarının ölçüləridir. V.M.Qoldşmidt atom və ion radiuslarının ölçülərini geokimyada universal qiymətlər hesab edirdi. Rentgeno-struktur analiz vasitəsilə müəyyənləşdirilmiş kristal-lik strukturlardakı atom və ionlar arasındakı məsafələr, demək olar ki, kimyəvi elementlərin hamısının ion və atom radiuslarının hesablanmasına imkan yaratmışdır. Atom radiuslarına, atom və metallik tip şəbəkələrdə eyni elementin qonşu atomları arasındakı məsafənin yarısı kimi baxılır. Məsələn, almazın kub strukturunda karbonun atomları arasındakı məsafə 1,54Å-dir. Bu qiymətin yarısı, 0,77Å karbonun atom radiusudur.

İon radiusları aşağıdakı kimi təyin olunur: məsələn NaF-un ion şəbəkəsində natrium və ftor arasındakı ionlararası məsafə 2,31Å-dir; F-un radiusu 1,33Å-dir. Buradan, $R_{Na} = R_{NaF} - R_F = R_{Na} = 0,98\text{Å}$. NaCl-da ionlararası məsafə (natrium və xlor arasında) 2,79Å-dir; R_{Na} artıq bizə məlumdur və belə olduqda $R_{Cl} = R_{NaCl} - R_{Na} = 1,81\text{Å}$.

A.M.Qoldşmidt müəyyənləşdirmişdir ki, müxtəlif elementlərin ion radiusları onların atomlarının ionlaşma dərəcə-sindən asılıdır. Məsələn, kükürd üçün belə asılılıq aşkar edilmişdir:

$$R_i = S^{2-} (1,74 \text{Å}) > S^0 (1,04 \text{Å}) > S^{+6} (0,34 \text{Å})$$

Bu asılılıq aşağıdakı kimi ümumiləşdirilir:

$$R_i > R_a > R_j$$

burada i – iondur;
 a – atomdur.

Ümumi şəkildə bu qanunauyğunluq belə ifadə olunur: «Atom nüvəsinin müsbət yükü artdıqca ion radiusu azalır, mənfi yük artıqda isə artır».

Kristallik şəbəkələrdə metallik və kovalent əlaqələrin yaranmasındakı geokimyəvi proseslərdə atom radiuslarının əhəmiyyəti böyükdür.

Atom və ion radiuslarının Yer qabığında gedən geokimyəvi proseslərin aydınlaşdırılması, müasir sənaye üçün vacib olan bir sıra elementlərin (metalların) təbii birləşmələrin kristallokimyəvi (izomorfizm və s.) xüsusiyyətlərindən asılı olaraq aşkar edilməsi üçün əhəmiyyətini nəzərə alaraq təqdim olunan dərslərdə atom və ion radiuslarının ölçüləri cədvəli verilir (cədvəl 42 və 43).

Cədvəl 42

Kimyəvi elementlərin atom radiusları

Atom №-si	Element	Atom radiusları, Å (10^{-8} sm)-lə			
		I	II	III	IV
1	H	-	-	0,46	0,37
2	He	-	-	1,22	-
3	Li	1,57	-	1,55	1,22
4	Be	1,13	-	1,13	1,13
5	B	0,97 (4)	-	0,91	0,97
6	C	0,77 (4)	-	0,77	0,77
7	N	0,74	-	0,71	0,55
8	O	0,41	-	-	0,60
9	F	-	-	-	0,72
10	Ne	1,60	-	1,60	-
11	Na	1,92	-	1,89	1,86
12	Mg	1,60	-	1,60	1,60
13	Al	1,43	-	1,43	1,43
14	Si	1,17 (4)	-	1,34	1,17
15	P	-	-	1,3	1,1
16	S	0,91	1,04	-	1,05
17	Cl	1,07	-	-	1,00
18	Ar	1,92	-	1,92	-
19	K	2,36	-	2,36	2,25
20	Ca	1,97	-	1,97	1,97
21	Se	-	-	1,64	1,63
22	Ti	1,45	-	1,46	1,47
23	V	1,36	-	1,34	1,34

42-ci cədvəlin davamı

		I	II	III	IV
24	Cr	1,28	-	1,27	1,28
25	Mn	1,30	-	1,30	1,31
26	Fe	1,27	1,26	1,26	1,27
27	Co	1,26	1,25	1,25	1,25
28	Ni	1,24	1,28	1,28	1,28
29	Cu	1,28	1,28	1,28	1,28
30	Zn	1,37	1,37	1,39	1,37
31	Ga	1,38	1,33	1,39	1,28
32	Ge	1,39	1,22	1,39	1,22
33	As	1,40	1,16	1,48	1,21
34	Se	-	1,13	1,6	1,16
35	Br	1,19	-	-	1,15
36	Kr	1,98	-	1,98	-
37	Rb	2,53	-	2,48	2,42
38	Sr	2,16	-	2,15	2,15
39	Y	1,81	-	1,81	1,81
40	Zn	1,60	-	1,60	1,60
41	Nb	1,46	-	1,45	1,46
42	Mo	1,40	-	1,39	1,40
43	Tc	-	-	1,36	-
44	Ru	1,32	1,34	1,34	1,35
45	Rh	1,34	1,34	1,34	1,34
46	Pd	1,37	1,37	1,37	1,37
47	Ag	1,44	1,44	1,44	1,44
48	Cd	1,52	1,54	1,56	1,56
49	In	1,57	1,57	1,66	1,62
50	Sn	1,58	1,40	1,58	1,40
51	Sb	1,61	1,34	1,61	1,43
52	Te	1,33	1,33	1,7	1,36
53	J	1,36	1,36	-	1,33
54	Xe	2,18	-	2,18	-
55	Cs	2,74	-	2,68	2,62
56	Ba	2,25	-	2,21	2,23
57	La	1,86	-	1,87	1,87
58	Ce	1,81	-	1,83	1,82
59	Pr	1,82	-	1,82	-

		I	II	III	IV
60	Nd	1,82	-	1,82	-
61	Pm	-	-	-	-
62	Sm	-	-	-	-
63	Eu	-	-	2,02	-
64	Gd	-	-	1,79	-
65	Tb	-	-	1,77	-
66	Dy	-	-	1,77	-
67	Ho	-	-	1,76	-
68	Er	-	-	1,75	-
69	Tu	-	-	1,74	-
70	Yb	-	-	1,93	-
71	Lu	-	-	1,74	-
72	Hf	1,59	-	1,59	-
73	Ta	1,46	-	1,46	1,46
74	W	1,40	-	1,40	1,41
75	Re	1,37	1,37	1,37	1,38
76	Os	1,34	1,35	1,35	-
77	Ir	1,35	1,35	1,35	-
78	Pt	1,38	1,39	1,38	1,38
79	Au	1,44	1,46	1,44	1,44
80	Hg	1,55	1,51	1,60	1,60
81	Tl	1,71	1,71	1,71	1,71
82	Pb	1,74	1,74	1,75	1,75
83	Bi	1,88	1,46	1,82	1,55
90	Th	1,80	-	1,80	1,80
91	Pa	-	-	1,62	-
92	U	1,60	-	1,53	1,53

Qeyd: Rum rəqəmləri ilə göstərilir:

I. A.Y.Fersman və V.M.Qoldşmidtə görə atom radiusları; koordinasiya rəqəmi 12-dir (mötərizələrdə 12 olmayan rəqəmlər verilir) ümumiyyətlə, 4 koordinasiya rəqəmi nəzərə alınır;

II. Koordinasiya rəqəmi 12-dir, atom radiusları A.Q.Betextin tərəfindən hesablanmışdır;

III. Koordinasiya rəqəmi 12-dir, atom radiusları Q.B.Bokiy tərəfindən hesablanmışdır;

IV - A.S.Povarennıxa (1955) görə atom radiusları.

Atom radiuslarının qiyməti ilə təbiətdə atom-ion, atom və metallik şəbəkəli aşağıdakı element assosiasiyalarının tapılması yaxşı izah olunur:

1) Mis (1,28), dəmir (1,27), nikel (1,24) və kobalt (1,26), xüsusən mis-dəmir və nikel-kobalt (pentlandit, pirit, xalkopirit və s.). Mülahizə etmək olar ki, Yerin nüvəsinin kobaltsaxlayan nikelli dəmirdən ibarət olması bu metalların atom radiuslarının və digər xassələrinin yaxınlığı ilə bağlıdır.

2) Sink (1,37), qallium (1,38), germanium (1,39) - sfaleritlərin nadir metal saxlayan növləri. Deməli, sfalerit öz-özlüyündə nadir metal göstəricisidir və bu işdə ondan axtarış əlaməti kimi istifadə etmək olar.

3) Sink (1,37), dəmir (1,27), manqan (1,30) - marmatit və sfalerit-alabandin (MnS) izomorf sırası.

4) Platinoidlər (1,32-1,38) və dəmir, mis, molibden (1,36), volfram (1,37), qızıl (1,44) və gümüş (1,44).

5) Renium (1,37) platinoidlərdə və molibdenitdə.

6) Sərbəst minerallarda qızıl (1,44) və gümüşün (1,44) daimi əlaqəsi.

Qeyd etmək lazımdır ki, qızıl və gümüş, dəmir və mis kimi atom radiusları çox yaxın olan element cütləri təbiətdə məhdud qarışıqlar yaradır, mis və qızıl kimi atom radiusları bir-birindən fərqlənən metallar isə istənilən faizdə bir-birini əvəz edə bilər. Metallik şəbəkələr üçün atom radiusları yalnız əlavə amillərdən biridir və strukturu başqa xassələrlə birlikdə müəyyənləşdirirlər.

Cədvəl 43

Kimyəvi elementlərin ion radiusları

Atom №-si	Element	Valentlik	Ion radiusları, Å							
			I	II	III	IV				
						həqiqi	ftoridlərdə	oksidlərdə	sulfidlərdə	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	H	+1	-	-	0,00	0,00	-	-	-	-
1	H	-1	1,54	1,54	1,36	-	-	-	-	-
2	He	0	1,22	1,22	1,22	-	-	-	-	-
3	Li	+1	0,78	0,78	0,68	0,60	0,66	0,75	-	-
4	Be	+2	0,34	0,34	0,34	0,30	(0,47)	0,61	0,90	-
5	B	+3	(0,20)	0,20	(0,20)	(0,10)	(0,42)	(0,60)	-	-

43-cü cədvəlin davamı

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	C	+4	0,20	0,20	0,22	-	(0,44)	(0,59)	-
6	C	-4	-	-	2,60	-	-	-	-
7	N	+5	0,1-0,2	0,1-0,2	0,15	-	-	(0,60)	-
7	N	-3	-	-	1,18	-	-	-	-
8	O	-2	1,32	1,32	1,36	1,46	-	-	-
9	F	-1	1,33	1,33	1,33	1,36	-	-	-
10	Ne	0	1,60	-	1,60	-	-	-	-
11	Na	+1	0,98	0,98	0,98	0,93	0,88	1,09	1,39
12	Mg	+2	0,78	0,75	0,74	0,60	0,72	0,89	1,26
13	Al	+3	0,57	0,57	0,57	0,37	0,59	0,79	-
14	Si	+4	0,39	0,41	0,39	0,21	(0,52)	0,71	-
15	P	+5	0,35	0,34	0,35	0,10	(0,55)	(0,74)	-
15	P	-3	-	-	1,86	-	-	-	-
16	S	+6	0,34	0,34	(0,29)	(0,02)	(0,62)	(0,84)	-
16	S	-2	1,74	1,81	1,84	-	-	-	-
17	Cl	-1	1,81	1,81	1,81	1,85	-	-	-
18	Ar	0	1,92	-	1,92	-	-	-	-
19	K	+1	1,33	1,33	1,33	1,29	1,32	1,39	1,71
20	Ca	+2	1,06	1,01	1,04	0,92	0,99	1,12	1,43
21	Sc	+3	0,83	0,81	0,83	0,58	0,77	0,93	-
22	Ti	+4	0,64	0,65	0,64	0,49	-	0,98	-
22	Ti	+3	0,69	0,69	0,69	0,69	-	1,0	-
22	Ti	+2	-	-	0,78	-	-	-	-
23	V	+5	0,40	0,40	0,40	(0,35)	-	0,97	-
23	V	+4	0,61	0,59	0,61	0,45	-	0,93	-
23	V	+3	0,65	0,65	0,67	0,72	-	1,01	-
23	V	+2	-	-	0,72	-	-	-	-
24	Cr	+6	0,3-0,4	0,3-0,4	0,35	(0,26)	-	(1,04)	-
24	Cr	+3	0,64	0,65	0,64	0,73	-	0,99	-
24	Cr	+2	-	-	0,83	-	-	-	-
25	Mn	+7	-	-	(0,46)	(0,20)	-	(1,16)	-
25	Mn	+4	0,52	0,52	0,52	0,26	-	0,90	-
25	Mn	+3	0,70	0,70	0,70	0,65	-	0,98	-
25	Mn	+2	0,91	0,91	0,91	0,85	(0,90)	0,99	(1,15)
26	Fe	+3	0,67	0,67	0,67	0,76	0,90	0,99	-
26	Fe	+2	0,83	0,79	0,80	0,80	0,86	0,94	1,11
27	Co	+3	-	0,65	0,64	-	-	-	-
27	Co	+2	0,82	0,77	0,78	0,81	(0,89)	0,96	1,12
28	Ni	+2	0,78	0,74	0,74	0,78	(0,87)	0,96	1,13
29	Cu	+2	-	0,80	0,80	0,76	(0,90)	0,99	-
29	Cu	+1	0,96	0,96	0,98	0,82	(0,88)	0,95	-
30	Zn	+2	0,83	0,79	0,83	0,67	0,80	0,93	1,18
31	Ga	+3	0,62	0,62	0,62	0,54	-	0,86	-
32	Ge	+4	0,44	0,48	0,44	0,46	-	0,86	-
32	Ge	+2	-	-	0,65	-	-	-	-

43-cü cədvəlin davamı

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
33	As	+5	0,3-0,4	0,40	(0,47)	(0,40)	-	(0,88)	-
33	As	+3	(0,69)	0,69	0,69	0,68	-	(0,89)	(1,07)
33	As	-3	-	-	1,91	-	-	-	-
34	Se	+6	0,35	-	0,35	(0,36)	-	(0,94)	-
34	Se	+4	-	-	0,69	-	-	-	-
34	Se	-2	1,91	1,95	1,93	1,95	-	-	-
35	Br	+7	-	-	(0,39)	-	-	-	-
35	Br	-1	1,96	1,96	1,96	1,98	-	-	-
36	Kr	0	1,98	-	1,98	-	-	-	-
37	Rb	+1	1,49	1,48	1,49	1,44	1,46	1,55	1,87
38	Sr	+2	1,27	1,18	1,20	1,08	1,12	1,27	-
39	Y	+3	1,06	1,06	0,97	0,79	0,91	1,03	-
40	Zr	+4	0,87	0,82	0,82	0,71	-	1,03	-
41	Nb	+4	(0,69)	0,69	0,67	0,53	-	0,89	-
41	Nb	+5	0,69	0,70	0,66	0,49	-	0,93	-
42	Mo	+6	-	-	0,65	(0,40)	-	0,93	-
42	Mo	+4	0,68	0,67	0,68	0,54	-	0,91	-
43	Tc	-	-	-	-	-	-	-	-
44	Ru	+4	0,65	0,65	0,62	0,56	-	0,97	-
45	Rh	+4	-	-	0,65	-	-	-	-
45	Rh	+3	0,68	0,69	0,75	0,78	-	1,02	-
46	Pd	+4	-	-	0,64	-	-	-	-
46	Pd	+2	-	-	-	0,78	0,93	1,03	1,19
47	Ag	+1	1,13	1,20	1,13	1,15	1,19	1,23	-
48	Cd	+2	1,03	1,00	0,99	0,95	1,05	1,15	1,37
49	In	+3	0,92	0,87	0,92	0,67	-	1,03	-
50	Sn	+4	0,74	0,73	0,67	0,63	-	0,97	-
50	Sn	+2	-	-	1,02	-	-	-	-
51	Sb	+5	-	0,62	0,62	(0,56)	-	-	-
51	Sb	+3	(0,90)	0,90	0,90	0,84	-	1,03	1,25
51	Sb	-3	-	-	2,08	-	-	-	-
52	Te	+6	-	-	(0,56)	(0,52)	-	(1,05)	-
52	Te	+4	0,89	0,85	0,89	-	-	-	-
52	Te	-2	2,11	2,11	2,11	2,14	-	-	-
53	J	+7	-	-	(0,50)	-	-	-	-
53	J	+5	-	-	0,94	-	-	-	-
53	J	-1	2,20	2,19	2,20	2,23	-	-	-
54	Xe	0	2,18	-	2,18	-	-	-	-
55	Cs	+1	1,65	1,67	1,65	1,62	1,64	1,73	-
56	Ba	+2	1,43	1,36	1,38	1,28	1,31	1,43	-
57	La	+4	-	-	0,90	-	-	-	-
57	La	+3	1,22	1,14	1,04	0,96	1,05	1,11	-
58	Ce	+4	1,02	1,02	0,88	0,81	-	1,15	-
58	Ce	+3	1,18	1,18	1,02	0,92	-	1,08	-
59	Pr	+4	1,00	1,08	-	-	-	-	-

43-cü cədvəlin davamı

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
59	Pr	+3	1,16	1,16	1,00	-	-	-	-
60	Nd	+3	1,15	1,08	0,99	-	-	-	-
61	Pm	+3	-	-	(0,98)	-	-	-	-
62	Sm	+3	1,13	1,13	0,97	-	-	-	-
63	Eu	+3	1,13	1,13	0,97	-	-	-	-
63	Eu	+2	1,32	-	-	-	-	-	-
64	Gd	+3	1,11	1,11	0,94	-	-	-	-
65	Tb	+4	0,89	-	-	-	-	-	-
65	Tb	+3	0,89	1,09	0,89	-	-	-	-
66	Dy	+3	1,07	1,07	0,88	-	-	-	-
67	Ho	+3	1,05	1,05	0,86	-	-	-	-
68	Er	+3	1,04	1,04	0,85	-	-	-	-
69	Tm	+3	1,04	1,04	0,85	-	-	-	-
70	Yb	+3	1,00	1,04	0,81	-	-	-	-
71	Lu	+3	0,99	0,99	0,80	-	-	-	-
72	Hf	+4	0,86	0,84	0,82	-	-	-	-
73	Ta	+5	0,69	-	(0,66)	0,50	-	0,88	-
73	Ta	+4	-	0,68	-	-	-	-	-
74	W	+6	-	-	0,65	(0,40)	-	0,85	-
74	W	+4	0,68	0,67	0,68	0,54	-	0,87	-
75	Re	+7	-	-	-	(0,34)	-	0,85	-
75	Re	+6	0,55	-	0,52	-	-	-	-
75	Re	+4	0,68	-	-	-	-	-	-
76	Os	+4	0,67	0,67	0,65	-	-	-	-
77	Ir	+4	0,66	0,66	0,65	-	-	-	-
78	Pt	+4	-	-	0,64	-	-	-	-
78	Pt	+2	-	-	-	0,74	-	0,97	1,17
79	Au	+1	1,37	1,37	(1,37)	(1,27)	-	-	-
80	Hg	+2	1,12	1,11	1,12	1,04	1,15	(1,26)	1,46
81	Tl	+3	1,05	-	1,05	0,76	-	-	-
81	Tl	+1	1,49	1,47	1,49	1,47	1,49	-	-
82	Pb	+4	0,84	0,84	0,76	0,72	-	1,09	-
82	Pb	+2	1,32	1,32	1,26	1,20	1,26	(1,35)	1,55
83	Bi	+5	-	0,74	(0,74)	(0,65)	-	-	-
83	Bi	+3	-	1,20	1,20	1,15	1,22	(1,27)	(1,43)
83	Bi	-3	-	-	2,13	-	-	-	-
84	Po	-	-	-	-	-	-	-	-
85	At	-	-	-	-	-	-	-	-
86	Rn	-	-	-	-	-	-	-	-
87	Fr	-	-	-	-	-	-	-	-
88	Ra	+2	-	-	1,44	(1,36)	(1,39)	(1,54)	-
89	Ac	+3	-	-	1,11	-	-	-	-
90	Th	+4	1,0	1,06	0,95	0,92	-	1,15	-
91	Pa	+3	-	-	1,06	-	-	-	-
92	U	+4	1,05	-	0,89	0,98	-	1,16	-

Qeyd: I - A.Y.Fersman və V.M.Qoldşmidtə görə ion radiusları; koordinasiya ədədi 6-dır;
 II - aS tipli şəbəkələr üçün A.Q.Betextinin ion radiusları;
 III - N.V.Belov və Q.B.Bokiyə görə ion radiusları; koordinasiya rəqəmi 6-dır;
 IV - A.S.Povarennıxa görə ion radiusları; koordinasiya rəqəmi 6-dır. Mötərizələrdə nəzəri olaraq və interpolyasiya vasitəsilə hesablanmış ion radiusları göstərilir.

İon radiuslarının ölçüləri 0,1-2,3Å arasında dəyişir. İonların çoxunun radiusu 0,60-1,10 Å hüdudundadır.

Valentlikdən asılı olaraq bir element müxtəlif ion radiuslarına malik ola bilər. Müsbət yükün artması ilə (valentlik elektronlarının miqdarının azalması ilə) ion radiusları kiçilir. Mənfi yükün artması ilə ion radiusları böyüyür.

Koordinasiya ədədi, həmçinin ion radiuslarının ölçülərinə təsir edir. 12 koordinasiya rəqəmindən 8-ə keçdikdə ionların radiusu 3% ixtisar olunur, 8-dən 6-ya, həmçinin 3%, 6-dan 4-ə isə radius 5-7% qısılır.

Şəraitin bərabərliyi mühitində ion radiuslarının böyüməsi ilə əlaqədar olaraq təbii birləşmələrin həll olması güclənir, möhkəmlikləri isə azalır. İon radiuslarının orta qiymətdən kəskin kənara çıxması defisiti, klarkın cüziliyi və dağınıqlığı ilə bağlıdır. Bu hadisə hər şeydən əvvəl böyük ölçülü ionlara aid edilir.

Orta qiymətdən nisbətən kəskin kənara təmayül edənlər aşağıdakı elementlərin ionlarıdır:

	C ⁴⁺	B ³⁺	N ⁵⁺	S ⁶⁺	Se ⁶⁺	P ⁵⁺	Cr ⁶⁺	Te ⁴⁺	Be ²⁺
<	0,2	0,20	0,15	0,34	0,35	0,35	0,35	0,56	0,34
	Ne ⁰	Cs ¹⁺	S ⁻²	Cl ¹⁻	Se ²⁻	Ar ⁰	Br ¹⁻	Kr ⁰	Te ²⁻
	1,60	1,65	1,74	1,81	1,91	1,92	1,96	1,98	2,11
		Xe ⁰		J ¹⁻					
		2,18		2,20					

Sırası verilmiş elementlər maqmanın kristallaşması prosesində, silikat sistemlərinin soyuması zamanı normal yığımlar yarada bilmirlər. Peqmatitlərin elementləri kimi onların təmərküzləşməsini maqmatik prosesin son mərhələlərində və hipergenezin dispers sistemlərində gözləmək lazımdır.

İon radiusları orta ölçülərdən kənarlara çıxdıqda atomların miqrasiya qabiliyyəti artır. Çox kiçik, yaxud çox böyük radiuslu ionları miqrasiyaya daha çox qabildirlər və Yer qabığında yenidən dağılıb toplanırlar. Belə elementlər sırasına inert qazlar, bəzi haloidlər (Br, J) və s. daxil edilə bilər. Onlar o qədər dağınıq haldadırlar ki, ilkin şəkilləri belə məlum deyildir.

Kiçik ölçülü ionlar orta qiymətdən az hallarda kənara çıxır, kristallokimyəvi kompensasiya şəraitində başqa elementlərin fəza şəbəkələrinə girərək maqmatik kristallaşmanın müəyyən mərhələlərində yığımlar verə bilərlər.

KRİSTALLİK ŞƏBƏKƏLƏRDƏ ATOM VƏ İONLARIN QÜTBLƏŞMƏ HADİSƏLƏRİ

Qütbləşmə, yaxud deformasiya qabiliyyəti kristallik şəbəkədə müxtəlif atom və ya ionların qarşılıqlı təsirindən elektron örtüyünün nüvəyə nisbətən yerdəyişməsinə, bütünlüklə deformasiyasına deyilir. Qütbləşməni Van Arkel elektron buludunun deformasiyadan dəyişmə yüngüllüyü adlandırır. Beləliklə, qütbləşmə elektrik sahəsində atom və ionların miqdarı müəyyənləşdirilə biləcək deformasiyasıdır.

Qütbləşməni müəyyənləşdirən başlıca amillər bunlardır:

1. İon və atom radiuslarının ölçüsü;
2. İon yükünün qiyməti;
3. İon və atomların elektron örtüklərinin quruluş tipi.

Bu amillərin əhəmiyyəti qütbləşmə üçün aşağıdakı qaydalarla əsaslandırılır:

1. Elementlərin atom və ion radiuslarının ölçüsü nə qədər yüksəkdirsə, onların qütbləşməsi o qədər güclüdür;
2. Fəal qütbləşmə ion və atomların radiuslarının ölçülərinin kiçikliyi ilə şərtləndirilir;
3. Fəal qütbləşmə ilə ion yükləri düz mütənasibdir;
4. İonun yükü nə qədər kiçikdirsə, qütbləşmə o qədər güclüdür.
5. İon radiusları kiçik və yükləri yüksək olan ionlar maksimum fəal qütbləşmə qabiliyyətinə malikdirlər. Böyük radiuslu və kiçik yüklü ionlar (anionlar) maksimal qütbləşmə qabiliyyətlidirlər;
6. Kristallik şəbəkə nə qədər simmetrikdirsə və koordinasiya rəqəmi nə qədər çoxdursa, qütbləşmə o qədər zəifdir;
7. Kupro-tip kationlar (xalkofil elementlər) qütbləşdirmə qabiliyyətindən başqa güclü qütbləşmə xüsusiyyətinə ma-

likdirlər. Bu iş bir sıra maraqlı geokimyəvi xassələrin üzə çıxmasına səbəb olur. Məsələn: a) civə hidroksid yaratmır və yalnız oksid verir ki, bu, civənin güclü qütbləşdirmə xüsusiyyəti ilə izah olunur; O^{2-} -nin yükü böyük olduğundan kationa daha çox yaxınlaşır, nəinki $(OH)^{1-}$; b) Mendeleev cədvəlində civədən (atom №-si 80-dir) sonra yerləşən qurğuşun və tallium (atom №-ləri 82 və 81-dir) 3 və 4 valentli birləşmələrə nisbətən 1 və 2 valentli birləşmələri daha asan yaradırlar; v) Na, K, Rb və Cs-un duzlarına nisbətən AgCl, AgBr və AgI-un həll olma qabiliyyətləri çox kiçikdir; q) NaBr və CaS nisbətən CuBr-un və ZnS-in şəbəkələri daha az simmetrikdir;

8. Qütbləşdirmə xüsusiyyətləri koordinasiya ədədləri və termodinamik şəraitdən asılıdır. Koordinasiya rəqəmi nə qədər kiçikdirsə, mərkəzi ionun qütbləşməsi o qədər güclüdür və əksinə; temperatur nə qədər çoxdursa və təzyiq nə qədər azdırsa, qütbləşmə hadisəsinin zühuruna imkan o qədər çoxalır.

Qütbləşmə, A.Y.Fersmanın mülahizələrinə görə, ion radiuslarını kiçildir və düyün məsafələrini yaxınlaşdıraraq şəbəkəni möhkəmləndirir, birləşmələrin həllolma qabiliyyətini azaldır, qeyri-simmetrik şəbəkələrə daha çox təsir edir, refraksiyanı artırır, təbii birləşmələrin əlvanlığını, tutqunluğunu və rəngarəngliyinin metallikliyi gücləndirir, ion şəbəkələrindən kompleks şəbəkələrə keçidi şərtləndirir, kationlara nisbətən anionlara daha çox təsir edir, qaynamanın və ərimənin temperaturunu azaldır, uçuculuğu çoxaldır, sublimasiyaya mane olur, elektrik keçiriciliyini artırır, nəhayət, fotokimyəvi həssaslığa səbəb olur və onu gücləndirir. Mineralların rənglənməsinin başlıca amillərindən biri təbii birləşmələrin qütbləşmə xüsusiyyətləridir.

KRİSTALLİK ŞƏBƏKƏNİN ENERJİSİ VƏ ELEMENTLƏRİN KRİSTALLOENERGETİK XÜSUSİYYƏTLƏRİ

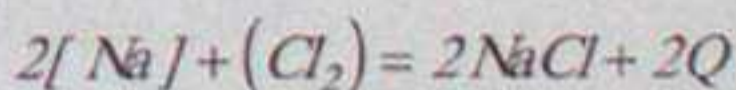
Kimyəvi elementlərin kristalloenergetik xassələri ilə müəyyənləşdirilən kristallik şəbəkələrin enerjisi Yer qabığında

gedən geokimyəvi proseslərin, başqa sözlə, bütün Yer qabığı-
nın energetikasının göstəricisidir. Təsadüfi deyildir ki, 1934-
1935-ci illərdə V.İ.Vernadski və A.Y.Fersman təbiətin başa
düşülməsində kristallik şəbəkənin enerjisinin nə qədər vacib
əhəmiyyətə malik olduğunu xüsusi olaraq qeyd etmişlər.
Kristallik şəbəkənin enerjisi onun ən vacib səciyyəlandırıcı
amilidir.

Kristallik şəbəkəni onu təşkil edən vahidlərə,
atomlara, ionlara, molekullara ayıraraq bu hissəcikləri bir-bi-
rindən təcrid etməyə, sonsuz uzaqlaşdırmağa sərf edilən
qüvvəyə kristallik şəbəkənin enerjisi deyilir.

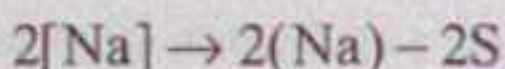
Kristallik şəbəkənin enerjisi onu təşkil edən kimyəvi ele-
mentlərin valentlikləri və ion (atom) radiuslarından müəyyən
asılılıqdadır. Müxtəlif kimyəvi əlaqəli şəbəkələr üçün enerji də
müxtəlifdir. İon və atom tipli koordinasiya şəbəkələri üçün bu,
onları təşkil edən vahidlərin qüvvələrinin cəmidir, molekulyar
şəbəkələrdə ayrı-ayrı molekulaları bir-birilə əlaqələndirən qüv-
vənin bir hissəsidir. Molekullarda ionları və atomları bir-birilə
bağlayan qüvvələr kristallik şəbəkənin enerjisinə daxil deyillər.
Aralıq səciyyəli, kimyəvi əlaqəli birləşmələr üçün kristallik şə-
bəkənin enerjisi mürəkkəb qiymətdir. Kristallik şəbəkənin
enerjisinin yaranması yolu M.Born və F.Qaber tərəfindən ter-
mokinimyəvi baxımdan izah olunur. Tədris kitablarında
(A.A.Saukov, 1966; B.A.Qavruseviç, 1968 və s.) kristallik şə-
bəkənin yaranması NaCl-un timsalında verilir.

Metallik natrium və qazşəkilli xlorun NaCl sülb kris-
tallik şəbəkəsinin əmələ gəlməsi iki yolla mümkündür. Birbaşa
birləşmə yolu ilə:



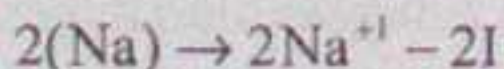
Kvadrat mötərizə sülb, yumru mötərizə maddənin qaz
halını göstərir; Q - birləşmənin əmələgəlmə istiliyidir; verilən
reaksiyada hər mol-a 97,7 kkal-dır. Digər tərəfdən ilkin mad-
dənin bir sıra fiziki-kimyəvi dəyişmələri nəticəsində NaCl ya-
rana bilər:

1) sülb natriuma sublimasiya (S) istiliyi verilir və metal qaz halına keçir:



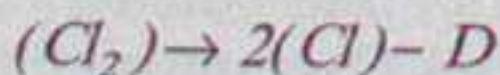
Sublimasiya istiliyinə ərimə və buxarlanmanın molekulyar istiliklərinin cəmi kimi baxılır. Bu qiyməti kalorimetrlə, yaxud xüsusi formullarla təyin etmək mümkündür. Na üçün 26,91 kkal-dır;

2) qaz hallı natriumun atomları ion halına keçir, başqa sözlə, hər atomdan bir elektron qoparılır və bu işə ionlaşma enerjisi (I) sərf olunur:



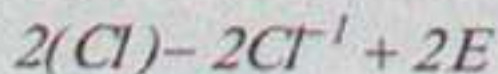
İonlaşma istiliyi elektronun sonsuz uzaq orbitdən, neytral (oyanmamış) atomda ionlaşmış orbitə keçməsi zamanı monoxromatik şüalanma enerjisi ilə müəyyənləşdirilir. Na üçün 117,7 kkal-dır.

3) dissosiasiya enerjisi (D) sərf olunmaqla xlorun molekulu atomlara ayrılır:



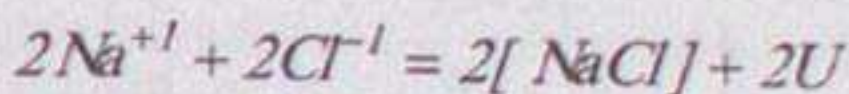
Dissosiasiya enerjisi termokimyəvi hesablanır; xlor üçün 56,81 kkal-dır;

4) elektrooxşarlıq istiliyinin (E) çıxması ilə ionlaşmış natriumdan azad olmuş elektronlar xlorla birləşirlər:

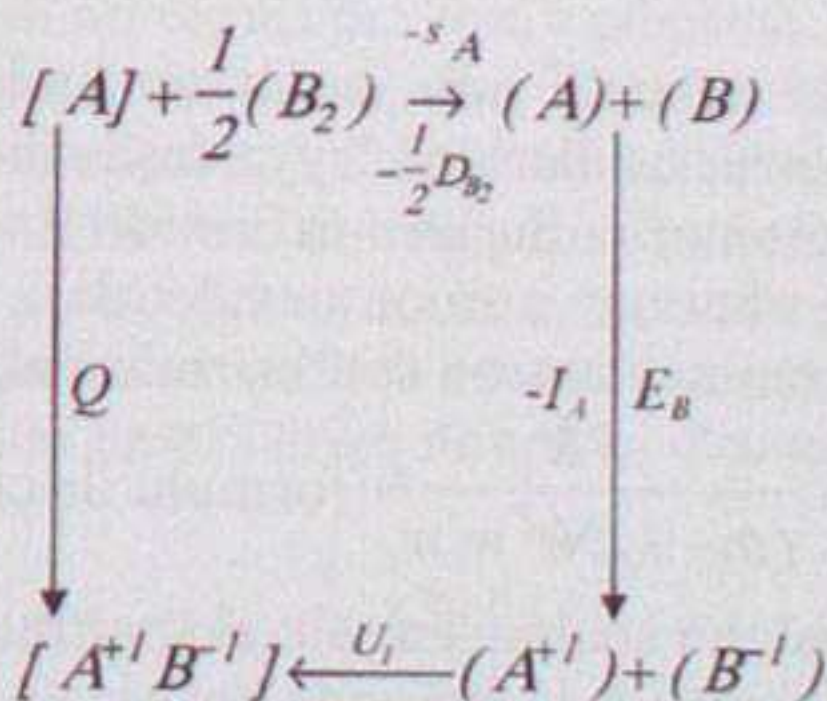


E-nin qiyməti dolayı yolla müəyyənləşdirilir. Xlor üçün 87,4 kkal-dır;

5) kristallik şəbəkənin enerjisinin (U) ayrılması ilə natriumun kationları xlorun anionları ilə qarşılıqlı əlaqəyə girir və sülb NaCl yaranır:



Birləşmənin yaranmasının hər iki yolunu birgə təsəvvür etsək, prosesin dövrevi səciyyəli olduğunu görürük. Onun çox yayılmış AV tipli (A - metaldir, V - isə adətən molekulyar halda olan qazdır) ion şəbəkələri üçün belə olacaq:



Deməli, 0K-də (mütləq sıfır):

$$Q = U - S - D + E, \text{ və}$$

$$U = Q + S + D + I - E$$

Beləliklə, NaCl üçün kristallik şəbəkənin enerjisi aşağıdakı şəkildə hesablanabilir:

$$U = 97,7 + 26,91 + 117,7 + 56,81 - 87,4 = 183,31 \text{ kkal}$$

AB tipli koordinasiya əlaqəli atom şəbəkələri üçün dövrevi proses sadədir və $U_{am} = S[B]$. Molekulyar şəbəkələr üçün də bu proses oxşardır. S, E, D, I və Q-nün qiymətlərini lazımı arayış cədvəllərində tapmaq olar.

Kristallik şəbəkənin enerjisinin hesablanması üçün son formulu belədir:

$$U = a \frac{W_1 W_2 e^2 N}{R} \cdot \left(1 - \frac{1}{m} \right)$$

α - Madelunq əmsalıdır (ionların fəzada yerləşməsi üsulluna düzəliş);

$e^2 N$ - Avoqadro ədədinin elektronun yükünün kvadratına vurulması (Şermanın hesablanmasına görə hər Å-ə 329,7 kkaldir);

R - iki müxtəlif adlı ionlar arasındakı ən qısa məsafə (rentgenometrik üsullarla müəyyənləşdirilir; Å-lə ifadə edilmiş kation və anionun radiuslarının cəmidir);

$W_1 W_2$ - kation və anionun valentləri;

m - atomun elektron örtüklərinin itələmə əmsalı; təxmini

olaraq $\chi = \frac{9R}{(m-1)N e^2 w_1 w_2}$ formulu ilə çıxarılır;

χ - kristalın sıxılma əmsalı; eksperimentlə təyin olunur.

m -in qiyməti 4-12 arasında dəyişir və orta hesabla 9-a bərabərdir. Born və Putilov bu qiyməti universal hesab edirlər.

Müəyyən birləşmənin (mineralın) kristallik şəbəkəsinin enerjisinin göstərilən formula ilə hesablanması üçün aşağıdakı məlumat olmalıdır: 1) kimyəvi tərkib; 2) birləşmənin struktur tipi və müxtəlif adlı ionlar arasındakı məsafə (rentgenometrik üsulla təyin olunur); 3) Madelunq əmsalının (α) hesablanması.

Nisbətən sadə və simmetrik (məsələn, NaCl tipli) şəbəkələr üçün Madelunq əmsalının hesablanması prinsipi fiziki kimyadan olan kitablarda, demək olar ki, hamısında var. Bir sıra sadə birləşmələr üçün (NaCl, CaCl, sfalerit, korund və s.) Madelunq əmsalı hesablanmışdır. Lakin qeyd olunmalıdır ki, bu əmsalın mürəkkəb birləşmələr üçün hesablanması, demək olar ki, mümkün deyildir. Deməli, kristallik şəbəkənin enerjisinin hesablanması Born-Lande formulu geokimyayın tətbiqində çətinliklərlə rastlaşır.

Həmin çətinliklər 1933-cü ildə A.F.Kapustinski tərəfindən aradan qaldırılmış, Born-Lande formulu sadələşdirilmiş və hesablamalar üçün əlverişli olan şəkllə gətirilmişdir. A.F.Kapustinski aşağıdakı məsələlərə fikir vermişdir:

1. Madelunq əmsallarının mütənasibliyinə və kristallik şəbəkənin kimyəvi molekulunda ionların miqdarına, qısa sözlə struktur vahidlərə;

2. m qiymətinin universallığına;

3. R qiymətinin $R_k + R_a$ qiyməti (anion və kation radiuslarının cəmi) ilə əvəz olunması imkanatına.

Kristallik şəbəkənin kimyəvi molekulundakı ionların miqdarını Σ_n , Madelunq əmsalını, NaCl şəbəkəsi hesabından hər ion üçün 0,874, itələmə əmsalı $m-i$ 9 və Ne^2 -ni Şermana görə 329,7 kkal qəbul edərək A.F.Kapustinski kristallik şəbəkənin enerjisinin tənliyini tərtib etmişdir. Bu tənlikdə bütün rəqəm sabitləri bir yerə yığılmış və ion radiuslarının məlum («standart») qiymətlərindən istifadə edərək (cədvəl 43) kristallik şəbəkənin enerjisini hesablamaq mümkün olmuşdur:

$$U = 256,1 \frac{\sum_n w_1 w_2}{R_k + R_a}$$

burada Σ_n struktur vahidlərin miqdarıdır.

1949-cü ildə A.F.Kapustinski öz formülünü təkmilləşdirmiş və aşağıdakı şəkllə gətirmişdir:

$$U = 287,2 \frac{\sum_n w_k w_a}{R_k + R_a} \left(1 - \frac{0,345}{R_k + R_a} \right)$$

A.F.Kapustinskinin kristallik şəbəkənin enerjisi üçün formulu geokimyada mühüm rol oynamışdır və A.Y.Fersmanın qazoenergetik nəzəriyyəsinin əsasında durur. A.Y.Fersman və daha sonra V.S.Sobolyev kristallik şəbəkənin enerjisinin daha ümumiləşdirilmiş formülünü təklif etmişlər. A.Y.Fersman müəyyən tədqiqatlardan sonra bu nəticəyə

gəlmişdir ki, kristallik şəbəkənin möhkəmliyinin energetik xarakteristikası valentliklə düz, ion radiusları ilə tərs mütənasibdir. A.Y.Fersman deyirdi: «İonların elə energetik göstəricilərini tapmaq lazımdır ki, onlar həmin elementlərin konkret birləşmələrinin formullarının stexiometrik nisbətlərindən asılı olaraq birləşmənin kristallik şəbəkəsinin enerjisinin çıxarılmasına imkan yaratsın». A.F.Kapustinskiyin tənliyinin analizi bu məsələni həll etdi:

$$U = 256,1 \frac{(a+b)w_k + w_a}{R_k + R_a}$$

Bu formula əsasında A.Y.Fersman U-nun qiymətini 256,1 (ax+by) cəmi kimi müəyyənləşdirirdi; x və y kimyəvi elementlərin ionlarının özlərinin göstəriciləri, a və b isə ionların sayı idi. Sadələşdirilmiş formul əsasında x və y qiymətlərini tapmaq lazım idi ki, məsələ həll edilsin.

Kimyəvi elementlərin atomlarının ionlarının bu energetik göstəricilərini A.Y.Fersman energetik əmsallar, qısa olaraq ek-lər adlandırırdı. Ek-ə belə tərif verilirdi: «Heteropolyar birləşməyə onun sonsuzluqda olan ionlardan yaranması zamanı hər ionun gətirdiyi enerji payına Ek deyilir». Ek-i 256,1-ə vuraraq A_mB_n birləşməsinin kristallik şəbəkəsinin yaranması zamanı hər ionun ayırdığı bir mol maddəyə lazım olan kilokalorini alırıq. Ek-i 11,3-ə vurduqda həmin qiyməti, lakin elektronvoltlarda əldə edirik. Verilmiş birləşmənin kimyəvi formuluna uyğun olaraq alınmış qiymətləri toplayaraq U-nu üç miqyasdan (şərti ek, kalori və elektronvolt) istəniləndə tapmaq olar. Geokimyaya A.Y.Fersman valent energetik əmsalı - vek anlayışını da gətirmişdir. Ek, ümumiyyətlə, ionun enerjisini müəyyənləşdirir; hər yüklənmiş atom-ionun müəyyən miqdar yükü var ki, o da valentliyi təyin edir. Buna görə də təkcə ionun enerjisinin cəmini yox, onun valentliyinin də enerjisini bilmək lazımdır ki, müxtəlif valentli ionları müqayisə etmək mümkün olsun.

A.Y.Fersmanın empirik hesablamalarına görə, azyüklü ionlar üçün

$$ek = \frac{W^2}{2R}$$

vek isə

$$vek = \frac{ek}{W}$$

formulları ilə müəyyənləşdirilir.

Eklərin qiymətini A.Y.Fersman oksigenin (O^{2-}) 1,55-ə bərabər olan sabit ek qiymətini və oksidlərin kristallik şəbəkələrinin enerjisinin eksperimental qiymətlərini qəbul edərək hesablayırdı. Beləliklə, elementlərin energetik xüsusiyyətləri atomun yükünün (ionun) müəyyən elektromaqnit sahəsi həcmində «sıxlığıdır».

A.Y.Fersman tərəfindən hesablanmış eklərin qiymətləri (cədvəl 44) kristallik şəbəkənin enerjisini aşağıdakı formul üzrə qiymətləndirməyə imkan verir:

$$U = 256,1(aek + vek + \dots)$$

yaxud V.İ.Lebedevin variantında

$$U = 256(ekA + ekB + ekC \dots)$$

formulundan istifadə etmək olar.

A, B, C. - şəbəkədəki ionların sayıdır.

A.Y.Fersmana görə ionların ekləri

Kationlar			Sadə anionlar	Kompleks anionlar		
H ⁺ 1,10	Zn ⁺² 2,20	V ⁺³ 5,32	H ⁻ 1,0,27	(OH) ⁻¹ –	(SiO ₄) ⁴	2,90
Li 0,55	Cd 2,00	Nb 13,60	F 0,35	(HS) –	(TiO ₄)	2,45
Na 0,45	Hg 2,10	Ta 13,60	Cl 0,25	(CN) 1,93	(ZrO ₄)	2,30
K 0,34	Pb 1,78		Br 0,20	(NO ₃) 2,60	(AlO ₄)	5,40
Rb 0,30	Mn 1,95		J 0,18			
Cs 0,28	Fe 2,15		O ⁻² 1,55	(ClO ₄) –	(FeO ₄) –	
Cu 0,70	Co 2,15		S 1,10	(SO ₃)	(BeO ₄) ⁻⁶ –	
Ag 0,60	Ni ⁺³ 2,15		Se 1,05	(SO ₄) ⁻² 2,95	(MgO ₄) –	
Au 0,60	P –		Te 0,95	(CrO ₄) 3,00		
Hg –	As –		N ⁻³ –	(M ₀ O ₄) –		
(NH ₄) 1,43	Sb –		P –	(WO ₄) –		
Be ⁺² 2,65	Bi –		As –			
Mg 2,20			Sb –	(BO ₃) ⁻³ 2,85		
Ca 1,75				(PO ₄) 3,00		
Sr 1,50				(AsO ₄) 3,00		
Ba 1,35						

45-ci cədvəldə müxtəlif üsul və formullarla hesablanmış bir neçə birləşmənin kristallik şəbəkəsinin enerjisi müqayisə məqsədilə göstərilir. Görürük ki, azacıq fərqlər olmaq şərtində üsulların müxtəlif olmasına baxmayaraq, alınan qiymətlər eyni birləşmələr üçün sabitdirlər.

Geokimyəvi proseslərin energetik analizində hələ ki, A.Y.Fersmanın kristallik şəbəkənin enerjisinin formulu universal hesab olunur və istifadə sahəsi tapır.

Müxtəlif üsullarla hesablanmış kristallik şəbəkələrin enerjisi

Bir- ləşmə	Şəbəkə- nin struk- tur tipi	Kristallik şəbəkənin enerjisi			
		Ekspe- rimental	M.Borna gərə	A.F.Kapus- tinskiyə görə	A.Y.Fers- mana görə
NaCl	Natrium xlorun	183,3	183,3	183,6	179,3
KBr	"-	157,8	155,6	155,6	148,5
FeO	"-	964	952,7	952,7	940
Al ₂ O ₃	Korundun	3618	3872	4065	3726
β-kvars	β-kvarsın	3097	3042	3594	2996
SnO ₂	Rutilin	2813	2731	2983	2817
CaF ₂	Flüorit	617,2	617,8	643	638
ZnS	Sfaleritin	852	748	797,3	858

A.Y.Fersmanın fikrinə görə, kristallik şəbəkənin enerjisinin qiymətindən mineralların və geokimyəvi proseslərin aşağıdakı xassələri asılıdır:

1. Birləşmələrin mexaniki möhkəmliyi;
2. Termik davamlılıq, qızdırılma zamanı pozulma və ərimə temperaturu;
3. Evtektikanın ümumi tərkibi;
4. Həllolma və müvafiq olaraq kristallaşma ardıcılığı;
5. Mineral assosiasiyalarının paragenezisi və onların ardıcıl dəyişmə qanunauyğunluqları;
6. Mineralların və süxurların assosiasiyalarının energetik səviyyələri;
7. Yer qabığı və müxtəlif geosferlərin müəyyən şəraitində müəyyən şəbəkələrin konsentrasiyası (təmərküzləşməsi);
8. Birləşmələrdəki şəbəkələrin tipi;
9. Mineral paragenezislərinin sadəliyi və sabitliyi;
10. İzomorf əvəzetmənin istiqaməti.

İZOMORF SIRALAR

İon radiusları, qütbləşmə hadisələri və kristallik şəbəkənin enerjisinin anlaşılması izomorfizmi aydınlaşdırır və təbiətdə bir sıra dağınıq-nadir metalların sənaye əhəmiyyətli yığımlarının aşkar edilməsinə imkan yaradır. Yer qabığında müşahidə edilən izomorf əvəzedilmə halları hələ 1910-cu ildə V.İ.Vernadski tərəfindən izomorf sıralar şəklində ümumiləşdirilmişdi.

V.İ.Vernadskinin izomorf sıraları

1. Al, Fe, Cr, Mn, Ti, B, /Y/, /Ce/, V

10. Au, Ag, Hg, Cu, Pb, Tl

2. Ba, Ca, Sr, Pb

11. Pt, Fe, Pd, Ir, Rh, Cu

3. Br, J, Cl, F, OH

12. Os, Ru, Rh, Ir

4. V, P, As, Sb	13. Ca, Mg, Mn
5. Bi, Sb, As	14. O, F, OH
6. NH ₄ , K, Na, Cs, Rb, Ti, Li, Hg	15. Co, Fe, Ni
7. W, Mo	16. Si, Ti, Ir, Sn, Mn, Th ?
8. Ge, Sn	17. Nb, Ta
9. Mg, Mn, Fe, Zn, Be?, Cd, Cu, N, Co	18. S, Se, Te

Belə sıralar daha sonralar bir sıra alimlər, o cümlədən V.M.Qoldşmidt tərəfindən verilmişdir.

İzomorf sıraların baxılması bu hadisənin dəyişkən olması fikrinə gətirir. Bir termodinamik şəraitdə izomorf olan elementlər, digərində özlərini tamam başqa cür aparırlar. Yer qabığında ətraf mühitin təzyiqi və temperaturunun müxtəlif olduğu üç sahə var:

I - Aşınma qabığı; təzyiq və temperatur aşağıdır;

II - Regional metamorfizm qurşağı; orta temperatur və yüksək təzyiq özünü göstərir;

III - Maqmatik fəaliyyət sahəsi (astenosfera); yüksək təzyiq və yüksək temperatur ilə səciyyələnir.

Astenosferdən yerin səthinə doğru elementlərin bir-birini izomorf əvəzetməsi çətinləşir. Məsələn, N.S.Kurnakov müəyyənləşdirmişdir ki, kaliumun və natriumun duzları adi şəraitdə izomorf qarışıqlar yaratmır, lakin yüksək temperatur şəraitində bu hadisə mümkündür. A.S.Qinzburq kalsium və maqmanın bəzi duzlarının da özünü belə apardığını qeyd edir. Aşağı temperatur şəraitində yaranan minerallar, ümumiyyətlə, izomorf qarışıqlardan nisbətən təmiz olurlar. Yüksək təzyiq və temperatur şəraitində kristallik şəbəkələri formalaşan təbii birləşmələr isə başlıca izomorf qarışıq daşıyan minerallardır. Bu iş mineralın yaranmasının termodinamik şəraitindən asılı olaraq kristallik şəbəkənin strukturunun dəyişməsi ilə izah olunur. Temperatur və təzyiqin dəyişməsi bir tərəfdən effektiv atom və ion radiuslarının yaxınlaşmasına və digər tərəfdən

izomorf əvəz edilən elementlər üçün böyüməsinə səbəb olur. Birinci halda izomorfizm inkişaf edir, ikinci halda isə bu hadisə müəyyən həduda alınır. Xarici şəraitin, başlıca olaraq, temperaturun dəyişməsi mineral fərdlərinin həm xarici görkəmində, həm də daxili strukturunda özünü göstərir. Məsələn, temperaturun azalması ilə əlaqədar olaraq kvars kristallarında uc romoedrlərin inkişafı zəifləyir və triqonal prizmalar inkişaf edir, alfa-kvars beta-kvars ilə əvəz olunur. Formanın termodinamik şəraitindən asılı olaraq dəyişməsinin geokimyada çox böyük əhəmiyyəti var, belə ki, süxur və mineral yaratma proseslərinin temperaturunun müəyyənləşdirməsinə imkan yaradır. Mineral-termometrlər filiz yataqlarının axtarılması və onların maksimum təmərküzləşməsi baş verə biləcək yerləri göstərirlər.

A.A.Saukovun «Geokimya» dərslərində izomorfizm səciyyəvi misallar gətirilir. Müasir sənaye üçün vacib olan, lakin təbiətdə çox az tapılan nadir elementlərin hansı birləşmələrdə ola biləcəyini müəyyənləşdirmək üçün həmin misalların əməli əhəmiyyəti vardır. Biz bəzi, xüsusən Azərbaycan üçün xas olan əlavələrlə onların qısa səciyyəsini veririk.

1. Birvalentli elementlər. Yüksək temperatur şəraitində Na və K-un izomorfizmi müşahidə olunur. Onların geokimyəvi qohumları nadir qələvilər Rb və Cs mikalarda bir-birini əvəz edir. Hər dörd elementin həddü izomorfizmi respublikamızda Kəlbəcər, Ordubad və Gəncə şəhərinin yaxınlığındakı qranitoidlərdən götürülmüş nümunələrdə müşahidə olunmuşdur. Biz yuxarıda qızıl və gümüşün kristallik şəbəkələrinin enerjisinin eyni olduğunu (0,60 ek) göstərmişdik. Bu hadisə və onların qütbləşmə xüsusiyyətlərinin yaxınlığı təbiətdə qızılın və gümüşün qarşılıqlı birləşmələrinin geniş yayılmasını şərtləndirir.

2. İkivalentli elementlər. Yer qabığında Fe, Mg, Ni, Co izomorf elementlər paragenезisi səciyyəvidir: burada nikel və kobalt endokriptik (daxili gizlənmiş) olaraq maqneziumlu-dəmirli ortosilikatların (olivinin) kristallik şəbəkələrinin düyümlərini tuturlar. Hipergenez zonasında, nikel

və kobalt valentliklərini və müvafiq olaraq ion radiuslarının ölçüsünü dəyişir, izomorfizm pozulur. Belə olduqda, xüsusən humid iqlim şəraitində, nikel və kobalt ultraəsasi süxurlardan ayrılır və müstəqil yığımlar yaradırlar. Respublikamızda belə hadisə qismən Laçın və Kəlbəcər rayonlarının ofiolit seriyası süxurlarında özünü büruzə verir.

Təbiətdə bir sıra birləşmələr üçün Ca və Mg izomorfizmi məlumdur. Bu iki elementin ion radiusları arasındakı fərq 50%-ə çatır və beləliklə, Fersman və Qoldşmidtin izomorfizm üçün vacib hesab etdikləri şərtlərdən biri pozulur. Xatırladaq ki, onlar izomorfizmin qaydalarından birini ion radiusları arasındakı fərğin 15%-dən çox olmaması kimi götürürlər. Deməli, izomorfizm üçün ion radiuslarının yaxınlığı şərti qanun deyil və burada bəzi müstəsnaqlar mümkündür. Ca və Mg bir-birlərini ortosilikatlarda (Mg_2SiO_4 - Ca_2SiO_4) müəyyən həddə daxilində və diopsid - enstatit piroksen sistemində tam izomorf əvəz edir və axırında Mg (Mg, Ca) $(SiO_3)_2$ tərkibli sülb məhlul yaradır. Silikatlardan başqa karbonatlarda da maqnezium və Fe^{2+} -nin izomorfizmi yaxşı məlumdur.

Qurğuşunun daimi olaraq stronsium minerallarında iştirakı Pb və Sr arasındakı izomorfizmi sübut edir. Sr və Ba arasında həddəli izomorfizm aşkar edilmişdir.

Nadir elementlərdən selen (r_i - 1,74Å) kükürdü (r_i - 1,91Å) sulfidlərdə, xüsusən pirit və xalkopiritdə izomorf əvəz edir. Piritin yandırılması zamanı selen kükürddən ayrılır və qurğuşun kameraların dibindəki atqılarda toplanır. Tellur selenin və kükürdün kimyəvi analoqu olsa da, daha böyük ion radiusuna (r_i - 2,11Å) malikdir və izomorfizmə məruz qalmayıb, müstəqil minerallarını yaratmağa cəhd edir.

Azərbaycanın Xanlar rayonundakı Çıraq dərəsi və Toğanalı kükürd kolçedanı yataqlarında piritin tərkibində həmişə selen və klarkdan xeyli artıq miqdarda tellur var. Burada belə bir maraqlı qanunauyğunluq müşahidə edilmişdir. Piritin tərkibində misin miqdarı 0,5-1,5% olduqda selenində miqdarı, mineralda yüksəlir və analizlərdə tellur artır. Təəssüf ki, uzun illərdən bəri yerli mineral xammalla işləyən Bakı

kükürd turşusu zavodları selenin əldə edilməsi imkanlarından istifadə etməmişlər.

3. Üçvalentli elementlərdən Ga və Al arasında izomorfizm aydın ifadə olunur. V.M.Qoldşmidt, V.V.Şerbina, S.A.Borovik və b. göstərir ki, qalliumun atomlarının çoxu alüminium minerallarında toplanır və azacıq olsa da konsentrasiyalar yaradır. Qalliumun ion radiusu alüminiumunkuna nisbətən böyükdür (müvafiq olaraq $0,62 \text{ \AA}$ və $0,51 \text{ \AA}$) və qallium mineralyaradan məhlullardan alüminiuma nisbətən gec ayrılır. Belə ardıcılıq bir sıra amillərlə sübut olunur. Məsələn, əsasi süxurlardan turşulara doğru Ga:Al nisbəti böyüyür: qabbro - Ga:Al=1:40000; qranit - Ga:Al=1:16000; qreyzen - Ga:Al=1:4000, aşağı temperaturlu diaspor - Ga:Al=1:800.

Respublikamızda Ga:Al nisbəti xüsusən nəzərə alınmalıdır. Daşkəsənin Zəylik alunit yatağı hesabına fəaliyyət göstərən Gəncə alüminium zavodunda yanaşı olaraq qalliumun çıxarılması məsələsinə baxılmalı və bu iş həll olunmalıdır. Belə olarsa, həm ətraf mühitin mühafizəsi yaxşılaşar və həm də buraxılan məhsulun qiyməti dəfələrlə artar.

Yüksək temperatur şəraitində Cr^{3+} , V^{3+} , Ti^{3+} , Mn^{3+} üçün izomorfizm aydın müşahidə olunur. Qeyd edək ki, dəmir ailəsinə daxil olan bu elementlər Mendeleev cədvəlində 4-cü periodun 1-ci yarımperiodunda yanaşı yerləşmişlər və dəyişkən valentlidirlər. Məsələn, Uralın və Azərbaycanın titanomaqnetitləri başlıca tərkib hissələri dəmir və titanla bir sırada izomorf qarışıq kimi vanadium və xrom daşıyırlar. Bakıda fəaliyyət göstərən toz metallurjiyası zavodu yerli materialdan istifadə edə bilər, titanla yanaşı vanadiumu da Lənkəranın və Daşkəsənin filizlərindən, müəyyən texnoloji sxemlərlə əldə edə bilər.

Nadir torpaq elementləri (lantanoidlər) və ittriumun izomorfizmi çox səciyyəvidir. İttriumun ion radiusu ($0,92 \text{ \AA}$) onu qadolinium (Gd), disprozium (Dy), holmium (Ho), erbium (Er), tulium (Tm) və lütesium (Lu) kimi ion radiusları $0,97-0,85 \text{ \AA}$ arasında dəyişən lantanoidlərlə yaxınlaşdırır. Eyni valentlilik, elektron orbitlərinin quruluşunun ümumiliyi və radi-

uslarının yaxınlığı bu elementləri geokimyəvi olaraq o qədər qohumlaşdırır ki, onlara təbiətdə birlikdə rast gəlinir və mü-təxəssislər xüsusi ittrium nadir torpaq elementləri qrupunu ayırırlar. Lantanoidlərin digər nümayəndələri - La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu 0,98-1,14 Å arasında ion radiuslarına malikdirlər, geokimyəvi oxşarırlar və nadirtorpaq elementlərinin serium yarımqrupunu təşkil edirlər. Peqmatitlərdə ittrium qrupu lan-tanoidləri ksenotimdə, tortveytitdə, serium qrupunun üzvləri isə apatitlərdə toplanırlar.

Ordubadın və Kəlbəcərin granitoid plutonları ilə bağlı olan peqmatit və apatitlərdə, intruzivlərin özlərinin aksesor minerallarında nadirtorpaq elementlərinin mineral-yığıcıları müşahidə və təsvir edilmişdir.

4. Dördvalentli elementlərdən germanium ionlarının silikatlarda «gizlənməsi» Ge və Si-un ion radiusla-rının yaxınlığı ilə izah olunur (Ge-0,53 və Si-0,42Å). Buna görə də heç də təsadüfi deyildir ki, maqmatik süxurlarda qabbro və qabbro-sienitlərdən, sienit və sienit-dioritlərə, daha sonra isə qranit və qranosienitlərə doğru germaniumun miqdarı artır. Lakin germanium sulfidlərlə heterovalent izomorf əlaqəyə girə bilər və onlarda sənaye əhəmiyyətli konsentrasiyalar törədə bilər.

Renium (0,72Å) və molibdenin (0,70Å) izomorfizmi keçmiş SSRİ yataqları, o cümlədən Ordubaddakı Parağaçayın timsalında yaxşı öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, renium yüksək dispersiya qabiliyyətli metaldır və $n \cdot 10^{-7}$ miqdarın-da Yer qabığını təşkil edən süxur və çöküntülərdə hərtərəfli paylanmışdır. Onun maksimum miqdarına (0,002%) molibde-nitdə təsadüf olunur. Qeyd edək ki, Kəlbəcər rayonunun İstisu müalicəxanasından 1 km aralı yerləşmiş Bağırsağ təzahürünün molibdenitlərində reniumun miqdarı 0,041%-ə qədərdir, Pa-rağaçayın molibdentlərində isə 0,0033% renium vardır. Hər halda Azərbaycanda müəyyən miqdarda renium istehsalını təşkil etmək mümkündür.

Dördvalentli elementlər içərisində Sirkon və hafniumun izomorfizmi diqqətəlayiqdir. Bu elementlərin ion radiusları

eyni ölçülüdür (0,79Å). Onların geokimyəvi xassələri və fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri bir-birinə o qədər yaxındır ki, onların təbii birləşmələrdən ayrılması indiyədək çox çətinliklə başa gəlir. Sirkonun təbii birləşmələri - mineralları var, hafnium isə dağınıq element olub birləşmələr yaratmır. Ancaq sirkonun minerallarının hamısında həmişə az da olsa hafnium vardır. Maraqlı burasıdır ki, minerallarda $Zr:Hf$ nisbəti sabit olub 30:1 kimidir və sirkonlu mineralların varlığı hafniumun axtarılması üçün axtarış əlaməti hesab olunur.

Müxtəlif tipli elementlər qrupuna daxil olsalar da bəzi təbii birləşmələrdə torium (Th, $r_1=1,02 \text{ \AA}$) və serium (Ce, $r_1=0,94\text{\AA}$) bir-birlərini izomorf əvəz edə bilər. Bu baxımdan lantanoidlərin təmərküzləşdiyi maqmatik süxur kompleksləri radioaktiv metalların axtarılması üçün əlamətdirlər və geokimyəçilərə nadir torpaq elementlərini xüsusi olaraq tədqiq etmək lazımdır.

5. Beşvalentli elementlərdən niobium (Nb, $r_1=0,69$) və tantal (Ta, $r_1=0,69$) müxtəlif tantaloniobatların geniş izomorf sırasını yaradırlar. Onların əmələ gətirdikləri mineralların kolumbit və tantalitin kimyəvi tərkibi eynidir - $(Fe, Mn)(Nb, Ta)_2O_6$, lakin kolumbitdə niobium, tantalitdə isə tantal mineralın tərkibində üstünlük təşkil edir.

Niobat və tantalatların tapılması Naxçıvan Muxtar Respublikasının, Ermənistanın və Cənubi Azərbaycanın müştərək ərazisində yerləşən, sahəsi 1500 kv.km-dən çox olan Mehri-Qaradağ-Ordubad mürəkkəb tərkibli plutonunun sahəsində mümkündür.

6. Altıvalentli elementlərdən kükürd və selenin izomorfizmi $(SO_4)^{2-}$ və $(SeO_4)^{2-}$ kimi kompleks anionlar daxil olan sulfat və selenatlarda müşahidə edilmişdir. Bu hadisə, yuxarıda qeyd etdiyimiz daha sadə, iki valentli kükürdün və selenin pirit və xalkopiritdəki izomorfizmindən əsaslı sürətdə seçilir.

Volframın mineralları - şeyelidə, gübneridə və volframitdə daim 0,1%-dək molibden iştirak edir. Yəqin ki, burada kompleks anionlar - WO_4 ($r_1=3,52\text{\AA}$) və MoO_4 ($r_1=3,45\text{\AA}$) arasındakı

geokimyəvi qohumluğa əsaslanan izomorfizm nəzərə alınmalıdır.

Qeyd edək ki, Ordubaddakı Kilit molibden-volfram-mis yatağında adı çəkilən metalların izomorfizmi dediyimizə sübutdur. Kilit yatağı geokimyəvi baxımdan ətraflı öyrənilmədiyindən onun lazımı elementlər (metallar) kompleksi ehtiyatı müəyyənləşdirilməmişdir.

İzovalent əvəzedilmədən başqa, müxtəlif valentli ionların heterovalent izomorfizmi də təbiətdə geniş inkişaf tapmışdır. Buna parlaq misal birvalentli natrium ilə ikivalentli kalsium arasındakı plaqioklazlarda müşahidə olunan tam (100%-li) izomorfizmdir. Burada izomorf qarışıqlar plaqioklazın nömrəsini, müvafiq olaraq süxurların tipini (əsasi, orta, yaxud turş) aydınlaşdırmaqda başlıca amillərdən biridir. İzomorfizmin əsas qanunları onun heterovalent növündə öz gücünü itirmir; eyni işarəli və yaxın radiuslu ionlar qütbi izomorfizmin qaydalarına uyğun əvəz olunur. Belə izomorfizmin müəyyənləşdirilməsində Mendeleyev cədvəlindəki qonşu qruplar arasında diaqonal sıralara fikir vermək lazımdır, məsələn, 1-ci qrupdakı 11-ci element natrium və 2-ci qrupdakı 20-ci element kalsiumu birləşdirən və analogi xətlər. Ümumiyyətlə, izomorfizm periodlardakı qonşu, qruplardakı üst-üstə yerləşmiş və periodlar ilə qruplar arasında çəp xətt boyu qərar tutan, qütbləşmə xüsusiyyətləri oxşar, ion radiusları yaxın, ek və vekləri bir-birindən az seçilən elementlər arasında həmişə mümkündür.

İZOMORF QARIŞIQLARIN PARÇALANMASI

Müxtəlif geoloji-struktur və fiziki-kimyəvi şəraitdə yaranmış sabit izomorf qarışıqlar mühit dəyişdikdə parçalana bilirlər. Yuxarıda verilmiş xülasədən belə mülahizə etmək olar ki, izomorf əvəzetmə kristallik şəbəkənin yarandığı şərait ilə şərtlənir. Qeyd etdik ki, yüksək temperatur və təzyiq şəraitində izomorfizmin həddləri genişdir və aydın məsələdir ki,

termodinamik mühitin dəyişməsi geokimyəvi proseslərdə özünü göstərir və bu da yeni birləşmələrin yaranması ilə nəticələnir.

Geoloji mühitin dəyişməsindən asılı olaraq izomorf qarışıqların parçalanmasına pertitlər misal ola bilər. Kalium çöl spatı və albitin qarşılıqlı böyüməsindən yaranmış pertit, ilk halda kalium və natriumun izomorf qarışığı olan birləşmə olmuşdur. Sulfidlərin mikroskop altında tədqiqi sülb məhlulların parçalanmasının nümunələrini görməyə imkan yaradır: xalkopirit-pirrotin, stannin-sfalerit, qalenit-argentit və s. filizdəki cəhətlənmiş dənəli sülb məhlulun parçalanması nəticəsində bir mineralın dənələrinin digərinin içərisində qanunauyğun paylanmasını şərtləndirir. Sülb məhlulların parçalanmasının başlıca səbəbi temperaturun aşağı düşməsi ilə bağlı olaraq izomorf qarışıqların komponentlərinin həllolma temperaturunun azalmasıdır. Bu hadisənin digər səbəbi bəzi elementlərin valentliyinin dəyişkənliyidir ki, o da ion radiuslarının ölçüsünün dəyişməsinə səbəb olur və izomorfizmin şərtlərindən birini sıradan çıxarır. Məsələn, hipergenez zonasında olivin kristallik şəbəkəsindən dəmir, kobalt və nikel ayrılır. Bunun səbəbi oksidləşmənin dərəcəsiindən asılı olaraq həmin elementlərin maqneziumla olan izomorf münasibətlərinin zəifləməsidir.

Bir sıra mineralların oksidləşməsi zamanı atom və atom-ion şəbəkələri səciyyəvi ion şəbəkələri ilə əvəz olunurlar; nəticədə atom quruluşunda izomorf olan elementlər öz qarşılıqlı əvəzetmə qabiliyyətini itirir və ion şəbəkəsinə keçdikdə ayrılırlar. Beləliklə, falyerslərdə (tennantit və tetraedrit) onların oksidləşməsi zamanı izomorf qarışıqların bölünməsinə, sfaleritin oksidləşməsi zamanı sinkin, qalliumun və digər elementlərin çıxmasını və s. izah etmək olar.

İzomorf qarışıqların bölünməsi mineralların həllolma prosesində də baş verə bilər. Belə hadisənin səbəbi elementlərin kimyəvi xüsusiyyətlərinin müxtəlifliyi və yerdəyişmə qabiliyyətlərinin bir-birindən fərqlənməsidir.

İzomorf qarışıqların bölünməsi və parçalanmasının əməli əhəmiyyəti var. Bir sıra metallar bu hadisə zamanı mineral yığınının kristallik şəbəkəsindən azad olur və sənaye əhəmiyyətli yığımlar yaradır. Təmər küzləşmə hipergenez zonasında daha çox inkişaf edir. Burada izomorf parçalanma hesabına dəmirin, manqanın, nikelin və s. metalların törəmə yataqları əmələ gəlir.

ELEMENTLƏRİN YAŞAMASININ MİNERAL FORMASI

Elementlərin yaşamasının mineral forması anlayışı altında onların qanunauyğun, müəyyən stexiometrik nisbətlərdə mineralların vacib tərkib hissələri olması başa düşülür. Bu, mineralın tərkibini elementlərin müəyyən münasibətdə iştirakını nəzərə almaqla, kimyəvi tənliklərlə ifadə etməyə imkan verir. Təbii birləşmələr - minerallar elementlərin litosferdə, hidrosferdə və biosferdə yaşamasının vacib formasıdır. Təsadüfi mexaniki qarışıqlar (vulkan püskürməsi məhsulu olan tozcuqların, insanın fəaliyyəti nəticəsində hava qatını çirkləndirən hissəciklərin, atmosfer tozunun və s.) nəzərə alınmasa, mineral forması atmosfer üçün səciyyəvi deyil.

Şəkildəyişmələr hesab olunmasa, müasir Yer haqda elmə 3000-ə qədər təbii birləşmə - mineral məlumdur. Minerallar Yer qabığında bərabər paylanmamışlar. Bəzi minerallara biz hər gün təsadüf edirik (məsələn, halit, başqa sözlə, xörək duzu, təbaşir, kvars, şüşə, kaolin və s.), bəzilərilə geoloji təcrübədə rastlaşırıq (kalsit, çöl şpatları, dağ bülluru, mikaları və s.), digərlərini isə ancaq xüsusi tədqiqatlarla müəyyənləşdiririk. V.N.Lodoçnikov (1955) qeyd edir ki, biz yalnız 65-70 minerala tez-tez görüşürük; onlardan 20-25-i süxurların başlıca tərkib hissələridir. Ümumiyyətlə, petroqrafiyada 225-230 süxuryaradan mineral təsvir olunur.

Klarkın hesablamaları göstərir ki, 16 km-lik yer qabığının mineraloji tərkibi çox az miqdarda növlərlə ifadə oluna bilər (cədvəl 46).

Yer qabığının mineraloji tərkibi (%-lə)

Minerallar		Miqdar (%-lə)
çöl şpatları	ortoklaz albit anortit	59,5
kvars		12,0
mikalar		3,8
dəmir-maqnezium silikatları	avgit hornblend olivin	16,8
filiz mineralları		3,9
başqa minerallar, su		4,0
CƏMI		100,0

Elementlərin yaşamasının mineral forması barədə yaxşı təsəvvür yaradılması üçün biz Edvard Solsberi Dana və Ceyms Duayt Dana (1937), A.Q.Betextin (1951), E.K.Lazarenko (1963) və İ.Kostovun (1971), həmçinin Mineraloji ensiklopediyanın (1985) materialları əsasında düzəldilmiş bir neçə cədvəli təqdim edirik.

Mineral siniflərin Yer qabığının quruluşunda iştirakı (%-lə)

Siniflər	Mineralların orta miqdarı	%	Mineralıyaradan başlıca elementlər
Sərbəst elementlər	90	0,1	Platin və platinoidlər, qızıl, gümüş, mis, cıvə, karbon (almaz və qrafit), kükürd, bismut, nəcib elementlərin qanşıqları (elektrum, poliksen, osmirid və s.)
Sulfidlər, selenidlər, telluridlər, antimonidlər, arsenidlər	250	0,25*	kükürd, selen, tellur, sürmə, mörğümüş, dəmir, mis, qurğuşun, sink, gümüş, kobalt, nikel, cıvə, bismut, molibden, kadmium, qalium, germanium, renium, indium
Oksidlər	270	17,0**	oksigen, silisium, dəmir, alüminium, hidrogen, titan, manqan, xrom, qalay, tantal, niobium, lantanoidlər, uran və aktinidlər
Silikatlar	900	80	silisium, oksigen, kalsium, maqnezium, dəmir, alüminium, natrium, kalium, manqan, titan, bor və s.
Karbonatlar	80	1,7	karbon, oksigen, kalsium, maqnezium, nisbətən az dəmir, natrium, barium, stronsium, mis, qurğuşun, sink

47-ci cədvəlin davamı

Boratlər	50	ciiz	Bor, oksigen, kalsium, silisium, magnezium, natrium, hidrogen, bəzən kükürd və xlor
Fosfatlar, arsenatlar, vanadatlar	400	0,70	Fosfor, marganiz, vanadium, oksigen, kalsium, magnezium, dəmir, manqan, qismən alüminium, hidrogen, bəzən qurğuşun, mis, sük, xlor, flor, uran
Sulfatlar	300	0,10	kükürd, oksigen, natrium, kalium, magnezium, kalsium, alüminium, dəmir, hidrogen, mis, qurğuşun, sük, barium, stronsium
Xromatlar, molibdatlar, volframatlar	50	ciiz	xrom, molibden, volfram, oksigen, qurğuşun, mis, kalsium, dəmir, manqan, hidrogen
Halogenidlər	150***	ciiz	flor, xlor, natrium, kalium, kalsium, magnezium, alüminium, bor, bəzən litium, hidrogen, oksigen
Cəm	2540	100	

Qeyd: * - sulfidlar sinfinə daxil olan mineralların ümumi miqdarının 0,75%-ni pirit və pirrotin təşkil edir.

** - oksidlərin 13%-i kvarts, 4%-i isə dəmir oksidləri və sudur.

*** - Flörorun və xlorun birləşmələri çox yayılmışdır. Bromun və yodun müstəqil mineralları yoxdur, lakin Azərbaycanın Abşeron yarımadası və Nefçələ yataqları qrupu sənaye sularından metallik və texniki yod və bromun alınmasını nəzərə alaraq bu iki «minerall» həm halogenidlər və həm də sərbəst elementlər siniflərinə daxil etmək olar.

Mendeleyevin dövrü cədvəlində məlum olan elementlərin hamısı müstəqil minerallar yaratmır, onlardan çoxu digər mineralları fəza şəbəkələrindən daha çox yığılır və sənayedə onları bu mineral-yığıcılarında istismar obyektini kimi istifadə olunur. Biza məlum olan elementlərdən 13-nün hər birinin ayrı-ayrılıqda yüzdən yuxarı mineralı var, mineralı 10-dan yuxarı olmayan və yaxud təbii birləşmələr əmələ gətirməyən elementlər azlığı təşkil edir, kimyəvi elementlərin əksəriyyəti 10-dan 100-dək müstəqil minerallar yaradır (cədvəl 48).

Cədvəl 48

Müstəqil mineralıyaradan elementlər

№№		Element		Litosferdəki miqdarı (klar-kı, çəki %-lə)	Mineral-ların sayı
ardı-cıl	atomu sayı	adı	ifa-dəsi		
1	2	3	4	5	6
1	8	Oksigen	O	47,0	1750
2	14	Silisium	Si	29,5	800

48-ci cədvəlin davamı

1	2	3	4	5	6
3	13	Alüminium	Al	8,05	150
4	26	Dəmir	Fe	4,65	290
5	20	Kalsium	Ca	2,96	290
6	11	Natrium	Na	2,50	160
7	19	Kalium	K	2,50	70
8	12	Maqnezium	Mg	1,87	160
9	22	Titan	Ti	0,45	60
10	1	Hidrogen	H	0,15	400
11	6	Karbon	C	$2,3 \cdot 10^{-3}$	80
12	25	Manqan	Mn	0,1	150
13	15	Fosfor	P	0,093	180
14	16	Kükürd	S	0,047	360
15	56	Barium	Ba	0,065	25
16	17	Xlor	Cl	0,017	60
17	38	Stronsium	Sr	0,034	10
18	37	Rübidium	Rb	0,015	-
19	9	Flüor	F	0,066	30
20	24	Xrom	Cr	0,0083	20
21	40	Sirkon	Zr	0,017	12
22	23	Vanadium	V	0,009	35
23	7	Azot	N	0,0019	5
24	29	Mis	Cu	0,0047	160
25	57-71	Lantanoidlər+ (Ce, La, Pr-suz)	Tr	0,0067	-
26	3	Litium	Li	0,0032	13
27	28	Nikel	Ni	0,0058	40
28	58-57	Serium və lantan	Ce, La	0,0063	60
29	30	Sink	Zn	0,0083	60
30	50	Qalay	Sn	0,00025	18
31	27	Kobalt	Co	0,0018	24
32	39	İttrium	Y	0,0039	36
33	82	Qurğuşun	Pb	0,0016	160
34	31	Qallium	Ga	0,0019	1
35	41-73	Niobium və tantal	Nb, Ta	0,0012	60
36	90	Torium	Th	0,0013	20
37	32	Germanium	Ge	0,00014	3
38	55	Seziüm	Cs	0,00037	3
39	4	Berillium	Be	0,00038	24
40	21	Skandium	Sc	0,001	2
41	33	Mərgümüş	As	0,00017	60
42	72	Hafnium	Hf	0,0001	-

48-ci cədvəlin davamı

1	2	3	4	5	6
43	5	Bor	B	0,012	55
44	42	Molibden	Mo	0,00011	9
45	81	Tallium	Tl	0,0001	3
46	92	Uran	U	0,00025	85
47	35,53	Brom və yod	Br, J	0,00024	6
48	74	Volfram	W	0,00013	14
49	34	Selen	Se	0,000005	25
50	48	Kadmium	Cd	0,000013	3
51	51	Sürmə	Sb	0,00005	70
52	83	Bismut	Bi	0,0000009	50
53	47	Gümüş	Ag	0,000007	55
54	49	İndium	In	0,000025	-
55	44,45, 46,76, 77,78	Rutenium, rodium, palladium, osmium, iridium, platin	Ru,Rh, Pd,Os, Ir, Pt	0,0000072	20
56	80	Civə	Hg	0,0000043	3
57	2,10,18, 36,54, 86	Helium, neon, ar- qon, kripton, kse- non, radon	He,Ne, Ar,Kr, Xe,Ra	0,0000001	-
58	52	Tellur	Te	0,00000043	40
59	79	Qızıl	Au	0,00000007	8
60	75	Renium	Re	0,0000001	-
61		Aktinidlər (uran sız və toriumsuz)		-	-

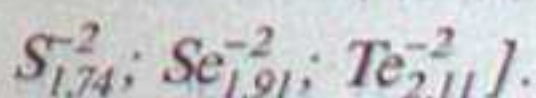
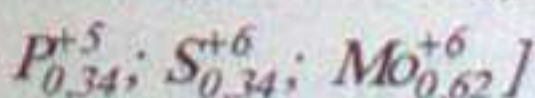
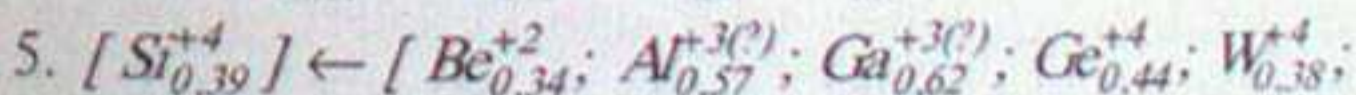
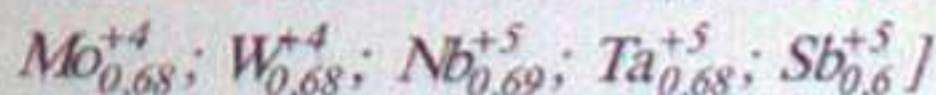
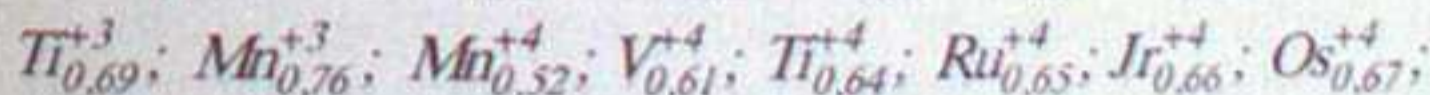
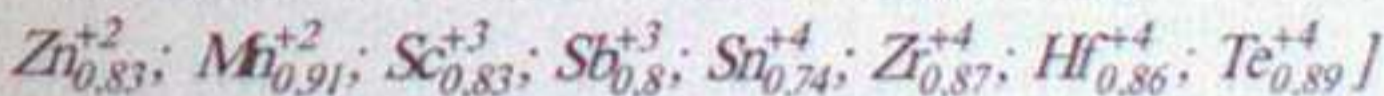
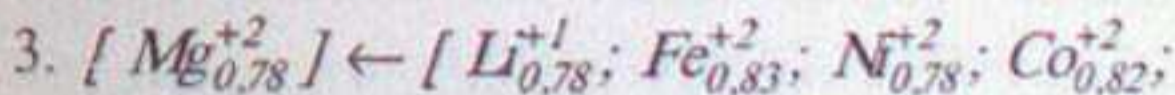
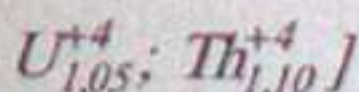
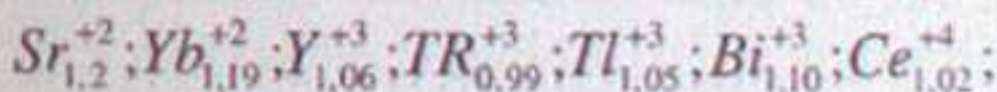
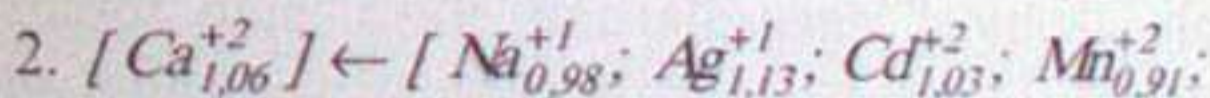
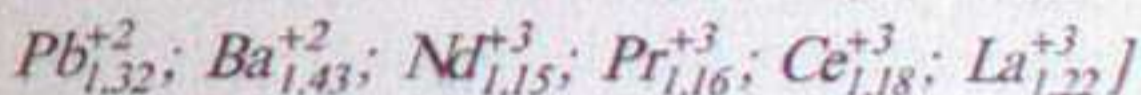
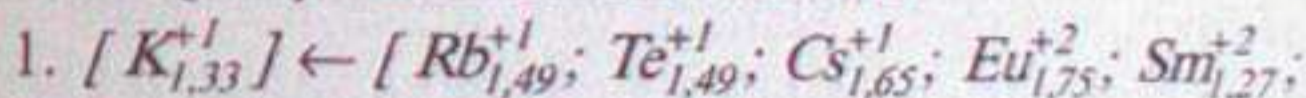
Cədvəllərdən görürük ki, Yer qabığının əsas tərkibinin başlıca komponentləri 14 elementdir: oksigen, silisium, alüminium, kalsium, natrium, kalium, maqnezium, titan, hidrogen, karbon, manqan, barium, fosfor və kükürd. Misin və qurğuşunun minerallarının sayı yüzdən yuxarı olsa da, onlar Yer qabığının quruluşunda müəyyən rol oynamır və ancaq müəyyən sahələrdə təmərküzləşirlər. Digər elementlərin təbii birləşmələri məhduddur və onlardan bəziləri əsasən çox yayılmış mineralların fəza şəbəkələrinə izomorf olaraq girir və müstəqil minerallar yaratmırlar.

ELEMENTLƏRİN MİNERALSIZ YAŞAMA FORMALARI

Mineralsız forma dedikdə, elementin müstəqil mineral yaratmayıb, qeyri-müəyyən qarışıqlar şəklində digər mineralar və s. təbii geoloji törəmələrə daxil olub paylanması nəzərdə tutulur.

Burada aydın məsələdir ki, birinci növbədə izomorfizm özünü göstərir. Bir sıra geoloqlar, xüsusən, V.M.Qoldşmidtin tərəfdarları, ümumiyyətlə, izomorfizmin mineralsız yaşama formasının yeganə üsulu olduğu fikrindədirlər. Bu baxımdan Qoldşmidtin izomorf sıraları nadir metalların axtarışında mütəxəssislərə əsaslı kömək edə bilər.

V.M.Qoldşmidtin izomorf sıraları:



Sıralardakı sətirin başında kiçik mötərizələrdəki elementlər əsas, başqa elementlər isə əvəzedici hesab olunur.

Təbii birləşmələrdəki qarışıqların hamısını izomorfizm ilə izah etmək, əlbəttə, düzgün deyil. Məsələn, kvarsda ($Si_{0,39}^{-4}, O_{1,32}^{-2}$) verilən sıraya istinad etsək, izomorfizmin tələbatına uyğun kation kimi germaniumu gözləmək lazımdır, daha sonra onun şəbəkəsinə berillium «buraxıla» bilər və fosfor ilə kükürd də «işğal» oluna bilər ki, biz bunu təbiətdə görmürük və yəqin ki, bu mümkün deyildir. Anionlardan kvars tərkibli birləşmələrdə ancaq hidroksil qrupu və florun iştirakı qanunidir. Geokimyəvi təcrübə göstərir ki, kvarsda həmişə dəmir, qurğuşun, uran, qallium, mərgümüş, sürmə, haloidlər və bir sıra başqa kation və anionlara təsadüf edilir. Eyni hadisə kassiterit, sfalerit, maqnetit, hematit və s. minerallar üçün də xasdır. Corc Neyerberq (1956) eyni tərkibli və yanaşı iki kristalın tərkibində uranın müxtəlif miqdarlarını müəyyənləşdirmişdir.

Deməli, izomorf qarışıqlardan əlavə, sülb törəmələrin başqa formaları da var və onlarda element-qarışıqlar ola bilər ki, təsadüfi tərkib hissələridir. Belə qarışıqlara A.İ. Betextin yalançı məhlullar adını vermişdir. Psevdoməhlulların (psevdo - yalançı deməkdir) başlıca xüsusiyyəti onların kristallarında qarışıqların qeyri-bərabər paylanmasıdır.

Müstəqil mineral yaratmayan elementlərin yaşayış formalarından biri də onların süxurlardakı məsamə məhlullarında iştirakıdır. Məlumdur ki, süxur və minerallar nə qədər quru olsalar da müəyyən miqdarda nəm saxlayırlar. Bu nəm incə molekulyar örtük kimi maddədəki məsamələrin divarlarını örtür. Qalınlığı molekulun həcmindən artıq olmayan molekulyar örtük suları bütün təbii sülb kütlələri, daxili və xarici dənələrarası və kristaldaxili (səthi və parçalanma) səthləri nazik qatla örtür. Süxurlar yüksək dərəcədə qızdırıldıqda onlar xaric olur. Molekulyar örtük, başqa sözlə, məsamə məhlulları süxurların ayrılmaz tərkib hissələridir və heç də təsadüfi deyildir ki, silikat analizlərinin nəticələrində xüsusi olaraq qızdırılma zamanı itki (qzi) başqa oksidlərlə bir sırada durur.

Suların universal həlledici olduqları məlumdur. Bu xüsusiyyət suların minerallarla toxunması zamanı özünü büruzə verir. Məsamə sularında həmişə müəyyən (cüzi) miqdarda həll olmuş kation və anion, hətta neytral atomlar olur. Bu anion və kationlar mineralların fəza şəbəkələrinə daxil olmur və məsamə molekulyar örtüyü onların həyat (yaşama) formasıdır.

Minerallarda çox zaman sülb, maye və qaz halında soxulmalar (mötəvilər) müşahidə olunur. N.P.Yermakov (1950, 1975) bu soxulmaları üç sinifdə cəmləşdirir:

1. Bərkimiş soxulmalar. Belələri şişəşəkilli, yaxud da kristallaşmış olub, maqmatik xəlitə tərəfindən onun yerin qabığının dərinliklərindən səthə doğru hərəkəti zamanı tutulmuşlar;

2. Maye, yaxud əsasən maye soxulmalar. Onlar bir fazalı (ancaq maye), iki fazalı (maye və qaz) və çox fazalı (maye, qaz və sülb) ola bilərlər. Maye soxulmalar hidrotermal məhlulların reliktləri hesab olunurlar;

3. Qaz və ya əsasən qaz soxulmalar. Bunlar həmçinin bir, iki və çox fazalı olub hidrotermal məhlulların uçucu komponentlərinin reliktləri sayılırlar.

Axırncı iki sinif element-qarışıqların iştirakı baxımından maraqlıdır.

Maye mötəvilərdəki mineral məhlullar çox qatı olur. Hidrotermal mənşəli yataqların kvars damarlarındakı maye soxulmalarda hərdən NaCl-un miqdarı 53-54%-ə çatır, ümumi minerallaşma isə 70-75%-olur. Konsentrasiya dərəcəsi nəzərə alınarsa, belə məhlullar hidrotermal rapalar adlandırıla bilər. Laboratoriya şəraitində belə məhlulları almaq mümkün olmamışdır.

Maye mötəvilərin tərkibi, birinci növbədə onların götürüldükləri mineralların tərkibindən asılıdır. Onların tərkibində, adətən xlorlu natrium, nisbətən az qələvi və qələvi-torpaq elementlərin xloridləri, ftoridləri, karbonatları və sulfatları olur, silisium, alüminium oksidlərinin və bəzi ağır metalların həll olması qeyd olunur. Qaz komponentləri arasında CO₂,

H₂S, N₂, bəzən borat turşusu və amonyak müəyyənləşdirilir, müstəsna hallarda üzvi birləşmələr də var.

ELEMENTLƏRİN YAŞAMASININ DAĞINIQ VƏ TƏMƏRKÜZLƏŞMİŞ FORMALARI

Müstəqil mineral yaradıb-yaratmamasından asılı olmayaraq müxtəlif süxurları təmsil edən ümumi sınaqda miqdarı klarka yaxın və ya klark qədər olan elementləri dağı- nıq elementlər adlandırırlar.

Elementlərin təmərküzləşmiş halı dedikdə, yataqlar başa düşülür. Yataqların təmərküzləşmə klarkları vahidlə (dəmir) onun on mində bir (civə, qızıl) hissəsi arasında dəyişir. Maraqlı burasıdır ki, yüksək orta klarkları olan geniş yayılmış elementlərin təmərküzləşmə klarkları az yayılmış elementlərə nisbətən aşağı olur (cədvəl 49).

Cədvəl 49

Bəzi metalların təmərküzləşmə klarkları

№	Metal	K ₁ , %	Sənaye filizlərində miqdarı, %			K _k
			zəngin	sırası	kasıb	
1	2	3	4	5	6	7
1	dəmir	4,65	62	35-40	25-ə dək	5-12
2	mis	0,0047	3	1-3	0,5-1	100-600
3	qurğuşun	0,0016	5	2-5	1-2	525-3100
4	sink	0,0083	-	4	-	500
5	nikel	0,0058	3	1-3	0,5-1	80-465
6	kobalt	0,0018	1	0,1-0,9	0,1-0,01	10-1000
7	qalay	0,00025	0,5	0,2-0,5	0,1-0,2	200-1000
8	volfram	0,00013	0,4-1,0	0,15-0,8	0,08-0,15	500-1000
9	molibden	0,00011	0,3-1,0	0,3-1,0	0,1-0,5	350-1000
10	civə	0,0000083	-	0,5	-	420000
11	qızıl	4,3·10 ⁻⁷	100 q/t	10 q/t	1 q/t	1000-10000

Yer qabığında sənaye əhəmiyyətli filiz yataqlarının miq- darı məhduddur, XX əsrin axırında bir sıra metalların ehtiyat- ları artıq tükənməkdədir. Məsələn, dərin eroziyaya məruz

qalmış qranitoid massivlərinə rast gəlinir ki, onlarla genetik bağlı olan yataqlar Yer üzündən tamamilə silinmişlər. Yaxud neft-qaz əyalətlərinin geniş sahələrində qumlu-şistli süxurlar eyni tərkibli olub, filiz minerallaşması əlaməti daşıyırlar. ABŞ-ın, o cümlədən Alyaskanın 9 milyon kv.km olan 191 ərazisində qalayın, xromun, manqanın, bir sıra nadir metalların bir dənə olsa da sənaye əhəmiyyətli yığılı yoxdur. Belə sahələrdə elementlər çöküntü və süxurlar içərisində dağınıq halda olub, yataq yaratmırlar. Yataqların ehtiyatı tükəndikdən sonra klark miqdarlı dağınıq şəkildə hər hansı metalı saxlayan süxurlar öz-özlüyündə xammal mənbələrinə çevriləcəklər. Deyək ki, Kəlbəcər və Laçın rayonlarının ultraəsasi süxurlarından nikel çıxarılacaq, xromun xırda toplantıları istifadə olunacaq, civə yataq və təzahürləri bərpa olunacaq, bu rayonların, daha sonra Ordubadın, Daşkəsənin, Gəncənin cənubunun, Gədəbəyin, Şəmkirin, Qazağın və s. rayonların qranitoid massivləri nadir metal çıxarılması üçün mineral bazası olacaqdır. Talışın qələvi-qabbroidləri öyrəniləcək və dəniz kənarının titanlı maqnetit qumları, ətraf mühitə zərər verməmək şərtilə xalq təsərrüfatının istifadəsinə veriləcəkdir. Balakən-Şəki zonasında geniş inkişaf tapmış milyardlarca kub metr olan gilli şistlər alüminium üçün mineral xammalına çevriləcəkdir və s.

Deməli, təbiətdə kimyəvi elementlər mineral (təbii birləşmə) izomorf qarışıq, molekulyar örtük məhlulları, mexaniki qaz, maye və sülb şəkilli soxulmalar şəklində yaşayırlar. Birinci iki forma başlıcadır, axırını iki formaya isə petrogenesis və gələcək mineral xammallarının yeni sahələrinin müəyyənləşdirilməsi məqsədilə fikir verilməlidir.

YER QABIĞINDA ELEMENTLƏRİN YAŞAMASININ ƏSAS XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Müxtəlif kimyəvi elementlər və onların qrupları Yer qabığında qeyri-bərabər paylanmış, lakin onların yerləşməsində müəyyən qanunauyğunluq vardır. Bu qanunauyğunluğun üzə çıxarılması üçün birinci növbədə maqmatik süxur komplekslə-

rinə fikir verilməlidir, onların petrologiyası və geokimyası ətraflı analiz edilməlidir. Bilirik ki, Yer qabığının ümumi həcmnin 95%-ni maqmatik törəmələr təşkil edir. Litosferin üst qatında elementlərin paylanması xüsusiyyətlərinə V.İ. Vernadski, A.Y. Fersman, K. Rankama, T. Saxama və b.-nin xüsusi əsərləri həsr olunmuşdur. Biz müasir geokimya elminin nailiyyətlərini və adı çəkilən müəlliflərin işlərini nəzərə alaraq Yer qabığında elementlərin yaşamasının əsas xüsusiyyətləri barədə qısa məlumat veririk.

Oksigen, silisium, alüminium, dəmir, kalsium, natrium, kalium və maqnezium minerallar aləminin başlıca siniflərini - oksidləri, silikatları və karbonatları yaradan əsas elementlərdir. Yer qabığının 98,7%-i bu siniflərin törəmələrindən ibarətdir. Bu səkkiz elementin klarklarının cəmi 99,64%-dir. Göstərilən iki rəqəmin yaxınlığı həmin elementlərin litosferdə başlıca olaraq minerallar şəklində yaşamasının sübutudur.

Adı çəkilən 8 elementin, demək olar ki, bütünlüklə süxuryaradan minerallarda toplanmasını isbat etmək üçün müəyyən süxurlarda onların kimyəvi və mineraloji miqdarını göstərən analizlərin nəticəsini müqayisə etmək kifayətdir. Belə iş qranitoidlər üçün P.N.Çirvinskiyin (1910), A.N.Zavariskinin (1956), S.S.Kuznetsovun (1956) materialları əsasında N.İ.Safronov tərəfindən yerinə yetirilmişdir və Azərbaycan qranitoidlərinə aid məlumatımız ilə bir yerdə cədvəllər şəklində nümayiş etdirilir (cədvəl 50, 51).

Cədvəl 50

Qranitoidlərin mineraloji tərkibi

Süxur	Çəki %-i ilə mineralların miqdarı							
	Ortoklaz	Plaqioklaz	Kvars	Biotit	Hornblend	Piroksen	Maqnetit	cəmi
Byut-Montana qraniti	18.72	42.05	21.28	9.36	5.07	2.43	0.89	100.0
Qars. İlzenşteyn qraniti	34.50	24.83	37.52	3.0	-	-	0.15	100.0
Azərbaycan. Gəncə/Qızılqaya-Uçtəpə/qraniti	41.5	25.5	26.5	6.0	-	-	2.0	98.5*
Sathə yaxın qranit	28.5	35.5	27.5	5.0	2.5	-	1.0	100.0

Qeyd: * - Azərbaycan qranitinin ümumi çəki %-də çatmayan 1,5% törəmə mineralların hesabıdır; onu ortoklaz və plaqioklaz arasında tən bölmək olar.

**Qranitoidlərin kimyəvi və mineraloji
tərkiblərinin müqayisəsi**

Süxur	Analizin növü	Kütlə %-ləri ilə elementin miqdarı							
		O	Si	Al	Fe	Ca	Na	K	Mg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Qranitoid	Tamam, kimyəvi	48,04	30,17	8,46	3,53	2,87	2,10	3,54	1,29
	Hesablanmış mineraloji	47,94	30,51	8,74	2,93	3,13	2,51	2,96	1,28
	fərq (%-lə)	-0,2	1,1	3,3	-17,1	8,3	19,5	-16,4	0,8
Qranit	Tamam, kimyəvi	49,46	25,07	6,94	1,64	0,35	1,83	4,61	0,10
	Hesablanmış mineraloji	49,46	36,36	6,39	0,58	0,30	2,70	4,0	0,21
	fərq (%-lə)	0	3,5	-8,0	-64,6	-14,3	32,2	-13,2	-110
Səthə yaxın qranit	Tamam, kimyəvi	48,86	32,97	7,9	2,50	1,43	2,59	3,43	0,53
	Hesablanmış, mineraloji	48,65	33,46	7,66	1,80	1,30	3,04	3,55	0,54
	fərq (%-lə)	-0,4	1,5	-0,4	-28,0	-9,1	17,4	3,5	2,0

Qeyd: Azərbaycan ərazisindəki qranitoidlərin hamısı səthəyaxın (hipabissal) şəraitdə yaranmışlar.

Müqayisə göstərir ki, 4 elementin – oksigen, silisium, alüminium və maqneziumun miqdarları cüzi dəyişmə ilə uyğundur, digər mineralların miqdarı isə azacıq mineraloji tərkibdən kənara çıxır. Maqneziumun və dəmirin oksidlərinin mineraloji tərkibə qeyri-uyğunluğu onların qranitoidlərdəki azlığı və minerallarının şəffaf şliflərdə təyinatının çətinliyi ilə izah olunur.

Çökmə süxurlarda *O, Si, Al, Fe, Ca* və *Mg* əsas mineralyaranadanlar kimi öz xüsusiyyətlərini saxlayırlar, *Na* (məhlullara keçdiyindən) və *K* (torpağa sorbsiya etdiyindən) isə yeni xassələrlə özlərini göstərirlər.

Dəmirin maqmatik, metasomatik (skarn) və çökmə, alüminiumun – çökmə, az temperaturu hidrotermal-metasomatik və qalıq genezisli sənaye əhəmiyyətli konsentrasiyaları məlumdur, kalium və natrium isə çökmə çuxurlarda toplanır. Deyilənlərə əyani misal olaraq Azərbaycandakı Daşkəsən skarn-dəmir və hidrotermal-metasomatik alüminiumu, Naxçıvanın Duzlaq, Nehrəm, Püsyən daş-duz yataqlarını göstərmək olar.

Xarakterizə edilən 8 elementin Yer qabığındakı ümumi miqdarının təxminən 1%-i səpələnmiş haldadır və mineral formasız yaşayır.

Ti, H, C, P, S və *Zr* maqmatik süxur komplekslərindəki aksesor mineralların başlıca tərkib hissələridir; karbon bundan əlavə çökmə süxurların və üzvi aləmin başlıca komponentlərindəndir.

Titanın Yer qabığındakı miqdarının 90%-ə qədəri, onun müstəqil mineralları – ilmenitin, rutilin və sfenin tərkibinə girir. Xarici təsirlərə davamlı olduqlarından bu minerallar çökmə süxurlarda toplantılar da yaradırlar. Titanın qalan 10%-i biotitin, floqopitin, piroksenlərin və amfibolların daxilində paylanır. Sənayedə titan əsasən maqmatik süxurlardan əldə edilir. Lakin onun çökmə genezisli yataqları da var. Azərbaycanda Xəzər dənizinin Astara-Lənkəran sahilində milyonlarla ton ehtiyatı olan titanlı maqnetit qumları, Daşkəsənin titanlı maqnetit qumdaşları bu metalın çıxarılması üçün vacib baza ola bilər.

Hidrogenin Yer qabığındakı əsas miqdarı suda (su mineral hesab olunur; buz heksoqonal sinqoniyada kristallaşır) və hidrooksidlərin, mikaların, bir sıra amfibolların, apatitin və s. tərkibindəki *OH* qrupunda cəmlənmişdir. Gips, epsomit, mirabilit və s. kimi mineralların vacib tərkib hissəsi sudur. Hidrogenin bir qismi mineral yaratmadan müsbət və mənfi ionlar şəklində litosferdə dağınıq halında yaşayır.

Karbon Yer qabığında maqmatik mənşəli karbonatitlərdə, çökmə əhəngdaşlarında, dolomitlərdə, mergellərdə və aksesor karbonatlar şəklində bütün süxurların hamısında paylanmışdır. Bu elementin çox cüzi miqdarı qrafit və almaz şəklindədir. Yanacaq mineral xammalının – neftin, daş kömürün, qazın başlıca tərkib hissəsi karbondur. Minerallara daxil olmayan karbon *CO₂* və *CO* formasında məsamələrə və molekulyar-örtük suların tərkib hissəsinə daxil olur. Yer tipli planetlərin atmosferinin əsasını karbon qazı təşkil edir. Karbon üzvi aləmin vacib elementidir.

Fosforun maqmatik süxurlardakı 95%-i apatidlərdə toplanmışdır. Yerdə qalan hissənin çoxu sirkonun və qranatların tərkibinə daxil olur. Çökmə süxurlarda fosforun fosforitlər şəklində sənaye əhəmiyyətli yataqlarına təsadüf edilir. Belə yataqlar respublikamızın Naxçıvan Muxtar Respublikasında və Cənubi Azərbaycanda mövcuddur. Fosfor da karbon kimi üzvi aləmin vacib elementidir. Onu demək kifayətdir ki, insanın dişİ fosforun başlıca mineralı apatitdən heç bir şeylə seçilmir.

Kükürd Yer qabığında başlıca olaraq sulfidlərin yaranmasına sərf olunur. Çökmə sulfatların (gips, anhidrit) əsas komponentlərindən biri kükürddür. Başqa minerallarından sərbəst kükürdü və skapoliti göstərmək olar. Mineralsız yaşayan kükürd SO_2^{2-} SO_3^{2-} ionları şəklində məsələlərin və molekulyar-örtük sularının tərkibinə daxil olur.

Kükürdün geokimyada əhəmiyyəti böyükdür. Elementlərin böyük bir qrupu kükürdlə birləşmələr yaratmağa təmayül edir və V.M.Qoldşmidtin geokimyadakı təsnifatının xalkofil qrupuna daxil olurlar.

Sirkonun Yer qabığındakı başlıca mineralı sirkondur. Maqmatik süxur komponentlərində, ələlxüsus turş və turş-orta tərkibli plutonlarda sirkon aksesör mineral kimi iştirak edir, sənaye əhəmiyyətli yığımlar vermir. Lakin onların aşınması zamanı xarici təsirlərə davamlı və sabit olduğundan çaylar vasitəsilə çökmə süxurlara miqrasiya edərək iri yataqlar yaradır. Sirkondan müasir sənayenin vacib metallarından olan hafnium da əldə edilir. Element- qarışıq kimi başqa aksesör və süxuryaradan mineralların tərkibində də onların kristallik şəbəkəsində müəyyən yer tuta bilər.

Cr, Y, La, Ce, F, Cu, Cl, Ni, Os, Ir, Pt və Mn Yer qabığında müxtəlif genezisli müstəqil minerallar şəklində tapılırlar. Element – qarışıq kimi geokimyəvi qohum metalların kristallik şəbəkələrinə daxil ola bilərlər. Müxtəlif klarkları ilə seçilirlər.

Xrom əsasi və ultraəsasi süxurlarda müstəqil aksesör minerallarını (xromit, pikotit) yaradır və izomorf olaraq şpi-

nelin, qranatın, diopsidin, epidotun fəza şəbəkəsinə daxil olur. Onun izlərinə bir qayda olaraq, avgitdə, hornblenddə, olivində, forsteritdə, biotitdə, muskovitdə təsadüf olunur.

Ultraəsasi süxurlarda əlverişli fiziki-kimyəvi və geoloji-struktur şəraitdə xromitin iri yataqları formalaşır. Misal olaraq Azərbaycanda Kəlbəcər və Laçın rayonlarındakı bir sıra xrom yataqlarını (Göydərə, Xəlifəlik, İpək və s.) göstərmək olar. Maraqlı burasıdır ki, geoloji ədəbiyyatda filiz sahəsi anlayışı Kəlbəcərin və Basarkeçərin xromit təzahürlərinin tədqiqi nəticəsində müəyyən olunmuşdur. 1939-cu ildə Basarkeçərdəki Göyçə və Kəlbəcərdəki Göydərə yataqları sahəsində 30-40-a qədər o qədər də böyük olmayan xromit kütlələri qeyd etmiş A.İ. Betextin onları iki qrupda cəmləşdirmiş və filiz sahəsi adlandırmışdır.

İttrium və lantanoidlər təbiətdə bir yerdə tapılır və geokimyəvi ailə təşkil edirlər. İttrium, lantan və serisiumun müstəqil mineralları vardır. Onlar kristallik şəbəkələrində azacıq da olsa digər nadir torpaq elementlərini saxlayır və aksesor minerallar kimi maqmatik süxurlarda tez-tez təsadüf olunan allanit, monasit, ksenotim, qadolinit və s.-dir.

Apatitlərin, flüoritin, sfenin, epidotun, soizitin, sirkonun, qranatın tərkibində nadir-torpaq elementləri qarışıqlar kimi iştirak edirlər. Mülahizə olunur ki, qranitoid plutonlarında lantanoidlərin başlıca mineral-daşıyıcısı biotitdir. Lantanoidlər peqmatitlərdə sənaye əhəmiyyətli yığımlar yarada bilərlər.

Ftor və xlor haloidlərin müstəqil mineralı yarıdan nümayəndələridir. Flüor, ftor-apatitlərin və flüoritin əsas tərkib hissəsidir. Son illərin eksperimental tədqiqatları göstərir ki, maqmatik süxur komplekslərində flüorun başlıca hissəsi hidroksil qrupu daşıyan silikatlarda yığılır. Maqmadan sonrakı fəaliyyət zamanı flüor flüorit, topazın, ambliqonitin, lepidolit, apatitin və s. tərkibinə daxil olur. Xlor maqmatik süxurlarda xlor-apatitin, çökmə süxurlarda isə halitin, silvinin yaranmasında iştirak edir. Hər iki elementə element-qarışıq kimi müxtəlif minerallarda təsadüf olunur.

Mis və nikel digər az klarklı metallardan fərqli olaraq, əsasi və ultraəsasi süxurlarda müstəqil sulfid mineralları (xalkopirit, hərdən bornit, kubanit, pentlandit, pentlandit-pirrotin sırasının qarışıq törəmələri) şəklində iştirak edir və əlverişli geoloji şəraitdə sənaye əhəmiyyətli yığımlar yaradırlar. Hər iki metalın müxtəlif tərkibli, maqmadan sonrakı konsentrasiyaları da məlumdur. Oksidləşmə zonasında misin və nikelin çoxlu miqdarda törəmə mineralları əmələ gəlir. Turş maqmatik süxurlarda mis müstəqil minerallar yaratmır və qarışıq kimi rəngli silikatların tərkibinə daxil olur. Nikel isə element-qarışıq kimi maqmatik silikatların (hipersten, biotit) və aksesor sulfid minerallarının (pirit, pirrotin) tərkibində iştirak edir.

Nikelin sənaye əhəmiyyətli yataqları maqmatik, misinki isə maqmatik və hidrotermal mənşəlidir. Çökmə mənşəli mis yataqlarına (misli qumdaşları, misli şistlər) da rast olunur.

Geokimyəvi nöqteyi-nəzərdən misin və nikelin qohumluğu hər iki metalda xalkofilliyn və siderfilliyn, dəmirə və kükürdə yaxınlığın eyni dərəcədə inkişafı ilə izah olunur. Mendeleyev cədvəlinin 4-cü dövrünün K-la başlanan birinci yarım dövrü nikellə (atom №-si 28-dir) bitir, 2-ci yarım dövr isə mislə (atom №-si 29-dur) başlayır və kriptonla nəticələnir. Beləliklə, yüksək siderofil nikellə, birinci xalkofil mis arasında geokimyəvi qonşuluq müşahidə olunur. Buna görə də, mis və nikelin likvasion yataqlar yaratması, onların maqmatik xəlitədə iştirakının sulfid və silikat xəlitəsinin müəyyən temperatur da bölünməsi hadisəsi geokimyəvi əsaslandırılır.

Osmium, iridium və platin ultraəsasi və əsasi süxurlarla fəzavi və genetik olaraq bağlıdırlar. Onların bu süxurlarda sırserskit, nevyanskit, poliksenit kimi aksesor mineralları var. Lakin platinoidlərin çoxu pirrotin-pentlandit sırası sulfidlərində toplanır və sülb məhlullar əmələ gətirirlər. Xromit müəyyən miqdarda platinoid saxlayır. Ümumiyyətlə, silikatlarda platinoidlər cüzi yığılır və çox zaman soxulmalar şəklindədirlər. Bir sıra niobatlar, tantalatlar, sirkonatlar, kassiterit

və molibdenit kimi minerallar element-qarışıq halında platin, iridium və osmium saxlaya bilər.

Platinoidlərin başlıca yataqları əsasi və ultraəsasi süxurlardadır. Platin və onun qarışığı olan digər platinoidlər sabit olub, adı çəkilən süxurların aşınması zamanı çay çöküntülərində toplana bilərlər. Ona görə də çox zaman biz çayların, o cümlədən bizim respublikanın mərkəzi hissəsini kəsən çayların allüvial çöküntülərində platinoidlərə tez-tez təsadüf edirik.

M a n q a n maqmatik süxurlarda öz təbii birləşmələrini yaratmır və ikivalentli dəmirin yolçusu kimi (periodik sistemdə manqanın atom №-si 25, dəmirinki isə 26-dır) rəngli silikatların (biotit, hornblend və s.) tərkibinə daxil olur, kalsiumlu plaqioklazlarda iştirak edir.

Manqanın minerallarına metamorfik və çökmə süxurlarda, aşınma və oksidləşmə zonasında təsadüf edirik. Hidrotermal mineralları məlumdur (psilomelan, vad, pirolüzit və s.). Sənaye əhəmiyyətli yataqları çökmə və metamorfik süxurlardadır. Azərbaycanda Daşkəsənin yaxınlığında Molla Cəlilli manqan yatağının perspektivi hələ ki, müəyyənləşdirilməmişdir.

Li, Be, B, Nb, Ta və Th nəzərə çarpacaq təbii birləşmələr əmələ gətirmir, hər halda kifayət qədər mineralları vardır. Bu elementlərin bəziləri barəsində ayrıca məlumat veriləcəkdir.

B o r maqmatik və metasomatik süxurlarda öz mineralalarını yaradır, hidroksil qrupu olan silikatların (biotit və amfibolların) fəza şəbəkəsinin müəyyən düyümlərini işğal edir. Maqmatik xəlitədə borun konsentrasiyası artıq olduqda bor-daşıyan turmalin əmələ gəlir. Bu, petrogenезisin müəyyən problemlərini həll etməyə kömək edir. Məsələn, Azərbaycanda Gəncə şəhərinin altındakı Qızılqaya-Üçtəpə və Gədəbəy intruzivlərindəki turmalinlərin tərkibində 1%-ə qədər bor var və bu onu göstərir ki, həmin intruzivlərin geoloji və fiziki-kimyəvi yaranma şəraiti Kiçik Qafqazın şimali-şərq yamacının başqa turş plutonlarından əsaslı sürətdə seçilir və bu amildən geoloji-kəşfiyyat işlərində əsaslı istifadə etmək olar.

Borun mütəhərrikliyi maqmada və maqmadan sonrakı proseslərdə özünü büruzə verir.

Cavan geoloji əyalətlərin duzdaşıyan sahələrində, həmçinin borun sənaye əhəmiyyətli yığımlarının mövcudiyyəti mümkündür. Azərbaycanda Naxçıvan qarışıqlıq əyalətində bora həm çökmə süxurlarda, həm də intruziv (Ordubad plutonu) və ekstruziv (İlandağ, Ərəzin, Noraşen, Qazançı, Kərimquludizə və s. kütlələr) massivlərdə datolit, aksinit və s. minerallar şəklində təsadüf olunur.

Torium vacib radioaktiv metallardan biridir və təbiətdə özünü aparmasına görə nadir-torpaq və qələvi-torpaq elementlərlə müəyyən oxşarlığa malikdir. O, adətən, element-qarışıq kimi monasitin, allanitin, ksenotimin və başqa aksesor mineralların kristallik şəbəkəsinə daxil olur. Lakin toriumun başlıca hissəsi sirkonda təmərküzləşir. Beləliklə, təbiətdə nisbətən çox yayılmış və Azərbaycanın qranitoid plutonlarında da zənginləşmiş sahələr yaradan sirkon, müasir texniki tərəqqinin başlıca metallarından ikisinin - hafniumun və toriumun sənaye yığımlarının göstəricisidir.

Mineralyaratma proseslərinin peqmatit mərhələsində torium öz müstəqil minerallarını yarada bilər.

Zn, Pb, Sn, Mo, W, U, Co, Hg, Ag, Au, As, Sb, Bi, Se, Te, Sr, Ba, V maqmatik və çökmə süxurlarda müstəqil təbii birləşmələr əmələ gətirmirlər, lakin izomorf olaraq süxuryaradan mineralların fəza şəbəkələrinə daxil ola bilərlər. Stronsium müəyyən fiziki-kimyəvi şəraitdə qapalı hövzələrdə, çökmə süxurlarda stronsianit və selestin kimi minerallar yaradır.

Sink maqmatik süxurlarda ikivalentli dəmir və maqneziumu izomorf əvəz etməyə cəhd edir və deməli, biz onu bir sıra orto və metasilikatlarda gözləməliyik. Belə minerallar arasında sinkin mineral daşıyıcıları biotit, amfibollar, dəmirli, maqneziumlu piroksenlərdir (enstatit, ferrosilit və s.). Metamorfik süxurlarda sinkin müstəqil mineralları (şpinellər qrupundan franklinit və s.) var.

Sink süxurlardan müxtəlif törəmə proseslər nəticəsində asanlıqla çıxarılır və bu da onun məsamə məhlullarının molekulyar-örtük təbəqələrində iştirakına sübutdur.

Sinkin sənaye əhəmiyyətli yığımları hidrotermal yataqlarda toplanır, qurğuşun və mis ilə sıx bağlı olur. Məsələn, Naxçıvanda Gümüşlük və Ağdərə qurğuşun-sink, Qarabağda Mehmana qurğuşun-sink, Balakəndə Filizçay sink-qurğuşun-mis və s. iri sənaye əhəmiyyətli yataqlar var. Bunlardan axıncısı Filizçay Avropanın ən iri mis-polimetallik yatağıdır. Yatağın yüz milyon tondan artıq filizi var və ətraf mühitə zərər verməyən texnologiya işlədildikdən sonra onu xalq təsərrüfatının istifadəsinə vermək mümkün olacaqdır. Filizçayın təmsalında müəyyən edilmişdir ki, iri mis-polimetallik yataqlarında Zn:Pb:Cu nisbəti 2:1:0,5 kimidir. Belə qanunauyğunluq qurğuşun-sink-mis yataqlarının ehtiyatının hesablanması və gələcəyinin müəyyənləşdirilməsini xeyli yüngülləşdirir.

Qurğuşun təbiətdə, demək olar ki, həmişə sinklə birlikdə təmərküzləşərək yataqlar yaratsa da (sinkin atom №-si 30, qurğuşunun isə 82-dir), geokimyəvi xassələrinə görə ondan seçilir. Sinkdən fərqli olaraq qurğuşun əsasi və ultraəsasi süxurlara nisbətən qranitoidlərdə daha çox paylanır. Silikat və fosfatlarda ikivalentlidir, kaliumla heterovalent və kalsiumla izovalent, həddüdü izomorfizm verir. Kalişpatların, mikaların, apatitlərin, monoklinik piroksenlərin, epidotun, flüoritinin monomineral analizləri onlarda həmişə qurğuşunun olduğunu göstərir. Mülahizə olunur ki, qurğuşunun maqmatik süxurlarda iştirakı məsamə məhlulları ilə bağlıdır. Son illər qranitoidlərdə, o cümlədən Ordubad plutonunun süxurlarında aksesori quruluşuna təsadüf edilmişdir.

Metalin başlıca miqdarı Yer səthinə yaxın gedən orta temperaturu hidrotermal proses nəticəsində təmərküzləşir. Temperatur aşağı endikdə və təzyiq azaldıqda qurğuşunun başlıca sulfidi qalenit baritlə bir assosiasiya yaradır. Buna parlaq misal Azərbaycanın Çovdar yatağıdır.

Qalayın vətəni, adətən, Cənubi-Şərqi Asiya sayılır. Keçmiş SSRİ-dəki iri yataqlardan başqa, Molukk (Birma-

İndoneziya) qalay qurşağı keçir. Metalın başlıca mineralı kassiterit hidrotermal-metasomatik prosesin yüksək temperaturlu mərhələsində yaranan qreyzenlərdə toplaşır. Mülahizə olunur ki, süxuryaradan silikatlarda qalay ikivalentli dəmiri və kalsiumu izomorf əvəz edə bilər. Lakin bu fikir şübhə altındadır, belə ki, qalay xalkofil, kalsium litofil və dəmir siderofil elementlər olub, müxtəlif geokimyəvi ailələrin nümayəndələridirlər və Mendeleev cədvəlində müxtəlif qruplarda qərar tuturlar. Qranitoid massivlərinin aksesor mineralları içərisində kassiterit də var. Müəyyən sərhəd daxilində qalay maqmatik süxurlardakı geokimyəvi qohum mineralların fəza şəbəkəsinə daxil olur, bu hədd keçildikdən sonra metalın artıq miqdarı kassiteritin yaranması ilə nəticələnir. Metal xüsusən mikalarda toplanır. Bu işi bizim vyetnamlı mütəxəssis Dao Man Tyenlə Cənubi-şərqi Asiyanın qranitoidlərində apardığımız tədqiqatlar hərtərəfli sübut edir.

Element-qarışıq şəklində qalay titan, titan-niobat və volfram minerallarında peqmatitlərdə və hidrotermal-metasomatozun yüksək temperaturlu mərhələsində biotitdə, turmalində, plaqioklazlarda, temperatur endikdə, flüoritdə, qalenitdə, xalkopiritdə, nadirən pirit və pirrotində toplana bilər. Sənaye əhəmiyyətli yığımları peqmatitlər, qreyzenlər və hidrotermal-metasomatitlərlə bağlıdır. Azərbaycanda qalayın klarkdan yuxarı miqdarına və metalın axtarılmasının perspektivli sahələrinə Qazax-Ağdam zonasının qranitoidlərinin təmas zolaqlarında təsadüf edilmişdir. Respublikamızda bu metalın axtarılması üçün lazım olan bütün əlamətlər var.

Molibden öz sənaye əhəmiyyətli yığımlarını turş intruziv süxurlarla, lakin qalaydan fərqli olaraq çox vaxt mislə sıx qohumluqda yaradır. Molibdenin miqdarı müxtəlif süxurlarda o qədər də kəskin dəyişmir və onun artımı ultrasəsi süxurlardan qranitoidlərə doğru tədricidir. Metalın izomorf qarışıqlar yaratma qabiliyyəti o qədər də yüksək deyildir. Son illər molibdenin başlıca mineralı molibdenitə aksesor törəmə kimi turş intruziv süxurlarda təsadüf edilir, lakin onun element-qarışıq kimi miqdarı belə süxurlarda daha artıqdır. Ana-

lizlər göstərir ki, molibdenin müxtəlif minerallarda yığılması mümkündür. Belə minerallar sırasına çöl şpatları, piroksenlər, mikalar, amfibollar və xüsusən maqnetit və ilmenit daxil edilir. Biz bu barədə «Geokimyəvi xüsusiləşmə» bölməsində Azərbaycan materialı əsasında daha ətraflı məlumat verəcəyik.

Uran və onun geokimyəvi qohumlarının - aktinidlərin başlıca mənbəyi qranitoidlərdir - planetimizin qranit geosferidir. Burada müasir zamanın mühüm metalını sirkon və torium (sirkonda, baddeleitdə, malakonda və s.), lantanoidlər və torium (allanitdə, monasitdə, ksenotimdə) müşayiət edir. Peqmatitlərdə uran element-qarışıq kimi tantalo-niobatlarla, hidrotermalidlərdə isə flüorit və opalda yığılır.

Uranın müstəqil minerallarına hidrotermal damarlar və onların törəmə məhsullarında təsadüf olunur. Metalın mineralsız və təbii birləşməli konsentrasiyaları həm endogen, həm də ekzogen yollarla yarana bilər. Respublikamızın ərazisində uran və aktinoidlərin təbii birləşmələri və törəmələrinin əhəmiyyətli yığımlar yarada biləcəyi geoloji şəraitə malik olan regionlar var və belə yerlərdə həmin metalların miqdarı litosfer və süxur tipləri klarkından artıqdır.

Volfram öz geokimyəvi xüsusiyyətlərinə görə molibdenə oxşardır. Onların ion radiusları yaxındır və müstəqil mineralları analoji fiziki-kimyəvi şəraitdə yaranırlar. Misal olaraq, Ordubaddakı Kilit molibden-volfram təzahürünü göstərmək olar. Burada molibdenit volframın mineralları ilə bir paragenesisdədir. Təəssüf ki, respublikamızın bu yeganə volfram yatağının perspektivi hələ ki, müəyyənləşdirilməmişdir.

Peqmatitlərdə volfram element-qarışıq kimi tantalo-niobatlarla toplanır. Metalın müstəqil mineralları hidrotermal prosesin yüksək temperaturlu mərhələsində yaranır və sayca məhdudurlar (şeyelit və volframit, az hallarda tunqstenit). Təbiətdə az hallarda tunqstenit (WS_2), molibdenit (MoS_2), gersenbergit (SnS), ottemanit (SnS_3) və berndit (SnS_2) ilə bir paragenesisdə təsadüf edilir. Molibdenit və tunqstenit eyni tip strukturlu olub heksaqonal sinqoniyaya məxsusdur-

lar, qalayın minerallarından birinci ikisi rombikdir, üçüncü isə triqonalıdır. Molibden sulfidlər, volfram və qalay isə oksidlər yaratmağa təmayül etmələrinə baxmayaraq, hər üç metal paragenetik bağlıdırlar və ekzogen proseslərdə yaratdıqları molibdat, volframat və stannatlar geokimyəvi oxşar şəraitin məhsuludurlar.

Volframitin geokimyəvi xüsusiyyətlərindən biri də onu təşkil edən gübnerit ($MnWO_4$) və ferberitin ($FeWO_4$) hədudsuz izomorf qarışıq yaratmasıdır.

K o b a l t Mendeleev cədvəlində dəmirlə nikelin arasında yerləşir (atom №-si 27-dir) və siderofil element olduğundan əsasi və ultraəsasi süxurlarda onun klarkı yüksəkdir. Lakin onun sənaye əhəmiyyətli yığımları hidrotermal genezisli olub qranitoidlərlə bağlıdır. Səciyyəvi təmsal Daşkəsənin kobalt yığımlarıdır. Daşkəsən-Zurnabad qranitoid plutonunun təmasında dəmir-skarn yığımlarının arasındakı çatlari dolduran hidrotermal kobalt filizləşməsi diqqəti cəlb edir. Kobalt burada 1937-ci ildən çıxarılırdı. Hazırda onun istehsalının yenidən bərpası üçün geoloji əsas vardır və bu barədə Azərbaycan mineraloqu Ə.İ. Mahmudovun «Kobalt» (1982) kitabında ətraflı məlumat verilir.

Kobaltın müəyyən miqdarı aksesör sulfidlərdə (pirrotin, pirit, pentlandit) toplanır, ancaq onun klarkını qaldıran başlıca qismi dəmirli-magneziumlu meta- və ortosilikatların fəza şəbəkəsinə girir. Element-qarışıq kimi kobalta olivində, piroksenlərdə, amfibollarda, hərdən mikalarda təsadüf olunur.

Xalq təsərrüfatında kobaltı dəmir və nikel sulfidlərindən və sulfoarsenidlərindən alırlar.

C i v ə n i n klarkları maqmatik süxur növlərində cüzidir. A.A.Saukov güman edir ki, civə izomorf olaraq kalsiumu və bariumu əvəz edə bilər. Qeyd edək ki, hər üç element Mendeleev cədvəlinin II qrupunda, müxtəlif periodlarla yerləşmişlər və bunlardan Ba və Hg yaxın qonşudurlar. Digər tərəfdən civə qızıl və talliumla geokimyəvi qohumluğunu bürüzə verir və 6-cı periodun, ikinci yarım-periodunda onlarla çiyin-çiyinə yerləşir (atom nömrələri 79-qızıl, 80 - civə və 81 - tallium).

Civənin çıxarıldığı yeganə mineral-kinovar səciyyəvi hidrotermal törəmədir və öz yığımlarının qranitoid plutonlarından uzaqda yerləşməsi ilə seçilir.

Azərbaycanın Kəlbəcər və Laçın rayonlarında civənin bir sıra sənaye əhəmiyyətli yataqları (Şorbulaq, Ağyataq, Qaraqaya və s.) var. Onların geoloji əmələgəlmə şəraiti və geokimyası barədə S.M.Süleymanovun və V.M.Babazadənin monoqrafik əsərində (1974) geniş məlumat əldə etmək olar.

Gümüş və qızılın miqdarı süxurların müxtəlif tiplərində çox cüzdür və onların süxurdaxilində yaşama formaları dəqiq müəyyənləşdirilməmişdir. Mülahizə olunur ki, bu metallar xalkofil yarımqruplarının başçıları kimi misə oxşardır (hər üç metal Mendeleyev cədvəlinin I qrupunun sağ hissəsində, biri digərinin altında yerləşmişdir) və başlıca olaraq gec maqmatik məhsullarda təmərküzləşirlər.

Qızılın kassiteritin və molibdenitin, ilmenorutilin, tantalitin və samarskitin fəza şəbəkəsində yer tutduğu müəyyən edilmişdir. Gümüşlə qurğuşun arasında müəyyən geokimyəvi qohumluq var; kiçik dənəvər qalenit həmişə müəyyən miqdarda gümüş saxlayır və hətta onun bu mineraldan çıxarılması tarixin dərinliklərindən məlumdur. Azərbaycanın timsalında bu barədə iki misal gətirmək olar: Naxçıvandakı Gümüşlük qurğuşun-sink yatağına bu adın verilməsi və hələ XIX əsrdə Qarabağda gümüş yatağının varlığı. Qarabağda Mehmana kəndinin girəcəyində «Gümüş mədəni» yazıldığını həmin əsrin axırında çıxan «Kavkaz» qəzetinin səhifələrində görürük. Kəndə Mehmana, başqa sözlə, «Qonaqkənd» adı verilməsi də təsadüfi deyildir. Burada və ətraf kəndlərdə Türkiyə və İrandan köçürülmüş erməniləri qonaqpərvərliklə qarşılayırmışlar və onlara sığınacaq verirmişlər. Qarabağda Sığnaq adlı kənd də var. Ümumiyyətlə, gümüşün sənaye əhəmiyyətli miqdarı qurğuşun filizlərindən istehsal olunur.

Qızılın səciyyəvi xalkofilliyi onun kükürdlü birləşmələr yaradan metallar, xüsusən dəmir və mislə yaxınlığında özünü göstərir. Azərbaycanın Kəlbəcər və Qarabağda olan qızıl filiz sahələrində qızıl mis kolçedanı - xalkopirit (Qarabağ) və

kükürd kolçedanı - pirit (Kəlbəcər) ilə bağlıdır. Mülahizə olunur ki, sərbəst qızıl bu mineralların aqreqatlarında sülb soxulmalar şəklindədir.

Mərgümüş müəyyən miqdarda maqmatik süxurların hamısında vardır və ancaq ultraəsasi süxurlarda onun miqdarı aşağı düşür. Mərgümüş xüsusi olaraq heç bir elementlə geokimyəvi qohumluğa təmayül etmir və onun izomorfizmi həmişə müəyyən sərhəd daxilindədir. Elementin valentliyi həmçinin dəyişkəndir, hər halda təbii birləşmələrdə üçvalentli və beşvalentli formalar daha üstündürlər.

Bir sıra süxurların analizləri göstərir ki, mərgümüşün klark miqdarının 50%-i çöl şpatları ilə bağlıdır və belə olduqda, bu alümosilikatlarda As^{+3} ilə Al^{+3} arasında izovalent, hüdudlu izomorfizmin mümkünlüyünə yol vermək olar. Digər tərəfdən mərgümüşün sular vasitəsilə süxurlardan asan azad olunması elementin molekulyar-örtük məsamə məhlulları forması şəklində yaşamasına sübutdur.

Faydalı qazıntı yataqlarının tədqiqi mərgümüş və sürmə arasında geokimyəvi yaxınlığın olmasını göstərir. Hər iki element ya birlikdə, yaxud da bir-birinə yaxın yerləşən yığımlar yaradırlar. Azərbaycanda hər iki hala misal var. Kəlbəcər civə yataqlarının bəzilərində kinovar-antimonit-auripiqment paragenезisinə rast gəlik. Naxçıvanda, Culfanın yaxınlığındakı Darıdağ mərgümüş yatağı ilə yan-yanə antimonit (Sb_2S_3) yığımlarının günəşəbənzər aqreqatları geniş yayılmışlar. Yataqların sərhəd zolağında çıxan sular mərgümüş və sürmə ilə zəngindirilər və onlar qaşınma xəstəliyinin yaxşı müalicə vasitəsidirlər.

Qeyd edək ki, keçmiş SSRİ-də çıxan tədris vəsaitlərində və mineralogiyadan olan dərsliklərdə Darıdağ auripiqment-realqar (As_2S_3 və AsS) və Gədəbəydəki Bittibulaq enargit (Cu_3AsS_4) yataqları mərgümüşün təmərküzləşməsinin xüsusi təmsalları kimi göstərilir.

Sürmənin başlıca mineralı olan antimonit onun yeganə sənaye əhəmiyyətli filizidir. Lakin bu elementə qarışıqlar şəklində qalenitdə və digər sulfidlərdə rast gəlinir. Sürmə,

mərgümüş və bismut maqmatik süxur komplekslərində özlərini analoji olaraq aparırlar və müstəqil mineralları ancaq hidrotermal prosesin axırncı mərhələsində yaradırlar.

Bismutun yaşama forması maqmatik süxur komplekslərində kifayət qədər öyrənilməmişdir. Elementin sənaye əhəmiyyətli mineralı olan bismutin (Bi_2S_3) tərkibində həmişə müəyyən miqdarda qurğuşun, sürmə və dəmir olur. Mendeleyev cədvəlində bismutun ən yaxın qonşusu qurğuşundur (qurğuşunun atom №-si 82, bismutunku isə 83-dür). Təbiətdə bismut sərbəst və sulfid şəklində kassiterit və volframit ilə bir paragenesisdə yüksək temperaturlu hidrotermal yataqlarda paragenesis yaradır. Azərbaycanın Ordubad qrupu mis-porfir yataqlarında bu elementə az da olsa sərbəst şəkildə, demək olar ki, həmişə rast gəlinir.

Selen və tellur barədə dərslinin xüsusi bölməsində məlumat verilir.

Stronsium və barium geokimyəvi olaraq maqmatik süxur komplekslərində element-qarışıq kimi başlıca süxuryaradan minerallarda iştirakları ilə səciyyələnilirlər. Stronsium kalsiumlu, bəzən kaliumlu, barium isə ancaq qələvi metallar daşıyan mineralların tərkibinə daxil olur. Stronsiumun müstəqil minerallarına çökmə süxurlarda və hidrotermal yataqlarda təsadüf olunur. Stronsiumun bəzi izotopları su mühitinə, balıq aləminə xeyli zərər verir və Azərbaycanın yodlu-bromlu sularının istismarı zamanı stronsiumun dəqiq tədqiqi vacibdir.

Vanadium maqmatik süxurlarda bir sıra tünd rəngli, titan, dəmir, alüminium saxlayan mineralların tərkibinə qarışıq kimi girir. Ona daha tez-tez titanomaqnetitdə, sfendə, rutildə, piroksenlərdə, amfibollarda, mikalarda rast gəlinir. Ay səthinin dəniz bazaltları, dağ anortozitləri və Ay külü riqolitlərində titanla birlikdə vanadiumun miqdarı Yerdəkindən çoxdur. Çöl şpatları və apatitlər vanadiumu az saxlasalar da vanadiumlu apatitlər geoloji ədəbiyyatda təsvir olunurlar. Onlar sərbəst minerallarını ekzogen şəraitdə yaradırlar. Vanadinit ($\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$) qurğuşunun xlordasıyan fosfatı - piromorfit ilə

birlikdə qurğuşun yataqlarının oksidləşmə zonasında yaranan nadir mineraldır. Mendeleyev cədvəlində yaxın qonşuları titan və xromdur ki, bu da metalın təbiətdəki siderofil elementlər ailəsindəki yolunu müəyyənləşdirir.

Nadir elementlərdən rubidiuma, seziuma, TR-ə, germaniuma, skandiuma, qalliuma, hafniuma, indiuma və reniuma dərslinin xüsusi bölməsində baxılır. Rutenium, rodium və palladiumun geokimyası platin ilə sıx bağlıdır və eyni səciyyəlidir. Sərbəst platin həmişə bu elementləri müəyyən miqdarda daşıyır. Onlar maqmatik sulfidlərin (pentlandit, likvasion xalkopirit, troilit) və həmçinin xromitin kristallik şəbəkəsində də müəyyən yer tutur.

Azot və inert qazlar (helium və arqondan başqa) müxtəlif tip suxurlarda yeknəsəq və cüzi miqdarda iştirak edirlər və izomorfizm qabiliyyətinə malik deyillər. Suxurlardakı soxulmaların (mötəvilərin) qaz fazasında bu elementlərə təsadüf etmək olar. Suxurlarda heliumun və arqonun qeyri-bərabər paylanması onların radioaktiv çevrilmələrə olan münasibəti ilə şərtləndirilir. Arqon okean suyunun vacib tərkib hissəsidir. İnert qazlara, ümumiyyətlə, suxurların qazşəkilli ayrılımlarında, yeraltı sulara, vulkanların qaz məhsullarında, qeyzərlərin fontanlarında və s. təsadüf edilir.

Az yayan radioaktiv elementlərin miqdarı Yer qabığında hədsiz azdır (10^{-8} - $10^{-12}\%$). Onların özlərini aparması ana maddənin qabaqkı geoloji tarixi ilə əlaqədardır. Molibden ilə rutenium arasında yerləşən 43 №-li texnesium Mendeleyev cədvəlində 6-cı dövrdə onun altında eyni vəziyyətdə qərar tutan 75 №-li reniumla oxşardır. Qeyd edək ki, 1983-cü ildə yeri Mendeleyev cədvəlində müəyyənləşdirilmiş, lakin hələ ad verilməmiş 107 №-li ekarenium analoji xüsusiyyətlidir. Lantanoidlərdən prometium (atom №-si 61) neodimlə, haloidlərdən astatin yodla və qonşusu poloniumla, qələvilərdən fransium seziumla (keçmişdə fransiumu ekasezium adlandıırırdılar) təbiətdə və eksperimental məlumatlarda oxşar olduqlarını büruzə verirlər. Polonium, radon, aktinium və protaktinium üç təbii radioaktiv sıranın (uranın iki izotopunun və radiumun)

üzvləri olub geokimyəvi baxımdan, ilkin ana elementlərin keçmişdə konsentrasiyalar yaratdıqları sahələrdə toplanırlar. Aşınma nəticəsində reaksiya məhsullarının ayrılması müşahidə olunur. Adı çəkilən elementlərin miqdarı yer qabığında cüzidir və geokimyəvi dəyişikliklərlə müşayiət olunmur. Qaz üsulu ilə aparılan geokimyəvi axtarışlarda radonun əməli əhəmiyyəti vardır.

Yuxarıdakı xülasədən bir neçə nəticəyə gəlmək mümkündür:

1. Yer qabığını başlıca olaraq Mendeleeyevin dövrü sisteminin 28 kimyəvi elementinin mineralları təşkil edir. Bura O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, Ti, H, C, P, S, Zr, Cr, Y, La, Ce, F, Cl, Cu, Ni, Os, Ir, Pt, Mn, B və Sr daxildir. Oksigendən sirkona qədər olan birinci 14 element litosferin başlıca tərkib hissələri olub, ancaq minerallar şəklində yaşayır. İkinci 14 element isə həm mineral, həm də izomorf qarışıqlar halında təbiətə yayılmışlar. Onlar planetin həyatında ikinci dərəcəli əhəmiyyət daşıyırlar.

2. Yerdə qalan 64 kimyəvi element: nadir qələvilər (Li, Rb, Cs), sənayenin vacib materialları və onların müşayiətçiləri (Zn, Pb, Co, Hg, Au, Ag, Sb, U, Th, Sn, Mo, W, Be, Nb, Ta, Bi, As, Se, Te, V, Ba, TR - lantanoidlər), nadir dağıntı elementlər (Ge, Ga, Tl, Cd, Hf, In, Re), platinoidlər (Ru, Rh və Pd), səpələnmiş halloidlər (Br və J), N və inert qazlar, azyaşayan radioaktiv elementlər Yer qabığında nadir minerallar yaradır və başlıca olaraq izomorf qarışıqlar, müxtəlif fəzələrdə soxulmalar, məsamə məhlulları şəklində yaşayırlar. Onların bir qisminin yaratdığı çoxlu minerallar Yer qabığının balansında cüzi yer tutur, nadirən təmərküzləşərək yataqlar yaradırlar. Bu 64 elementin klarklarının ümumi cəmi 0,14 %-dir ki, həmin miqdar sənayenin müxtəlif sahələrində geniş tətbiq sahəsi tapmış 20 metalı da əhatə edir.

3. Elementlərin təbiətdəki dövrü sisteminin nümayəndələrinin 92-nin hər birinin müəyyən hissəsi dağınıq halındadır. Elementlərin dağınıq halda olan miqdarı 1,35-1,45%-ə çatır.

Dağınıq elementlərinin izlərinin öyrənilməsini V.İ.Vernadski geokimyayın vacib məsələlərindən biri hesab edirdi.

4. Qranitoidlərin (Yer qabığının əsas kütləsini təşkil edən süxurların) və digər süxur tiplərinin öyrənilməsi göstərir ki, element-qarişıqların ən çox təmayül etdikləri mineral biotitdir. Bu mineralın tərkibi amfibollara yaxındır və o plaqioklazlardan izomorfizm qabiliyyətinin universallığı ilə seçilir. Dağınıq elementləri tutan minerallar sırasına sonra amfibollar, piroksenlər və başlıca olaraq aksesor minerallar daxil olur.

5. Geoloji-axtarış və kəşfiyyat işlərinin düzgün və rasio-nal aparılması üçün elementlərin yaşayış formalarının geo-kimyası dəqiq öyrənilməli, qohum element qrupları müəyyən-ləşdirilməli, kristallik şəbəkələrin «sahib» və «qonaq» ele-mentlərinin nisbəti müəyyənləşdirilməlidir.

XII FƏSİL

MADDƏNİN KİMYƏVİ HALI VƏ MİQRASIYANIN AMİLLƏRİ

Yer qabığında kimyəvi elementlərin zaman və məkan daxilində konsentrasiyalar yaratmaqla, yaxud səpələnməklə (dağılmaqla) nəticələnən yerdəyişməsinə miqrasiya deyilir. Aydındır ki, miqrasiya zamanı Yer qabığının bir yerində elementin miqdarı azalır, digər sahədə artır. Məsələn, maqmadan ayrılmış hidrotermal məhlullar özlərində klarkları cüzi olan metalları cəmləşdirir, onları özləri ilə aparır, çatlar boyu və layarası boşluqlarda çökdürür və təmərküzləşmələrinə səbəb olurlar. Beləliklə, maqmanın soyumasından sonra yaranmış süxurlar həmin elementlərlə kasıblaşır, kənar süxurlarda isə yataqlar yaranır. Yer qabığında gedən aşınma prosesləri zamanı isə süxurlar və filizlər pozulur, köçürülür və dağılırlar. Buna görə də təbiətdə elementlər daimi hərəkətdədirlər. Elementlərin təbiətdə hərəkətinin amillərini A.Y.Fersman iki qrupda cəmləşdirir:

1. Atomların və onların komplekslərinin xüsusiyyətlərindən asılı olan daxili amillər;
2. Atomun yaşadığı və miqrasiya etdiyi mühiti səciyyələndirən xarici amillər.

MİQRASIYANIN DAXİLİ AMİLLƏRİ

Daxili amillərə aşağıdakılar aid edilir:

- a) əlaqənin xüsusiyyəti;
- b) birləşmələrin kimyəvi tərkibi;
- c) ionların energetikası;
- ç) qravitasiya;
- d) radioaktivlik.

Əlaqənin xüsusiyyəti elementin, yaxud mineralın atomlarını (ionlarını, molekullarını) ayrılmağa yönəldilmiş qüvvə (enerji) ilə ifadə olunur. Belə qüvvələr hərdən sadə, me-

xaniki səciyyə daşıyıb süxurların aşınması, dağıntı halında onlarda olan qızıl, platin, sirkon, kassiterit, şeyelit, almaz, qranatlar və s. bu kimi xarici təsirlərlə sabit mineralların yataqlarının yaranmasına səbəb olur. Bir qayda olaraq nisbətən mexaniki sabit birləşmələr yüksək valentli elementlərin (silisium, qalay, sirkon, volfram və s.) birləşmələridir.

Universal amil olaraq əlaqənin pozulmasına istinin təsiri vardır. İstidən birləşmənin aqreqat halı dəyişir, kristallik maddə maye ilə, o da öz növbəsində qazla əvəz olunur. Qaz molekulları istinin artması ilə atomlara, axırıncılar isə ionlara çevrilirlər. Birinci iki hal planetimiz üçün səciyyəvidir, digər iki hal isə daha yüksək temperatur tələb edir, Yerdə nadirdir, Günəş və ulduzlara xasdır.

Termik xüsusiyyətlərinə görə kimyəvi elementləri aşağıdakı qruplarda cəmləşdirirlər:

a) uçucu qazlar (He, Ar, N, O və s.) –ərimə və qaynama temperaturuları aşağıdır, mütəhərrikdirlər və asan miqrasiya edirlər;

b) mütəhərrik metalloidlər (P, Cl, F, S, J) - digər elementlər ilə asan uçucu birləşmələr verir və bu formada asan miqrasiya edirlər. Burada molekulyar şəbəkənin rolu böyükdür;

c) qələvi və qələvi torpaq metallar- asanlıqla çətin uçucu sabit oksidlər və halloidlər yaradırlar;

ç) uçucu metallar (Hg, In, Tl, Bi)-asanlıqla qaz halına keçir və buna görə də bəzən (məsələn, maqmada) elementar halda miqrasiya edirlər;

d) adi metallar (Fe, Ni, Co, Cu, Pb və s.) –2000-3000⁰C qaynama temperaturuna malik olub, Yer qabığı şəraitində uçucu deyillər, lakin ulduz atmosferlərində (deyə ki, Günəşdə) buxar şəklindədirlər. Metalların metalloidlərlə birləşmələri uçucudur;

e) nisbətən çətin uçucu elementlər (platinoidlər, W, C)-sərbəst halda inert olsalar da, onların bir sıra uçucu birləşmələri vardır (CO₂, WOCl₄ və s.).

Elementlərin qaynama və ərimə temperaturuları onların atom quruluşunun funksiyasıdır və bu temperaturların dəyiş-

mə yolu dövrü olub, Mendelejev cədvəlindəki yerləri ilə uzlaşır, valentliyin artması ilə artır, azalması ilə azalır.

Aydın məsələdir ki, ərimə və qaynama temperaturunun müxtəlifliyi mineralın parçalanması və miqrasiyasına o zaman səbəb ola bilər ki, element yaşadığı sabit birləşmələr yarada bilməsin. Belə şərait inert qazlar üçün həmişə var; civə, bismut və mərgümüş üçün bu cür mühit maqmatik və hidrotermal prosesdə yaranır, digər elementlərin parçalanması və miqrasiyasına yüksək hərarət lazımdır.

Yer qabığında elementlərin əksəriyyəti minerallar şəklindədir və təbii birləşmələrdən danışdıqda biz əlaqəyə fikir verməliyik. Bu baxımdan oksidlərin, silikatların, sulfidlərin və digər birləşmələrin ərimə temperaturları maqmatik diferensasiya zamanı elementlərin ayrılmasını şərtləndirir. Maqmatik xəlitədən birinci növbədə çətin əriyən birləşmələr ayrılır, asan həllolanlar isə maqmada uzun müddət qala bilər.

Miqrasiyanın bu amili vahid maqmatik ocaqdan ardıcıl olaraq ultraəsasidən turşlara doğru süxurların sırasının yaranması ilə sübut olunur.

İ.Foxtun məlumatlarına görə maqmatik süxurların bərkimə temperaturu belədir: dunit-1500-1600°C, peridotit-1400°C, qabbro-1250°C, diorit-1200°C, qranit-1000°C. Qeyd edək ki, respublikamızın Kəlbəcər rayonunda bu süxurların hamısına rast gəlinir və onların əlaqəli öyrənilməsi faydalı qazıntı yataqlarının tapılmasını xeyli asanlaşdırır.

Birləşmələrin kimyəvi xüsusiyyətləri onları bilavasitə yaradan atomlarla bağlıdır. Yerin geosferləri üçün atomların müxtəlif münasibətləri mövcuddur. 92 elementin sonsuz sayda mümkün ola biləcək kombinasiyasından ancaq 3000-ə qədər təbii birləşmə-mineral bizə məlumdur. Bu məhdudluq yer qabığı şəraitində mümkün ola biləcək birləşmələrin sabitliyinin müxtəlifliyi ilə izah olunur.

Miqrasiya temperaturun tədricən azalması ilə gedir. Məsələn, maqmadan mineralın yaranma ardıcılığı, yaxud hidrotermal-filizyaradan məhlulların təkamülü. Oksidlərin yaranma temperaturunun sulfidlərə nisbətən yüksək olduğu yerüstü şə-

raitdə müxtəlif oksigenli birləşmələr (oksidlər, karbonatlar, sulfatlar və s.) daha sabitdir.

Mineralların yaranma temperaturları onların məhlullardan kristallaşma ardıcılığını şərtləndirir. A.Y.Fersman soyuyan hidrotermaldən sulfidlərin ayrılmasının sırasını belə verir:

Mo-Zn-Fe-Cd-Pb-Cu-Hg-Ag

Əlbəttə, belə sıra şərtidir, belə ki, burada qalayın və volframın, qızılın və bismutun, sürmənin və mərgümüşün və s. yerləri göstərilmişdir.

V.İ. Lebedev yazır ki, elementlərin kovalent (metallik) və ion əlaqələrindən asılı olaraq onları iki qrupda cəmləşdirmək olar: oksigenə, yaxud kükürdə olan meyli belə qrupları müəyyənləşdirir. İon əlaqəli elementlər oksigenlə, kovalent əlaqəli elementlər isə kükürd, selen, tellurla birləşirlər. İon və atom radiuslarının qiyməti nəzərə alınmalıdır. Atom radiusunun ion radiusuna olan nisbəti azaldıqca elementin oksigenə olan meyli azalır, kükürdə olan meyli artır (cədvəl 52).

Cədvəl 52

Bəzi elementlərin atom-ion radiusu nisbəti

Elementlər	Mo	Zn	Fe	Cd	Pb	Hg	Su	Ag
$r_{a}:r_{i}$	1,94	1,80	1,67	1,53	1,45	1,36	1,33	1,14

Elementlərin belə düzülməsi Fersman sırasını təkrar edir, ancaq civə və mis yerlərini dəyişmişlər. Müəyyənləşdirilmiş qanunauyğunluq mineralların həll olması, elementlərin konsentrasiyası, kristallik şəbəkəsinin enerjisi və s. kimi səbəblərdən də asılıdır.

Kristallik şəbəkənin xüsusiyyəti, onun enerjisinin mineralların məhlullardan ardıcıl ayrılması və əlaqələndirilməsi ilə ifadə edilir.

Geokimyanın məsələlərindən çoxlu elementlərin maye halından (maqmatik xəlitə, hidrotermal məhlul) sülb hala (süxur, filiz) keçməsi ilə bağlıdır. Mütəhərrik, xeyli azad enerjili ion halındakı elementlər, atomların (ionların) enerjisinin

azalması ilə müəhərlikliyini azaldır və kristallik forma alırlar. Kristallaşma prosesi fəza şəbəkəsindən müəyyən enerjinin ayrılması ilə səciyyələnir.

Mineralların kristallik şəbəkəsinin enerjisi onların məhlullardan ayrılması ardıcılığı ilə müəyyən münasibətdədir. Təbii məhlulda kükürdlü anionları ilə bir sırada Mn^{2+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} və Hg^{2+} kationları olduğunu nəzərə alsaq, onda kristallaşmanın ardıcılığı kristallik şəbəkənin enerjisinin azalması ilə uyğun gələcəkdir:

Mineral	Enerji (J) eklərlə
Molibdenit MoS_2	2776
Pirit FeS_2	1132
Sfalerit ZnS	858
Qalenit PbS	717
Kinovar HgS	832

Bu sırada kinovar müstəsnalıq təşkil edir ki, bunun da səbəbi yaqın cəvənin təbii məhlullarda sadə ion kimi yox, HgS və Na_2S tipli kompleks duzlar şəklində iştirakıdır. Deməli, enerjinin bir hissəsi kompleks duzların dissosiasiyasına sərf olunur.

A.Y.Fersmanın tədqiqatları göstərir ki, volframitlərin yaranması həmçinin kristallik şəbəkənin enerjisinin azalması ilə müşayiət olunur: ferberit ($FeWO_4$)-689, gübnerit ($MnWO_4$)-658, şeyelit ($CaWO_4$)-594. Yüksək temperaturda dəmirli volframitlər, nisbətən aşağı hərarətdə isə manqanlı və kalsiumlu volframitlər yaranacaqdır. Belə ardıcılıq, hərdən, hərəkətdə olan kütlələrin təsiri qanununa əsasən pozula bilər.

Petroqrafiyadan tanıdığımız Rozenbuşun mineralların reaksiya sırası da yüksək temperaturlu birləşmələrin aşağı hərarət istiqamətində kristallik şəbəkənin enerjisinin azalması ilə xarakterizə edilir:

Mineral	Mineral
Olivin 4200	Mika (biotit) 3000
Piroksen 4100	Çöl şpatı 2400
Amfibol 3800	Kvars 2600

Bu hesablamada kristallik şəbəkənin enerjisinin atomların cəminə olan nisbəti nəzərdə tutulur. Kvarsın müstəsnalığı təbii proseslərin mürəkkəbliyi və bu mineralın struktur şəklinin dəyişməsinin çoxluğu ilə izah olunur.

Kristallaşmanın ardıcılığının mürəkkəbləşməsinə səbəb olan digər amilləri nəzərə alaraq, Fersman «paragen» terminindən istifadə etməyi təklif etmişdir. Hər hansı birləşmənin kristallaşma ardıcılığında tutduğu yeri müəyyənləşdirən funksiyaya paragen deyilir. Paragen qanununa görə, kristallik şəbəkənin ölçüsü baxılan birləşmənin paragenetik sıradakı yerini və təqribən sülb fazaya keçməsinə zaman və məkan daxilində müəyyənləşdirir.

Paragen miqrasiyanın başlıca qanunlarından biri olsa da dərinlən işlənməmiş və geniş tətbiq sahəsi tapılmamışdır. Elementlərin miqrasiyasının daxili amillərinin aydınlaşdırılmasında, yaxud mineralyaranma ardıcılığının müəyyənləşdirilməsində, zonallığın üzə çıxarılmasında bu anlayışdan səmərəli istifadə etmək olar.

Q r a v i t a s i y a cazibə materiyanın ixtiyarı növləri arasında qarşılıqlı təsirdir. Nyutonun verdiyi Ümumdünya cazibə qanununa əsasən iki maddə nöqtə (bizim halda atom) kütlələrinin hasil ilə düz, aralarındakı məsafənin kvadratı ilə təzə mütənasib olan qüvvə ilə bir-birini cəzb edir. Bu hadisəyə bir neçə misal gətirmək olar: aşınma zamanı maddənin aparılması və su hövzələrində çökdürülməsi; maqmanın diferensiasiyası zamanı sıxlıqlarından asılı olaraq mineralların ayrılması və s.

Maddənin Yer kürəsində ilkin paylanmasında cazibə qanununun rolu kosmoqonik hipotezlərin hamısı tərəfindən qəbul edilir: mülahizə olunur ki, planetin mərkəzində ağır, periferik hissələrində isə yüngül atomlar paylanmışdır. V.M.Qoldşmidtin fikrincə, geosferlərdə atom həcmələrinin ölçüsündən asılı olaraq yayılmışlar. Atom həcmi dedikdə, atom çəkisinin sülb halda, xüsusi çəkiyə olan nisbəti nəzərdə tutulur.

R a d i o a k t i v xassələr atom nüvəsinin parçalanması ilə əlaqədardır; prosesdə yeni qüvvələr, başqa xüsusiyyətli atomlar yaranır. Yeni törəmələr içərisində asan miqrasiya edən

helium kimi qazlarla bir sırada qurğuşun kimi ağır və çətin yerdəyişən elementlər olur.

Məlumdur ki, Mendeleev cədvəlinin axırında yerləşmiş elementlər öz-özünə radioaktiv parçalanma qabiliyyətinə malikdirlər və üç müstəqil-uran, torium və aktinium sırası yarıdır. Müasir elm göstərir ki, radioaktivlik Yer qabığında daha geniş yayılmış hadisədir. Radioaktivliyi, adətən kütləspektrometrlər vasitəsilə izotopları müşahidə edərək öyrənirlər. Radioaktiv izotopun kütləsi nisbətən az olur və masspektrometrik analizlərin dəqiqliyi artdıqca yeni-yeni izotoplar aşkar edilir. Radioaktiv parçalanma həmçinin təbiətdə elementlərin miqrasiyasının səbəblərindən biridir.

MİQRASIYANIN XARİCİ AMİLLƏRİ

Miqrasiyanın xarici amilləri atomları əhatə edən mühitlə şərtlənir. Burada miqrasiyaya səbəb olan enerji mənbələrinə fikir verilməlidir. Aydın məsələdir ki, maddənin bu ya başqa miqdarının yerdəyişməsi üçün müəyyən iş görülməli, enerji sərf edilməlidir. Enerjinin formaları müxtəlif ola bilər: istilik, işıq, elektrik cərəyanı, kimyəvi enerji və s. Lakin enerjinin bütün formaları ekvivalent qanunu ilə bir şəkildən digərinə keçə bilər.

Yer kürəsində məlum enerji mənbələrinin miqdarı məhduddur və bir neçə qrupda cəmləşdirilə bilər: a) müvazinət enerjisi - qravitasiya ilə bağlıdır; b) Günəş və digər ulduzların kosmik enerjisi; v) radioaktiv parçalanma; q) Yer kürəsi dərinliklərinin təkamül və inkişafı ilə bağlı olan qalıq enerjisi.

Cazibənin miqrasiyaya təsiri bu və ya başqa dərəcədə daimidir. Lakin bu enerji hərdən başqa amillər ilə pərdələnmiş olur, məsələn, təbii birləşmələrin uçuculuğu ağır atomların yüngüllərə nisbətən qalxmasına səbəb olur. Nəticədə elə alınır ki, guya Yer qabığında bəzi elementlərin paylanması cazibə qanunundan kənara çıxır. Yerin kənar sülb geosferində, Yerin qabığında, harada ki, cazibə qanununa görə yüngül elementlər yayılmalıdır, nəcib metalların (qızıl, gümüş, platin və s.), uranın, toriumun ağır atomlarının təmərküzləşməsinə qranit geo-

sferində təsadüf edirik. Cazibə qanununa görə onlar daha dərin geosferlərdə yığılmalıydılar.

Yerin səthi üçün ağırlıq qüvvəsi təcili sabit olub, ona verilən sürətlə müəyyənləşdirilir ($g=9,81 \text{ m/san}^2$). Başqa kosmik cismlər üçün onların kütləsindən asılı olaraq ağırlıq qüvvəsi dəyişir. Kiçik fəza cismlərində ağırlıq qüvvəsi azalır və onun təsiri zəifləyir. Bu hadisə ilə meteoritlərdəki pallasit strukturlarının yaranmasını aydınlaşdırırlar: damlavari olivin dənələri sonradan kristallaşmış metallik sərbəst dəmirin ümumi kütləsində səpələnmişdir.

Cazibə qüvvəsi maddənin yerdəyişməsinə tək bizim planetdə yox, kütlə (cism) Yerə dairəsindən kənara çıxarsa, kosmik miqyasda da təsirini itirmir. Məlumdur ki, qazşəkilli maddələrin molekulları daim istilik hərəkətindədir. Molekulyar kütlə nə qədər az olarsa, bu hərəkətin sürəti o qədər artıq olur. 0°C -də aşağıdakı sürətləri müşahidə edirik (km/san ilə): H_2 -1,69; He-1,1; H_2O -0,57; N_2 -0,45; O_2 -0,42; CO_2 -0,36. Hesablamışlar ki, Yerə cazibə qüvvəsini dəf etmək üçün 11 km/san² təcil lazımdır. Cazibə qüvvəsinin az olduğu kiçik kosmik cismlərdə qazların aşağıdakı ardıcılıqla itməsini mülahizə edirlər: H_2 , He, H_2O , O_2 və CO_2 .

Yer qabığında gedən aşınma zamanı maddələrin sular, külək, buz və s. tərəfindən götürülüb dənizlərdə, okeanlarda çökdürülməsi prosesində, tektonik hərəkətlərdə ağırlıq qüvvəsi daim təsirdədir. Ağırlıq qüvvəsinin enerjisi mexaniki formaya aid edilir. Lakin təbiidir ki, mexaniki enerji istilik enerjisinə çevrilir. Bu hadisə iri miqyasda üstəgəlmələr və qırılıb-düşmələr zamanı, Yer qabığının iri bloklarının (sallarının) birinin digərinə nisbətən yerini dəyişikdə baş verir. Yerdəyişmələr zamanı yaranan istilik enerjisinin miqdarı düzgün hesablanılır. Bir sıra alimlər bu enerji ilə qranit maqmasının yaranmasını əlaqələndirirlər. Belə çıxır ki, enerjinin miqdarı hədsizdir.

Cazibə qüvvəsi digər enerji mənbələrinin əleyhinə təsir göstərir. Kosmik, radioaktiv, Yer təkinin enerjisi atomların parçalanmasına, səpələnməsinə səbəb olur; ağırlıq qüvvəsi isə onları yığır. Ancaq başqa enerji mənbələri olmasa idi, ağırlıq

qüvvəsi cazibə enerjisinə və daha sonra istilik enerjisinə dönə bilməz və potensial halda olub, təsirsiz qalardı.

Kosmik enerji faktik olaraq bütünlüklə Günəşin şüa enerjisindən ibarət olub, Yerdə müxtəlif istilik, kimyəvi və işıq hadisələrinin getməsinə səbəb olur.

Günəşin şüalar şəklində saçdığı nəhəng enerjiden Yerin payına cəmi iki milyardda bir hissə düşür ki, bu da $4,5 \cdot 10^{16}$ kal/san-dir. Lakin bu enerji Yerin maddəsinin, nəinki səthdə, hətta dərinliklərdə belə iri miqyasda, müxtəlif formalı yerdəyişmə proseslərinə səbəb olur. Bu enerjinin hesabına suyun və havanın, onlarla birlikdə müxtəlif kimyəvi elementlərin iri kütlələrinin hərəkəti baş verir.

Günəş şüalarının enerjisi canlı aləmdə və bitkilərdə gedən biokimyəvi proseslərin əsasıdır. Bu proseslərin nəticəsində birləşmələr yaranır, atmosferin azot və karbon qazı akkumulyasiyaya uğrayır, torpaqaltı qatın içərisində səpələnti, dağınıq şəkildə olan metaldaşıyan məhlullar yuxarı qalxır. İsbat edilmişdir ki, atmosferdə, dənizlərdə, göllərdə, okeanda, çaylarda, orqanizmlərdə, torpaqda və müxtəlif süxur horizontlarının ən üst qatında kimyəvi elementlərin miqrasiyasının bütün formaları Günəş enerjisi hesabınadır. Günəşdən alınan istilik axımının fəal təsiri 10 metr dərinliklə məhdudlaşır. Ancaq bu enerji daha böyük dərinliklərə sirayət edə bilər. Yaşıl bitkilər tərəfindən toplanmış və üzvi maddədə yığılmış Günəş enerjisi geoloji proseslər zamanı çöküntülərdə, gillərdə, lildə, qumlarda və s. tədricən dərinliyə düşür və üstədən yeni qatlarla örtülür. Günəşin enerjisi maddənin miqrasiyasının geokimyəvi dövrəninə də iştirak edir.

Canlılar və bitkilərdə enerjinin kimyəvi forması toplanır. Onların ölümündən sonra, Yer səthi şəraitində çox gərgin davam edən oksidləşmə prosesi başlayır. Dərinliyə doğru oksigen çatışmazlığından proses zəifləyir, lakin dərinlik şəraitində suyun parçalanması zamanı azad olmuş oksigen kimyəvi enerjinin istilik enerjisinə çevrilməsinə səbəb ola bilər. Deməli, Günəş enerjisi Yerin energetik balansında yaxından iştirak edir.

Yerin səthində süxurların ovulma və xırdalanma məhsulları – gillər, qum, lil və s. Günəş enerjisinin toplayıcılarıdır.

Onlar geoloji proseslər nəticəsində dərinliyə endikdə, yenidən kristallaşa bilər və bu enerjini verə bilərlər. Yerin dərinliklərində belə proseslər geniş inkişaf tapmış, onların nəticəsində faydalı qazıntı yataqları, bir sıra hallarda isə maqmatik süxurlar əmələ gəlir. Kristallaşma prosesi çox miqdarda istiliyin ayrılması ilə əlaqədardır. Həmin istiliyin bir hissəsi Günəşdənir və digər qismi Yerin daxili enerjisidir.

Radioaktiv proseslərin enerjisi o qədər böyükdür ki, o maqmayaranmasına və tektonik proseslərə səbəb ola bilər. Müəyyən edilmişdir ki, radioaktiv elementlərin nisbətən artıq miqdarı litosferin periferik hissələrində toplanmışdır. Dərinliyə getdikcə radioaktiv enerji və onu yaradan elementlərin miqdarı azalır.

Colinin hipotezinə görə, geoloji proseslərin hamısının səbəbi radioaktiv enerjidir. Mülahizə olunur ki, əsasən sialik süxurlardan təşkil olunmuş qitələr (sıxlıq $2,7 \text{ q/sm}^2$ -dir), bazalt sima qatı (sıxlıq 3 q/sm^2 -dür) üzərində üzür. Bazalt qat okeanların dibində səthə çıxır. Hər iki tip süxur şüalanma nəticəsində daimi olaraq istilik itirir. Lakin müəyyən dərinlikdə bazalt qatda (Colinin hesablamasına görə 50 km -də, başqa sözlə, təxminən Yerin qabığı ilə üst mantiyasının təmas zonasında) radioaktiv parçalanma nəticəsində alınan istilik bu itkini əvəz edir və hətta artıq qalır. Artım o qədərdir ki, 33 - 35 milyon ildən sonra daha da çoxalaraq bazalt qatı əridə bilər. Bazaltoidlərin maye xəlitə halına keçməsi, sıxlığın azalmasına, qitələrin batmasına və dənizin transgressiyasına səbəb ola bilər. Bazalt himin artmış həcmi isə Yerin üst qatlarının dartılması, çatların yaranması və bazalt maqmasının okeandibi püskürmələri ilə nəticələnir. Bazalt bünövrə əridikdən sonra Yerin fırlanması, Günəşin və Ayın cazibə qüvvələri qitələrin şərqdən qərbə sürüşməsinə səbəb olur. Beləliklə, okeanın dibində qismən qitələrin yerini tutur, ərimiş bazalt qitələrin altından çıxır və okean suyu ilə təmasa girərək istiliyini daha tez verir və bərkiyir. Bərkimədə həcm kiçilir, üst qatlar sıxılır, okeanın dibində qitələrin kənarlarına təsir edir və yeni çöküntülərdə dolmuş geosinklinal sahələrdə dağ silsilələri-qırışlıq qurşaqları yaranır. Eyni zamanda, bazaltın bər-

kiməsi dənizin reqressiyasına səbəb olur. Daha sonra sakitlik və istitoplama dövrü başlayır və göstərilən proses təkrar olunur.

Məlumdur ki, Colinin hipotezi bir sıra etirazlara səbəb olmuşdur. Lakin hazırda radioaktiv proseslərin rolu inkar olunmur və hətta radioaktiv enerji Yerin başlıca istilik mənbəyi kimi qəbul edilir.

Yerin dərinliklərinin qalıq istiliyi bir sıra amillər tərəfindən, keçmişdə odlu xəlitə şəklində olan Yer maddəsinin tədrici soyuması ilə əlaqələndirilir. Güman edilir ki, Yerin təkində maddənin soyuması davam edir və bu soyuma Yerin üst geosferlərini istiliklə təmin edir. Bu hipotez əsasında bəzi geoloji prosesləri və elementlərin miqrasiyasını izah etməyə təşəbbüs edən fikirlər söylənilmiş, mülahizələr yürüdülmüşdür. Bunlardan kontraksion nəzəriyyəni, maqmatik axımlar və qitələrin sürüşməsi hipotezlərini göstərmək olar. Mexaniki yerdəyişmədən başqa soyuma, maqmanın kristallaşması, peqmatitlərin yaranması, hidrotermal məhlulların hərəkəti və s. ilə əlaqədar olan miqrasiya növlərini belə hipotezlərlə izah etməyə təşəbbüs göstərirlər.

Miqrasiyadan danışıldıqda hipergenez zonasında kimyəvi elementlərin yerdəyişməsinə xüsusi fikir verilir. Hipergen miqrasiyanın üç növü ayrılır: biogen, fiziki-kimyəvi və mexaniki. Miqrasiya su və hava şəraitində, qravitasiyadan asılı olaraq baş verir.

Hipergen zonasının geokimyəvi prosesləri qarşılıqlı bağlı olub, bir-birlərini şərtləndirir və biz bu barədə ayrıca məlumat verəcəyik.

XIII FƏSİL

MAQMATİK PROSESİN GEOKİMYASI

Maqmatik prosesin geokimyası birinci növbədə süxur və filiz yaradan qızmar xəlitənin Yer qabığının dərinliklərindən səthə doğru yerdəyişməsi ilə bağlı məsələləri öyrənir: maqmanın hərəkəti səbəbləri petroloqlar arasında bir sıra mübahisələr doğurur və bu barədə ümumiləşdirilmiş mülahizə belədir: Maqma tərkibində həll olmuş halda qazlar saxlayır və onu ətraf mühitlə tarazlıqda saxlayan təzyiğin azalması xəlitənin həcmnin böyüməsinə səbəb olur. Bu hadisə sıxlığın azalması və maqmanın hərəkəti ilə nəticələnir. Tektonik qüvvələr bu hərəkəti gücləndirə bilər və hətta maqma ətrafındakı çöküntülərə mexaniki olaraq soxula bilər. Daykaların və sillərin çat-boyu və layarası yerləşməsini başqa cür izah etmək olmaz. Maqmanın, qazların qismən azad olması ilə həcmnin artması onun yuxarıya olan təzyiğini artırır, xəlitənin tavanı uçur, tavan süxurları maqma tərəfindən udulur və mənimsənilir və beləliklə, yuxarıya olan hərəkətlə boş yer tutulur. Hərəkət zamanı maqmanın tədricən soyuması, təkamülü və diferensiasiyası nəticəsində əsaslırdən turşa doğru ardıcıl süxur sıraları, qalıq məhluldan isə müxtəlif peqmatit, metasomatik, hidrotermal mənşəli süxurlar və filiz yataqları əmələ gəlir.

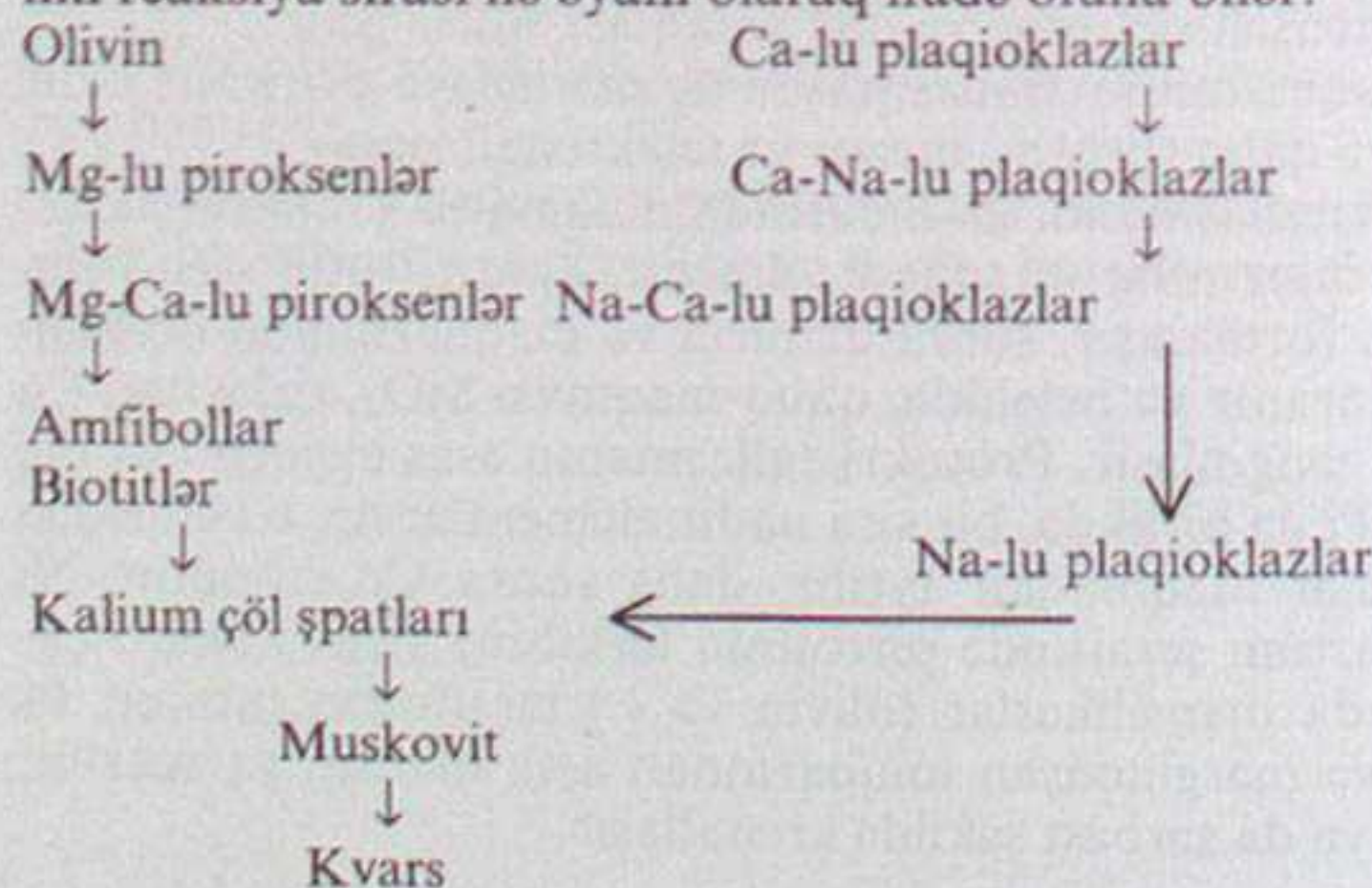
Maqmanın kristallaşmasını üç mərhələyə ayırırlar: ilkin, başlıca və qalıq (proto-, mezo- və telekristallaşma).

Kristallaşmanın ilk anlarında maqmatik xəlitədən aksesori filiz mineralları-maqnetit, ilmenit, apatit, rutil, sfen (titanit) və s. formalaşır, sonra dəmirin və maqneziumun ortosilikatları yaranır və beləliklə, qalıq maqması SiO_2 , qələvilər, Ca və Al-la zənginləşir. Protokristallaşmanın əsas elementləri Fe, Mg, Si, Ti ilə birlikdə, bir sıra nadir elementlər də, o cümlədən platinoidlər maqmadan ayrılır; daha sonra Cr xromitin, Ni kükürd artımı şəraitində pirrotinin tərkibinə girir, kükürd çatışmadıqda ortosilikatlar (olivin və s.) tərəfindən tutulur, Pt kükürd və mərgümüşün miqdarından asılı olaraq, ya sperillit (PtAs_2), ya da sərbəst şəkildə kristallaşır.

Mezokristallaşmada, maqmadan təbiətdə tez-tez rastlaşdığımız silikatlar-çöl şpatları, mikalar, piroksenlər, amfibollar və s. müəyyən nisbətlərdə ayrılır. Anortit-albit izomorf sırası üzrə çöl şpatlarının tərkibi temperaturun azalması ilə tədricən turşlaşır. Kalium çöl şpatları isə ümumiyyətlə, plaqioklazlardan gec kristallaşırlar. Yüksək temperatur şəraitində natriumun kaliumla izomorfizmi mümkündür və beləliklə, mezokristallaşmada ortoklaz-albit izomorf qarışığı yarana bilər. Bu qarışıq temperatur endikdə parçalanır və petroqrafiyadan tanış olduğumuz pertitləri verir. İzomorf qarışığın belə bölünməsi distektika adlanır.

İlkin kristallaşmadan artıq qalmış maqnezium diopsidin, avgitin, enstatitin tərkibinə daxil olur və başqa metasilikatlara da girə bilər. Alüminium qismən piroksen və amfibolların, başlıca olaraq isə alümosilikatların kristallik şəbəkəsinə girir. Onun miqdarı çatışmadıqda melilit yaranır və əgər bu vaxt qələvilərin miqdarı maqmada çoxdursa, alüminium dəmirlə əvəz olunur və qələvi piroksenlər, məsələn, egirin əmələ gəlir.

Mezokristallaşmadan qalan maqmada SiO_2 -nin miqdarı artmaqda davam edir və yaranan minerallar bu komponentlə tədricən zənginləşir. Silisium oksidin ifrat miqdarında o sərbəst şəkildə, kvars kimi çökür. Ortosilikatlardan kvarsı doğru maqmatik xəlitənin minerallara ayrılmaqla təkamülü Bouenin reaksiya sırası ilə əyani olaraq ifadə oluna bilər:



SiO₂-nin miqdarı çatışmadıqda qələvi çöl şpatları əvəzinə leysit (KAlSi₂O₆) və nefelin (NaAlSiO₄) yaranır.

Maqmadakı hər hansı bir elementin bütün miqdarı müəyyən mərhələdə mineral yaratmır. Onun artığı xəlitədə qalır və başqa mineralların fəza şəbəkələrində cüzi də olsa dağılır. Beləliklə, ilkin və başlıca kristallaşma zamanı izomorfizm prosesləri geniş intişar tapır. Plaqioklazlarda natrium və kaliumun, olivində dəmirin və maqneziumun hüdudsuz izomorfizmi və s. buna misal ola bilər. Kalium çöl şpatlarında müəyyən miqdarda barium, rübidiyum və sezium, sirkonda hafnium, avgitalərdə manqan azacıq da olsa, həmişə var.

Maqmatik xəlitənin soyuması və kristallaşması zamanı silikatlarda O-Si tetraedrləri arasındakı əlaqə tədricən mürəkkəbləşir. Əvvəlcə müstəqil tetraedrlərə malik olan minerallar (olivin kimi adacıq silikatları), sonra tetraedrləri qurşaq və zəncirlə bağlanan minerallar (piroksenlər və amfibollar), daha sonra təbəqəvi silikatlər (biotit) maqmadan ayrılır. Prosesin axırına doğru «toxuma» strukturlarının miqdarı artır və tetraedrlər həcmi doldurur (çöl şpatları, kvars). Sxemdə belə bir ardıcılıq müşahidə olunur:

Adacıq SiO₄ → Zəncir SiO₃ → Qurşaq Si₄O₁₁ → Təbəqə Si₂O₅ → həcm SiO₂

Başqa sözlə, maqmanın təkamülündə protokristallaşmadan mezokristallaşmanın axırına doğru ortosilikatlar metasilikatlarla, onlar isə alümosilikatlar və hidroksil qruplu alümosilikatlar ilə tədricən əvəz olunur və nəhayət, maqmada alümosilikatlar və kvars üstünlük təşkil edir və telekristallaşma başlayır. Tetraedrlərdə oksigenin ümumi ionlarının sayının artması ilə əlaqədar olaraq silisium atomlarının oksigen atomlarına olan nisbəti artır (I 1:4-dən I 1:2-yədək).

Əgər nəzərdə tutsaq ki, maqmatik süxurların orta tərkibi Yer qabığının orta tərkibinə yaxındır və ən çox yayılmış silikatlar - çöl şpatlarında Al-un Si-la izomorfizmi mümkündür, (alüminiumun koordinasiya ədədi 4-dür), onda biz Si+Al atomlarının ilkin maqmada oksigen atomlarına olan miqdarı nisbətini hesablaya bilərik. Yer qabığı üçün müvafiq atom

klarkları (Fersmana görə) belədir: O-53,30, Si-17,25 və Al-4,80; buradan axtardığımız nisbət çıxarılır:

$$\frac{Si + Al}{O} = \frac{17,25 + 4,80}{53,30} = 0,41$$

Alınan rəqəm $2/5$ kimi ifadə edilə bilər.

$2/5$ nisbəti nəzərə alınaraq silikatlar aşağıdakı qruplarda cəmləşdirilir: 1) doymamış-nisbət $2/5$ -dən kiçikdir (məsələn, olivin); 2) ifrat doymuş-nisbət $2/5$ -dən böyükdür (çöl şpatları); 3) aralıq-nisbət $2/5-2/6$ (mikalar, kaolin) və s. Qeyd edək ki, göstərilən əməliyyatı çəki faizləri ilə də ifadə etmək mümkündür. Burada nisbət iki dəfə artıq olur və $0,8$ -ə, başqa sözlə, $4/5$ -ə bərabərdir.

Əsasi və turş süxurların aşınması zamanı doymamış və artıq doymuş silikatlar aralıq-təbəqə mərhələsindən keçirlər. Təbiətdə tez-tez təsadüf etdiyimiz çöl şpatlarının kaolinləşməsi və muskovitləşməsi, əsasi süxurların talklaşması və serpentinləşməsi buna sübutdur.

Verilmiş Bouen sırası Rozenbuş qaydasını əyani nümayiş edir. Kristallaşmanın ilk və başlıca mərhələlərində ayrılmamış atomlar qalıq xəlitədə qalır və prosesin axırında fəaliyyət göstərirlər. Bu zaman maqmada Si, K və Na-dan əlavə nəzərə çarpacaq miqdarda H_2O , F, Cl, B, TR və turş maqma üçün səciyyəvi bir sıra nadir və rəngli metallar toplanır. Belə paragenesis peqmatitlər üçün səciyyəvidir.

Maqmatik süxurların yaranması probleminin mürəkkəb olduğunu və onu izah edə biləcək ümumi bir hipotezin olmadığını nəzərə alan F.Y.Levinson-Lessinq vaxtilə onları, yaranma şəraitlərindən asılı olaraq üç qrupda cəmləşdirmişdi:

1. Bilavasitə maqmanın kristallaşması və bərkiməsindən əmələ gələn protektitlər;
2. Yer qabığının daha qədim sahələrinin yenidən əriməsindən və sonrakı diferensiasiyasından törəyən anatektitlər;
3. Maqmaların qarışmasından yaranan sintektitlər.

Maqmatik süxurların yaranması məsələsinin mübahisəliyi qranitlərin genezisinin izahında özünü daha artıq göstərir.

N.Q.Sudovikov (1960) qranitoidlərin üç genetik qrupunu ayırır: metasomatik, reomorfik və maqmatik. Birinci tip regional qranitləşmə prosesində gedən reaksiyaların məhsuludur. Bu hadisəni Y.A.Kuznetsov maqmatik əvəzetmə adlandırır. Reomorfik qranitlər metasomatik substrat üzərində durur, maqmatik qranitlər isə reomorfik növün progressiv əriməsi və yenidən kristallaşması nəticəsində törəyirlər.

Petroqrafik lüğətdə (1963) qranitləşməyə belə bir tərif verilir: «Yer qabığının dərin zonalarında gedən və müxtəlif süxurların (çökmə, maqmatik və metamorfik) bir sıra amillərin təsirindən tərkib və strukturlarını dəyişərək qranitlərə çevrilməsi ilə ifadə edilmiş mürəkkəb proseslərin hamısına birlikdə qranitləşmə deyilir». D.S.Korjinski (1952) və Y.A.Kuznetsov (1964) qranitləşməni süxurların «maqmadan keçən məhlullar» vasitəsilə infiltrasion maqmatik əvəzedilməsi hesab edirlər. Q.D.Afanasyevə (1952) görə, qranitləşmə kənar (ətraf) süxurların dərinlik məhlulları və qaz emanasiyaları tərəfindən qranitə çevrilməsi prosesidir. Bu məhlullar silikat xəlitəsi ilə dolmuş maqmatik ocaqdan gəlirlər. N.M.Uspenski plaqioqranit formasiyası törəmələrinin yaranmasında qranitləşdirici məhlulların rolunu xüsusi qeyd edir və həmin məhlulların maqma ilə bağlılığını inkar edir. V.S.Domaryev (1956) da bu fikrin tərəfdarıdır. Metasomatik qranitlərin varlığı, ümumiyyətlə, qəbul olunur, lakin metasomatoza səbəb olan məhlulların mənşəyi həmişə mübahisələr doğurur.

Qranitoid formasiyaları haqda olan geoloji ədəbiyyatın analizi onların 4 genetik tipini ayırmağa imkan verir:

1. Metasomatik (reomorfik);
2. Ultrametamorfik (palingen);
3. Assimilyasiya (sintektik və reqenerasiya);
4. Maqmatik.

Metasomatik və ultrametaformik genetik tiplər mütəhərrik (geosinklinal) sahələrin əyilməsi, çökməsi və regional metamorfizm hadisələri ilə bağlıdır. Assimilyasiya və maqmatik genetik tiplər maqmatik xəlitənin yerin təkindən qalxması, normal, ya-

xud assimilyasiya diferensiasiyası prosesində törəyirlər. Beləliklə, birinci iki genetik tipin yaranmasında aşağı yönələn, ikinci iki genetik tipin əmələ gəlməsində isə yuxarı qalxan qüvvələr təsir göstərir.

Biz burada dünyanın bir sıra geoloqlarının qranitlərin yaranması barədəki fikirlərini göstərməyi məqsəduyğun hesab edirik.

K.Menert (1959,1963) eksperimentlər əsasında və zəmnəsinin fikirlərini nəzərə alaraq qranit süxurlarının yaranmasının üç mümkün ola biləcək yolunu göstərir: maqmatik, seçilmə toplanması (selektiv mobilizasiya) və metasomatik. İkinci genetik tip reomorfik, yaxud palingen qranitoidlərə uyğun gəlir. A.Baddinqton (1959,1963) Şimali Amerika qranit plutonlarının təmsalında üç tip ayırır: epi-mezo- və katazonanın qranitoidləri. Bu tiplər arasında keçid növləri mümkündür. Menert və Baddinqton öz tədqiqatlarında Q.Q.Ridin (1955) «qranitlər seriyası» anlayışından istifadə edirlər. Bu anlayış belədir: «İntruziv kütlələr, adətən protosin- və postektonik törəmələr kimi təsnifata salınır. Bu ardıcılığı «qranit seriyası» kimi adlandırmaq olar» (Rid,1949). Qranit seriyaları aşağıdakı kimi təsvür olunur:

VAQT

Yer qabığının səviyyəsi

Autoxton qranitlər → Paraautoxton qranitlər → Intruziv maqmatik qranitlər → Plutonlar
 qranitləşmə nəticəsində yaranmışlar

Mütəhərrik zonaların dərinliklərində, orogenezin başlanğıc mərhələsində qranitləşmə nəticəsində miqmatitlər və geniş yayılmış regional-metamorfik süxurlarla bir assosiasiyada iri yığımlar peyda olur. Orogenezin davamı boyu bu autoxton qranitlərin bir qismi öz mühitindən ayrılır və qırıqlıq strukturunun daha yuxarı yaruslarına qalxır. Yuxarıya doğru yerdəyişmədə daha üst horizontlarda qranitoid plutonları formalaşırlar.

Q.Q.Rid metasomatik qranitləri sinorogen, maqmatik qranitləri isə postorogen yaşlı hesab edir. Ondən fərqli olaraq,

Y.A.Kuznetsov qranitoidlərin hamısına orogen mərhələdə baxır və onları qırıqlıqdan sonra yaranan törəmələrə aid edir. Ridin «qranit seriyalarına» oxşar sxemlər O.F.Tirrel (1955), E.Raqen (1957), A.Termye və J.Termye (1959) tərəfindən verilmişdir. Qranitlərin genetik tiplərinin müqayisəli və əyani ifadəsi üçün aşağıdakı cədvəli veririk.

Cədvəl 53

Qranitoidlərin təsnifi sxemlərinin müqayisəsi

Müəllif	Qranitoid süxurlarının genetik tipləri		
	Q.Q.Rid (1949)	Autoxton	Paraautox-ton
K.R.Menert (1959)	Metasomatik	Mobilizasion	Maqmatik
A.F.Baddinqton (1959)	Katazonanın qranitoidləri	Mezozonanın qranitoidləri	Epizonanın qranitoidləri
K.Smulikovski (1960)	Metamorfik, (reomorfik, palingen)	Sintektik	
		Regenerasion (qədim qranitlərdən)	Diferensiasiya
N.Q.Sudovikov (1960)	Metasomatik	Reomorfik	Maqmatogen
Y.A.Kuznetsov (1964)	Maqmatik əvəzetmə		İntruziv

Yuxarıda verilmiş xülasə göstərir ki, qranitoidlərin 4 genetik tipinin-metasomatik (reomorfik), ultrametomorfik (palingen), assimilyasiya (sintektik və regenerasiya) və maqmatik (intruziv) növlərinin ayrılması mümkündür. Birinci iki tip katazonada (Baddinqton) yaranır, assimilyativ qranitoidlərin tazonada (Baddinqton) yaranır, assimilyativ qranitoidlərin ilkin maddəsinin mənbəyi hibrid maqmalar zonasındadır (Şaxov, 1960) ki, bu da mezozonaya uyğun gəlir; maqmatik (intruziv) tip isə Yer qabığının üst yaruslarında formalaşır və geoloji ədəbiyyatda kiçik dərinliklərin (hipabissal) plutonları adlanır (V.S.Koptyev-Dvornikov və b. 1960 və s.).

Hipabissal intruziv qranitoidlərin geokimyası daha təkmil öyrənilmişdir. Nəzərə alsaq ki, maqmatik qranitoidlər və hid bazalt maqmasının təkamülünün axır məhsuludur və onlardan sonra qalıq xəlitəsindən peqmatitlər və hidrotermalidlər yaranır, onda ilkin kristallaşmanın geokimyasına fikir verilməlidir.

Vahid bazalt maqmasınınin təkamülünün birinci mərhələsində əsasi və ultraəsasi süxurlar yaranır. Bunların sırasına peridotitlər, dunitlər, piroksenitlər, amfibolitlər, qabbro, noritlər və s. daxildir. İlkin kristallaşmanın oksidlərinin siyahısı Deli və Treger tərəfindən verilir (%-lərlə):

SiO ₂ -41,35	FeO-7,80	Na ₂ O-0,60	P ₂ O ₅ -0,20
TiO ₂ -1,10	MnO-0,25	K ₂ O-0,50	Cr ₂ O ₃ -0,25
Al ₂ O ₃ -4,90	MgO-32,10	H ₂ O-3,00	V ₂ O ₅ -0,02
Fe ₂ O ₃ -3,70	CaO-4,50		NiO-0,10
Başlıca oksidlər valentlik nəzərə alınaraq qruplaşdırılmışlar			CuO-0,06
			BaO-0,01
			S-0,25
			F-0,01
			Cl-0,01

A.Y.Fersman ilkin kristallaşmanın elementlərini 4 qrupda cəmləşdirir:

1. Başlıca elementlər: Mg, Si, O, Ti, Fe, Ni, Cr.
2. Əsas elementlər: C, Na, Al, P, S, (Cl), Ca, V, Mn, Co, Pt, Ru, Rh, Pd, Os, Jr.
3. İkinci dərəcəli elementlər: (TR), Sc, Cu, Zn, Ge, As, Pb, (Sb) (Hg), Tl, Ag, Au.
4. Aksessor elementlər (qonşu geokimyəvi sahədən tutulmuşlar): K, Sr, Zr, Nb, Ta, W, Re, (Sn), Mo

Altından xətt çəkilmiş elementlərin sıra nömrələri dövri sistemdə cütdür; mütərizələrdəki elementlər prosesdə iştirak edir, lakin minerallarda toplanmırlar. Görürük ki, bəzi istisnalar şərtilə (natrium, alüminium) ilkin kristallaşmanın məhsullarında başlıca olaraq cüt atom nömrəli elementlər toplanır. Onların miqdarı 97%-ə çatır. İlkin kristallaşma şəraitində kalium mineral yaratmır və aksessor mineralların tərkibinə girir. Prosesin axırına doğru tək atom nömrəli elementlərin (Na, K, Al) birləşmələrinin miqdarı artır və çöl şpatları yaranmağa başlayır.

-litof. İlkin kristallaşmanın məhsullarında litofil və siderofil elementlər toplanır. Sulfidlərin varlığı (kükürdün orta miqdarı 0,25%-dir) və karbonun (hərdən almaz şəklində) iştirakı ok-

sigenin çatışmadığını sübut edir. Belə hadisə, əsasi maqma məhsulu kimi baxılan xondritlər üçün səciyyəvidir. Xondrit və digər tip meteoritlərdə metallik dəmirə, nikelə, silisidlərə, karbidlərə və nadirən karbohidrogenlərə (kömürlü xondritlər) təsadüf edirik.

Oksigenin və digər sadə ionların çatışmaması bəzi amfoter (məsələn, titan, xrom, dəmir) elementlərin kationlarının kompleks anionlar halına keçməsinə səbəb olur və ilmenit, xromit, maqnetit kimi mineralların Rozenbuş qanunundan kənara çıxaraq, gözlənilmədiyindən gec kristallaşması ilə nəticələnir. Kationların kompleks anionlarla əvəz olunması kation artımı xəlitədə nə qədər çox olarsa, o qədər gərgin gedir və sistem mənfi və müsbət yüklü atomların tarazlıq halına gəlməsinə cəhd edir. Bu fikir A.Y.Fersman tərəfindən aqpaıt qələvi süxurlar üçün söylənilmişdir. Lakin əsasi maqmada amfoter elementlər hesabına yaranmış kompleks anionların varlığı fiziki-kimyayın qanunlarından kənara çıxır.

İlkin kristallaşmanın məhsulları arasında izomorfizm geniş yayılmışdır. İzovalent izomorfizmə misal olivində maqneziumun dəmirlə, avgitedə dəmirin manqanla, olivində dəmirin və maqneziumun nikel və kobaltla, platinoidlərin isə bir-birini əvəz etməsi ola bilər. Heterovalent izomorfizm skandiumun maqnezial silikatların kristallik şəbəkəsinə daxil olması, tantal və niobiumun titanı əvəz etməsi, dəmirin, misin və nikelin platində tapılması ilə təzahür edir.

PEQMATİTLƏR

Təqdim olunan dərslikdə peqmatitlərə maqmatik süxurların geokimyası fəslində baxılması təsadüfi deyildir. Belə ki, bu süxurlar qranitoidlərin formalaşmasının axır mərhələsinin məhsuludurlar və onların yaranmasının geoloji şəraitinin izahı alimlər arasında həmişə mübahisələr doğurur. Bir sıra tədqiqatçıların əsərlərində peqmatit prosesinə hipabissal qranitoidlərdən ayrıca baxılır. Y.A.Kuznetsovun (1964) «Başlıca maqmatik formasiyalar» kitabında peqmatitlər süni olaraq metasomatitlərdən və hidrotermalitlərdən ayrılır; birinci metaso-

matik, ikinci və üçüncü isə maqmatik qranitoidlərlə əlaqələndirilir. Lakin alimlərin əksəriyyəti peqmatit, təmas-metasomatik və hidrotermal prosesləri fəzavi və genetik olaraq vahid maqmanın fəaliyyəti ilə bağlayırlar. Hər halda, peqmatitlər onlardan sonra gedən digər mineralyaradan proseslərlə sıx əlaqədədirlər və onlar bir yerdə öyrənilməlidir.

Müasir geoloji ədəbiyyatda peqmatitlərin bir sıra morfoloji, paragenetik, tekstur, geokimyəvi və sənaye təsnifatları mövcuddur.

Keçmiş SSRİ-də peqmatitlərin yaranma mexanizmi və geokimyasını əks etdirən fikirləri 4 qrupda cəmləşdirmək olar:

1) A.Y.Fersman tərəfindən söylənməmiş və K.A.Vlasov tərəfindən inkişaf etdirilmiş hipotez;

2) D.S.Korjinski, K.K.Landes və V.S.Sobolyevin metasomatoz hipotezi;

3) A.N.Zavaritski tərəfindən söylənməmiş və V.D.Nikitin tərəfindən inkişaf etdirilmiş nəzəriyyə;

4) Filizləşmənin səciyyəsi və yaranma mexanizminə əsaslanan A.İ.Ginzburq və Q.Q.Rodionovun mülahizələri.

A.Y.Fersmanın qranit peqmatitləri haqdakı monoqrafiyası 1939-cu ilədək olan peqmatitlərə aid geoloji ədəbiyyatın, demək olar ki, hamısını əhatə edir, həmçinin əsasi və qələviturş peqmatitlər barədə məlumat verir. A.Y.Fersmanın peqmatitlərin əmələ gəlməsi mexanizminə dair fikirləri sonralar Orta Asiyanın, Azərbaycanın, Ukraynanın, Kareliyanın, Skandinaviyanın, Afrikanın, Şimali Amerikanın peqmatitlərini öyrənən bir çox tədqiqatçılar tərəfindən bəyənilmiş, ona əlavələr edilmiş və təkmilləşdirilmişdir.

A.Y.Fersmana görə, istənilən maqmanın soyuması zamanı uçucu qaz komponentləri ilə doymuş qalıq silikat xəlitəsi yaranmalıdır. Uçucu komponentlərlə sudan başqa CO_2 , HCl , HF , CO , H_2 , H_2S , SO_2 , N_2 , CH_4 , H_3BO_3 və H_3PO_4 aid edilir. Onların təsiri altında silikat xəlitəsinin özlülüyü və kristallaşma temperaturu kəskin sürətdə aşağı düşür və mütəhərrikliyi artır. Nəticədə maqmanın soyumasının axır çağlarında qalıq xəlitəsi uçucu komponentlərin təzyiqi və tektonik qüvvələrin

təsirlərindən ana intruzivin soyumuş qabığına və ya ətraf süxurlara soxularaq peqmatit kütlələrini yaradır.

Temperaturun enməsi ilə bağlı olaraq A.Y.Fersman peqmatit xəlitəsinin formalaşmasının, kristallaşma və bərkiməsinin bir neçə mərhələsini müəyyənləşdirir:

«A» mərhələsi qranit massivinin kristallaşmasının axırncı mərhələsi olub, $900-800^{\circ}\text{C}$ temperatur həddünə çatır;

«B» mərhələsi ilkin maqmadan sonrakı fəaliyyətlə bağlıdır və epimaqmatik mərhələ adlandırılır. Temperatur $800-700^{\circ}\text{C}$ -dir, peqmatitlər maqnenit və qranat kristalları saxlayan aplitlərlə haşiyələnirlər;

«C» mərhələsində temperatur $700-600^{\circ}\text{C}$ arasında dəyişir, uçucu komponentlərin varlığı mühitində kvarsın və çöl şpatlarının iri kristalları əmələ gəlir, birgə inkişaf edir, evtektika verir və peqmatit morfoloji olaraq formalaşır. Evtektikanın 74% -i mikroklin və 26% -i kvarsdan ibarətdir. «C» mərhələsində yazı qraniti (yəhudi daşı), biotitin və digər mikaların iri lövhələri, lantanoidlərin və bir sıra başqa nadir metalların mineralları-ortit, monasit, kolumbit, samarskit və uranit əmələ gəlir.

Maqmatik xəlitədən yazı qranitinin yaranma şəraiti üç fazalı (qaz, maye, sülb) sistem şəraitində gedir.

«D-E» mərhələsi 600°C -dən aşağıda başlayır və peqmatoid fazası adlandırılır. Bu mərhələdə yüksək temperaturlu α -kvars, aşağı temperaturlu β -kvarsla əvəz olunur. Kvarsın kristalları bipiramidal görkəmlərini itirir, triqonal prizmaların bərabər inkişafı ilə seçilirlər. A.Y.Fersmanın fikrincə, peqmatoid mərhələsi iki fazalı (maye-qaz) sistemdir. Maye fazadan kalium çöl şpatı, kvars (rauxtopaz və morion növləri daxil olmaqla), çoxkomponentli muskovit (H_2O və F saxlayır), berill, turmalin (F və B saxlayır) kimi minerallar ayrılır.

«F-G» fazası böhrandan yuxarı mərhələdir. Temperatur $500-400^{\circ}\text{C}$ -dir. Mərhələnin böhrandan yuxarı adlandırılmasının səbəbi suyun qaz halından maye halına keçməsinin böhran (kritik) temperaturunun 400°C ($375,3^{\circ}\text{C}$) olmasıdır. Mərhələ iki (maye-qaz) fazalıdır. Qazların iştirakı ilə minerallar maye

fazadan çökürlər. Bu mərhələdə kalium çöl şpatı və albit izomorf qarışıqdan çıxır və pertit yaranır. Litiumlu minerallar (spodumen, lepidolit, seziyum saxlayan rübellit), topaz və azacıq monasit, malakon, kolumbit və s. əmələ gəlirlər.

Böhrandan yuxarı mərhələnin axırına doğru, təxminən 400°C temperaturda, dəmirin, manqanın, litiumun, kalsiumun və natriumun fosforlu turş birləşmələri (fosfosiderit, triplit, ambliqonit, albit) peyda olur və bununla da qalıq xəlitəsindən peqmatitin kristallaşması başa çatır.

A.Y.Fersmanın fikrincə, peqmatitlər qalıq xəlitəsi ilə əlaqədar olan geoloji-geokimyəvi kütlə olub, uçucu komponentlərin ifrat böyük miqdarı ilə səciyyələnir və soyuma prosesində başlıca olaraq maye fazadan kristallaşırlar. D-E-F-G fazalarının minerallarının iri ölçüləri bununla izah olunur.

Nadir metal minerallarından berillin, topazın, turmalinin peqmatitlərdə rast olunan kristalları öz nəhəng ölçüləri ilə diqqəti cəlb edir. Uralda 27-68 kq ağırlıqlı topazlar tapılmışdır, turmalinlərin uzunluğu 2-3 metrə çatır, onlarca santimetr qalınlıqlı spodumenlər 1,5-2 m uzunluğa malikdirlər. ABŞ-da Etta yatağında 1-2 m qalınlıqlı və 10-14 m uzunluqlu spodumenlərə təsadüf edilmişdir. 1946-cı ildə Volindəki peqmatitlərdən çıxarılmış morionun çəkisi 10 ton, uzunluğu 2 metr idi.

Lantanoid mineralları saxlayan peqmatitləri tədqiq etmiş K.A.Vlasov (1952) peqmatitlərin yaranmasının 4 mərhələsini və müvafiq olaraq onların 4 tipini müəyyənləşdirir.

Dənəvər strukturlu birinci tip peqmatit prosesinin əvvəlini xarakterizə edir. Belə peqmatitlərə kiçik damar formalarında rast gəlinir və onlar uçucu komponentlərin iştirakının azlığı və temperaturun tez enməsi şəraitində formalaşırlar.

İkinci blok tipi peqmatit prosesinin sonrakı fazasında yaranır və qalıq xəlitəsindən iri çöl şpatı kristallarının, nadir element mineralları yığımlarının yaranması ilə səciyyələnir.

Üçüncü-tam diferensiasiyaya uğramış növ birinci iki tipə nisbətən daha yuxarıda yerləşir, uçucu komponentlərin konsentrasiyası və peqmatik xəlitənin tədrici soyuması ilə seçilir. Bu mərhələdə kvarsın iri blokları, çöl şpatlarının bitişmiş aqreqatları ilə bir sırada nadir metal minerallarına (tantalit,

spodumen və s.) rast gəlinir. Çöl şpatları qismən albitləşir, muskovitləşir və s.

Dördüncü-axırıncı tip peqmatitlərdə uçucu komponentlərin qalıq xəlitəsindəki miqdarı daha da artır və onların əvvəl yaranmış minerallara güclü təsiri hiss olunur. Uçucular formalaşmış mineralları aşılrayır, metasomatoza səbəb olur və bu da albitin, muskovitin, törəmə kvarsın, manqan və litium fosfatlarının, niobatların və tantalatların, kassiteritin və s. mineralların yaranması ilə nəticələnir. Peqmatitlərin vertikal kəsilişində dördüncü tip ən yuxarı mövqeni tutur.

K.A.Vlasovun fikrinə görə, eroziya kəsilişindən asılı olaraq peqmatitlərin bu və ya digər tipi yerin səthinə çıxır.

Mütəxəssislərin bir qismi peqmatitlərə maqmatikdən çox metasomatik törəmələr kimi baxır. Onların mülahizəsinə, peqmatitlər hidrotermal məhlulların qranitlərə və aplitlərə təsirindən, bu süxurların metasomatik əvəz olunması və yenidən kristallaşması nəticəsində əmələ gəlirlər. K.Landes 1932-1935-ci illərdə bu barədə amerikalı mineraloqların və geokimyəçilərin işlərini ümumiləşdirmiş, peqmatitlərin inkişafının bir sıra xüsusiyyətlərini qeyd edərək metasomatozun rolunu xüsusi göstərmişdir. K.Landes, daha sonra D.S.Korjinski və V.S.Sobolyev yazırlar ki, qranit maqmasının qalıq xəlitəsi ancaq çöl şpatı və kvarsdan ibarət peqmatitləri yaradır və ondan mineralizatorlarla zəngin olan birləşmələr törəyə bilməz. Mineraloji tərkibi mürəkkəb və zəngin olan peqmatitlər isə onların sadə növlərinə uçucu birləşmələrlə zəngin maqmadan sonrakı məhlulların təsirindən əmələ gəlirlər. Bu proses zamanı çöl şpatı muskovit, berill, topaz, turmalin, nadir element mineralları və s. ilə izomorf olaraq əvəz olunur. Peqmatitin formalaşması açıq sistem şəraitində gedir və daim maqmadan yeni maye-qaz payları ilə təmin olunur.

A.N.Zavaritski (1947) xüsusi peqmatit maqmasının olmasını inkar edir və deyir ki, peqmatitlər istənilən maqmanın qalıq xəlitəsindən yarana bilər. Belə xəlitə filiz və qeyri-filiz yataqlarını əmələ gətirən bütün komponentləri saxlayır və mineralizasiya prosesində ana xəlitədən asılı deyil.

A.N.Zavaritskinin fikirləri V.D.Nikitin tərəfindən inkişaf etdirilmişdir. Nikitin Kareliya və Kola yarımadasının peqmatitləri timsalında belə nəticəyə gəlir ki, peqmatitlər adi maqmatik süxurların qranit, qranit-aplit və s. damar derivatlarının (qollarının) yenidən kristallaşması və metasomatik əvəz olunması nəticəsində yaranırlar.

İ.N.Timofeyev (1960), A.İ.Qinzburq (1960), Q.R.Rodionov, Q.Y.Qudspid (1940), Q.Ramberq (1956), R.A.Çadviq (1958) və b.-nin tədqiqatları metasomatik peqmatitlərin aşağıdakı xüsusiyyətlərə malik olduqlarını göstərir:

1) peqmatit cisimlərinin konturlarının müxtəlifliyi və ətraf süxurlarla sərhədlərinin tədriciliyi;

2) ətraf süxurların strukturlarının qismən peqmatitlər tərəfindən təkrar olunması (peqmatitlər və kənar süxurlardakı süxuryaradan mineralların fəzada yerləşməsindəki xəttilik və s.);

3) peqmatitlərin mineraloji tərkibinin kənar süxurların litologiyasından asılılığı.

Peqmatitlərin tədqiqində bəzi müəlliflər struktur əlaməti əsas götürür. Q.Y.Qudspid (1940) peqmatitlərin daxilində genişlənən və əvəzetmə daykalarını ayırır. V.Ç.Kinq Nigeriyada Ozi rayonunun peqmatitlərinin başlıca morfoloji xüsusiyyətlərini öyrənmiş və Qudspidin təsnifatını əsaslandırılmışdır. Q.Ramberq Qərbi Qrenlandiyanın peqmatitlərinin struktur analizini vermişdir. R.A.Çadviq peqmatitlərin yaranmasında intruziv qüvvələrin rolunu qeyd edir və bu halı linzavari peqmatitlərin varlığı və peqmatitkənarı süxurların deformasiyası ilə isbat etməyə cəhd edir. Lakin o, intruziv kütlələrdən kənar da yerləşən peqmatit damarlarını nəzərdən qaçırır. İ.N.Timofeyev (1960) intruziv qüvvələrdən başqa, peqmatitlərin morfolojiyasının müxtəlifliyində tektonikanın əhəmiyyətli rol daşdığını qeyd edir.

Peqmatitlərin yaranmasında struktur xüsusiyyətləri və metasomatozu nəzərə alsaq, onların formalaşması belə təsəvvür oluna bilər. Xarici tektonik və daxili maqmatik təzyiqdən yaranan qüvvələrin təsirindən əmələ gələn boşluqlara peqmatit xəlitəsinin dolması zamanı, xəlitə ilə ətraf süxurlar arasında əvəzetmə reaksiyaları gedir və peqmatitkənarı meta-

somatik haşiyələr peyda olur. Maqmanın soyuması nisbətən sakit tektonik şəraitdədirsə, normal diferensiyasiya baş verir və uçucu birləşmələrlə zəngin qalıq xəlitəsi maqmatik massiv (pluton) daxilində qapalı sistemdə şlir və ləkələr şəklində peqmatit kütlələri yaranır.

1960-cı ildə Kopenhagendə keçirilmiş Beynəlxalq geoloji konqresin XXI sessiyasının materiallarında peqmatitlərin mineraloji, petroqrafik, struktur xüsusiyyətlərinə və yaranma mexanizmlərinə xüsusi fikir verilmişdir.

Litiumlu peqmatitlərin yaranma mexanizmi və onların yeni minerallarının əmələgəlmə ardıcılığını V.Karpov (Kanada) və Devid B.Styuart (ABŞ) eksperimental olaraq müəyyənləşdirir. Kvebek sahəsinin peqmatitlərində mineralyaranma ardıcılığı belədir: iri spodumen kristallarının yerləşdiyi və peqmatitin uzanma istiqamətinə perpendikulyar cəhətləndikləri daxili zona, kiçik dənəvər, azacıq spodumenli təmas zolağı, nazik layvari biotit zolağı, nisbətən qalın holmskit haşiyəsi, təmas boyu inkişaf edən kalsit damarları və hornblenditlər. Belə fikir irəli sürülür ki, spodumen, holmskit, biotit və plaqioklaz metasomatozun məhsuludur.

H.Sorensen (Danimarka) Qrenlandiyanın İlimausak kompleksində nefelinli sienitlərlə əlaqədar maqmatik və metasomatik peqmatitləri ayırır. Birinci tip sodalitli və nyukazitli nefelinli sienitlərdə yerləşmişdir. Nyukazitlə bir assosiasiyada rinkitə, evdialitə və arfedsonitə rast gəlinir. İkinci tip birincini kəsir və metasomatik genezislidir. Burada albitə, analsimə və natrolitə təsadüf olunur.

Brayan Hitçen (İngiltərə) Şotlandiyanın Skouran, Laksfordiyan və Moynyan sahələrində Kembriyə qədər yaşlı metamorfik komplekslərdə paylanmış peqmatitləri təsvir edir. Skouran peqmatitləri hornblendin biotitə nisbətən üstünlüyü, kobalt və nikel ilə zənginlikləri, barium, stronsium və talliumun cüzi miqdarı ilə seçilirlər. Laksfordiyan peqmatitləri bariumun, kobaltın, niobiumun, tantalın və digər nadir metalların artıq miqdarı ilə səciyyələnirlər. Moynyan peqmatitləri muskovitin çoxluğu, daxili zonaları, turmalin və qranatların

iştirakı, qalayla zənginlikləri və Co, Ni, Tl-la doymamış olmaları ilə seçilir.

Kotelo Neyva və Korreya Neves (Portuqaliya) Mozambikdəki Alto-Liqonha sahəsinin peqmatitlərinin maqmatik diferensiasiya nəticəsində yarandığı və ancaq sonra metasomatoza uğradıqlarını qeyd edirlər.

Radioaktiv metal mineralları daşıyan qranit peqmatitləri Meksikanın Telixslaxuaka və Santa-Ana sahələrində Qonzales Reyna tərəfindən təsvir olunurlar. Bu törəmələr paleozoy yaşlı qranit-qneyslərin içərisində yatır və yüksək radioaktivlikləri ilə digər peqmatitlərdən fərqlənir. Allanitlə əlaqədar olan uran və toriumun miqdarı Santa-Ana peqmatitlərində bəzən 9%-ə çatır. Telixslaxuaka və Santa-Ana peqmatitləri həmçinin metasomatozun inkişafı ilə xarakterizə olunurlar.

Müxtəlif genetik tip peqmatitlər Cənub Dakotada (ABŞ) Donald H.Kuper, Norveçdə Stiven Divlyan və Paul H.Reytan, Fransada Dominik Boulancar və Georq Deyx və RF-də A.İ.Ginzburq tərəfindən öyrənilmişdir.

Peqmatitlərin genezisinin və struktur yaranma şəraitinin tədqiqi müasir geokimyayın, petrologiyanın ən vacib problemlərindən biridir və maqmatik süxurların, xüsusilə qranitoidlərin yaranmasını başa düşməyə kömək edir. Əgər peqmatitlər maqmatik yolla yaranmış və onların təmasından ətraf süxurlarda metasomatoz hadisələri getmişsə, deməli, onların məhsulu olduqları xəlitə intruziv mənşəlidir. Bu barədə Y.A.Kuznetsov ilə V.S.Koptyev-Dvornikovun fikirləri uyğun gəlmir; birincisi peqmatitləri metasomatik, ikincisi isə maqmatik qranitlərlə əlaqələndirir. Lakin təbiətdə hər iki tipə təsadüf edirik.

A.İ.Qinzburq və Q.R.Rodionov (1960) peqmatitlərin yaranma dərinliklərinə və sənaye əhəmiyyətinə əsaslanaraq onlara yeni təsnifat vermişlər və təbiətin bu törəmələrini 4 qrupda cəmləşdirmişlər: nadir torpaq, nadir metal, muskovit və dağ bülluru daşıyan peqmatitlər. Mineralların paragenezisi intruziv kütlələrlə əlaqəsindən və metamorfizmin xarakterindən asılı olaraq tip və yarım tiplərə bölünür.

Nadirmetaldaşıyan tipin berill-tantalit, spodumen və spodumen-lepidolit yarım tipləri müəyyənləşdirilir. Bu növdən olan peqmatitlər iri tektonik zonalarla bağlı olub, mürəkkəb daxili quruluşları, zonallığın olmaması və metasomatozun inkişafı ilə səciyyələnirlər. K.A.Vlasovu tənqid edən Qinzburq yazır: «K.A.Vlasov (1956) tərəfindən peqmatit kütlələrini qiymətləndirmək üçün irəli sürülmüş-yaxşı ifadə edilmiş zonalıq və yuvarlaq forma əlamətləri özünü doğrultmur. Belə ki, K.A.Vlasovun işləri nəşr edildikdən sonra keçən müddət ərzində bir dənə də olsun belə tip peqmatit tapılmamışdır. Müşahidə olunmuş yuvarlaq formalı, daxillərində nadir element mineralları ilə dolmuş yuvalar olan peqmatit kütlələri ancaq kiçik filiz təzahürləridir». Görünür ki, bir tərəfdən Qinzburq Vlasovu tənqid edir və digər tərəfdən onun nadirmetaldaşıyan peqmatitlərin varlığı barədəki mülahizələrini təsdiq edir.

Son illərdə müşahidə olunmuş bir çox peqmatitlər tavaşəkilli olub, yüzlərlə metr və kilometr məsafələrə uzanır. Onlar müxtəlif dənəvər quruluşları, zonallığın olmaması, güclü albitləşmə və filiz komponentlərinin bərabər paylanması ilə xarakterizə olunurlar. Peqmatit kütlələrinin ətrafında litiumun, rubidiumun, berilliumun və digər nadir metal minerallarının geokimyəvi areallarda varlığı aşkar edilmişdir.

Peqmatitlər öyrənilərkən onları əhatə edən süxurlara fikir vermək lazımdır. Qranit peqmatitləri tərkiblərinin qranitoidlərdə və onlara kimyəvi tərkibcə yaxın süxurlarda (qranit-qneys, şist) yerləşdikdə dəyişməirlər. Belə peqmatitləri A.Y.Fersman «təmiz xətt peqmatitləri» adlandırır.

Peqmatit tərkibcə ondan seçilən süxurlara soxulduqca təmas reaksiyaları baş verir; peqmatit məhlulu yan süxurlardan özündə çatışmayan komponentləri alır və ifrat doymuş olduğu oksidləri, məsələn, K_2O və SiO_2 -ni verir. Beləliklə, «kəsişmə xətt» peqmatitləri peyda olur. Kəsişmə xətt peqmatitlərinin tərkibi yan süxurlardan asılı olaraq dəyişir.

Peqmatitlərdən alınan faydalı qazıntıların çoxunu Fersman və onun ardıcilları təmiz xətt tipi ilə əlaqələndirirlər.

Peqmatitlərin yaranması, yerdəyişmə mexanizmi, morfoloqiyası, kənar süxurların onların tərkibinə təsiri, mineral paragenезisləri, tekstur və strukturları və geokimyəvi xüsusiyyətlərinin analizi əsasında peqmatitlərin aşağıdakı təsnifi sxemini təklif etmişdir (Bəktaşi, 1972):

1. Sadə peqmatitlər - bu anlayış D.S.Korjinski, V.S.Sobolyev və K.K.Landes tərəfindən işlədilir. A.Y.Fersmanın təmiz xətt peqmatitlərinə müvafiq gəlir, lakin onlardan tərkiblərinin sadəliyi ilə seçilir. Başlıca olaraq kvars və çöl şpatından ibarətdirlər. Mineralizatorlarla zəngin törəmələr daşıyırlar. Qapalı sistemdə yaranır və oxşar tərkibli süxurlarda yerləşirlər. Səciyyəvi nümayəndələri yazı qraniti - «yəhudi daşı»dır.

2. Metasomatik peqmatitlər – anlayış Fersmanın «kəşifən xətt», Korjinski, Sobolyev və Landesin «mürəkkəb peqmatitlərinə» uyğunlaşdırıla bilər. İki yarım tipə bölünür:

a) avtometasomatoz nəticəsində, qapalı fiziki-kimyəvi sistem şəraitində yaranan peqmatitlər;

b) təmas metasomatozu nəticəsində açıq sistemdə əmələ gələn növlər.

Avtometasomatik peqmatitlərin törəməsini A.N.Zavaritskinin hipotezi ilə izah etmək olar. İstənilən maqmanın soyumasından sonra qalmış, silikat tərkibli xəlitə metal və uçucu komponentlərdən başqa silikatların komponentlərini saxlayır. Qazla ifrat doymuş bu xəlitədən minerallar yarandıqca onun tərkibi dəyişir. Vaxt keçdikcə yaranmış minerallar ilə qalıq məhlulu arasındakı fiziki-kimyəvi tarazlıq pozulur, onlar arasında əvəzetmə reaksiyaları gedir və yeni törəmələr əmələ gəlir. Məhlulun özü yaratdığı minerallara təsir edib dəyişikliklərə səbəb olmasına biz avtometasomatoz deyirik. Mürəkkəb peqmatitlərin bir qismini qapalı sistemdə yaranmış peqmatitlərə aid etmək olar.

Metasomatik peqmatitlər qalıq xəlitəsinin tərkibcə ondan seçilən süxurlara soxulması və bu prosesdə gedən əvəzetmə reaksiyaları nəticəsində törəyirlər.

Sadə peqmatitlərin uçucu komponentlərlə zəngin, maqmatik ocaqla daim əlaqədar olan məhlullar tərəfindən metasomatik əvəz olunması nəticəsində yaranmış «mürəkkəb» peqmatitləri də təmas növünə aid etmək olar.

A.İ. Qinzburqun təsnifatına görə «mürəkkəb», yaxud metasomatik peqmatitlər aşağıdakı nadir metallar və onların mineralları ilə zəngindir:

1) qranit peqmatitləri - U, TR, Y, Sc, Nb, Ta, berill, muskovit (Be, Nb, U), tantalit-beril (Ta, Be, Sn, Nb), spodumen-lepidolit (Li, Rb, Cs, Be, Ta, Sn, Nb);

2) nefelinli sienit peqmatitləri-piroxlor-sirkon (Nb, Zr, TR) və astrofillit-lovenit (Li, Nb, Ti);

3) Qələvi qranit və qələvi-sienit peqmatitləri - eşenit (Nb, TR, Th), çevkinit (TR, Th), ilmenorutil (Nb, Ti) və qadolinit-ferqusonit (TR, Y, Nb, U, Th);

4) Naməlum mənşəli foyyait və nefelinli sienit peqmatitləri-evdialit-murmanit-ramzait-lamprofillit (Zr, Nb, Ti), lovçorrit-mikolit (TR-Ce, Th), qakmanit-natrolit (TR), natrolit-analsim-albit (Be, Li, Ga).

Peqmatit proseslərin sonu pnevmatolit-hidrotermal (metasomatik) prosesin başlanması ilə üst-üstə düşür və bu iki hadisə arasındakı keçid tədricidir.

XIV FƏSİL

MAQMADAN SONRAKI PROSESLƏRİN GEOKİMYASI

Maqmadan sonrakı mineralyaratma proseslərinə pnevmatogen (pnevma yunanca qaz deməkdir), metasomatik və hidrotermal fəaliyyət daxil edilir.

PNEVMATOLİT TÖRƏMƏLƏR

Pnevmatoliz hadisələrinin baş verməsi üçün uçucu komponentlərlə zəngin xəlitənin çox aşağı təzyiqli şəraitində soyuması lazımdır. Belə olduqda müəyyən vaxt daxilində buxarlar yaranır və maddənin qaz şəklində yerdəyişməsi gedir. Bu proseslər vulkan fəaliyyəti zamanı Yer səthində və yaxud da dərinlik maqmatik xəlitənin Yer qabığının üst yaruslarına soxularaq səthə yaxın soyuması zamanı gedə bilər. Uçucu komponentlərlə zəngin maqmatik xəlitə orta dərinliklərdə soyuyarsa, uçucu komponentlər yan süxurlara doğru yönəlir, onlara kimyəvi təsir göstərir və metasomatoza səbəb olurlar.

Maqmatik massivin kənarlarında və tavan hissəsindəki qonşu süxurlarda kimyəvi reaksiyalar gedir. Alınmış məhsulların tərkibi və metamorfizmin gərginliyi qazlı-sulu məhlulların temperaturundan çox onların kimyəvi fəallığından asılıdır. Müşahidələr göstərir ki, ən gərgin dəyişmələr qranitoid intruzivlərinin karbonatlı süxurlarla təmasında gedir. Burada gedən reaksiyalar nəticəsində başlıca olaraq silikatlardan ibarət olan skarnlar yaranır. İkinci dərəcəli əhəmiyyətə malik törəmə kvarsitlər, epidozitlər, buynuz daşlarının bəzi növləri, listvenitlər, qreyzenlər və s. pnevmatolit, pnevmatolit-hidrotermal və hidrotermal törəmələr təmas boyu və çatkənarı inkişaf edir.

Yerüstü vulkan püskürmələri zamanı pnevmatoliz hadisələri maksimal əhəmiyyət kəsb edirlər. Uçucu komponentlərin xeyli miqdarı atmosfərə keçir. Lakin soyumuş lavalaların

çatlarında, vulkan kraterlərinin və lavalara toxunan süxurların məsamələrində sublimatlara-kükürdə, naşatıra, bor minerallarına, bəzən civəyə və s. təsadüf etmək olar. Metasomatoz burada demək olar ki, inkişaf etmir.

METASOMATOZ

Metasomatoz nəticəsində yaranan törəmələrdən skarnların geokimyası nisbətən maraqlıdır. XIX əsrin axırları və XX əsrin əvvəllərində skarnların yaranmasının maqmatik mərhələyə aid olduğunu və onların maqmanın qaz emanasiyalarının, yuxarıda dediyimiz kimi, karbonatlı süxurlara təsirdən törəndiyini söyləyirlər. Sonrakı tədqiqatlar göstərdi ki, skarnyaradan qaz emansiyaları tək karbonatlı süxurlara yox, digər çöküntülərə də müəyyən təsir göstərirlər. Skarnları törədən uçucularla zəngin maqmadan sonrakı məhlulu skarnlaşdırıcı adlandırdılar.

Skarnyaradan məhlulların genezisi barədə iki təsəvvür mövcuddur. Bunlardan birincisinə görə skarnlaşdırıcı məhlullar xüsusi tərkibə malik olub, maqmatik xəlitənin soyumasının müəyyən mərhələsində peyda olurlar. Tərkibinin xüsusiyyəti yan karbonatlı süxurların assimilyasiyası ilə izah olunur. Kənar süxurların maqma tərəfindən tutulması və mənimsənilməsinə assimilyasiya deyilir. Belə məhlullar nəinki əhəngdaşları və dolomitləri, hətta silikatlı süxurları belə skarnlaşdırırlar (M.A.Usov, 1927; P.P.Pilipenko, 1939; X.M.Abdullayev, 1945, 1957; M.S.Qaşqay, 1940, 1958, 1965). İkinci hipotez 1963-cü ildə D.S.Korjinski tərəfindən irəli sürülmüş və təmas reaksiyaları zamanı, maqma ilə kənar süxurlar arasındakı metasomatik əvəzətmələri əsaslandırır. Hipotezlərin hər ikisi dərinlikdən qalxan məhlullara istinad edir.

Metasomatoza səbəb olan dərinlikdən qalxan məhlullar barədə ilk fikir 1910-cu ildə P.Termye tərəfindən söylənilmiş, sonralar P.Eskola (1934), Q.Ramberq (1952) və b. bu hipotezi inkişaf etdirmişlər. V.M.Qoldşmidt qalxan məhlulların və dəyişmiş süxurların tərkibindən asılı olaraq metasomatizmin kvarşlı-silikat, karbonat, duz və sulfid növlərini müəyyənləşdirir.

V.M.Qoldşmidtin fikrinə, metasomatizmin səbəbi pnevmatolitikontakt metamorfizmidir və buna görə də hadisə karbonat süxurları üçün daha səciyyəvidir. Vaxt baxımından metasomatoz normal metamorfizmdən sonra və daha aşağı temperatur şəraitində baş verir.

MDB geoloqlarının işləri göstərir ki, skarnlaşma prosesi qranitoid massivləri hələ tamam soyumamış başlayır və onlar soyuduqdan sonra axıra çatır. Beləliklə, normal metamorfizmin məhsulları olan buynuzdaşları və mərmərlər ilə skarnlar eyni temperatur hüdudunda yarana bilərlər. Skarnların, buynuzdaşlarının, epidozitlərin və törəmə kvarsitlərin birgə yaranmasına əyani misal Naxçıvanın Mehri-Ordubad və Daşkəsənin eyni adlı plutonlarının təmas arealları ola bilər.

Uralın Turin filiz sahəsi üçün D.S.Korjinski və Ordubad filiz rayonu üçün bizim tərəfimizdən metasomatik zonaların iki tipi müəyyənləşdirilmişdir: 1) nisbətən yüksək temperaturlu müstəqil skarn (piroksen-qranat) və 2) daha az temperaturlu epidozit (qranat-epidot) zonaları.

1939-cu ildə V.M.Qoldşmidtin işlərinə əsaslanan Eskola metasomatitlərin 5 tipini ayırmışdır: 1) qələvi; 2) kalsiumlu; 3) dəmir-magneziumlu silikat; 4) Si, Sn, B, Li, F, Cl, S gətirilməsi ilə gedən metasomatizm və 5) CO₂-nin təsirindən gedən metasomatizm. Bu tiplərdən ikinci, üçüncü və dördüncü skarnlaşma ilə bağlıdır.

Metasomatoz P.P.Pilipenkonun işlərində də səciyyələndirilir. O, kontakt dəyişmələrində əsas faktoru maqmanın kimyəvi tərkibi hesab edir. Diferensiasiya dərəcəsi artıq olan (hissələnməyə həssas olan) maqmalar skarnlaşmanın davamlılığı ilə seçilir. Belə silikat xəlitələrinə misal olaraq qranodiorit və monsonit maqmaları göstərilir. Pilipenko skarnların minerallarını iki qrupda cəmləşdirir: a) susuz, başqa sözlə «quru» skarnlar və b) tərkibində konstitutsion su olan «yaş» skarnlar.

X.M.Abdullayevin (1945, 1947, 1957) tədqiqatlarında skarnyaratma proseslərində assimilyasiyanın əhəmiyyətinə xüsusi fikir verilir. O, skarnlaşmada mineralyaratmanın 4 mərhələsini müəyyənləşdirir: 1) skarn-başlıca skarn mineralları (piroksenlər, qranatlar, vezuvian, vollastonit, skapolit) ya-

ranır; 2) kvarşlı filiz- yüksək temperaturlu maqnetit, şeyelit, kassiterit filizdaşıyan məhlullardan ayrılır, aktinolitləşmə və qismən epidotlaşma baş verir, çöl şpatları albitləşir, sərbəst kvars ayrılır; 3) kvars-sulfid-səciyyəvi hidrotermal minerallar (molibdenit, pirit, pirrotin, xalkopirit, arsenopirit, sfalerit, qalenit) təmərküzləşir; 4) kvars-karbonat-kvars, flüorit, barit və karbonatlar (kalsit, ankerit) yaranaraq skarnlaşma prosesini başa çatdırır.

RF-də metasomatik, o cümlədən skarnlaşma proseslərinin izahına D.S.Korjinski, V.A.Jarikov və b. xüsusi fikir vermişlər. Onların verdiyi sxemdə maqmanın tərkibinin turşuluğu əsas götürülür və metasomatozun aşağıdakı mərhələləri müəyyənləşdirilir:

I- Maqmatik mərhələnin metamorfizmi və metasomatizmi: a) maqmanın hələ xəlitə halında olduğu zaman baş verən ilkin metasomatoz və b) qranitləşmə;

II- Turş mərhələdən qabaq maqmadan sonrakı metasomatoz: a) ilkin qələvi mərhələnin avtometasomatizmi: 1) əvəzetmə antipertitləri; 2) kalium çöl şpatının albitləşməsi; 3) mirmekitləşmə; 4) maqnezial metasomatoz və 5) uralitləşmə; b) kontakt-reaksiyon metasomatoz: 1) turş intruzivlərlə əhəngdaşlarının təmasında gedən reaksiyon metasomatizmi 2) turş intruzivlərlə dolomitlərin təmasında olan reaksiya metasomatozu və 3) hiperbazitlər ilə yan süxurların təmasında baş verən metasomatoz.

III-Turş və sonrakı qələvi mərhələnin maqmadan sonrakı metasomatozu: a) kontaktkənarı dəyişmə: 1) qreyzenləşmə və muskovitli qranitlərin yaranması; 2) vulkanik komplekslərin kontaktkənarı dəyişməsi və törəmə kvarsitlərin yaranması; 3) kolçedan yataqlarının formalaşması; 4) kontaktkənarı dəyişmə və skarnların filizləşməsi və 5) qələvi, əsasi və ultraə-sasi süxurlarda avtometasomatoz; b) maqmadansonrakı regional metasomatizm: 1) propilitləşmə; 2) serpentinitləşmə və 3) piritləşmə; v) aşağıtemperaturlu çatkənarı metasomatizm: 1) litsvenitləşmə; 2) ankerit-ortoklaz əvəzetmələri; 3) berezitləşmə və 4) xloritləşmə.

Sxemdən göründüyü kimi, skarnlaşma və skarnların filizləşməsinə D.S.Korjinski metasomatizmin müxtəlif mərhələləri ilə bağlayır: skarnlar metasomatozun turş mərhələsindən əvvəl olan, maqmadan sonrakı metasomatoz zamanı bimetasomatoz və nadir kontakt infiltrasiyası yolu ilə yaranırlar, skarnların filizləşməsi isə turş və ondan sonra gələn qələvi mərhələdə kontaktkənarı dəyişmələrdə baş verir.

Skarnlaşmanı Korjinski kontakt–reaksiyon-metasomatik proses hesab edir. Mülahizə olunmalıdır ki, skarnlar ancaq intruzivlərlə kənar süxurların təmasında yaranmalıdırlar. Prosesin kontakt-infiltrasiya, yaxud bimetasomatik-diffuziya olması maqmadansonrakı məhlulların hərəkət etdikləri yollardan asılıdır. Kiçik çatlar boyu məhlulların hərəkəti kontakt infiltrasiyasına səbəb olur. Əgər proses toxunan süxurların əlaqəli diffuziyası şəraitində gedirsə, bimetasomatoz baş verir və əvəzetmə reaksiyaları gedir. Bimetasomatozdan diffuziya reaksiyası zonaları yaranır və zonallıq inkişaf edir.

Skarnlaşmanın təmas reaksiyalarından yaranma prinsipinə görə metasomatitləri törədən maqmadansonrakı məhlullar kalsiumun aşağı miqdarı ilə seçilməlidirlər. Deməli, skarnlar ancaq silikat və karbonat süxurlarının təmasında əmələ gəlməlidirlər. Və həqiqətən də, skarnların başlıca yığımları qranit intruzivləri ilə əhəngdaşlarının, yaxud dolomitlərin təmasında qərar tutur. Misal olaraq, Ordubaddakı Kətəm-Kilit zolağının skarnlarını göstərmək olar.

Korjinskinin mülahizələri bir sıra geoloqların etirazına səbəb olur. Akademik Mir Əli Qaşqay yazır ki, skarnyaradan məhlullarda kalsiumun potensialı yüksəkdir və bu da həmin məhlulların Yer üzünə qalxaraq silikat süxurlarının təmasında belə skarnların yaranması ilə nəticələnir. Misal olaraq, M.Ə.Qaşqay respublikamızın məşhur Daşkəsən skarn-dəmir yatağını nümayiş etdirir (M.Ə. Qaşqay, 1965).

Ümumiyyətlə, skarnlaşma elə süxurların təmasında gedir ki, onlar metasomatozun müvafiq mərhələsindəki təzyiqlik və temperatur şəraitində reaksiyaya girmək qabiliyyətinə malik olsunlar. Belə reaksiyaların baş verməsi üçün ən əlverişli şərait qranitoid intruzivləri ilə karbonat çöküntülərinin təmasıdır.

Skarnyaratmaq proseslərində, həmçinin komponentlərin mütəhərrikliyi və inertliyi də nəzərə alınmalıdır. Korjinskinin mütəhərriklik sırasında CaO , Fe_2O_3 və SiO_2 ən inert komponentlər hesab olunur. P.P.Pilipenko, N.P.Semyonenko və A.Y.Fersmanın fikirləri isə bunun əksini sübut edir. Pilipenko yazır: «Skarn prosesinin ən mütəhərrik elementləri Si, xüsusən Ca hesab edilməlidir, Ca-un mütəhərrik qalığı CaCO_3 şəklində prosesin əvvəlində qranatdan tutmuş, axırında xloritə qədər mərhələlərin mineralları ilə bir paragenezisdə təsadüf edilir». A.Y.Fersman və N.P.Semyonenko elementlərin qeyri-bərabər yerdəyişməsini onların miqrasiya qabiliyyətləri ilə əlaqələndirirlər. Müxtəlif mineralyaratma şəraitində bir-birindən seçilən mütəhərrik sıralar yaranır.

Skarnlaşma prosesləri məsamə məhlullarının iştirakı ilə gedir. Korjinskinin mütəhərriklik sırasının ən hərəkətdə olan komponentləri su və CO_2 -dir və onların təsiri hərarət artdıqca artır.

Korjinski sıralarına əsasən, metasomatozun intruziv massivlərdə inkişafı zamanı mütəhərrik komponentlərdən birinci növbədə yan süxurlara qələvilər-kalium, litium, rubidium və natrium, daha sonra fluor, bor və digər uçucu komponentlər çıxırlar. Nəticədə həmin elementlərin intruzivlərin ətrafında ilkin geokimyəvi arealları yaranır. Metasomatoz, intruzivlərin təmas müstəvilərinin kənar süxurlara nisbətən az meyilli olduğu şəraitdə daha gərgin inkişaf edir. Metasomatozun yayılmasını süxurların çatlılığı, parçalanmalar boyu ovxalanması, kataklaz və milonitləşmə sürətləndirə bilər.

Albitləşmiş alyaskit qranitlərinin ətrafında tez-tez kalium metasomatozun arealı müşahidə olunur. Yan süxurlar adətən müəyyən dərəcədə muskovitləşmiş, yaxud qreyzenləşmiş olur. Bu, alyaskit qranitləri ətrafında berill minerallaşmasını şərtləndirir. Qeyd olunan hadisələrə Azərbaycanın Ordubad, Daşkəsən, Kəlbəcər və Gədəbəy rayonlarında olan qranitoid intruzivlərinin apikal və kənar hissələrində təsadüf edirik. Bu proseslərlə molibdenin, misin və digər xalkofil elementlərin ilkin geokimyəvi arealları bağlıdır və onlardan axtarış məqsədilə Azərbaycan geoloqları səmərəli istifadə edirlər.

Albitləşmiş və sinnvalditləşmiş amazonitli qranitlərin qumdaşları və şistlərlə təmas zonasında K, Li, F-lu metasomatitlər müşahidə olunur. Sinnvalditləşmə monomineral qreyzenlərin əmələ gəlməsi ilə nəticələnə bilər. Sinnvalditli süxurlar 1,5-2% Li, 1%-dək Rb saxlayırlar və həmin elementlər üçün qiymətli xammal hesab olunurlar.

Qələvi süxur kütlələrinin kənar təmas zonalarında (ekzokontaktlarında) albitləşmə, egirinləşmə və kalişpatlaşma ilə ifadə olunmuş geniş geokimyəvi areallar yaranır. Təmas zonasında yaranmış metasomatik alümosilikatlar fenit adlandırılır. Fenitlər yüksək qələvi və kvarssız (relikt kvarsı nəzərə alınmasa) süxurdur. Qələvi süxurların albitləşməsi ilə Nb, Zr və TR filizləşməsi əlaqədardır.

Nadir metal filizləşməsi nefelinli və qələvi sienitlərin natrium metasomatozu ilə bağlı olduğundan, minerallaşmaya səbəb olan məhlulların geokimyəsi maraqlıdır. Aydınlaşdırmaq lazımdır ki, nadir metalları natrium daşıyan məhlullar dərinlikdən gətirmiş, yaxud ətraf süxurlardan mənimsəmişlər. Axırncı hallarda fərz olunur ki, nadir metallar ilkin qələvi süxurların aksesor minerallarında olmuş və natrium metasomatozu nəticəsində onlardan çıxarılmışlar. Bu hadisə karbonatlaşmada nadir metalların yığılmasını da şərtləndirə bilər.

Qranitlərin mikroklinləşməsi zamanı plaqioklazlar mikroklinlə əvəz olunur və onların tərkibindəki element-qarışıqlar, o cümlədən TR azad olur. Mikroklinləşmənin artması sonrakı albitləşməyə səbəb olur. Biotit muskovitlə metasomatik əvəz olduqda da müəyyən miqdarda nadir elementlər çıxarılıb metasomatitlərdə nisbətən zəngin konsentrasiyalar yarıda bilirlər.

Alyaskit qranitlərinin metasomatik dəyişməsi albitləşmiş və qreyzenləşmiş süxurların peyda olması ilə nəticələnir. Belə süxurlar berillin, bəzən volframitin, molibdenitin və kassiteritin narin, hərdən görünməyən mötəvilərini saxlayır. Intruziv kütlələrinin tavan hissələrində (şist örtüklərinin altında) berill mötəvilərinin miqdarı artır və onlar sənaye əhəmiyyətli yığımlar yaradır. Hərdən belə massivlərdə çatlama boyu berillin sinnvaldit, volframit, yaxud molibdenitlə paragenезis təşkil

edən konsentrasiyaları müşahidə edilir. Çatlama və parçalanma zonaları həm intruzivi, həm də kənar süxurları kəsdikdə berill-flüorit toplantıları saxlayan brekçiyalaşmış qranitlərin qreyzenləşmiş, albitləşmiş və flüoritləşmiş zonalar şəklində yataqları əmələ gəlir.

Qranit və şistlərdə bəzən berill və volframit daşıyan kvars və kvars-çöl şpatı damarlarına təsadüf olunur. Belə damarlar kənarlardan qreyzenləşmiş süxurlarla haşiyələnirlər. Damarların qalınlığı çoxaldıqca haşiyələrin eni azalır.

Pnevmatolit-hidrotermal (kontakt infiltrasion) metasomatoz ultraəsaslı süxurlarda-serpentinidlərdə, talk-xlorit şistlərində getdikcə, az qalınlıqlı kvars-plaqioklaz damarları yaranır ki, onların ətrafındakı süxurlar slyudidlərə (floqopit-biotit aqreqatından ibarət olan süxur) çevrilirlər. Bu cür kvars-plaqioklaz damarları berill, molibdenit, flüorit, slyudidlər isə zümrüd, nadirən fenakit və aleksandrit saxlayırlar.

Pnevmatolit-hidrotermal metasomatoz karbonatlı süxurlarda gedirsə, səciyyəvi flüorit törəmələri peyda olur. Onlarda fenakitə, xrizoberillə, litium-berillium-kalsium mikalarına (marqarit, yaxud efesidlərə) təsadüf edirik. Qranitoidlərlə əhəngdaşlarının təmas zonalarında maqnetit-andradit-vezuvian skarnları yaranmış olarsa, filizyariatma prosesləri skarnların üstünə gəlir və nəticədə berill minerallaşması olan flüoritmika və skarnları törəyir. Skarnlarda sulfidləşmə inkişaf etdikdə xrizoberillə yanaşı qelvinə təsadüf edilir. Qelvin daşıyan skarn yataqlarına ABŞ-da «Dəmir dağda» rast olunmuşdur. Yataq qranit-porfir daykaları ilə əhəngdaşlarının təmasında yerləşir.

Skarnlarda Nb və TR saxlayan knopit mineralının sənaye əhəmiyyətli yığımları yarana bilər. Knopit-apatit skarn yataqları Almaniyada Kayzerştul və Şellingendədir.

Pnevmatolit-hidrotermal, nadir metal yataqları yaradan metasomatik proseslərə dolomitlərlə əlaqədar olaraq çox nadir hallarda təsadüf olunur və xüsusi xarakterləri ilə səciyyələnilirlər. Burada nadir elementlərin yığıcıları spinel, flüorit, taf-feit, xrizoberill, protolitionit və sinxualitdir.

Metasomatoz hadisələri müxtəlif intruziv komplekslərlə (qranitoid, ultraəsasi, qələvi və s.) onların ayrı-ayrı fazalarının geokimyəvi xüsusiyyətləri ilə əlaqədar olan müxtəlif genetik tip yataqların yaranması ilə səciyyələnirlər. Avtometasomatik genezisli nadir metal yataqları qranit, nefelinli sienit, qələvi-qranit, qələvi sienit və ultraəsasi-qələvi süxurlarda əmələ gələ bilər. Qranitlərdə gedən avtometasomatoz nəticəsində berildəşən qreyzenləşmə və albitləşmə zolaqları yaranır. Berildən başqa litium, qalay, volfram, molibden və ftor iştirak edir. Sinnvalditləşmiş və albitləşmiş amazonitli qranitlər isə tantal, niobium, litium, qalay, skandium və ftorun iştirakı ilə xarakterizə olunurlar.

Nefelinli sienitlər avtometasomatoz nəticəsində Nb, Zr, Th və Ce qrupu nadirtorpaq elementləri saxlayan piroxlor-sirkonlu mariupolitlərə çevrilirlər.

Qələvi qranit və sienitlərdəki avtometasomatoz hadisələri onların albitləşməsinə, V qrupun nadirtorpaq elementləri, Nb, Ta, Zr, U və Th saxlayan ferqusonit-priorit-malakonlu albititlərlə qismən əvəz olunmasına səbəb olur.

Ultraəsasi-qələvi maqma ilə əlaqədar olan metasomatitlər Nb, Ce qrupu nadirtorpaqları təzahürləri və yataqlarının yaranması üçün əlverişli geokimyəvi mühit hesab olunur.

Qranit maqmasının qazlı-sulu hidrotermlərinin turş alümosilikat süxurlara təsirindən berilldəşən albitləşmə-qreyzenləşmə ovulma zonaları yaranır. Həmin zonalarda Be-dən başqa Li, Rb, W və F-un minerallarına təsadüf olunur. Belə şəraitdə volframit-molibdenit-berill minerallaşmalı ştokverk tipli yataqlar formalaşır.

Nefelinli sienitlərlə əlaqədar olan uçucu komponentlərlə zəngin hidrotermlərin turş alümosilikatlara çatlar boyu təsirindən minerallaşması olan, piroxlor və sirkonlu albitləşmiş və karbonatlaşmış pozulma zonalarında yerləşən yığımlar peyda olur. Belə hidrotermlər qələvi qranit və sienitlərlə əlaqədar olduqda TR, Nb, Ta, Th və U minerallaşması mövcud olur.

Ultraəsasi süxurlardakı çatlar və parçalanmalar boyu kontakt infiltrasion fəaliyyət göstərən uçucu komponentlərlə

zəngin hidrotermlər qranit maqması ilə əlaqədar olduqda zümrüddaşıyan slyudit, ultraəsasi-qələvi maqma ilə əlaqədar olduqda isə piroxlorlu karbonatit yataqları əmələ gəlir.

Karbonat süxurlarında getmiş çatkənarı metasomatik dəyişmələr adətən qranit maqmasının hidrotermal fəaliyyəti ilə bağlı olub müxtəlif tərkibli nadirmetal filizləşməsi daşıyan metasomatik törəmələrin yaranmasına səbəb olur. Belə geoloji-struktur şəraitdə berill-flüorit-maqnetit skarnları, fenakit-marqarit-flüorit tərkibli metasomatitlər, briolit, mizerit və digər nadirtorpaq elementli albititlər, fenakit-torit-flüorit assosiasiyaları və britolit-çevkinit-flüoritli skarnlar formalaşır.

Müxtəlif metasomatoz hadisələri peqmatit və hidrotermal proseslər arasında keçiddirlər. Onlar bir tərəfdən tədrici olaraq peqmatitlərlə, digər tərəfdən isə hidrotermal itlərlə bağlıdır. Bu proseslər arasında kəskin sərhəd qoyula bilməz və onların geokimyası ancaq fərqləndirici cəhətlərin üzə çıxarılması ilə həyata keçirilir; peqmatitləri yaradan qalıq xəlitəsinin kənar süxurlara təsirindən yaranmış metasomatitləri, hidrotermal çatkənarı törəmələr və pnevmatogen-hidrotermal minerallaşmanı bir-birindən ayırmağa və müstəqil səciyyələndirməyə imkan yaradır.

HİDROTERMAL MİNERALYARATMANIN GEOKİMYASI

Müasir Yer haqda elmə məlum olan filiz yataqlarının əksəriyyəti hidrotermal yolla əmələ gəlmişdir. Lakin onların maqmadan sonrakı hidrotermal məhlulların mənşəyinin bir sıra başlıca tərəfləri hələ də geoloqlar arasında mübahisələrə səbəb olur. Hidrotermlərin mənbələri, tərkibləri, fəaliyyət göstərdikləri temperatur həddü, hərəkət etdikləri yollar və hərəkətlərinin səbəbi, minerallarının ayrılma mexanizmləri, fasial və mərhələvi zonallıq və s.-nin izahı çox zaman mütəxəssislər arasında fikir ayrılığına səbəb olur.

Hidrotermal məhlulların dərinlik genezisli və qalxan olduqları müəyyənləşdirilmiş hesab olunur. Belə fikrin xeyrinə

çoxlu miqdarda hidrotermal yataqların məsaməli süxurlarda (qumdaşları, əhəngdaşları və s.), məhlulburaxmayan çöküntülər (şistlər və s.) altında yerləşməsi danışır. Burada aydın nəzərə çarpır ki, məhlulburaxmayan süxurlar ekran rolunu oynamış, aşağıdan qalxan hidrotermal məhlullar onlara çataraq dayanmış və müstəvi səthləri boyu paylanaraq, filizləri daha əlverişli sahələrdə çökdürmüşlər.

Aydın məsələdir ki, dərinlikdən qalxan məhlullar isti olmuşdur. Yer səthinə yaxınlaşdıqca onların temperaturu tədricən aşağı düşmüş və səthə yaxın 100°C və daha az olmuşdur. Beləliklə, fikirləşilir ki, hidrotermal məhlulların temperaturu suyun böhran temperaturu (400°C , daha dəqiq desək, $375,2^{\circ}\text{C}$) ilə Yer səthinin orta illik temperaturu arasında dəyişir. Yüksək temperatur şəraitində, təzyiqdən asılı olmayaraq su buxar halında olduqda pnevmatogen, Yer səthində isə hipergen hadisələr gedir.

Təbiidir ki, müxtəlif dərinliklərdəki fiziki-kimyəvi şəraitdən asılı olaraq hidrotermal yataqlar bir-birindən morfolojiyaları və mineraloji tərkiblərinə görə seçiləcəklər. Belə müxtəlif hidrotermal yataqlar üç-hipo-, mezo- və epitermal qruplarda cəmləşdirilmişdir. Bu məhlullardakı filizlərin mənşəyini aydınlaşdırmağa cəhd edən hipotezlər həmçinin üç qrupda cəmləşdirilir: 1) meteor sular (yağış, qar, dolu) çatlar vasitəsilə yerin dərinliklərinə süzüldükdə kənar süxurlarla reaksiyaya girir, tərkiblərini onların hesabına filizlə doydurur və fiziki-kimyəvi şəraiti dəyişdikdə yığıqları məhsulu filiz kütlələri halında çökdürürlər; 2) hidrotermal məhlullardakı filiz mineralları maqma ilə bağlıdır və 3) filiz kütlələrinin yaranmasında həm meteor, həm də maqmatik məhlullar iştirak edir.

Dediyimiz birinci hipotez əsasında lateral-seqreqasion nəzəriyyə meydana gəlmişdir. Zanderberger tərəfindən inkişaf etdirilən bu hipotez sonralar özünə tərəfdarlar tapmamışdır. Lakin qeyd edək ki, ABŞ-da çap olunan dərsliklərdə hidrotermal yataqların ksenotermal qrupu müəyyənləşdirilir və izah olunur ki, belə genezisli yataqların başlıca səbəbi meteoroloji sulardır. Meteoroloji suların dərinlikdəki dövranı zamanı tərkiblərini metallarla doyurması ağlabatan işdir. Yer dərin,

geotermik qradienti artıq olan zonalarına sızan sular tədricən qızır və yollarındakı süxurlardan metallogen elementləri mənimləyirlər. Metalsaxlayan belə məhsullar daha sonra, geoloji-struktur şərait dəyişdikdə qalxan ola bilər və onların yuxarı hərəkətinə kənar süxurlara soxulan intruzivlər kömək edə bilər. Fiziki baxımdan suların belə dərinlik dövrəni mümkündür və kimyəvi nöqteyi-nəzərdən də etiraz doğurmur. Geokimyayın əsas qanununda deyilir ki, müxtəlif süxurlarda bu və ya digər formada (mineral, izomorf qarışıq, molekulyar-örtük suları və s.) azacıq da olsa elementlərin hamısı, o cümlədən mis, molibden, qurğuşun, sink, civə və s. xalkofillər var və onların qızmış, dərinlikdə dövrən edən sular vasitəsilə çıxarılıb əlverişli mühitdə təmərküzləşməsi mümkündür. Hipotezin əleyhinə aşağıdakı etirazlar var:

1. Əgər filizyaradan məhlullar dərinlikdə dövrən edərək tərkiblərini dəyişmiş və qızmış meteoroloji sulardırsa və intruzivlərin hərəkəti hesabına yuxarı qalxmışlarsa, deməli, intruzivlərin hamısının yaxınlığında yataq və təzahürlər olmalıdır. Təbiətdə isə filizləşməyə intruzivlərin hamısının yaxınlığında yox, ancaq onların müəyyən tiplərinin ətrafında və içində təsadüf edirik.

2. Bəzən müxtəlif filizləşmə növləri intruzivlərin ətrafında zonal yerləşirlər. Meteoroloji hipotezi baxımından bu zonallıq izah olunmur. Lakin maqmatik ocaqdan ayrılmış hidrotermal məhlulların tədrici təkamülü və diferensiasiyası nəzərə alınarsa, zonallığın mexanizmi asan aydınlaşdırılır.

3. Bir sıra filiz əyalətlərində müxtəlif tərkibli süxurlarda oxşar tərkibli filiz kütlələri yatır və əksinə, müxtəlif tərkibli filiz kütlələrinə eyni litoloji tərkibli çöküntülərdə təsadüf edirik. Belə çıxır ki, filiz kütlələrini yaradan hidrotermlərin tərkibi kənar süxurlardan asılı deyil. Aydın məsələdir ki, hidrotermlər müəyyən miqdarda maddə ətraf mühitdən mənimləyir, ancaq onların mineraloji tərkibinin formalaşması ilkin məhlulun kimyəvi tərkibi hesabınadır.

Maqmadan sonrakı hidrotermal məhlulların bilavasitə maqma ilə əlaqələndirilməsi belə mübahisələr doğurmur və geoloqlar tərəfindən bəyənilir. Lakin bəzi sulfid damarlarının

meteor suların dərinlik dövrünü zamanı yaranması mümkündür. ABŞ-da Missisipi çayının hövzəsindəki iri qurğuşun-sink yataqlarının və Missuridəki mütəvi qurğuşun filizləşməsinin bu cür yaranması mülahizə olunur. Ola bilsin ki, bir sıra civa, sürmə və mərgümüş yataqları həmçinin belə genezislidir. Belə ki, onların maqmatik massivlərlə genetik əlaqəsini müəyyənləşdirmək mümkün deyil. Bizim fikrimizcə, Azərbaycanın Kəlbəcər və Laçın rayonlarındakı çoxlu miqdarda civa və sürmə təzahür və yataqları da meteor mənşəlidir.

Filiz yataqlarının intruzivlərlə əlaqəsinin üzə çıxarılmasının böyük əməli və nəzəri əhəmiyyəti vardır. Bu məsələnin həlli filiz yataqlarının axtarılmasının rəşional istiqamətləndirilməsinə imkan yaradır. Qranit intruzivləri ilə filizləşmənin əlaqəsi barədə müxtəlif rəylər var. Çox hallarda bu əlaqə fəza və yaş yaxınlığı ilə müəyyənləşdirilir. Bir sıra hallarda genetik əlaqə inkar edilməzdir. Lakin mezo-, epi-, tele- və ksenotermal yataqlarda bilavasitə intruzivlərlə bağılılığı hərdən müşahidə etmirik. A.Lokk, P.Billinqsley və s. alimlər filizləşmə ilə intruzivlər arasındakı əlaqəni tamam inkar edirlər. Onların fikrinə görə, filiz məhlulları maqmadan daha dərində yerləşən qabıqaltı filiz xəlitəsi (maqması) ilə bağılıdır. Qeyd edək ki, Azərbaycanın və keçmiş SSRİ-nin Avropa hissəsinin ən iri yatağı olan Filizçay (Balakən rayonu) kolçedan-polimetal yatağının müəyyən bir intruzivlə genetik və fəza əlaqəsi hələ ki, dəqiq təyin olunmamışdır və ola bilsin ki, yatağın genezisinin müəyyənləşdirilməsi üçün Lokk-Billinqsley hipotezini tətbiq etmək lazımdır.

İndiyə qədər yığılmış faktik material nəzərə alınarsa, filiz yataqlarını üç qrupa ayırmaq olar:

1. Intruzivlərlə genetik əlaqələri mübahisə doğurmayan yataqlar belələrinə misal olaraq platin və platinoidlər, xromit, titanlı maqnetit, mis-nikel sulfidləri və s. əsasi ultraəsasi süxurlarla genetik bağılı olan filizləşmə, konkret qələvi intruzivlərdə yerləşən apatit, niobium, sirkon və nadirtorpaq elementləri yataqlarını və peqmatitləri göstərmək olar.

2. Yaxınlıqdakı intruzivlərlə genetik əlaqəsi şübhə doğurmayan, lakin konkret maqmatik kütlə ilə bağılılığın müəy-

yönləşdirilməsi çətin olan filizləşmə. Bura qranitoid intruzivləri ilə əlaqələndirilən çoxlu miqdarda qalaydaşıyan qreyzen, kvars-volframit, kvars-kassiterit, topaz-berill yataqları, daha sonra dəmirin, volframın, molibdenin və s. metalların təmas yataqları aid edilə bilər.

3. Intruzivlərlə genetik əlaqəsi aydın olmayan yataqlar. Bu tipə əhəngdaşları və vulkanitlərdəki çoxlu miqdarda polimetallik filizlərin, civənin, sürmənin, mərgümüşün və s. aşağı temperaturlu hidrotermal yataqları məxsusdur.

Tədqiqat aparılan sahədə filizləşmə ilə intruziv arasındakı əlaqəni müəyyənləşdirmək mümkün deyilsə, belə əlaqə regionun ümumi maqmatizmi ilə izah olunmalıdır. Mülahizə etmək lazımdır ki, regionun intruzivləri, vulkanitləri və filizləşməsi ümumi bir dərinlik maqmasının məhsuludur. Y.A.Bilibin belə əlaqəni paragenetik adlandırır. Qızıl filizləşməsi ilə kiçik intruzivlər arasında paragenetik əlaqəyə Kiçik Qafqazda, Uzaq Şimali-Şərqdə və s. metallogenik əyalətlərdə tez-tez rast gəlinir.

Maqmada Yer qabığının başlıca elementləri - Si, Al, Ca, Mg, Fe, qələvilər və s. ilə bir sırada dövrü sistemin başqa elementləri də müxtəlif miqdarda iştirak edir. Maqmanın soyuması zamanı təbii təkamül gedir: maqmatik süxurlar, peqmatitlər, metasomatitlər və hidrotermalitlər yaranır, litofillərlə xalkofillər bir-birindən ayrılırlar. Deməli, hidrotermal məhlullar maqma ilə genetik əlaqədirlər və öz təkamüllərində qaz fazasından keçirlər. A.Y.Fersmanın təsnifat sxeminə görə, qaz (pnevmatolit) fazası 600°C-də başlayır və xalkofil elementlərin paylanması bu temperaturdan aşağı pilləvari səciyyə daşıyır:

I. Li, K, Mo, Sn, [W], Bi, [SiO₄]⁻⁴, /PO₄/⁻³, [O], [S]

II. [W], As, Au, Fe, Zn, [SO₄]⁻⁴, [CO₃]⁻²

III. Cu, Zn, Pb, As, Sb, [CO₃]⁻², [SO₄]⁻²

IV. Pb, As, Au, Co, Ni, /As₂S₄/⁻², /Sb₂S₄/⁻²

V. Sb, As, Hg, /S/, F

I-qalay-volfram-molibden tipi pnevmatolit (qazların iştirakı ilə) şəraitdə formalaşır. II-qızıl tipi keçid fazasıdır və volfram vasitəsilə I, sink vasitəsilə isə III tiplə əlaqələnir. III və IV tiplər çoxsulfidli fazalardır, IV tipdə kompleks ionlar

artıqlıq təşkil edir. V fazanın mineralları kristallaşmanın aşağı təzyiqliq-temperatur şəraiti ilə seçilir.

Hidrotermal prosesin getdiyi ərəfədə məhlulların tərkibi onların hərəkət etdikləri litoloji mühitdən asılı olaraq dəyişir. Fəaliyyətin ilk mərhələlərində məhlullar F, Cl və s. kimi anionların varlığından turş olur, qalay-volfram kompleksinin mineralları törəyir. Əhəngdaşı, mergel və s. kənar süxurlarda hərəkət pH-ı artırır, neytrallaşdırır, hətta zəif qələvi edir, Pb, Zn, Cu və s. metalların sulfidlərini çökdürür, səciyyəvi hidrotermal yataqlar yaranır.

Hg, Sb və As sulfidləri hidrotermal məhlulda daha çox saxlanılır və mineralizatmanın ən axırncı fazalarında kristallaşırlar. Məhlulların hərəkəti və pH-ın qiymətini dəyişməsi filiz minerallarının paragenезisinin müxtəlifliyinə və damar minerallarının tərkibinin dəyişməsinə səbəb olur: kvars, kalsit, daha sonra siderit, barit və flüoritlə əvəz olunur. Belə hadisəyə Daşkəsəndəki Çovdar barit-polimetal yatağında təsadüf edirik.

pH-ın qiymətinin artması ətraf süxurlar, metaformik şistlər, qneyslər, maqmatitlər və turş vulkanitlər olduqda zəifləyir. A.Y.Fersman bu proseslərlə turş intruzivlərin təmasında yaranan qalay-volfram assosiasiyası minerallarının təmərküzləşməsini izah edir. Hidrotermal mineralizatmanın mexanizmi izah edilərkən nəzərə alınmalıdır ki, cıvə, sürmə və mərgümüşün sulfidləri neytral mühitdə çox cüzi həllolma qabiliyyətinə malikdirlər və A.A.Saukovun fikrincə, onların peyda olmasına xüsusi mühit lazımdır.

Hidrotermal proses zamanı oksigenin potensialının azalması aydın müşahidə olunur. Bu elementin başlıca miqdarı prosesin əvvəlində kassiteritin, volframitin, şeyelitin, hərdən hematitin və s. yaranmasına sərf olunur; sonrakı hadisələr hidrogen-sulfid, karbonat və sulfat mühitində baş verir. Aydın məsələdir ki, məhlullar yuxarı qalxdıqlarından təzyiqliq də azalır. Mineralizatmanın hidrotermal məhlullardakı ardıcılığı nəzərə alınarsa, onları belə müşahidə etmək olar:

1. Molibdenit	-	MoS ₂	7. Şeyelit	-	CaWO ₄
2. Pirrotin	-	FeS	8. Sərbəst qızıl	-	Au
3. Kassiterit	-	SnO ₂	9. Arsenopirit	-	FeAsS
4. Volframit	-	(Fe, Mn)WO ₄	10. Xalkopirit	-	CuFeS ₂
5. Sərbəst bismut-		(Bi)	11. Stannin	-	Cu ₂ FeSnS ₄
6. Bismutin	-	Bi ₂ S ₃	12. Sfalerit	-	ZnS
13. Qalenit	-	PbS	15. Sürmənin sulfoduzları:		
14. Bismutun sulfoduzları:			Tetraedrit	-	Cu ₁₂ Sb ₄ S ₁₃
Jozeit	-	Bi ₄ Te ₂ S ₂	Tennantit	-	Cu ₁₂ As ₄ S ₁₃
Tetradimit	-	Bi ₂ Te ₂ S	Famatinit	-	Cu ₃ SbS ₄
İkunolit	-	Bi ₄ (SSe) ₃	16. Mərgümüşün sulfoduzları:		
Vittixenit	-	Cu ₃ BiS ₃	Lyusonit	-	Cu ₃ AsS ₄
17. Uraninit	-	UO ₂	Enargit	-	Cu ₃ AsS ₄
19. Telluridlər:			18. Sərbəst Au (ikinci generasiya)		
Hessit	-	Ag ₂ Te	20. Antimonit	-	Sb ₂ S ₃
Petsit	-	Ag ₃ AuTe ₂	21. Realqar	-	AsS
Empressit	-	AgTe	22. Auripiqment	-	As ₂ S ₃
			23. Kinovar	-	HgS

Siyahısı verilmiş mineralların hamısını müəyyən bir hidrotermal yataqda görmək mümkün deyil. Yataqların əmələgəlmə temperaturu və formalaşdıqları dərinlikdən asılı olaraq, siyahının əvvəlinin, ortasının, yaxud axırının mineral assosiasiyalarına təsadüf edirik.

Hidrotermal yataqların filiz minerallarının kristallaşma ardıcılığını aşağıdakı birləşmələr müşayiət edir:

1. Biotit	-	K/Mg, Fe / AlSi ₃ O ₁₀ / OH, F/2
2. Sinnvaldit	-	KLiFeAl / AlSi ₃ O ₁₀ / F, OH/2
3. Berill	-	Be ₃ Al ₂ Si ₆ O ₁₈
4. Muskovit	-	KAl ₂ / AlSi ₃ O ₁₀ / OH, F/2
5. Topaz	-	Al ₂ SiO ₄ / F, OH/2
6. Kvars	-	SiO ₂
7. Flüorit	-	CaF ₂
8. Karbonatlar	-	CaCO ₃ (kalsit), CaMg/CO ₃ /2 (dolomit) və s.
9. Serisit	-	KAl ₂ / AlSi ₃ O ₁₀ / OH, F/2
10. Barit	-	BaSO ₄
11. Kaolinit	-	Al ₄ / Si ₄ O ₁₀ / OH/8

Ağır metalların sulfidlərinin qütbləşməsi güclü ifadə edilmişdir. Təbəqəvi şəbəkələrin (molibdenit) yaranması və

ion şəbəkələrindən atom şəbəkələrinə keçid (qalenit, sfalerit, kinovar, pirrotin və b.) bununla əlaqədardır. Atom şəbəkələri ilə sulfidlərin tutqunluq, parıltı, elektrikkeçirmə və s. xüsusiyyətləri bağlıdır.

Hidrotermal prosesin təkamülü ilə əlaqədar olaraq xalkofil elementlərin valentliklərinin azalması müşahidə olunur: 4 və 6 valentli Mo, Sn, W2 valentli Cu, Pb, Zn, Hg və başqaları ilə əvəz olunur. Lakin prosesin axırında bu qanunauyğunluq pozulur və məhlullarda Sb və As kimi 3-valentli elementlərin mineralları kristallaşır.

İon və atom radiusları isə əksinə, çox halda prosesin axırına doğru böyüyür və 0,70Å (Mo), 0,71Å (Sn)-dən 1,10 Å (Hg) və 1,20Å (Pb) çatırlar.

Struktur əmələgəlmə şəraitləri, temperatur və formalaşma dərinliyindən asılı olaraq hidrotermal yataqlar hipotermal, mezo- və epitermal qruplarda cəmləşdirilir.

Yuxarı temperaturlu hipotermal yataqlar yüksək dərinliklərdə formalaşır və onların yer səthi ilə əlaqələri çox çətindir. Yaranma temperaturları 400-300°C (A.Q.Betextin, A.A.Saukov və b.), yaxud da 500-300°C (P.M.Tatarinov, Ç.F.Park, R.A.Mak-Dormid və b.) qəbul edilir. Pnevmatolit proseslərin müasir təsnifatlarda ekskalyasion və pnevmatolit-hidrotermal metasomatoz hadisələri ilə əvəz olunduğunu nəzərə alsaq (köhnə təsnifatlarda pnevmatolit prosesi 600-400°C hüdudunu əhatə edirdi), axırncı bölgünün daha düzgün olduğunu görürük. Hipotermal yataqlarda geniş inkişaf etmiş metasomatozun varlığına sübut onların tekstur-struktur xüsusiyyətləri və damar, damar-mötəvi tipli filiz kütlələrinin olmasıdır. Belə yataqlarda filizkənarı süxurlar pozulmuş, şisləşmiş filizlər özləri isə əvəzolunma strukturlarının reliktlərinin varlığı ilə seçilir. Müəyyən müstənaslıq olmaqla filizlər, adətən kobud dənəvər olur. Yan süxurlar zəif dəyişirlər. Bunun səbəbi filizdaşıyan məhlullar ilə kənar süxurlar arasında temperatur fərqinin azlığıdır. Filiz kütlələri ilə filizyanı törəmələr bu səbəbdən tədrici keçid yaradırlar.

Filiz minerallarından hipotermal yataqlarda sərbəst qızıla, volframitə, şeyelitə, pirrotinə, pentlanditə, piritə, arsenopiritə, lölingitə, xalkopiritə, sfaleritə, qalenitə, stanninə, kassiteritə, bismutinə, uranitə, kobalt və nikelin arsenidlərinə təsadüf edirik. Azacıq miqdarda flüorit, barit, maqnetit, ilmenit və spekulyarit iştirak edə bilər. Pirit hidrotermal yataqların bütün fazalarında paylanır və müxtəlif generasiyalıdır.

Metasomatoz hadisələrinin bir sıra minerallarına, hipotermal yataqlarda rast gəlinir. Damar mineralları və yan süxurların dəyişmə məhsulları turmalin (şerl), floqopitdən, muskovitdən (yaşıl rəngli xromdaşıyan növ), biotit, sinnvaldit, topaz, apatit, sillimanit, hedenbergit, tremolit, aktinolit, güminqtonit, şpinel qrupu minerallarından (maqnetit və qanit), kianit və çöl şpatlarından ibarətdir. Bu mineralların çoxu bimetasomatik-diffuziya prosesi nəticəsində əmələ gəlir, lakin hipotermal zonalarda da ola bilərlər. Metasomatozun (skarnların) səciyyəvi minerallarından qranatlara həmçinin hipotermal yataqlarda rast gəlinir. Lakin massiv aqreqatlar şəklində deyil, səpələnti kiçik mötəvilər şəklindədir. Kvars prosesin başlıca mineralıdır. Qeyd edək ki, bimetasomatik-diffuziya və hipotermal proseslərin mineral yığımlarına, onların keçid növlərinə parlaq misal Ordubad filiz rayonunun Kilit-Kətəm-Ağyurt-Urumis-Parağa zolağının yataqları ola bilər.

Bəzən hipotermal zonanın filiz yatımları peqmatitlərə keçir. Braziliyadakı Mineas-Cerays ştatının Pasaden yatağında belə hadisə müşahidə olunmuşdur. Ordubaddakı «Öküz» adlandırılmış peqmatit kütləsi ilə onun ətrafının hipotermal törəmələri belə əlaqəni nümayiş etdirir.

Mezotermal və hipotermal yataqlar arasındakı sərhəd şərti olaraq müəyyənləşdirilir. Onların keçid zonasının mineraloji assosiasiyaları və damarkənarı məhsulları oxşardır. İki faza üçün ümumilik təşkil edən minerallar xalkopirit, sfalerit, qalenit, pirrotin, stannin və uranitdir. Ümumiyyətlə, nisbətən aşağı temperaturlu minerallara hipotermal yataqların xarici təmas zonalarında rast gəlinir. Dəyişmə zonalarında hər iki faza üçün ümumi minerallar serisit, xlorit, kalsit, dolomit, siderit və rodoxrozitdir.

Ən geniş yayılmış damar mineralı kvars çox yataqlarda tünd-boz və mavi-boz rənglidir. Mineralların rəngini onun içərisindəki kiçik mexaniki soxulmalar, filiz minerallarının dispers paylanması və boşluqlar şərtləndirir.

Hipotermal prosesdə yaranmış filiz kütlələri müxtəlif formalı, bəzən layvari və damarabənzər şəkillidirlər. Onlara qırışlıqların şarnir hissələrində, qırışlıq və parçalanma strukturlarının əyildiği yerlərdə, parçalanmaların iki və daha çox hissələrə budaqlandığı sahələrdə, sürüşmə zonalarında təsadüf olunur. Onlar əlverişli, pH-ı filiz məhlulundan kəskin fərqlənən süxur horizontlarında metasomatik əvəzetmə formaları yaradırlar. Temperatur və təzyiğin tədrici dəyişdiyi dərinlik şəraiti iri həcmli və uzun filiz kütlələrinin yaranması ilə nəticələnə bilər. Kiçik damar və linzalara hipotermal yataqlarda az rast gəlinir.

Hipotermal yataqlar dərinlikdə yaranmış və Yer səthinə orogen və eroziya prosesləri nəticəsində çıxarılmışlar. Ona görə də onlara qədim metamorfik süxurların yarandığı ərazilərdə daha tez-tez təsadüf olunur. Onlar maqmatik massivlərə yaxın yerləşirlər, lakin filizləşmənin konkret massivlə genetik əlaqələndirilməsi müəyyən çətinliklər törədir.

Mezotermal yataqlar orta temperatur və təzyiq şəraitində yaranırlar. Minerallaşma temperaturu 300-200°C olub, Yer səthi ilə müəyyən əlaqə olduğu mümkün hesab edilir. Bu fazanın yataqlarının mineral paragenезisi bir tərəfdən hipo-, digər tərəfdən epitermal fazalara oxşardır. Beləliklə, yataqların mezotermal sinfə daxil edilməsinin başlıca amili onlarda hipo- və epitermal fazaların səciyyəvi minerallarının olmamasıdır. Mezotermal yataqların çoxunda əvəzolma teksturalarına rast olunsada, bu teksturalar onlar üçün səciyyəvi sayıla bilməz, belə ki, mezotermal törəmələrdə az da olsa boşluqların və çatların doldurulma formalarına təsadüf olunur. Mezotermal filizlər üçün geoloji şəraitin və morfoloji tiplərin müxtəlifliyi səciyyəvidir. Filizdaşıyan süxurlar maqmatik çökmə və metamorfik ola bilərlər. Metamorfik süxurlar üstünlük təşkil edir. Adətən, porfir adlandırılan damarcıq-mötəvi (ştokverk) tipli

yataqlar mezotermal hesab olunur. Burada damar və boru formalı filiz cismləri daha adidir, lakin mezotermalərin əhəngdaşlarında hərəkəti zamanı müxtəlif və örtüyəbənzər əvəzetmə formaları yarana bilər. Filiz kütlələrinin bir qismi kənar süxurlara tədrici keçir, digərləri isə aydın ifadə olunmuş sərhədlərə malikdirlər. Damarlarda hərdən yan süxurların qismən əvəz edilməsi nəticəsində yaranmış zolaqlı strukturlara təsadüf olunur. Zolaqlar çatların divarına paralel yerləşir və parçalanma çatlarının təkrarən açılması nəticəsində formalaşır.

Mezotermal yataqların səciyyəvi metalları mis, qurğuşun, sink, gümüş və qızıl, mineralları isə-xalkopirit, enargit, bornit, tetraedrit, tennantit, sfalerit, qalenit, xalkozin və b. hesab edilə bilər. Qeyri-filiz mineralları kvars və karbonatlarla ifadə olunmuşdur. Aydın ifadə olunmuş mis-qurğuşun-sink yataqlarında adları çəkilən mineralların hamısına rast gəlmək olar.

Mezotermal yataqlarda, bəzən tərkibində serisit, kvars, kalsit, dolomit, pirit, ortoklaz, xlorit, gil mineralları olan qalın filizkənarı dəyişmə zolaqları müşahidə olunur. Törəmə ortoklaz və gilli minerallar porfirşəkilli mis yataqlarının çoxunda təyin olunmuşdur. Misal olaraq Ordubaddakı Diyaxçay-Şəlalə-Göyhündür mis-porfir yataqları qrupunu göstərmək olar.

Mezotermal yataqların çoxu məkanca və genetik olaraq intruziv massivlərlə əlaqələndirilir. Ancaq hərdən bu əlaqəni müəyyənləşdirmək çətin olur. Mezotermal yataqlara Ordubadın, Gədəbəyin və Qarabağın mis-porfir, ABŞ-da Aydahodakı Kör-de Alen gümüş-polimetallik, Çilinin Çukimata mis-porfir yataqları misal ola bilər.

Epitermal (teletermal, ksenotermal) yataqlar Yer səthinə yaxın geoloji-struktur şəraitdə, 200-100°C(50°C) temperatur hüdudunda əmələ gəlirlər. Belə yataqlarda filiz cismləri damar, budaqlanan damar, ştokverk və brekçiya boruları formasında olur. Metasomatik əvəzetmə teksturlarına tez-tez rast olunur. Açıq çatların və layarası boşluqların dolmasından yaranmış druza, daraqvari, krustifikasiyon və simmetrik-zolaqlı teksturalar hərtərəfli yayılmışlar. Filizdaşıyan çatlar bilavasitə

Yer səthi ilə əlaqələndiklərindən filizli məhlullar strukturlar boyu asan yer dəyişir və fəaliyyətdə olan termal bulaqların bir qismi (məsələn, Kəlbəcərdəki İstisu, Culfadakı mərgümlü-sürməli Darıdağ bulaqları və s.) ola bilsin ki, epitermal prosesin yer səthindəki ifadəsidir. Epitermal filiz damarlarında təsadüf olunan kollomorf teksturalar minerallaşmanın aşağı temperaturunun və məhlulların çatlar boyu sərbəst dövranının sübutudur.

Epitermal yataqların yalnız bir hissəsi üçün intruzivlərlə genetik əlaqə müəyyənləşdirilir. Bunun üçün xüsusi şərait lazımdır. Maqmatik kütlə Yer səthinə çıxanadək keçən geoloji müddət ərzində, adətən epitermal yataqlar eroziyaya məruz qalır və yuyulur. Təbiidir ki, epitermal filizləşmə ilə intruzivlər arasında əyani bağlılıq müşahidə olunmur. Epitermal yataqların çoxu cavan vulkanizmin inkişaf etmiş olduğu sahələrdə paylanmış olur. Dərinlik maqması ilə əlaqələnen vulkanların neklərində və başqa strukturlarda epitermal törəmələrə təsadüf olunur.

Filiz kütlələrinin epitermal yataqlardakı, sərhədlərinin aydın ifadə edilməsinə baxmayaraq, filizkənarı dəyişmələr zolağı enlidir. Yan süxurların məsaməliyi dəyişmə proseslərini sürətləndirir və asanlaşdırır. Dəyişmə areallarının başlıca məhsulları içərisində xloriti, serisiti, aluniti, seoliti, adulyarı, kvarsı və piriti göstərmək olar. Orta və əsasi vulkanogen süxurlar epitermal filizkənarı dəyişmələr zamanı propilitləşir. Bu axırını xloritin, piritin, epidotun, serisit, karbonatların və albitin aqreqatından ibarətdir. Karbonatlardan kalsitə, dolomitə və rodoxrozitə daha tez-tez rast gəlinir. Serisit mezo-termal yataqlarda da geniş yayılmışdır. Xlorit-serisit zolaqları bilavasitə filiz damarlarını haşiyələyirlər və hərarətin nisbətən yüksəkliyini göstərirlər.

Epitermal yataqların qeyri-filiz mineralları kvars (hər-dən ametist), xalsedon, adulyar, kalsit, dolomit, rodoxrozit, barit və flüoritdir.

Filiz mineralları gümüşün sulfoantimonidləri və sulfoarsenidləri (polibazit, stefanit, pirseit, pirargirit, prustit və s.), antimonit, argentit, kinovar, sərbəst civə, qızıl və gümüşün tel-

luridləri-petsit-(Ag_3AuTe_2), silvanit (AuAgTe_4), krennerit (AgAuTe_2), kalaverit (AuTe_2), hessit (Ag_2Te) ilə ifadə olunmuşdur.

Qızılın və elektrumun (qızıla gümüşün qarışığı) dünyadakı ən böyük yığımları epitermal yolla yaranmışdır (ABŞ-da, Nevadadakı Qoldfild yatağı, Yeni Zelandiyadakı Xauraki yatağı və s.). Kiçik Qafqazın mərkəzi hissəsində də belə yataqlar var.

Qalenit, sfalerit, xalkopirit və digər sulfidlər epitermal fazadan mezotermala keçid zonasına yığılırlar. Oksidləşmə zonalarının formalaşmasında epitermal filizlər qalın və tünd qırmızı-qəhvəyi rəngli dəmir papaqla örtülür. Aşınma zamanı pirit oksidləşir, limonitə çevrilir və bu hadisə əlverişli axtarış əlaməti hesab olunur.

Epitermal yataqlara misal olaraq Çin və Vyetnamdakı sürmə, İspaniyadakı Əlmədən kinovar, Meksikadakı Real-del-Monte gümüş, Naxçıvandakı Culfa mərgümüş-sürmə və s. yataqları göstərmək olar.

Beləliklə, hidrotermal yataqların müxtəlif fazalarının mineral assosiasiyaları intruziv kütlələrin ətrafına qanunauyğun və ardıcıl (yüksək dərinlik və temperaturdan aşağıya doğru) yerləşir və bu iş xüsusi zonallıq hipotezinin əmələ gəlməsinə səbəb olmuşdur. Zonallıq hipotezi Emmons, Fersman və b. tərəfindən inkişaf etdirilmişdir.

ZONALLIQ VƏ PARAGENEZİS

Maqmatik ocaqdan uzaqlaşdıqca filizdaşıyan məhlul yan süxurlarla reaksiyaya girdiyindən tərkibini tədricən dəyişir. Kimyəvi tərkibini dəyişməsilə məhlul təzyiqin az olduğu yerə yönəlir və öz hərərətini kənar süxurlara verir. Fiziki-kimyəvi dəyişmələr məhluldan filiz minerallarının ardıcıl ayrılmasına səbəb olur. Bu ardıcılıq məkan-zaman daxilində baş verir.

Mineralların vaxt daxilində ardıcıl əmələ gəlməsinə paragenesis, məkanda ardıcıl paylanmalarına isə zonallıq deyilir.

Paragenezis, yaxud mineralların yaranmasının xronoloji ardıcılığı onların arasındakı daxili münasibətlərin tədqiqi zamanı üzə çıxarılır. Burada, mikroskop altında tekstur xüsusiyyətlərə fikir verilməlidir. Zonallığın tipi, filiz sahəsində filizlərin mineraloji tərkibinin şaquli, yaxud üfüqi istiqamətdə dəyişməsi ilə müəyyənləşdirilir. Zonalar öz aralarında minerallar, metalın tipi kükürdün miqdarı və elementlər arasında nisbət dəyişməsi ilə seçilir.

Mineralların yaranma ardıcılığı başlıca olaraq mikroskopun köməyi ilə aşkar edilir; mikro struktur və teksturalar həmin ardıcılığı əks etdirir. Məsələnin həllinə mineral damar və damarcıqlarının, müxtəlif filiz cismlərinin bir-birini kəsməsinin çöl şəraitində tədqiqi də kömək edir.

Mineralların filizyaratma prosesində əmələgəlmə ardıcılığının ümumiləşdirilmiş sxemini hidrotermal yataqlar üçün yuxarıda vermişik. Biz, həmçinin Lindqrenin və Edvardsin filiz yataqlarının paragenezislərini də nümunə kimi göstəririk ki, filizyaratmanın geokimyasının başa düşülməsi daha dolğun olsun.

Hidrotermal yataqlarda mineralların paragenезisi (Lindqren, 1937)

1. Kvars (fasiləsiz ayrılır), xlorit, turmalin, Fe-Mg silikatları, serisit, albit, adulyar, barit, flüorit, siderit, rodoxrozit, ankerit, kalsit (fasiləsiz ayrılır).
2. Maqnetit, spekulyarit (hərdən nisbətən gec ayrılır), uranit.
3. Pirit, arsenopirit, kobalt və nikelin arsenidləri.
4. Kassiterit (hərdən piritdən qabaq yaranır), volframit, şeyelit, molibdenit (?).
5. Pirrotin, pentlandit, xalkopirit, stannin, bismutin (?).
6. Sfalerit, enargit, tennantit, tetraedrit, xalkopirit, bornit, qalenit, xalkozin, ştromeyerit, argentit, pirargirit, polibazit, xalkopirit, qurğuşun və gümüşün sulfoantimonidləri, sərbəst gümüş, sərbəst bismut, elektrum, telluridlər, sərbəst qızıl.
7. Antimonit, kinovar.

Hidrotermal yataqlarda mineralların paragenезisi (Edwards, 1952)

1. Maqnetit, ilmenit, xromit, hematit.
2. Kassiterit, tantalit, volframit, molibdenit.
3. Pirrotin, pentlandit, löllingit, arsenopirit, pirit, kobalt və nikelin arsenidləri.
4. Xalkopirit, sfalerit, bornit (ardıcılıq dəyişə bilər).
5. Tetraedrit, qalenit, qurğuşunun sulfoduzları, gümüşün sulfoduzları, sərbəst bismut və bismutin, telluridlər, antimonit, kinovar.

DAMAR MİNERALLARI

1. Kvars, turmalin, topaz.
 2. Siderit (hərdən manqanlı), flüorit, kalsit, barit, xalsedon.
- Dərslərdə verdiyimiz mineralların paragenезisi sxemlərinin bir-birinə qismən də olsa yaxınlığı hidrotermal mineralaşmanın, ümumi halda, aşağıdakı ardıcılığını göstərir: a) maqmadan sonrakı filizdaşıyan hidrotermlərdən metalların oksidləri kristallaşır və beləliklə, məhlulun oksigen potensialı

aşağı düşür; b) sulfid ionlarının üstünlüyü şəraitində məhlullardan dəmirin, nikelin və kobaltın sulfidləri və arsenidləri ayrılır, molibdenin və qalayın mineralları formalaşır; c) qurğuşunun, sinkin, gümüşün sulfidləri və dəmirlə misin ikiqat sulfidləri aralıq vəziyyət tutur və adları çəkilən metalların sulfoduzlarından əvvəl kristallaşır; ç) hidrotermal prosesin axırına və sonuna doğru sərbəst metallar, telluridlər, sürmə və civənin sulfidləri meydana gəlir.

Filizdaşıyan məhlullardan paragenetik mineral komplekslərinin ayrılması, məhlulların hərəkəti istiqamətində filiz kütlələrinin tərkibinin yerdəyişməsinə səbəb olur. Belə ardıcıl dəyişmə zonallıq adlandırılır. Maqmatik mənbədən radial ayrılan çatlar boyu hərəkət edən uçucu komponentlərlə zəngin hidrotermalərin kimyəvi tərkibi, təzyiq şəraiti və temperaturu yol boyu dəyişdikcə fasial mineral assosiasiyası zonaları intruzivdən ətrafa doğru bir-birini qanunauyğun əvəz edir.

Zonallıq nəzəriyyəsini birinci dəfə Spörr işləmişdir, sonra isə bu nəzəriyyə Fersman və Emmons tərəfindən inkişaf etdirilmiş və qanuna çevrilmişdir. Zonallıq həmişə aydın ifadə olunmur və törəmə proseslərlə pərdələnir. Filiz sahələrinin ardıcıl zonalarının yaranması əsasən geoloji şəraitdən asılıdır. Emmonsun tədqiqat apardığı Kornuell yatağında zonallıq çox aydın ifadə olunmuşdur. Emmons yerin səthindən dərinliklərinə doğru, maqmatik mənbəyə tərəf damar sistemli filiz kütlələrinin tərkibini nəzəri (qismən əməli) olaraq aşağıdakı kimi bərpa edir:

1. Filizsiz zona. Xalsedon, kvars, barit, flüorit. Bir sıra damarlar azacıq miqdarda civə, sürmə, yaxud mərgümüş saxlayır.

2. Civə zonası. Adətən xalsedon və markazit iştirak edən kinovar yataqları; barit-flüorit damarları.

3. Sürmə zonası. Dərinlikdə hərdən qalenitli antimonit yataqlarına keçən antimonit minerallaşması. Bəziləri qızıl daşıyır.

4. Qızıl-gümüş yataqları. Yuvalar şəklində qızıl və qızıl-gümüş filiz cisimləri. Mərgümüşün və sürmənin mineralları ilə bir assosiasiyada argentitə təsadüf olunur, hərdən bu assosiasiyanı telluridlər və selenidlər zənginləşdirir. Azacıq miqdarda

qalenit, adulyar, kalsitlə birlikdə digər karbonatlar və alunit qeyd olunur.

5. Filizsiz zona. Nəcib metallar saxlayan üçüncü dövr damarlarının aşağısına təsadüf edən filizsiz damarlar. Kvarsdan, karbonatlardan və azacıq miqdarda pirit, xalkopirit, sfalerit və qalenitdən təşkil olunmuşlar.

6. Gümüş zonası. Argentitli damarlar; gümüşün sürmə və mərgümüş saxlayan mürəkkəb mineralları, antimonit, azacıq arsenopirit. Damar mineralları kvarsdan, hərdən sideritdən ibarətdir.

7. Qurğuşun zonası. Adətən gümüş saxlayan qalenit damarları. Dərinliyə doğru miqdarı artan sfalerit iştirak edir, azacıq xalkopirit var. Damar mineralları kvars və karbonatlardır.

8. Sink zonası. Xalkopirit və qalenit daşıyan sfalerit yataqları. Damar mineralı kvarsdan, bir sıra yataqlarda isə kalsiumun, dəmirin və manqanın karbonatlarından ibarətdir.

9. Mis zonası. Gümüş və xalkopirit saxlayan tetraedrit yığımları. Dərinliyə doğru bir sıra hallarda tetraedrit xalkopiritlə əvəz olunur. Tetraedrit saxlayan enargit damarları.

10. Mis zonası. Çox hallarda pirit saxlayan xalkopirit damarları, pirrotin iştirak edir. Damar mineralları kvars, hərdən karbonatlarla və çöl şpatları ilə ifadə edilmişdir. Albit-andezin sırası plaqioklazlarına və kalsium çöl şpatlarına təsadüf edilir. Nəcib metallar adidir. Uran əhəmiyyətli rol oynayır; başlıca urandaşıyan zonadır.

11. Qızıl zonası. Kvarşlı, karbonatlı, hərdən çöl şpatlı pirit və arsenopirit yataqları. Turmalin. Tez-tez telluridlərin iri yığımları nəzərə çarpır. Bir sıra yataqlarda 10 və 11-ci zonalar yerlərini dəyişirlər.

12. Mərgümüş zonası. Xalkopirit-arsenopirit paragenезisi.

13. Bismut zonası. Bismutin, sərbəst bismut, kvars və pirit.

14. Volfram zonası. Volframın mineralları, arsenopirit, pirrotin, pirit, xalkopirit saxlayan damarlar.

15. Qalay zonası. Kvars, turmalin, topaz və çöl şpatları ilə birgə rast olunan kassiterit.

16. Filizsiz zona. Kvars, çöl şpatı, pirit, karbonatlar və azacıq miqdarda digər minerallar.

Göstərilən qanunauyğunluq Emmons təsnifatının əsasını təşkil edir.

Maqmatik ocaqdan olan məsafəni Fersman geokimyəvi qradienit adlandırır və onu bir metalın digərini əvəz etdiyi dərinliklə müəyyənləşdirir. Geokimyəvi qradienitin qiyməti verilmiş ion üçün sabit olmayıb, ocağın yerləşdiyi dərinlikdən, onun soyuma tezliyindən, sahənin geotermik qradienindən və s. asılıdır.

Emmons-Fersman zonallıq nəzəriyyəsi S.S.Smirnov (1937) tərəfindən tənqid edilmişdir. O yazırdı ki, belə zonallığa təbiətdə nadirən rast olunur və hidrotermal yataqlar dərinlik maqmasının vaxtaşırı fəaliyyəti nəticəsində yaranırlar. Belə olduqda eyni zonada müxtəlif temperaturlu mineral yığımlarının üst-üstə gəlməsi mümkündür. Hər hansı biri çatlasa da, hidrotermal məhlul qalxır, həmin çatla əlaqələnən kənar çatlara dolur və soyuyaraq filiz yığını əmələ gətirir. Həmin çat tektonik zəif zonada yerləşdiyindən, Yer qabığının təkrarı hərəkətləri zamanı yenidən açılır və hidrotermal məhlulun yeni payı çat boyu hərəkət edərək əvvəl yaranmış minerallardan qalan boşluqları yeni materialla doldurur. Deməli, eyni bir çat boşluğunda, layarası sahədə aşağı və yuxarı temperaturlu minerallar yan-yana təsadüf edilə bilər və zonallığı pərdələyər. Qeyd edək ki, biz belə hadisəni Kəlbəcərdəki Bağırsağ molibden-polimetallik yatağında müşahidə etmişik. Burada yüksək temperaturlu molibdenit, aşağı temperaturlu qalenitlə olan çatlara dolmuşdur, başqa sözlə, molibdenit qalenitdən sonra yaranmışdır ki, bu da zonallıq nəzəriyyəsinin qanunlarına zidd hadisəsidir və ancaq hidrotermal məhlulların vaxtaşırı fəaliyyəti ilə aydınlaşdırıla bilər.

Zonallıq probleminin həlli ilə 80-ci illərdə O.D.Levitski və V.İ.Smirnov məşğul olmuşlar. Onlar zonallığın iki tipini ayırırlar: mərhələvi və fasial. Mərhələvi zonallıq filizdoğan maqmadan hidrotermal məhlulların vaxtaşırı ayrılması, fasial zonallıq isə bir mərhələ daxilində mineral yığımlarının ardıcıl,

zaman və məkan daxilində kristallaşması ilə izah olunur. Fasial zonallıq aşağıdakı amillərlə şərtləndirilir:

1. Kimyəvi reaksiyaların getməsini şərtləndirən və ardıcıl dəyişən mineral yığımlarının yaranmasına səbəb olan, maqmadan sonrakı qalxan məhlulların temperaturunun yol boyu aşağı düşməsi.

2. Filizyaradan mineralların kristallaşmasına və həll olunan komplekslərin pozulmasına səbəb olan təzyiğin tədricən enməsi;

3. Mühitin pH-nın, kükürdün yaşama rejiminin, oksigen və digər elementlərin özlərini idarə etməsinin məhlulların dövrərindən asılı olaraq dəyişməsi.

4. Məhlullarda filizyaradan maddələrin, filtrasion effekt, yeraltı sular tərəfindən durulma və s. asılı olaraq konsentrasiyasının dəyişməsi.

5. Maqmadan sonrakı məhlulların turş-qələvi diferensiasiyasının təsiri.

Verilən şərtlərdən birincisi Emmons-Fersman, ikincisi Xitarov və Şerbina (1955, 1956), üçüncüsü Betextin (1951), dördüncüsü və beşincisi D.S.Korjinski (1958) tərəfindən irəli sürülür.

Intruzivlərin ətrafındakı enləri o qədər də çox olmayan sahələrdən danışarkən, temperatur faktorunun əhəmiyyətini çox da şişirtmək lazım deyil, belə ki, hərarətin dəyişmə intervalı fəza məhdudiyyəti şəraitində çox olmayacaqdır.

Zonallığa dair mühüm işlərdən R. və U.Uokerlərin kitabının müvafiq bölməsi diqqəti cəlb edir. Bu müəlliflər 26 metallogen elementin xloridlərinin, ftoridlərinin, sulfidlərinin, sulfatlarının, oksidlərinin və karbonatlarının ərimə temperaturunu, qaynamalarını, dissosiasiyalarını və sublimasiyalarını nəzərə alaraq belə qərara gəlirlər ki, maqmadan sonrakı məhlulların temperaturlarının və təzyiqlərinin tədrici enməsi şəraitində onlardan ardıcıl olaraq aşağıdakı birləşmələr ayrılır:

1. Ca, Mg, K və Na-un xloridləri və Si-un ftoridləri;
2. Fe, Zn və Cu-in xloridləri;
3. Pb-un xloridləri;

4. Ag-ün xloridləri;

5. Au-ın xloridləri.

Beləliklə, öz sxemlərini təbii şəraitlə uyğunlaşdırmağa çalışan Uokerlər zonallığın ümumi sxemini verməyə cəhd edirlər. Onların fikrincə, Yer səthindən ana maqmanın ocağına doğru səciyyəvi mineralları olan zonalar ayrılır. Zona ardıcılığı belədir:

1. Ekzotermal (boş);

2. Dərinlik filizləşməsinin mineral indikatorlarının yuxarı epitermal zonası (mineraloji tərkiblərində barit, flüorit, dolomit, kalsit, siderit, manqanosiderit, ankerit, kvars iştirak edir);

3. Aşağı epitermal zona- nəcib metalların, sinkin və qurğuşunun sulfidləri;

4. Mezotermal zona- dəmirin, qurğuşunun, dəmir qarışıqlı sinkin sulfidləri;

5. Hipotermal zona- dəmirin, misin, molibdenin və dəmir qarışıqlı sinkin kükürdlü birləşmələri;

6. Yuxarı endotermal zona- dəmirin, qalayın oksidləri, volframitlər;

7. Aşağı endotermal zona- boş.

Sayılan zonaların təkmilliyi fəaliyyətdə olan maqmanın təkamül mərhələsi ilə əlaqədardır. Verilən sxem endogen mineralyaratmanın xüsusiyyətlərini tam əks etmir və ancaq başqa amillərlə bir yerdə müəyyən xeyir verə bilər.

Zonallıq hadisəsi və onu şərtləndirən hidrotermal proseslər maqma ilə məkan və genetik əlaqəyə əsaslanır. Xarici ədəbiyyatda (Parker, Mak-Dormik, 1974) ksenotermal anlayışından istifadə olunur. Mülahizə olunur ki, meteoroloji suları 4000 m və daha böyük dərinliklərə süzülə bilər və belə olduqda onların temperaturu 100°C və daha yuxarı qalxa bilər, reaksiya qabiliyyətləri artar və onlar hidrotermal məhlul xarakteri kəsb edə bilər. Kənar süxurlardan metalları mənimsəyən belə hidrotermlər (ksenotermlər) öz yüklərini əlverişli təzyiqtə temperatur şəraitində çökdürə bilər və hətta zonalar yarada bilərlər.

Müasir dövrdə verilmiş dərinlik quyuları vasitəsi ilə Yer səthindən bir neçə kilometr altda qızmış sulara təsadüf edilmişdir ki, onların heç bir maqma ilə əlaqələri yoxdur. Lindgren, Nyu-

hauz və Smironovun fikrincə, ABŞ-dakı «Missisipi» tipli polimetallik yataqlar ksenotermaların fəaliyyətinin məhsuludur.

Beləliklə, hidrotermal məhlulların geokimyası bir tərəfdən dərinlik maqma ocağının kimyəvi tərkibi ilə bağlı olsa da, hidrotermal yataqların formalaşmasında meteor sularının rolunu da inkar etmək olmaz. Deməli, hidrotermal filizdaşıyan məhlulların kimyəvi tərkibləri filizdoğan maqmadan, hidrotermaların dövran etdikləri yan süxurlardan, həmin süxurlardakı məsamə və molekulyar örtük məhlullarından və dərinliyə süzülən meteoroloji sulardan asılıdır.

Hidrotermal zonallığın nümunələrinə Azərbaycanın filiz yataqlarında (Paraqaçay, Mehmana, Filizçay, Daşkəsən, Gədbəy və s.) rast olunur və onların çoxu geoloji ədəbiyyatda təsvir olunmuşdur.

XV FƏSİL

METAMORFİK PROSESLƏRİN GEOKİMYASI

İstənilən mineral, yaxud süxur yarandığı şəraitdə sabit olub, mühit dəyişdikdə ilkin halını itirir, yeni şəraitlə uyğunlaşmağa çalışır. Hadisə yerin səthində gedərsə, proses hiperqenez adlanır. Dəyişmə yerin dərinliklərində getdikdə isə metamorfizm baş verir. Metamorfizm yerin səthindən aşağıda, süxurların tərkibi və struktur-tekstur xüsusiyyətlərinin dəyişməsilə baş verən hadisədir.

Şəraitin dəyişməsinin bir sıra səbəbləri ola bilər. Məsələn, tektonik şərait dəyişdikdə süxur layları ya qalxır, ya da aşağı enərək digər temperatur və təzyiqli mühiti ilə rastlaşırlar. Qalxan maqma ətrafındakı süxurlara öz hərarəti və təzyiqli təsir edərək onları dəyişir. Təsiredici amillərdən asılı olaraq metamorfizmin regional, təmas və özünə təsir (avtometamorfizm) tiplərini ayırırlar.

REGIONAL METAMORFİZM

Metamorfizmin geniş inkişaf tapmış növüdür. Başlıca amilləri təzyiqli, temperatur və kimyəvi elementlərin konsentrasiyasının dəyişməsidir. Geosinklinal, orogen əyalətlərdə daha aydın müşahidə olunur. Hərdən onu «orogen metamorfizmi» adlandırırlar.

Geosinklinal əyalətlərdə süxurların dərinliyə doğru yüklənməsi prosesində onlar geotermik pillələrin müəyyən temperatur-təzyiqli şəraitinə düşürlər. Yer qabığının hər yerində geotermik pillələrin temperaturu eyni deyildir. V.V.Belousov aşağıdakı rəqəmləri göstərir:

Yeni vulkanizm əyalətləri-5-20 m

Kaynozoy qırıxıqlıq əyalətlərinin kənarı-20-30 m

Platformalar-30-80 m

Kristallik qalxanlar-100 m və yuxarı.

Görürük ki, müxtəlif əyalətlərdə eyni dərinlikdə müxtəlif temperatur şəraiti var. Məsələn, süxurların qismən əriməsi ilə şərtlənən ultrametamorfizm hadisələri 500°C yuxarıda başlayır və belə temperatur üçün dərinlik cavan qırıqlıq sahələrdə 10 km olduğu halda, platformalarda 50 km-dən yuxarıdır, başqa sözlə, mantiyanın sərhədindədir. Buradan platforma və kristallik qalxanlarda çökmə süxurların dərinliyə doğru çox cüzi dəyişikliyə uğramasının səbəbi aydınlaşır.

Regional metamorfizmin başlıca amili temperaturdur və onu təsnifatlarda əsas götürürlər. Bu amildən asılı olaraq metamorfizmi müxtəlif mərhələlərə ayırırlar. Mülahizə olunur ki, aşağı temperaturlu metamorfizm mərhələsi- yaşıl şistlər fasiyası təqribən 200°C -də başlayır, belə ki, $150-200^{\circ}\text{C}$ hərarətinə müvafiq dərinliklərdə metamorfizmə uğramamış süxurlara rast gəlinir. Metamorfizmin ən yuxarı mərhələsi 700°C (qranulit fasiyası) və qismən ərimə ilə müşayiət olunan palingen qranitlərin yaranması 700°C -dən yuxarıda baş verir. Temperatur sərhədlərinin dəqiq müəyyənləşdirilməsi mümkün deyildir, belə ki, dərinlikdən asılı olaraq təzyiq temperaturun $10-20^{\circ}\text{C}$ aşağı düşməsinə, yaxud yuxarı qalxmasına səbəb ola bilər. Daha sonra prosesdə suyun iştirakıda temperatura təsir edə bilər. Yuxarıdakı bölmələrdə qeyd etdik ki, həmişə süxurlarda məsamələr məhlullarla dolmuş şəkildə olur. J.Viarın eksperimental tədqiqatları göstərir ki, suyun iştirakı ilə qranit 700°C -də əriyir. Alınmış xəlitə 5-6% su saxlayır və kristallaşdıqda yenidən qranitə çevrilir. Obsidianlar suyun iştirakı ilə 800°C -də əriyir və soyuduqda qranitə çevrilə bilərlər; mineralların ayrılma ardıcılığı qranitdə olduğu kimidir.

Metamorfizmin temperaturunun təyin olunması üsulları müxtəlif mineralların izomorfizmə olan təmayülü ilə əsaslandırılır. Bilirik ki, maddələrin qarşılıqlı həllolma qabiliyyəti temperatur artdıqca artır və əksinə. Müəyyən temperaturda qarışıq kristalların ayrılması baş verir. A.A.Saukovun fikrincə, metamorfik mineralyaranmanın temperaturunun təyini üçün müəyyən mineral cütlərindən istifadə etmək olar (cədvəl 54)

Metamorfizmin temperaturunu müəyyənləşdirən mineral cütlər

Mineral-həllədicisi	Həll olmuş mineral	İzomorf qarışığın parçalanma temperaturu, °C
Pirrotin	Xalkopirit	600
«_____»	Pentlandit	450
Xalkopirit	Sfalerit	550
«_____»	Stannin	500
«_____»	Pirrotin	300
Sfalerit	Xalkopirit	350-400
Bornit	Xalkozin	175-225

Mineraldakı izomorf qarışığın miqdarından asılı olaraq temperaturu təyin etmək mümkündür. Burada məlum qanuna görə, temperaturun artması ilə birləşmələrin qarşılıqlı əvəzetmə qabiliyyətlərinin artması, köməyə gəlir. Eksperimental olaraq sübut olunmuşdur ki, pirrotinin sfaleritdəki miqdarı 1-dən 24-mol%-dək, temperaturu -138°C -dən 625°C -dək artır. Kalitdə maqnezitin miqdarı 500°C -də 5 mol%, 800°C -də isə 18 mol%-dir və s.

Mineralların qarşılıqlı həll olmasına əsasən metamorfizmin temperaturunun müəyyənləşdirilməsinin bir sıra kəsir cəhətləri vardır. Məsələn, ola bilər ki, temperaturun təyini üçün istifadə olunmuş mineral tədqiq etdiyimiz fasiyada yox, epigenetik olaraq yaranmışdır (sulfid və karbonatlar). Daha sonra, temperaturun təyin olunması üçün götürülmüş komponent məhlulda kifayət qədər olmalıdır ki, temperaturun dəyişməsinə müvafiq əlverişli qarışıqları versin. Həmin komponentin tədqiq olunan fasiyada müstəqil mineralları olarsa, bu şərtə əməl edilmiş olur. Deyilən səbəblərdən müxtəlif təsnifatlardakı temperatur müxtəlifliyini müşahidə edirik.

Regional metamorfizmin digər başlıca amili təzyiqdır. Təzyiq müntəzəm olaraq hər km dərinlikdə 250-300 atm. artır. O birtərəfli (stress) və həcmi (hidrostatik) ola bilər. Birtərəfli

təzyiqdən süxurların struktur və teksturaları dəyişir, mineral-
ların qırılması və onların hissəciklərinin yerdəyişməsi zolaqlı
teksturaların peyda olmasını şərtləndirir. Təbəqəvi minerallar,
məsələn mikalar təzyiqə perpendikulyar olaraq cəhətlənir.
Yeni yaranmalara temperatur və uçucu komponentlərin də
müəyyən təsiri vardır. Bütün amillərin birgə təsirindən yenidən
kristallaşma gedir və maddi tərkibin tarazlığı şəraitində yeni
törəmələr peyda olur. Hidrostatik təzyiq kimyəvi tarazlığı po-
zur, kiçik həcmli kristallik fazaların yaranmasına səbəb olur,
ilkin minerallardan daha yüksək sıxlıqla törəmələr yaranır.
Məsələn, forsterit (sıxlığı $3,22 \text{ q/sm}^3$ -dir) və anortitin ($2,76 \text{ q/sm}^3$)
hesabına qranat ($3,52 \text{ q/sm}^3$) və nefelinin ($2,60 \text{ q/sm}^3$)
hesabına jadeit ($3,35 \text{ q/sm}^3$) və s. yaranır. Belə hallar yerin
mantiyası üçün səciyyəvidir.

Təzyiqin rolu faza dəyişmələri zamanı (qaz fazasının
sülb və maye fazadan ayrılması) daha aydın ifadə olunur. Pro-
sesdə temperatur və təzyiqin əks istiqamətdə fəaliyyəti müşa-
hidə olunur. Temperaturun yüksəlməsi süxurlardan suyun və
uçucu komponentlərin ayrılması ilə nəticələnə bilər, lakin, bu
işə mane olur. Axırda kifayət qədər yuxarı temperatur və
təzyiq şəraitində su, çoxlu miqdarda təbii birləşmələri həll etmə
qabiliyyətinə malik olan, böhrandan yuxarı temperaturu sı-
xılmış qaz halına gəlir. Termobarik şəraitin dəyişməsi suyun
və onda həll olmuş birləşmələrin hərəkətinə, maddələrin mi-
qrasiyasına və ətraf süxurların dəyişməsinə səbəb olur.

Metamorfizmin digər amillərindən ilkin süxurların tərkibi,
süxurlara gətirilən və çıxarılan komponentlərin mütə-
hərrikliyi diqqəti cəlb edir. Metamorfizmə uğrayan süxurlar
həm çökmə, həm də maqmatik ola bilər. Metamorfizm prose-
sində onlar yenidən kristallaşır, maddi tərkiblərini əsaslı ola-
raq dəyişir və beləliklə, ilkin tərkibin təyini mürəkkəbləşir. Bu
işə hərdən metamorfik süxurların kimyəvi tərkibi kömək edə
bilir. Məsələn, süxurda K-un Na-dan artıq olması ilkin sü-
xurların gilli şist, SiO_2 -nin yüksək miqdarı (80% və çox) onun
qumdaşı olduğunu göstərir. Belə misallardan çox gətirmək

olar. Məsələn Azərbaycanın Balakən-Şəki zonasının gilli şistləri, öz tərkiblərinə görə nefelinli sienitlərdən, qumdaşları isə kvarşlı dioritlərdən seçilmirlər. Ola bilsin ki, milyonlarla il geoloji müddət keçdikdən sonra onlar ultrametamorfizm zonasına ensinlər və metasomatik qranitlərin iri kütlələrinin yaranmasına səbəb olsunlar.

METAMORFİK FASIYALAR

Metamorfik süxurlar yarandıqları geoloji-struktur şərait, dərinlik, temperatur, təzyiq və ilkin süxurların tərkibindən asılı olaraq müəyyən fasiyalarda cəmləşdirilir. Fasial analizə bir sıra tədqiqatlar həsr olunmuşlar, o cümlədən Qrubenman və Niqqli Yer qabığında fasiyaları üç zonada aşağıdakı kimi paylayırlar:

E p i z o n a aşağı temperatur və təzyiqlə xarakterizə olunur. Zona üçün sulu silikatlar səciyyəvidir; epidot, soizit, xlorit, serisit, karbonatlar, aktinolit, xloritoidlər, talk, brusit, albit kimi şistlərin, törəmə kvarsitlərin, karbonat süxurlarının tərkiblərini təşkil edən minerallara təsadüf olunur və bu minerallar fasial qruplar yaradırlar.

M e z o z o n a orta temperaturu, yüksək təzyiqli sahədir. Biotit, muskovit, amfibollar, plaqioklazlar, kianit, stavrolit, almandin və s. kimi bəzi şistlərin, qneyslərin, amfibolitlərin, mikalı kvarsitlərin və mərmərlərin tərkibinə daxil olan minerallar var.

K a t a z o n a yüksək temperatur və təzyiqlə səciyyəlidir. Bura üçün sillimanit, andaluzit, kordiyerit, çöl şpatları, volla-tonit, larnit, omfasit, pirop, şpinel, periklaz, rombik piroksenlər və s. minerallar tipikdir. Zonanın süxurları qneyslər, qranulitlər, ekloqitlər, kvarsitlər, mərmərlər, kristallik şistlərdir.

Geoloqların əksəriyyəti tərəfindən qəbul edilən metamorfik süxurların fasial sxemlərindən biri 1915-ci ildə Eskola tərəfindən təklif olunmuş və sonra təkmilləşdirilmişdir. Epi-zonadan katazonaya doğru Eskola 6 fasiya müəyyənləşdirir:

- | | |
|----------------------|------------------------|
| 1. Yaşıl şistlər; | 4. Qranulit; |
| 2. Epidot-amfibolit; | 5. Ekloqit; |
| 3. Amfibolit; | 6. Qlaukofan şistləri. |

Ternyer Eskoladan fərqli olaraq fasiyalara kontakt metamorfizminin məhsullarını da daxil edir və onları belə sistemləşdirir:

A. Kontakt metamorfizminin fasiyaları. Təzyiq nisbətən azdır və 100-3000 atm. arasında dəyişir; temperatur albit-epidot buynuzdaşlarından sanidinitlərə doğru artır və fasiyalar belə ardıcılıqla paylanırlar:

1. Albit-epidotlu buynuzdaşları-kontakt areallarının xarici zonasında yerləşir, aşağı və orta temperatur, albit, epidot, aktinolit, xlorit, kvars, hərdən piritin paylanması ilə səciyyələnilirlər;

2. Hornblendli buynuzdaşları-təmasda intruzivə yaxın yerləşirlər, nisbətən yüksək təzyiq və temperatur, plaqioklaz, hornblend, diopsid, kvars və biotitin iştirakı ilə seçilirlər;

3. Piroksenli buynuzdaşları-bilavasitə daxili kontakt zonasında paylanmışlar, yüksək təzyiq, orta temperatur, plaqioklaz, diopsid, hiperstenin iştirakı ilə xarakterizə olunurlar;

4. Sanidinitlər-600-1000°C maksimal temperatura çatır (piromorfizm), lakin təzyiq aşağıdır və süxurlar səthə yaxın intruzivlərin təmasını haşiləyir, tridimit, kordiyerit, korund, spinel şüşədən ibarətdirlər.

B. Regional metamorfizmin fasiyaları. Yüksək təzyiq şəraitinin məhsuludurlar (2000-12000 atm). Termobarik şəraitin artması ilə aşağıdakı ardıcılıq müşahidə olunur:

5. Seolit fasiyaları-diagenezdən metamorfizmə keçiddir (çöküntülərin enməsi və basdırılması ilə əlaqədar olaraq T və P Yer səthinə nisbətən yüksəlir); P-2000-3000 atm, T-200-300°C-dir: lomontit, albit, kvars, adulyar səciyyəvidir; fasiyaya az rast olunur;

6. Yaşıl şistlər fasiyası-xlorit, epidot, aktinolit və s. yaşıl rəngli mineralların iştirakı aiddir; T 300°C-dən yuxarıdır, P 2000-4000 atm-dir. Tipik mineralların adına görə üç subfasiya ayrılır: a) kvars-albit-muskovit-xlorit; b) kvars-albit-epidot-biotit; c) kvars-albit-epidot-almandin;

7. Qlaukofan şistləri fasiyası-yerləri müəyyən deyil, qabaqkı fasiyaya yaxındırlar, başqa sözlə, aşağı T və yüksək P şəraitində formalaşırlar. Qlaukofanın lavsanit, almandin, muskovit, epidot, pumpellit, xlorit və s. ilə paragenezisi. Yaşıl şistlərə keçid nəzərə çarpır;

8. Almandinli amfibolitlər fasiyası- yüksək dərəcəli progressiv regional metamorfizm zonasında iştirak edir; T və P yaşıl şistlər zonasından artıqdır. Temperatur bəzən 700°C-yə çatır; hərdən süxurlar miqmatitlərlə əvəz olunur. Mineraloji assosiasiyalar nəzərə alınaraq 3 subfasiya müəyyənləşdirilir: a) stavrolit-kvars; b) kianit-muskovit-kvars; c) sillimanit-almandin. Axırınıcı paragenezis yüksək temperatur şəraitində peyda olur.

9. Qranulitlər fasiyası kianit (yaxud sillimanit)-qranat və diopsid-hipersten assosiasiyaları ilə xarakterizə olunur. Sulu minerallar yoxdur. Qranulitlərin miqmatitlərlə, hərdən çarnokit və anartozitlərlə sıx assosiasiyası metamorfizmin, ərimənin, inyeksiyanın (soxulmanın) və kristallaşmanın qarşılıqlı münasibətini göstərir. İki subfasiyadan ibarətdir: a) hornblendli qranulitlər və b) piroksenli qranulitlər.

10. Ekloqitlər fasiyası tərkib etibarilə qabbro və bazaltlara oxşardır, lakin çöl şpatılsız olub, başlıca olaraq omfasiidən (diopsid) və pirop-almandin sırası qranatlarından təşkil olunmuşdur. Bir sıra ekloqitlər üçün almazın iştirakı xarakterikdir. Ekloqitlər mantiyanın xarakterik tərkib hissəsi hesab olunurlar, deməli, onların dünyaya gəlməsi yüksək termobarik

şəraitdə olmalıdır. Kimyəvi tərkibləri də bunu sübut edir. Mülahizə olunur ki, 40 km və daha artıq dərinlikdə ekloqitlərin yaranması üçün 700°C temperatur və 13250 atm təzyiq lazımdır.

Regional metamorfizmə həm çökmə, həm də maqmatik süxurlar məruz qala bilər. Metamorfizləşmiş süxurun ilkin tərkibindən asılı olaraq A.A.Saukov onları 5 sinfə ayırır: a) pelit-gillicəli süxurlar ilk materialdır; b) kvars-çöl şpatı sinfi - qumdaşları və turş plutonitlərin məhsuludur; c) əhəngdaşı sinfi-karbonatların (dolomit və marmərlərin) ifadəsidir; ç) əsasi sinif - qabbroidlərin və vulkano-piroklastolitlərin metamorfizmindən yaranır və d) maqnezial sinif - ultraəsasi intruzivlər və maqnezial çöküntülərlə bağlıdır.

Əgər ilkin süxur SiO_2 saxlayan gillicə tərkiblidirsə, metamorfizmin nəticəsində epidot-amfibolit və amfibolit fasiyasında kianit, qranulit fasiyasında sillimanitlə birlikdə kianit, piroksen fasiyasında andaluzit və sillimanit, sanidinit fasiyasında isə mullit yaranacaqdır.

Karbonatlı süxurların metamorfizmi zamanı yaşıl şistlər fasiyasında-tremolit və diopsid, sanidinit fasiyasında-diopsid, pijonit, klinoenstatit, melilit və mervinit əmələ gəlir.

Metamorfizm proseslərində süxurların tərkibi əsaslı olaraq dəyişməzsə, bu hadisəyə izokimyəvi metamorfizm deyilir. Lakin çox zaman gətirilən və çıxarılan komponentlərin hesabına metamorflaşan törəmələrin kimyəvi tərkibi köklü olaraq dəyişir və allokimyəvi adlanan hadisələr baş verir.

Birinci halda maddənin azacıq yerdəyişməsi müşahidə olunur. Məsələn, xloritli şistlərdə manqanlı qranatın kristallarına təsadüf olunur ki, bunun da səbəbi yan süxurlardan həmin elementin və başqa metalların metamorfizm zonasına doğru yerdəyişmələridir. Belə miqrasiya dar hədudlu olub millimetrlərlə ölçülür. Sadə yenidən kristallaşma zamanında cüzi miqdarda maddə miqrasiya edir və maddə mineralın daxili sərhədindən, demək olar ki, çıxır.

Allokimyəvi metamorfizm nəticəsində yaranmış süxurların tərkibi əsaslı dəyişir və prosesə adətən metasomatizm deyilir. Bu barədə biz yuxarıda müəyyən məlumat vermişik.

Lindqren metasomatozu, həllolmanı və çökməni eynivaxtı molekulyar proses adlandırır ki, bunun vasitəsilə bir mineral ondan tərkibcə seçilən digəri ilə əvəz olunur.

REQRESSİV METAMORFİZM

Reqressiv metamorfizmin ən çox məlum olan adı diaftorezdir. Metamorflaşmış süxur yeni şəraitə düşdükdə onda gedən mineral çevrilmələri diaftorez adlandırılır. Bu anlayışın hərfi mənası pozulma və aşınma deməkdir. Diaftorez süxurlarda gedən dəyişmələrin hipergenez zonasındakı ifadəsidir.

Progressiv metamorfizm zamanı süxurlar Yer qabığının dərinliklərinə enir və yeni fiziki-kimyəvi şəraitə düşərək quruluş və tərkiblərini dəyişirlər. Reqressiv növ isə bu hadisənin tərsidir. Metamorflaşmış süxurlar Yerın səthinə doğru, P və T-nin az olduğu sahələrə qalxır və yenidən dəyişmələrə uğrayırlar. Progressiv və reqressiv metamorfizm hadisələri qapalı sistemlərdə getsəydi, progressiv metamorfizm məhsullarının fasial ardıcılığını, lakin əks istiqamətdə reqressiv metamorfizmdə müşahidə edərdik. Metamorfizmin təbii şəraitində qapalı sistemlər yoxdur və diaftorezdə belə ardıcılıq mümkün deyildir.

Diaftorezdə aşağıdakı çevrilmələri müşahidə edirik: a) qranat→xlorit; b) diopsid→tremolit; c) amfibolit→xlorit; ç) biotit→xlorit+maqnetit; d) plaqioklaz→albit+epidot; e) forsterit→serpentin və s. Bütün bu dəyişmələr suyun gətirilməsi və hidrokسيل qrupu saxlayan mineralların əmələ gəlməsi ilə bağlıdır. Məhlullarsız metamorfik süxurlar, demək olar ki, dəyişməyə uğramır və uzun geoloji müddətdə ilkin xassələrini itirmirlər.

Diaftorezə səbəb olan sulu məhlullar özləri ilə bir sıra kimyəvi elementlər gətirirlər. Bu yolla süxura daxil olan kalium, məsələn, qranatdan biotitin, andaluzitdən serisitinin, stavrolitdən muskovitin törəməsi və s. proseslərə səbəb olur. Diaftorezdə fəaliyyət göstərən məhlulların genezisi mübahisəlidir.

Onlar yuvenil, meteor mənşəli ola bilər və yaxud da maqmanın kənar süxurlara təsirindən çıxarıla bilər.

ULTRAMETAMORFİZM

Metamorfizm təzyiqlik və temperaturun xüsusən yüksək olduğu Yer qabığının dərinliklərində daha gərgin gedir. Metamorfizm zamanı burada dəyişməyə uğrayan süxurlar qismən əriyirlər. Bu cür proseslərdə ultrametamorfizm hadisələrinə kəmbriyəqədər dövrün süxurları inkişaf etmiş regionlarında daha tez-tez rast gəlinir. Kəmbriyəqədər dövrün törəmələri Yer qabığının dərin qatlarında olmuş, qismən əriməklə dəyişmiş və sonrakı tektonik proseslər zamanı yenidən yerin səthinə qalxmışlar və biz onları indi müşahidə edirik. Bu prosesin dəqiq öyrənilməsi qranitləşmə, miqmatitlərin yaranması və bir sıra digər hadisələrin anlaşılmasına kömək edir. Əvvəllər ultrametamorfizmi qranit maqmasının kənar süxurlara təsiri ilə izah edirdilər. Güman olunurdu ki, qranit maqması həmişə və hər yerdə mövcuddur. Finlandiyanın ərazisində ultrametamorfizmi birinci dəfə dəqiq tədqiq etmiş məşhur petroloq İ.Sederholm belə hipotezi əsaslandırır. Sonrakı tədqiqatlar göstərdi ki, qranitlər ultrametamorfizmin səbəbi yox, nəticəsidir.

Ultrametamorfizmin baş verməsi qranitləşmə, miqmatitləşmə, reomorfizm və başqa hadisələr bağlıdır. Müasir elmdə miqmatit adı ilə iki hissədən ibarət süxur nəzərdə tutulur: onlardan biri substrat, digəri substratı sementləşdirən damar materialıdır. Morfoloji olaraq miqmatitlərin aşağıdakı növləri vardır:

a) qayavari miqmatitlər; brekçiyə strukturlu olub, müxtəlif formalı və ölçülü substratın peqmatit, qranit, qismən qranodiorit və diorit tərkibli damar materialı ilə sementləşdirilməsi ilə xarakterizə olunurlar;

b) laylı miqmatitlər; substratın şistləşməsi, yaxud laylılığına paralel olaraq damarların inkişafı ilə seçilir və miq-

matitlərin ən geniş yayılmış növləridir. Damar materialı peqmatit və qranitoidlərdən ibarətdir.

c) ptiqmatit; damarların qırışıqlı quruluşu ilə seçilir. Birinci iki tipə nisbətən azdırlar. Ptiqmatitlərin qırışıqları santimetrlərlə ölçülür və nadir hallarda 2-3 sm-ə çatır. Damarlar qranitoid və peqmatit tərkibli olub, təmasları aydındır.

İ.Sederholm yazırdı ki, miqmatitlər emanasiyalarla zəngin maqmanın substrata soxulmasından törəyirlər. İ.Q.Sudovikov və b. fikrincə, miqmatitlərin müxtəlif morfoloji tipləri metamorfik süxurların selektiv (seçilmiş) əriməsi zamanı peyda olur. Nisbətən tez əriyən peqmatit, yaxud qranit maddəsi ultrametamorfizm şəraitində özünü maye kimi aparır və daha əsasi tərkibli (gec əriyən) substratın süxurları arasındakı boşluqları dolduraraq miqmatitləri yaradır. Miqmatitlərin müxtəlif morfoloji tiplərinin eyni sahələrdə varlığı, prosesin qranitləşmə ilə müşayiəti və s. belə mülahizənin düzgünlüyünü sübut edir.

Qabaqcıl petroloq və geokimyacıların (İ.Q.Sudovikov, A.A.Saukov və b.) fikrincə, ultrametamorfizm hadisələrinin sonrakı inkişafı qranitoid maqmasının yaranması, təkamülü, Yer qabığının üst yaruslarına qalxması və soyuyaraq hipabisal qranitoid komplekslərinin formalaşması ilə nəticələnir. Beləliklə, metasomatik və maqmatik qranitoid törəmələri arasındakı üzvi əlaqə sübut olunur.

XVI FƏSİL

HİPERGENEZİN KİMYASI

Hiperqen proseslər Yerın səthində gedir. Yer qabığını təşkil edən mineral və süxurlar daim suyun, atmosferin və üzvi amillərin təsirinə məruz qalır, dezintegrasiyaya uğrayır, tərkib hissələrinə parçalanır, kimyəvi agentlər tərəfindən işlənir və nəticədə tərkib və quruluşlarını tamam dəyişirlər. Bu prosesdə sərbəst oksigen xüsusi əhəmiyyət kəsb edir və kolloid proseslərin rolu hədsiz artır.

Hiperqen prosesdə enerji mənbəyi kimi birinci növbədə Günəş şüalarının rolu nəzərə alınmalıdır. Şüa enerjisi hiperqenez zonasının temperaturunu müəyyənləşdirir, atmosfer və hidrosferin hərəkətini şərtləndirir, üzvi həyata səbəb olur və elementlərin miqrasiyasını istiqamətləndirir.

Hiperqenezin başlıca amilləri temperatur, təzyiq, hidrogen ionlarının konsentrasiyası, oksigen potensialı, maddənin kolloid halı və üzvi aləmin fəaliyyətidir.

Temperaturun dəyişmə sərhədi hiperqenez zonasında -75°C -dən 85°C -dək qəbul olunur. Yuxarı sərhəd maksimum 160°C -yə qalxa bilər. Temperaturu qeyri-sabitliyi ilə seçilir və sutkada bir neçə dəfə dəyişə bilər. Bu, kimyəvi reaksiyaların getmə sürətini, hərdən istiqamətini belə dəyişə bilər. Reaksiyaların sürətinin pilləli dəyişməsi, xüsusən 0°C -də nəzərə çarpır, belə ki, suyun maye halından sülb halına keçməsi reaksiyaların sürətini xeyli azaldır. Daimi donma zonası bu baxımdan az sürətli kimyəvi reaksiyalar qurşağıdır.

Temperatur kimyəvi reaksiyaların sürətini müəyyənləşdirməkdən əlavə, torpaq (qrunt) sularının hərəkətini, suyun uçucu komponentlərin və bəzi elementlərin (J, Hg və s.) dövrənin da iştirakını və miqrasiyasını şərtləndirir.

Təzyiqin dəyişmə hüdudu hiperqenez zonasında bir atmosferin onda, yüzdə, mində bir hissəciyindən tutmuş (troposferin ən yuxarı qatları) 5000-6000 atm vahidi (oceanların dərinlikləri) arasında dəyişir. Geokimyəvi amil kimi təzyiqin

rolu temperatura nisbətən cüzidir. Lakin bir sıra hadisələrdə təzyiq mütləq nəzərə alınmalıdır. Qazların müvazinəti qanunundan məlumdur ki, xarici təzyiqin azalması süxurlardan, minerallardan, sudan qazların miqراسiyasını gücləndirir. He, CO₂, O₂ və bir sıra digər qazlar üçün bu qanun müəyyənləşdirilmişdir. Hipergenez zonasının müxtəlif hissələrində qazların miqdarı kimyəvi reaksiyaların sürətini və istiqamətini şərtləndirən vacib amildir.

Hidrogen ionlarının konsentrasiyası (pH) hipergenez zonasında dəyişmələrin mayələrin iştirakı ilə gəldiyinə görə xüsusi əhəmiyyətə malikdir. Adətən, məhlulların tərkibi və turşluğu litoloji mühitdən asılı olaraq həmişə dəyişir və beləliklə, pH-a diqqət yetirməliyik. Bilirik ki, pH-ın qiyməti 1-lə (qatı sulfat turşusu kimi güclü turş məhlullar) 12 (qatı qələvi məhlullar) arasında dəyişir, nadir hallarda 13-14-ə çatır. Təbii məhlullarda pH-ın qiyməti 4-9-dur. Neytral məhlulların pH-ı 7 və ya azacıq yuxarı, yaxud da aşağıdır. Ayrı-ayrı birləşmələr məhlullardan pH-ın müəyyən qiymətində ayrılırlar. Beləliklə, mühitin turşluğunu bilsək, ondan hansı birləşmələrin çökəcəyini və əksinə çöküntülərin xarakteri onların hansı pH-da fərqləndiyini mülahizə edə bilərik.

A.A.Saukov (1966) oksidlərin hidratları çökdükdən sonra durulmuş məhlulların pH-ının qiymətlərini göstərir:

Sn(OH) ₂ - 2,0	Cu(OH) - 5,4	Co(OH) ₂ - 6,8
Fe(OH) ₂ - 2,0	Fe(OH) ₃ - 5,5	Hg(OH) ₂ - 7,3
Th(OH) ₂ - 3,5	Pb(OH) ₂ - 6,0	Mn(OH) ₂ - 8,5 - 8,8
Zn(OH) ₂ - 5,2	Ni(OH) ₂ - 6,7	Mg(OH) ₂ - 10,5
Al(OH) ₃ - 4,1		

Müvafiq olaraq pH-ı 7-8 olan dəniz suyunda hidratları pH-ın kiçik qiymətində çökən elementlər ola bilməz və əgər onlar varsa əvvəlcədən çökmüşlər. Məhlulda pH-ın yüksək qiymətində hidratları çökən elementlər (Mg, Ca, Na, K və s.) qalır.

Sulfid yataqlarının oksidləşmə zonasında malaxit, serusit, smitsonit kimi minerallar məhlulların pH-ı 6-dan yuxarı

olduqda saxlanılır və pH-in aşağı qiymətində ayrılmayaraq turş məhlullarda həll olurlar.

Təbii məhlulların turşluğu dəyişkən olub, həll olmuş maddələrin keyfiyyəti və miqdarından, mineralların hidrolizindən (toxunduqları sahələrdə), temperaturdan (temperaturun artması ilə turşuluq artır) və bir sıra başqa amillərdən asılıdır. Hipergenez zonasının sularında pH-a orqanizmlərin xüsusi təsiri var; onlar sularda CO₂-nin miqdarını idarə edir, həyat fəaliyyəti məhsulu kimi müxtəlif üzvi turşular verir və pH-in qiymətinə təsir göstərən karbonatlar, hidrogen-sulfid və digər maddələr ayırır.

Turşuluq potensialı prosesdə iştirak edən oksigenin miqdarı ilə müəyyənləşdirilir. Hipergenez zonasında oksigen atmosferin, hidrosferin həll olmuş qazlarının tərkibinə daxil olur və miqrasiyanın vacib amili kimi fəaliyyət göstərir.

Sərbəst oksigen bitkilərin həyatı ilə sıx bağlıdır. Günəş şüalarının təsiri altında bitkilərin xlorofil dənəciklərində karbon qazının parçalanması gedir. Yer qabığında dərinliyə doğru oksigenin miqdarı tədricən azalır və elementin yaşamasının aşağı sərhədi barədə mülahizə yürütmək mümkündür. Həmin sərhədə oksigen səthi adı verilir. Oksigen səthindən yuxarıda oksidləşmə, aşağıda isə reduksiya prosesləri gedir. Səthin dərinliyinin dərəcəsi sabit kəmiyyət deyil və qrunt sularının səviyyəsindən, süxurların suburaxma qabiliyyətindən, ətraf mühitin çat tektonikasından və s. asılı olub bir neçə sm-lə 1 km arasında dəyişə bilər.

Yerin səthi və səthə yaxın hissələrində oksidləşmə proseslərinin getməsi sərbəst oksigendən asılıdır. Oksidləşmə zamanı valentliklərini dəyişən elementlərdə az valentli ionlar çoxvalentlilərlə əvəz olunur, oksigensiz birləşmələr (məsələn, sulfidlər) oksidlərlə və digər oksigenli birləşmələrlə (sulfatlar, karbonatlar və s.) əvəz olunurlar.

Oksigen potensialı məhlullardan müxtəlif birləşmələrin çökmə ardıcılığına da təsir göstərir. Məsələn, 4-valentli manqanın hidratı, 2-valentli manqanın hidratına nisbətən daha turş məhlullardan çökür. Belə qayda ilə pH-in 3 qiymətində

turş torf sularından $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ayrılır, $\text{Fe}(\text{OH})_2$ isə pH-ın 5,5 qiymətində məhlulda (çay suları) qalır.

Dəmir və manqanın birləşmələri oksigen potensialının yüksək qiymətində çökdükləri halda, vanadium və xrom birləşmələri özlərini tamam başqa cür aparırlar. İlk sükurlarda vanadium 3-valentli olub, minerallarda dəmiri izomorf əvəz edir. Oksidləşmə zamanı vanadium mütəhərrik 5-valentli formaya keçir, oksigenlə kompleks anion $(\text{VO}_4)^3$ yaradaraq dəmirdən ayrılır. Mütəhərrik vanadium miqrasiya edir və əlverişli geoloji-struktur şəraitində sənaye əhəmiyyətli yığımlar yaradır (uranın vanadat yataqları).

MADDƏNİN KOLLOİD HALI

Kolloid maddələrə hipergenez zonasında tez-tez rast gəlinir, belə ki, burada dispers qarışıqların varlığı üçün şərait vardır. Kolloid hissəciklərin ən kəsiyi ultramikronlarla ölçülür və ancaq elektron mikroskopu vasitəsilə müşahidə olunur. Hissəcikləri nisbətən böyük kolloidlər kobud dispers sistemlərə aid edilir. En kəsikləri 10^{-7} sm-dən (10 \AA) az olan kolloidlər molekulyar, yaxud ion-dispers sistemlər yaradır (molekulyar məhlullar). Ümumiyyətlə, maddənin kolloid halı kristallik hal ilə həqiqi məhlullar arasında, sərhədi nəzərə çarpmayan keçid vəziyyətidir. Dispers faza üzvi və qeyri-üzvi ola bilər. Həllədiyə uyğun gələn mühit sudur.

Kolloid hissəciklərin ölçüləri onların bir sıra xassələrini şərtləndirir. Belə xassələrdən ikisinin geokimyada əhəmiyyəti var: hissəciyin yükü və onun həcmə nisbətən səthinin böyüklüyü.

Kolloidal hissəciklərin yükünü məhluldan elektrik cərəyanı keçirmək yolu ilə asan təyin etmək olar. Hissəciklər yüklərinin işarəsindən asılı olaraq elektrodlardan birinin ətrafında toplanırlar (elektroforez). Verilmiş mühiddə kolloidlərin yükü eyni olduqda onlar bir-birini itələyir və asılı halda saxlanırlar. Kolloid hissəciklərinin işarəsi bir məhluldan digərinə

keçdikdə, yaxud turş mühit qələvi mühitlə əvəz olunduqda dəyişir.

Hipergenez zonasında nisbətən geniş yayılmış kolloidlər $\text{Fe}(\text{OH})_3$ və $\text{Al}(\text{OH})_3$ -dan başqa mənfi yüklüdürlər (cədvəl 55) və buna görə də məhlullardan kationları udmaq, sorbsiya etmək qabiliyyətinə malikdirlər.

Cədvəl 55

Təbiətdə geniş yayılmış kolloidlərin yükləri

Elektrik yükünün işarəsi	
Müsbət	Mənfi
$\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Ti}(\text{OH})_4$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Zr}(\text{OH})_4$, $\text{Cr}(\text{OH})_3$, $\text{Ce}(\text{OH})_4$ $\text{Cd}(\text{OH})_2$	Gilli kolloidlər, humus maddəsi, SiO_2 , MnO_2 , SnO_2 , V_2O_5 , PbS , Sb_2S_3 , As_2S_3 və b. Au, Ag və Pt sulfidləri

Kolloid hissəciklərin yükləri iki yolla təzahür edir:

1. Əgər dispers faza kompleks, yaxud yüksək molekulyar məhlulda dissosiasiyaya uğramış maddədən əmələ gəlmişsə, onda kolloid hissəciyin yükü, faktik olaraq ionun yüküdür və ion öz ölçüsünə görə ultramikron tərtibindədir.

2. Çox hallarda yük ionların adsorbsiyası zamanı aşkar olur. Məsələn, Fe_2O_3 hissəciyi Fe^{3+} ionunu adsorbsiya edir, özü müsbət yüklənir və Fe_2O_3 Fe^{3+} görkəmini alır.

Kolloidlər maddənin dispersliyi artdıqca artan böyük xüsusi səthə malikdirlər. Kolloid hissəciklərin xüsusi səthi, görünən kristallara nisbətən min və milyonlarca dəfə artıqdır. Deməli, kolloidlərin iştirakı maddənin səthi halı ilə əlaqədar olan qüvvələrlə bağlıdır. İonların azacıq miqdarı üst qatda olan kobud dispers kristallik sistemlərdən fərqli olaraq, kolloidlərin səthi ionları çoxdur.

Səthi qüvvələrin fəallığı birinci növbədə adsorbsiya hadisələrində özünü göstərir. Kolloid maddənin (adsorbentin), məhluldan həmin kolloidin səthi enerjisini azaldan maddələri (adsorbentləri) udmasına adsorbsiya deyilir. Adsorbsiyanı (maddələr səthlə udulur) absorbsiyadan (maddə sorbentin bütün kütləsi ilə udulur) ayırmaq çox çətindir və buna görə də bu iki hadisəni ümumi termin – sorbsiya anlayışı altında bir-

ləşdirmək məqsədəuyğun hesab olunur. Müxtəlif yüklü ionlar sorbsiyaya məruz qalır, başqa sözlə, mənfi kolloidlər məhlullardan kationları, müsbət kolloidlər isə anionları sorbsiya edir.

Təbiətdə sorbsiya hadisələri geniş yayılmışdır. Kolloid fazasından keçmiş manqan filizlərinin analizi göstərir ki, onlarda 40-a qədər element var və ola bilsin ki, onların çoxu sorbsiya ilə bağlıdır. Həmin elementlər sırasına K, Ba, Ni, Co, Cu, Zn, Hg, Ag, W və s. kationlar aid edilir. Hərdən sorbsiyaya məruz qalmış kationların miqdarı o qədər çox olur ki, onlar əməli əhəmiyyətə malik olur (məsələn, Co və Ni).

Sorbsiya qabiliyyəti, xüsusilə gillərdə çox inkişaf etmişdir. Yuxarıdakı cədvəldən görünür ki, gillər mənfi yüklüdür və kationları sorbsiya etməlidirlər. Gillərdə seçici (selektiv) sorbsiya qabiliyyəti var. Onlar məhlullardan xeyli miqdarda K və NH_4 , Rb və Cs udur, Na isə tutmurlar. Tutulmayanlar (Na) dəniz hövzələrinə çatır və orada konsentrasiyalaşır. İsbat olunmuşdur ki, gillər Pt, Au, Ag, V və Hg kimi ağır metalları da sorbsiya edirlər.

Aşınma zamanı süxurlardan çıxarılmış elementlərin çoxu dənizə doğru yollarında sorbsiyaya məruz qalır və su hövzələrinə çatmırlar. Onların yol boyu tutulmasında kolloid maddələrin (gilli məhlulların, dəmir və alüminium oksidləri hidratlarının, manqanın sulu oksidlərinin, torpağın üzvi kolloidlərinin və s.) əhəmiyyəti böyükdür.

Kolloidlərin yaranmasına suyun artımı şəraitində yüksək temperatur təsir göstərir. İsti və nəm iqlimi olan vilayətlərdə quru səhralara və arktik ölkələrə nisbətən kolloidlər daha çox yaranır. Kolloidlərin yaranmasında digər əhəmiyyətli amil sərbəst oksigen (molekulyar Fe_2O_3 -ün kolloid FeO-ya keçməsi), sonra isə CO_2 -dir. Bu axırncı turş məhlulları neytrallaşdırır və kolloid hissəciklərinin yaranmasını şərtləndirən hidrolizə səbəb olur. Çöl şpatlarından CO_2 və suyun təsiri altında gilin və silisium oksidinin zolu yaranır. Bu, aşınma zamanı hiperqenez zonasında gedən vacib proseslərdən biridir.

Çaylarla gətirilmiş mineral hissəciklər okeanın dibinə düşdükdə, səciyyəvi sualtı pozulma proseslərinə məruz qalır (qalmiroliz) və nəticədə kolloid maddələr, o cümlədən qlaukonit, fosforitlər, xüsusi şəraitdə hidrotroilit (Qara dənizdə olan pirrotinin kolloid hidratı) və s. əmələ gəlir. Qalmirolizdə qeyri-üzvi reagentlərdən başqa, üzvi və hətta yaşamaqda olan orqanizmlər də iştirak edir. Məsələn, çökmə mənşəli dəmir yataqlarının yaranmasında dəmir bakteriyalarının fəaliyyəti və s.

Kolloidlərin torpaqda rolu böyükdür. Onlar bitkilərin inkişafı üçün lazım olan kationları absorbsiya edir və torpağın məhsuldarlığına səbəb olurlar.

SÜXURLARIN HIPERGENEZİ

Yer səthində gedən hipergenez proseslərinin bir sıra növləri var. Onların sadə təsnifatı A.Y.Fersman tərəfindən aşağıdakı kimi verilmişdir:

1. Bilavasitə hipergenez-kristallik süxurların və filiz yataqlarının dəyişməsi;

2. Pedogenez- kimyəvi, bioloji, mineraloji və fiziki proseslərin birgə fəaliyyəti nəticəsində Yer səthində təbii-tarixi, torpaq adlanan, litosferin və atmosferin təmasında yerləşən kütlənin yaranması;

3. Singenez-su hövzələrinin, göllərin, bataqlıqların, dənizlərin və okeanların dibində, litosfer ilə hidrosferin təmasında çöküntülərin toplanması;

4. Diagenез-su hövzələrinin dibində, çöküntülərin əlaqəli proseslər tərəfindən mineraloji və geokimyəvi dəyişməsi;

5. Katagenез-müxtəlif tərkibli mineral komplekslərinin, lay dəstələrinin, süxurların və s. təmaslarında gedən geokimyəvi və mineraloji proseslər, müxtəlif cinsli sülb örtüklər arasındakı əvəzetmə hadisələri;

6. Halogenez-duzların duzlu sulardan və duz məhlullarından təbii şəraitdə çökməsi;

7. Hidrogenез-suların Yer qabığını təşkil edən süxurlara çatlar, boşluqlar, məsamələr vasitəsilə daxil olması və bu za-

man əlaqəli gedən mineraloji, geokimyəvi proseslər (karstların, təbii mağaraların yaranması və s.);

8. Mexanogenez-təbii şəraitdə mexaniki zənginləşmə nəticəsində mineral yığımlarının, məsələn səpələntilərin meydana olması;

9. Biogenez-canlı maddənin (ölü və diri orqanizmlərin) fəaliyyəti ilə əlaqədar olan geokimyəvi proseslərin yığılı, biolitlərin (yer qabığında gedən biokimyəvi reaksiyaların məhsulları) əmələ gəlməsi;

10. Texnogenez-insanın texniki fəaliyyəti (faydalı qazıntı yataqlarının istismarı, kimyəvi yeni birləşmələrin hazırlanması və onların tullantıları, kənd təsərrüfatında gübrələnmə və s.) gedən geokimyəvi proseslər toplusu.

Sayılan hipergenez növlərinin hamısı eyni əhəmiyyətli deyil. Elementlərin tarixində bilavasitə hipergenezin, katagenезin, biogenezin, halogenezin və müasir texniki tərəqqi şəraitində, xüsusən texnogenezin rolu daha diqqətəlayiqdir.

Hipergenez süxurların termodinamik və fiziki-kimyəvi şəraitdən bilavasitə asılı olaraq dəyişməsi ilə əlaqədardır. Dərinlikdə yaranmış, yaxud dərinlikdən qalxaraq Yer səthinə axmış (vulkan fəaliyyəti) süxurlar temperatur və təzyiqin az olduğu yeni mühitə düşür. Yer səthində sərbəst oksigen və CO_2 , H_2O və s. amillər süxurların aşınmasına, onları təşkil edən mineralların başqa sistemlərə keçməsinə səbəb olur. Aşınma zamanı üstün olan amil nəzərə alınaraq bu proseslərin fiziki və kimyəvi növlərini ayırırlar.

Əlverişli geoloji-struktur şəraitdə aşınma Yer qabığının 100 m və daha çox dərinliklərinə sirayət edə bilər. Lakin aşınma qabığı adətən çox nazik olur, məsələn, cavan lavalər sahəsində onlarca santimetrlərlə ölçülür.

Fiziki aşınma zamanı kristallik massiv süxurlar səpələnti, qum, gil və s. hala keçir, maddənin dispersliyi yüksəlir və müvafiq olaraq kimyəvi fəallığı artır. Fiziki aşınmanın amilləri temperatur, süxurların istilikkeçirmə qabiliyyəti, mineralların həcmi genişlənməsinin müxtəlif əmsalları, rəng və s.-dir. Bu prosesdə süxurların səthlərində kiçik çatlar yaranır və beləliklə, maddənin kövrəkliyi artır, süxur ovulmağa başlayır. Çatla-

ra sirayət edən su temperaturdan asılı olaraq müvəqqəti donabilir və beləliklə, həcmi genişləndirər, süxurun parçalanmasına səbəb olar. Buna görə də planetimizin şimal hissəsində fiziki aşınma daha geniş intişar tapır. Burada dağların yamaclarındakı daşlar, qayalar, çınqıl və səpələntilər onları təşkil edən mineralların sabitliyi ilə seçilir. Səhralarda və uca dağlarda, həmçinin fiziki aşınma, kimyəvi növə nisbətən daha artıq inkişaf etmişdir.

Fiziki aşınma nəticəsində süxur pozulur, yüksək dispers hala gəlir və kimyəvi agentlərin təsirinə məruz qalaraq kimyəvi aşınmaya uğrayır. Beləliklə, kimyəvi və fiziki aşınma əlaqələndirilir.

Aşınma qabığı dispers faza ilə dispers mühitin nisbətində görə digər geosferlərdən seçilir. Yer qabığında dispers mühit sülbdür, dispers faza qazşəkilli və mayedir (minerallardakı solummalar); hidrosferdə dispers mühit mayedir, dispers faza sülbdür və qazşəkillidir; atmosferdə dispers mühit qazşəkilli, dispers faza isə maye və sülb haldadır. Hər üç şəraitdə dispers mühit dispers fazaya nisbətən üstünlük təşkil edir. Aşınma qabığında isə dispers mühit ilə dispers fazanın sərhədi həmişə aydın müəyyənləşdirilmir. Məsələn, qumlarda dispers mühit sülbdür və maye ilə qaz nisbətən üstündür; yamac örtüklərində isə dispers mühit maye olduğundan artıqlıq təşkil edir.

Kimyəvi aşınma kvars, karbonatlar, silikatlar, alümosilikatlar və s. kimi atmosferin agentləri ilə qarşılıqlı əlaqədə olan mineral komplekslərini əhatə edir. Burada suyun iştirakı vacibdir. Su hər şeydən qabaq başqa amillərin təzahürü üçün vacibdir. Susuz kimyəvi aşınma getmir, yaxud çox ləngiyir. Digər tərəfdən, aşınmaya məruz qalan maddə ilə su özü sıx əlaqəyə girir. Bu zaman kaolin və hidratlar yaranır və həllolunmaz olduqlarından öz yerlərində qalırlar, karbonatlar kimi həllolan birləşmələr isə aparılır.

Azot, arqon və digər inert qazların aşınma proseslərindəki rolu cüzdür. Süxurların hipergenezində oksigenin və ozonun rolu əsasən dəmir ailəsinin aşağıvalentli elementlərinin yüksək valentlilərə oksidləşməsi ilə şərtlənir. Filiz yataqlarının hipergenezində isə oksigenin rolu daha artıqdır və bu məsələyə ayrıca olaraq baxılır. Hipergenezdə CO_2 -nin əhə-

miyyətli rolu var. CO_2 qələvi və əsaslarla reaksiyada az və ya çox həllolan karbonatlar yaradır. Sulu məhlulda CO_2 orto- və metasilikatlara təsir edərək onların SiO_2 və karbonatlara ayrılmasına səbəb olur. Xüsusi şəraitdə, aralıq məhsul kimi serpentin və xlorit də əmələ gələ bilər. Dəmirin və manqanın karbonatları sərbəst oksigenin iştirakı şəraitində, çətin həllolan hidroksidlərə çevrilir və bu şəkildə toplantılar yaradır. Ca və Mg bikarbonatları, K və Na karbonatları həll olunduqlarından yuyulur və süxurlardan çıxarılır. CO_2 -nin təsiri ilə alümosilikatlardan kaloin, SiO_2 , karbonatlar (Ca, Mg, Na və K-un), hidratlar (Fe və Mn-nin) yaranır.

Məlumdur ki, müxtəlif süxurlar başlıca olaraq kvars, karbonatlar, silikatlar və alümosilikatlardan ibarətdir. Ona görə də aşınmanın axır məhsulu oxşar olmalıdır: ilkin süxurların qalıqları kvars, amorf SiO_2 , kaolin və ona oxşar minerallar, Fe və Mn-nin hidroksidləri. Bu sıraya aşınmanın yarım-məhsulları da əlavə oluna bilər.

Maqmatik və metamorfik süxurların kimyəvi aşınması: oksidləşmə, hidratlaşma, kationların (Na, K, Mn, Ca, Mg və b.) qalıqda yığılması ilə ifadə olunur.

Çökmə süxurların aşınması nisbətən sadədir. Əhəngdaşı, şist, qumdaşı və s. süxurlar hipergenez zonasında yaranmışlar və deməli, burada sabit olmalıdırlar, başqa sözlə, onlar əsasən fiziki aşınmaya uğrayırlar. Lakin əhəngdaşı və dolomitlərin aşınması zamanı onların CO_2 saxlayan sulara həll olmasına fikir verilməlidir. Bu zaman aşınmadan sonra süxurların ancaq qarışığı (gil, dəmirin, alüminiumun hidratları və s.) qalır. Belə qalıqlara əhəngdaşlarındakı karst boşluqlarında təsadüf edirik.

SULFİD YATAQLARININ HİPERGENEZİ

Sulfid yataqlarının pozulmasında, hipergenez zonasında oksigenli və kükürdlü mineralların özlərini aparması başlıca rol oynayır. Sulfid yataqları bərpa mühitində, sərbəst H_2S -in iştirakı şəraitində yaranırlar. Hipergenez zonasında O_2 və CO_2 -nin varlığı sulfidlərin qeyri-sabitliyini şərtləndirir və on-

ların nisbətən inert təbii birləşmələr-sulfatlar, karbonatlar və oksidlər, hərdən sərbəst metallarla əvəz olunmasını təmin edir.

Sulfidlərin oksidləşmə prosesi ekzotermik olub, hərarətin çıxması ilə səciyyələnir. Sulfid yataqlarının işlənməsi zamanı hərdən sulfidlər O_2 ilə əlaqəyə girir və oksidləşmə o qədər gərgin gedir ki, temperatur $300^{\circ}C$ -dək qalxır və çoxlu miqdarda qazlar ayrılır. Yeraltı oksidləşmənin belə ifadəsi dağ-mədən işçiləri tərəfindən «yeraltı kolçedan yanğınları» adını almışdır. Yanğın zonasında mədən sularının hərarəti $100^{\circ}C$ -dək qalxır və psevdohidrotermal (ksenotermal) mineralyaratma müşahidə olunur. Kolçedan yanğınları zamanı pirit və digər sulfidlərin oksidləşməsi suda yaxşı həllolan H_2SO_4 -ün və sulfatların, müxtəlif uçucu məhsulların (H_2O buxarları, SO_2 , SO_3 , H_2S və s.) yaranması ilə nəticələnir. Bu prosesdə melanterit və epsomit qrupu minerallarından melanterit $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, epsomit - $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, pizanit - $(FeCu) SO_4 \cdot 7H_2O$ kirovit - $(Fe, Mg) SO_4 \cdot 7H_2O$ və s. əmələ gələ bilər.

Sulfid yataqlarının oksidləşməsi əsasən aşağı süzülən meteor sular tərəfindən gətirilmiş sərbəst oksigenin hesabına gedir. Bu sularda həll olmuş qazların tərkibi atmosferin tərkibindən çox seçilir. Bir litr yağış suyunda $25-30 \text{ sm}^3$ qaz var. Həmin qazın 30%-i oksigendən, 60%-i azotdan və 10%-i CO_2 -dən ibarətdir. Atmosferə nisbətən oksigenin miqdarı, demək olar ki, 1,5 artmış və karbon qazı ilə zənginləşmə aydın nəzərə çarpır (atmosferin tərkibində 23% O_2 , 75,7% - azot və 0,03 % CO_2 var). Torpaq qatından keçdikdə sular CO_2 ilə daha zənginləşirlər. CO_2 -nin rolu hipergenez zonasında O_2 -dən sonra təzahür edir. Əvvəlcə sulfidlər sulfatlara qədər oksidləşir, sonra isə onlardan karbonatlara keçid qeyd olunur.

Sulfid yataqlarının oksidləşmə zonasının dərinliyi O_2 -nin sirayət etdiyi səviyyə hesab oluna bilər. Bir yataq daxilində həmin sərhəd sabit olmayıb, vaxtaşırı dəyişir. Üst zonaların filizləri oksidləşdikdən sonra O_2 -yə ehtiyacları qalmır və sərbəst oksigen daha aşağı zonalara enir.

Sulfid yataqlarının təbiətdə müşahidə edilən oksidləşmə zonaları çox müxtəlif olub bir sıra regional və yerli amillərdən

asılıdırlar. Regional amillər sırasına iqlim, relyefin xüsusiyyətləri və tektonika, sulfidyaradan metalların mütəhərrikliyi və sahə sularının kimyəvi tərkibi aid edilir. Lokal amillər mineraloji tərkib, filizin struktur-tekstur xassələri, filiz kütlələrinin yatım şəraiti və kənar süxurların litoloji tərkibi hesab olunur.

Tropik iqlimli ölkələrdə oksidləşmə daha aydın ifadə olunur. Eroziyanın sürətli olduğu yerlərdə oksidləşmə bu hadisədən geri qalır və nəticədə proses zəif təzahür edir. Damar kütləsinin tərkibi karbonatlardan ibarət olduqda oksidləşmə daha fəal gedir. Belə ki, karbonatlar kvarsə nisbətən asan həll olur və məhlullar onlardan asan süzülür. Sulfidlərin növlərindən və mineral tipindən asılı olaraq oksidləşmənin müxtəlifliyi müşahidə olunur. Məsələn, eyni geoloji-iqlim şəraitində massiv filizlərin oksidləşməsi çatlı, druzaşəkilli, lentvari və s. tekstur tipli filizlərə nisbətən daha yavaş gedir. Filizlərin içərisində oksidləşdirici məhlulların dövrəni qismən teksturadan asılıdır. Filizdəki mineralların toxunma səthləri və təmasları suların hərəkət yollarını müəyyənləşdirir. Su buraxmayan şist və buyuzdaşı kimi süxurlarda məhlullar ancaq çatlar boyu hərəkət edir və başqa sahələrə toxunmur. Sulfidlərin oksidləşməsi zamanı tərkiblərini əhəngdaşlarını həll edə biləcək maddələrlə (CO_2 , H_2SO_4 , HCl və s.) doydurmuş sular bu süxurlarda özlərinə yol açır və karst hadisələrini şərtləndirirlər.

Sulfid yataqlarının oksidləşmə zonasında dövrəni edən məhlullar adi qrunut sularına nisbətən daha çox minerallaşmış olur. Onların tərkibində ağır metallar daha çoxdur. Marahlı burasıdır ki, turş sulardan növlərə keçiddə K və Na-dan başqa digər kationların miqdarı azalır. Filiz sahələrinin sularının müqayisəli tədqiqi bu işin düzlüyünü sübut edir.

Filiz sahələri və yataqlarının suları həmişə sabit qalmır və bir sıra səbəblərdən asılı olaraq dəyişirlər. Bu səbəblər sırasına oksidləşmədə iştirak edən meteoroloji sular və onların artımı, yatağın oksidləşmə mərhələsi və s. daxil olur. Sulfidlərin çox olduğu ilkin mərhələdə sular ağır metallar və sərbəst sulfat turşusu ilə zənginləşirlər. Axırncı mərhələlərdə sular təmizlənir və adi qrunut sularından, demək olar ki, seçilmirlər.

Yer səthinə çıxmayan sulfid yataqları sahəsində dövrən edən suların səthi təzahürü axtarış əlaməti hesab olunur. Minerallaşmış sular geokimyəvi axtarış üsullarının başlıca amillərindən biridir.

Oksidləşmə zonalarında aşınma qabığının qalınlığı 30-40 sm-ə çatır. Lakin burada biz ağır metallara təsadüf etmirik. Çətin əriyən anqlezit və serussit kimi minerallar burada yoxdur. Aşınma qabığından altda zəngin filizlərin normal oksidləşmə zonası qərar tutur. Zonanın aşağısında sementləşmə sahəsində sulfidlərlə zənginləşmə aşağı süzülən sulfat məhlulları ilə sulfid filizləri arasında gedən əvəzetmə reaksiyaları hesabınadır. Sərbəst oksigen bura çatmır, H_2S mühitində bərpa hökm sürür, məhlullar turşuluqlarını itirir və sulfidlərlə sulfiduzların ardıcıl kristallaşması müşahidə olunur. Sulfidlərin bu prosesdə ayrılma ardıcılığı ümumən belə təsəvvür olunur: Hg, Ag, Cu, Bi, Cd, Pb, Zn, Ni, Co, Fe, Mn-nın kükürlü birləşmələri. Bu sırada sonrakı metalların sulfidləri onlardan əvvəlkilərin birləşmələrini metasomatik olaraq əvəz edir, çətin həll olan sulfid asan həllolanın yerini tutur.

Sulfidlərin təkrarən zənginləşmə zonası bir sıra metalların, xüsusən mis və gümüşün sənaye əhəmiyyətli yığımlarını daşıyır. Qızıl da burada sənaye əhəmiyyətli yığımlar yaradır.

Oksidləşmə zonasında bəzən məhlulların turşuluğunun artması ilə bağlı olaraq minerallaşma ilə zəngin olmayan yarımzonalara təsadüf olunur. Aşağı süzülərkən səth suları turşularla zənginləşir və müəyyən həduddan sonra yenidən normallaşırlar. Turşuluq dərəcəsi suların həlletmə qabiliyyətini müəyyənləşdirir. Deməli, turşuluğun sərhədi ilə kasıblaşma zonası uzaqlaşdıqca, metallı birləşmələr ifrat turş məhlullarda həll olacaq, iondan çıxarılacaq və müəyyən vaxtdan sonra kasıb zonanın sərhədi aydın müəyyənləşəcəkdir. Sulfid yataqlarının oksidləşmə zonasında təxmini olaraq aşağıdakı ardıcılıq təsəvvür olunur:

Oksidləşmə zonası:

S ə t h i q a t; Oksidləşmiş filizlər yarımzonası; Oksidləşmiş filizlər və çıxarılmış metallar yarımzonası; Oksidləşmiş

zəngin filizlər yarımzonası; Sulfidlərlə təkrarən zənginləşmə zonası; Sulfid filizləri ilkin minerallaşma (hipogen) sahəsi.

Oksidləşmə zonasının mineraloji tərkibi rəngarəngdir. Buradakı mineralların çoxu ancaq oksidləşmə zonasında sabit olub digər mühitdə pozulurlar. Çoxmiqdarlı oksidlər, oksidlərin hidratları, sulfatlar, karbonatlar, fosfatlar, arsenatlar, vanadatlar, molibdatlar, xromatlar, volframatlar, halogenidlər, sərbəst metallar belə xassəlidirlər. Bu və ya başqa birləşmələrin üstünlük təşkil etməsi oksidləşmənin mərhələsindən asılıdır. İlk mərhələdə pozulmamış sulfidlərlə birlikdə sulfatlar, orta mərhələlərdə karbonatlar, axırncı mərhələlərdə isə oksidlər assosiasiya təşkil edir.

Hipergenez zonasında kolloid prosesləri geniş intişar etmişdir, damar mineralları azlıqdadır və yeni törəmələrdən müxtəlif formalarda kvars, kaolinitlərə, karbonatlara təsadüf olunur.

XVII FƏSİL

GEOKİMYƏVİ AXTARIŞ ÜSULLARI

Faydalı qazıntı yataqlarının axtarışının geokimyəvi üsulları geoloji-kəşfiyyat işlərində geniş tətbiq sahəsi tapmışdır və onlardan səmərəli istifadə olunur. Üsullar müxtəlifdir, lakin onların hamısının əsasında kimyəvi elementlərin miqrasiyasının qanunları, ilkin və törəmə arealların öyrənilməsi durur. Belə ki, geokimyəvi axtarış üsullarının əsası sadədir. Yer haqqında elmə çoxdan məlumdur ki, filiz kütlələrinin ətrafındakı sahələrdə filizi təşkil edən metalların miqdarı klarkdan artıq olur. Həmin elementlərin ana süxurlardakı, torpaqda, yamac, çay və təpə çöküntülərində, sulara, bitkilərdə, atmosferin aşağı hissələrində miqdarını öyrənməklə, onların faizinin artıq olduğu anomal sahələrin üzə çıxarılması, gizli filiz kütlələrinin aşkar edilməsi mümkündür.

Geokimyəvi səpələnmə areallarının iki tipini ayırırlar:

- 1) ilkin, yaxud singenetik;
- 2) törəmə, yaxud epigenetik.

İlkin areallar filiz yataqlarının əmələ gəlməsi ilə eyni zamanda, törəmə areallar isə adətən hipergenez zonasında, filiz yataqları, onları təşkil edən filiz cismləri formalaşdıqdan sonra yaranırlar. Axtarış üçün törəmə arealları daha faydalıdır. İlkin areallar filiz cismləri ətrafında hidrotermal dəyişmə zonaları ilə ifadə olunur və onları (filiz cismlərini) haşiyələyərək çox vaxt onların formalarını qəbul edir. Törəmə arealların morfolojiyası isə geoloji, tektonik, geomorfoloji və s. faktorlardan asılı olaraq müxtəlif ola bilər.

Geokimyəvi axtarış üsullarından bizim ölkəmizdə əsrimizin 30-cu illərindən istifadə olunur. 1940-cı ildə A.Y.Fersmanın özünün məşhur «Faydalı qazıntı yataqlarının axtarılmasının geokimyəvi və mineraloji üsulları» kitabında belə axtarışların birinci xülasəsini verir. Müasir dövrdə geokimyəvi axtarış üsullarına həsr olunmuş yüzlərlə məqalə və onlarla monoqrafiyalar vardır. Geokimyəvi axtarış üsullarından geo-

kimyaya aid dərslük və tədris vəsaitlərində bəhs edilir. Biz aşağıdakı cədvəldə bir sıra metalların axtarılmasında məhsuldar istifadə olunan geokimyəvi üsulları göstəririk.

Cədvəl 56

Metal axtarışında istifadə olunan geokimyəvi axtarış üsulları

Elementlər	Litokimyəvi areallar				Hidro-kimyəvi	Biogeo-kimyəvi	Qazometrik (atmokimyəvi)
	İlkin	Törəmə					
		Torpaq	Yamac və çay çöküntüləri və s.	Bataqlıq və göl çöküntüləri			
Zn	+	+	+	+	+	+	
Cu	+	+	+	+	+	+	
Pb	+	+	+	+	+	+	
Ag	+	+	+	+	+	+	
Au	+	+	+			+	
Hg	+		+			+	
Sb	+					+	
As	+					+	
Mo	+	+	+		+	+	
W	+	+	+		+	+	
Sn	+	+	+			+	
Ni	+	+	+	+		+	
Co	+	+	+	+	+	+	
Cr	+	+	+			+	
Se	+	+	+	+	+	+	
V	+	+	+	+	+	+	
U		+	+	+	+	+	+
Th		+	+	+	+	+	+

Geokimyəvi axtarış işlərində ən çox litokimyəvi, hidro-kimyəvi, biogeo-kimyəvi və atomokimyəvi (qazometrik) üsullardan istifadə edilir. Bu dərslükdə birinci üç üsul haqda qısa məlumat veririk.

LİTOKİMYƏVİ AXTARIŞ ÜSULLARI

Litokimyəvi (metallometrik) axtarış üsulu geoloji-kəşfiyyat və axtarış işlərində geniş tətbiq sahəsi tapır. Litokimyəvi planalma mineraloji və geokimyəvi, ilkin və törəmə arealların tədqiqinə əsaslanır. Nisbətən sabit mineralların ilkin, ana süxurlardan kənara doğru pozularaq paylandığı sahələrə mexaniki miqrasiya arealları da deyilir.

Mexaniki səpələnmə (yerdəyişmə, miqrasiya) arealı faydalı qazıntının minerallarının axtarış aparılan sahədə bərk hissəciklər, qırıntılar şəklində iştirakına əsaslanır. Maddənin belə halı iki yolla mümkündür:

1. Yataq və yataq sahəsindəki müxtəlif morfolojiyalı filiz kütlələri fiziki (mexaniki) dezintegrasiyaya-ovulmaya məruz qalır;

2. Faydalı qazıntı maddəsinin ayrı-ayrı hissəcikləri və parçaları (qırıntıları) ağırlıq qüvvəsi təsirindən ana yatımlara nisbətən yerlərini dəyişirlər.

Aşınma zonasında hərəkətdə olan maddənin mütəhərrikliyi üç cür zühur edir:

1. Dağ süxurlarının daxilində yerləşən filiz cisminin parçaları Yer cazibə qüvvəsinin təsirindən yerini dəyişir;

2. Süxurların aşınmış səthindən ayrılan parçalar ağırlıq qüvvəsinin təsiri ilə relyefin daha aşağı hissələrinə köçür, aşınma bazisinə yaxınlaşır və çöküntü toplanan sahələrdə yığılır;

3. Aşınma qabığında hissəciklər biri-digərinə nisbətən yerlərini dəyişir.

Bu üç amilin qarşılıqlı təsiri mexaniki miqrasiya arealının yaranması ilə nəticələnir. Mexaniki miqrasiya (başqa sözlə, şlix) areallarından qızılın, platinin, kassiteritin, volframitin, kinovarin və xarici təsirlərə nisbətən dözümlü başqa mineraların axtarışında və istismarında istifadə olunur. Mexaniki arealların tədqiqində birinci növbədə şlix planılması köməyə gəlir. Şlix minerallarının bir qismi bilavasitə istehsal mənbəyi, digəri isə başqa faydalı qazıntıların tapılması üçün göstəricidirlər. Alüvial, delüvial, dəniz və gölkənarı çöküntülərdən

götürülmüş şlixlərə əsaslanan axtarışlar, mövcud geoloji xəritələri təkmilləşdirir.

Litokimyəvi planalma öyrənilən sahələrin əldə olan geoloji xəritələrindən asılı olaraq 1:1000000-1:200000 (proqnoz), 1:100000-1:25000 (filiz sahələrinin sərhədinin müəyyənləşdirilməsi), 1:10000 və daha böyük (filiz kütlələrinin parametrlərinin dəqiqləşdirilməsi) miqyaslı olur. Planalmanın texnikası miqyasından asılı olaraq, marşrutlar üzrə müəyyən məsafədən, qəbul edilmiş şəbəkə üzərə sınaqların götürülməsindən ibarətdir. Sınaqlar lazımi dərinlikdə götürülür, çəkili 150-200 qramdan artıq olmur. Sonra, kameral şəraitdə onlar işlənir, maqnitlik qabiliyyəti müəyyənləşdirilir, mineraloji və kimyəvi tərkibləri tədqiq olunur. Sınaqlar miqyasdan və aparılan işlərin səciyyəindən asılı olaraq 2-3-dən 30-45-ə qədər elementlərin təyini üçün spektral analizdən keçirilirlər. Analizdə nəticə almış elementlər litosferin klarklarına və fon klarklarına olan nisbətlərindən asılı olaraq qruplaşdırılırlar və bu işdə aşağıdakı parametr və geokimyəvi anlayışlardan istifadə olunur (Ş.S.Bəктаşi, 1985):

1. Klarklar: a) litosferin; b) müxtəlif süxur tiplərinin. Birinci K_L , ikinci isə K_F işarəsi ilə göstərilir. Klarkların qiyməti A.P.Vinoqradovun (1962,1966) cədvəllərindən götürülür;

2. V.İ.Vernadskinin konsentrasiya klarkı əmsalı (K_K); aşağıdakı formul ilə təyin olunur:

$$K_K = \frac{\bar{C}}{K_{\mathcal{L}}} \quad (1)$$

\bar{C} - süxurda, fasiyada, formasiyada, geokimyəvi arealda, filiz kütləsində axtarılan elementin (metalın) orta hesablanmış miqdarıdır;

3. Yüksəlmə əmsalı (q). Aşağıdakı formul ilə müəyyənləşdirilir:

$$q = \frac{\bar{C}}{K_{\phi}} \quad (2)$$

4. Metallılıq əmsalı. Aşağıdakı formul ilə təyin olunur:

$$K_M = \frac{q}{K_K} \quad (3)$$

5. Geokimyəvi xüsusiləşmə qradienti (G) K_K və q -nün bir süxurdan başqasına, bir fasiyadan digərinə və s. keçərək qiymətinin dəyişməsi ilə ifadə olunur. Bu formul ilə müəyyən edilir:

$$G_{K_K} = K_{K_n} - K_{K_{n-1}} \quad (a) \quad (4)$$

$$G_q = q_n - q_{n-1} \quad (b)$$

6. Təzadlıq əmsalı (kontrastlıq əmsalı) (K_m) göstərir ki, axtarılan elementin (metalın) yerli fonu (miqdarı) onun litosferdəki süxur tipləri fonundan aşağı, yaxud yuxarıdır. Aşağıdakı formul ilə təyin olunur:

$$K_T = \frac{K_{\bar{\phi}}}{K_{\phi}} \quad (5)$$

K_{yf} -yerli fondur, götürülmüş sınaqların qiymətinin ümumi cəminin onların miqdarına bölünməsindən alınır:

$$K_{\bar{\phi}} = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n}{n} \quad (6)$$

İntruzivlər, filiz kütlələri və maqmatik süxur fazaları üçün müəyyən edilir;

7. K_{KK} -klark konsentrasiyası əmsalı. Aşağıdakı formul ilə təyin olunur:

$$K_{KK} = \frac{\bar{C}}{K_{\bar{c}}} \quad (7)$$

8. Geokimyəvi xüsusişmənin işarəsi (mənfi, yaxud müsbət). Qrafiki olaraq müəyyənleşdirilir:

K_x	
10,0 və artıq	
9,0	Filiz kütləsi (filiz təzahürü, yataq, filiz sahəsi)
8,0	
7,0	
6,0	Endogen areal və filiz kütləsi təzahürü və yatağı (sahəsi), arasındakı ixtiyarı sərhəd
5,0	
4,0	(+) anomal geokimyəvi ilkin areal
3,0	
2,0	(+) normal klark sahəsi
1,0	K_L və K_F xətti
0,5	(-) normal klark sahəsi
0,25	
0,0	(-) anomal geokimyəvi ilkin areal

Geokimyəvi anomaliya diaqramının modeli

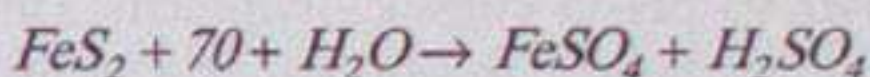
Verilmiş geokimyəvi parametrlər əsasında S, K_K və q-nün izoxətlər xəritəsi tərtib oluna bilər ki, elə xəritənin maksimumları bilavasitə filiz kütləsinin yerini və onun endogen arealını göstərir.

Litogeokimyəvi planalmanın nəticəsi yanaşı olaraq geoloji-struktur və geofiziki tədqiqatlar aparıldıqda daha məhsuldar nəticələr verir.

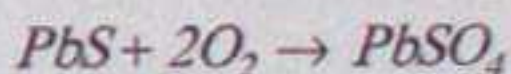
HİDROKİMYƏVİ AXTARIŞ ÜSULLARI

Litokimyəvi üsullara nisbətən geokimyəvi axtarışın bu metodundan məhdud istifadə olunur. Hidrokimyəvi tədqiqat təbii suların filiz kütlələrindən, yaxud minerallaşmış süxurlardan keçərkən tərkiblərinin dəyişməsinə əsaslanır. Nisbətən əsaslı dəyişmələr sulfidlərin oksidləşmə məhsullarının həlli

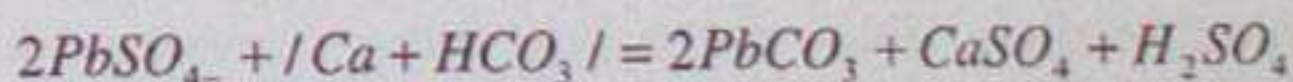
zamani baş verir. Sulfidlərin oksidləşməsi onların minerallarına suyun və sərbəst oksigenin təsirindən aşağıdakı reaksiya üzrə gedir:



Bu sxem pirit, markazit, arsenopirit kimi sulfidlər üçün səciyyəvidir. Qalenit, sfalerit və s. kimi monosulfidlərdə reaksiya suyun iştirakı olmadan da gedə bilər:



Qalenitin və sfaleritin sonrakı dəyişməsi sulfat turşusunun yaranması ilə nəticələnir:



Bir sıra metalların sulfatları sulfidlərinə nisbətən daha asan həll olurlar. Bu səbəbdən sulfidlərin oksidləşmə məhsullarının həlli yeraltı suların sulfat anionları və uyğun metallarla zənginləşməsinə gətirir. Lakin bəzi elementlərin (sürmə, bismut və s.) sulfatları pH-ın aşağı qiymətində belə tezliklə pozulur və çətin həllolan hidrooksidlər yaradırlar. Belə hallarda sular ancaq sulfat anionu ilə zənginləşir. Sulfat turşusunun sulara həll olması onlarda sulfat ionu yığılmasına və pH-ın qiymətinin aşağı düşməsinə səbəb olur.

Sulfidlərin, xüsusilə xalkopiritin iştirakı ilə piritin çoxlu miqdarının oksidləşməsi şəraitində, onları saxlayan süxurlarda dövrən edən suların tərkibi kifayət qədər dəyişir; hərdən sulfat-ionun miqdarı bir litrdə onlarca qrama qədər artır, pH-ın qiyməti əsaslı olaraq aşağı düşür. Dəmir, mis və sink kimi metalların miqdarı litrdə onlarca, yüzlərcə və hətta minlərcə milliqrama çatır. Suyun tərkibinin belə kəskin dəyişməsi onların filiz kütlələrindən keçməsi və dövrəni vaxtı baş verir. Tərkibini dəyişmiş sular filizdaşıyan horizontlardan diffuzion miqrasiya ilə digər qatlara doğru yerlərini dəyişə bilər və yerin səthinə

çıxa bilərlər. Filiz kütlələri və ilkin geokimyəvi arealların təsiri olmayan ətraf sahələrin suları metalların klarkdan az, yaxud klarka bərabər (okean suyunun klarkları nəzərdə tutulur) miqdarını saxlayır və pH-in yüksək qiyməti ilə (mədən sularına nisbətən) seçilirlər. Suların yeraltı çat və çöküntülər boyu hərəkətində mədən və ətraf çöküntülərin suları öz yollarında qovuşa bilər və yeni tərkibli sular peyda olar. Belə prosesdə pH-in qiyməti, filiz kütləsi və endogen arealdan keçmiş sulara nisbətən ucalır və sulardan çətin həllolan əsasi duzlar və metalların hidrokoksidləri çökür (limonit, malaxit, azurit kimi mineralar buna misaldır). Sudaşıyan süxurlarla qarşılıqlı əlaqə suların neytrallaşmasına və bir sıra metalların adsorbsiyasına səbəb olur.

Filiz kütlələri və endogen areallardan uzaqlaşdıqca suların tərkibi tədricən dəyişir və müəyyən məsafədən sonra ətraf sulardan seçilmir. Filiz cismlərinin törəmə arealları da olduğundan, bu dəyişmə filiz kütləsindən üstə və sudaşıyan horizontun qalınlığı üzrə aşağıda müşahidə edilə bilər. Təbiətdə təzyiqli, qalxan sular var və bu sular geoloji müddət ərzində filiz kütləsi və onun arealından süzülərsə, anomal şəkildə yer səthində təzahür edə bilərlər. Filiz kütlələri və sahələri ətrafındakı sular tərkibcə seçilir və geologiyada hərdən maye arealı adlandırılır.

Tərkiblərində klarkdan artıq miqdarda müəyyən metallar daşıyan suların üzə çıxdıqları sahələrin həcmi müxtəlif olur, digər tərəfdən bu hadisə metalların sudakı sabitliyindən asılıdır. Eyni komponentin sulardakı miqdarının dəyişməsi bir sıra amillərdən asılıdır. Onların sırasına filiz kütləsinin ölçüsü, forması, tərkibi, teksturası, strukturu və kənar süxurların tərkibi aid edilə bilər. Kimyəvi tərkibin dəyişməsi tək sulfid minerallarının oksidləşmə məhsullarının həll olması ilə yox, dəyişməmiş sulfidlərin, oksidlərin, hidrokoksidlərin, karbonatların, fosfatların, silikatların və digər filiz minerallarının təsiri ilə əlaqələndirilməlidir. Bu cür dəyişmələr suyun tərkibinə cüzi təsir edir və başlıca olaraq layarası sularda özlərini göstərir.

Filiz kütlələrinin sulara təsirindən nadirən yeni komponentlər yaranır, suların maddə nisbəti dəyişir və pH-ları təzələnir. Məsələn, Humid vilayətləri üçün pH-ın qiyməti 6,5-dir, sahələrdə isə aşağıdır və ola bilsin ki, bu iş müəyyən qədər minerallaşma ilə bağlıdır. Misin sulardakı 0,03 mq/l miqdarı suların tədrici dövranında adi, sürətli və gərgin dövrandə isə anomaldır. İntruziv süxurların çatları boyu hərəkətdə olan sular üçün sinkin 0,2-0,3 mq/l miqdarı adi, karbonatlı süxurlarda gedərsə anomaldır. Suayrıcılarından çay dərələrinə doğru suların tərkibində sulfat-ionun miqdarı bir neçə dəfə arta bilər. Bu, əlbəttə, suların hərəkət etdikləri çöküntülərin litoloji tərkibi və minerallaşmasından asılıdır. Məsələn, sulfat-ionun miqdarı güclü oksidləşmiş mis kolçedanı filiz cismindən (Gədəbəydə olduğu kimi) 2-3 yüz metr aralı 500-1000 mq/l-ə çata bilər, eyni məsafədə fəal sudəyişmə şəraitində zəif oksidləşmiş qurğuşun-sink kütləsindən aralı (Balakən-Zaqatala filiz rayonunun Çeder və Gədəh yataqları, Qarabağda Mehmana) bu miqdar cəmi 18-20 mq/l-lə hesablanır. Buna görə də filiz kütləsinin varlığına dəlalət edən hidrokimyəvi göstərici, hər hansı elementin (metalin) sudakı miqdarı ilə yox, onun ətraf sulara nisbətən artımındadır. Aydın məsələdir ki, suların yarandığı hidrogeoloji-struktur şərait də nəzərə alınmalıdır.

Beləliklə, görürük ki, oksidləşmiş sulfidlərin təsirindən sulara tək metalların miqdarı yox, müşayiətedici elementlərin, sulfat-ionun və pH-ın qiyməti də dəyişir. Axırincılardan gizli filiz yataqlarının axtarışında köməkçi amillər kimi istifadə etmək olar. Onların içərisində sulfat-ionun, sinkin, misin və molibdenin faiz artımı diqqətəlayiqdir. Sulfat-ionun artımı sular oksidləşmədə olan sulfid yatımları ilə təmas etdikdə özünü göstərir. Molibdenin miqdarı, adətən sulara sabitdir və onun faizinin artması volfram-molibden yataqlarının axtarılması üçün göstəricidir. Sulara molibdenlə misin, sinkin, mərgümüşün mikroassosiasiyalarının da axtarış işlərində müəyyən əhəmiyyəti var.

Geokimyəvi axtarışın hidrokimyəvi üsullarından aşağıdakı məqsədlərlə istifadə etmək olar:

1. Müxtəlif geoloji-struktur quruluşlu əyalətlərin metallogeniyasının ümumi xüsusiyyətlərinin aşkar edilməsi, nadir və rəngli metalların axtarış sahələrinin müəyyənləşdirilməsi;

2. Filiz yataqlarının dəqiq kəşfiyyatının əsaslandırılması;

3. Filiz sahələri, yataqları və cismlərinin sərhədlərinin keçirilməsi;

4. Axtarış və kəşfiyyat işlərinin rəasional istiqamətləndirilməsi;

5. Müəyyən regionlarda suların təsnifi sxemlərinin tərtibi.

Hidrokimyəvi axtarışlar zamanı əsas tədqiqat obyektləri dördüncü dövr çöküntülərinin qrunt suları və aşınma qabığı-nın çat-qrunt suları hesab olunur. Belə sulara müşahidələr əsasdır və kimyəvi elementlərin miqراسiyası daha gərgindir. Aydın məsələdir ki, müxtəlif genezisli dərinlik sularına gizli və basdırılmış filiz yatımlarının axtarılması məqsədilə xüsusi fikir verilməlidir.

Hidrokimyəvi axtarışların yerinə yetirilməsində aşağıdakı əməliyyatlar aparılmalıdır:

1. Sulardan sınaqların götürülməsi və onların quru qalıqlarının spektral və kimyəvi analizdən keçirilməsi;

2. Tədqiqatın müəyyən hissəsi [sulfat-ionun, xlorun, pH-in, metallar (elementlər) cəminin təyini] bilavasitə su mənbəyinin yanında aparılması;

3. Su sınaqlarının götürüldüyü su mənbələrinin geoloji və hidrogeoloji sənədləşdirilməsi;

4. Yarımsasionar və stasionar laboratoriyalarda götürülmüş sınaqların kimyəvi və spektral analizlərinin aparılmasında suyun tərkibində olan elementlərin səciyyəsiindən asılı olaraq analiz üsulunun seçilməsi;

5. Analizlərin nəticələrinin araşdırılması və onlardan gizli və basdırılmış faydalı qazıntı yataqlarının aşkar edilməsində istifadə.

BİOGEOKİMYƏVİ AXTARIŞ ÜSULLARI

Belə axtarış üsulları kimyəvi elementlərin bitki və orqanizmlərdə konsentrasiyalar yaratmasına əsaslanır. Bitkilərdə elementlərin konsentrasiyasının iki halını göstərmək olar: a) öyrənilən sahənin bütün bitki aləmi müəyyən elementin (metalin) artıq miqdarı ilə səciyyələnir və b) bitkilərin müəyyən növləri «sevdikləri» elementi özlərinə yığırlar. Sink, litium, alüminium və s. metallar saxlayan bitkiləri misal göstərmək olar.

Müəyyən elementlərin bitki tiplərində yığılması ilə bitki aləminin işi qurtarmır. Filiz sahələrində və müəyyən regionlarda dağ süxurlarının tərkibindən asılı olaraq bitki aləminin müxtəlifliyi nəzərə çarpır. Məsələn, Cənubi və Orta Uralın, Azərbaycanın Kəlbəcər və Laçın rayonlarının, Kuba Respublikasının mərkəzi zonasının nikel silikatları daşıyan ultraəsasi süxur massivlərində xüsusi bitki növləri var ki, onlar nikel filizləşməsinin axtarış əlamətləridir.

Torpağın, süxurların və bitkilərin tərkibləri arasındakı uyğunluqla səciyyələnən sahələri A.P.Vinoqradov (1957) biogeokimyəvi əyalətlər adlandırır.

Müxtəlif torpaqların və torpaq örtüklərinin ayrı-ayrı horizontlarının, bitkilərin tərkibinin və metal ionlarının müthərrikliyinin öyrənilməsi kobalt, mis, xrom, molibden, nikel və bir sıra digər elementlərin axtarılmasında istifadə oluna bilər. Dəqiq tədqiqatlar zamanı bu cür biogeokimyəvi üsullar müsbət nəticələr verir.

Bitkilər və onların müxtəlif hissələri-kökləri, budaqları, yarpaqları çox zaman elementləri bir-birindən fərqli olaraq toplayırlar. Bir qayda olaraq dərin köklü və güclü su alıb-vermə qabiliyyətli bitkilər biogeokimyəvi sınaqların götürülməsi üçün əlverişli obyektlər hesab olunurlar. Bu və ya digər elementin torpaq və bitkidə toplanması paralel gedir. Torpaqların müxtəlifliyindən asılı olaraq, onların horizontları müxtəlif mikrokomponentlərlə zənginləşir və bitki metalla həmin horizontdan təmin olunur.

Biogeokimyəvi axtarışların aparılması üçün sakit relyefli əyalətlər-yaylalar, dərələr, dağların və təpələrin azmeylli yamacları əlverişli sahələrdir.

Axtarış işlərinin əvvəlində torpaq və bitkilərdən iki-üç kəsiliş üzrə nümunələr götürülür və analizə verilir. Sonra öyrənilməli sahə düzbucaqlı şəbəkə üzrə sınaqdan çıxarılır və 1:10000 miqyaslı xəritəsi çəkilir. Bu miqyasda ayrı-ayrı profil xətləri arasındakı məsafə 100-200 metr qəbul edilir: profillər üzrə sınaqlar 20 m-dən bir, bəzən 5-10 metrdən götürülür. Torpağın seçilən horizontları müstəqil olaraq sınaqdan keçirilməlidirlər. Bitkilərin sınaqdan keçirilməsi üsulu eksperimental olaraq müəyyənləşdirilir. Sınaq üçün bitkilərin elementi daha yaxşı təmərküzləşdirən hissələri-kökləri, yarpaqları, təzə budaqları (yazda) və xəzəli (payızda) seçilir. Çöl şəraitində bitkilərin sınaqdan çıxarılması üçün kimyəvi, polyarografi və spektral analiz üsullarından istifadə oluna bilər.

Keçmiş Sovet İttifaqında, o cümlədən Azərbaycanın Gədəbəy filiz qovşağında və Balakən-Zaqatala filiz rayonunda aparılmış biogeokimyəvi tədqiqatlar göstərir ki, geokimyəvi axtarış üsulları aşağıdakı nəticələri verə bilər:

1. Biogeokimyəvi axtarış üsulu örtük çöküntülərinin qalın olduğu yerlərdə istifadə edilə bilər. Qalın aşınma qabığı olan yaylalar, geniş çay dərələri, dağların azmeyilli yamacları, digər meşə və bitki örtüyü ilə örtülmüş sahələr bu üsul üçün əlverişli fəaliyyət regionlarıdır.

2. Molibden, kobalt, mis, xrom, qurğuşun və sinkin tapılması üçün aparılmış biogeokimyəvi axtarış işləri göstərir ki, bu metalların bitkilərdə və torpaqda miqdarı bərabər və uyğun olaraq paralel artır və hərdən klarkdan çox ola bilər. Belə anomal hallar gizli filiz kütlələrinin varlığına dəlalət edir və yataqların tapılması ilə nəticələnmə bilər.

3. Metallar nəzərə çarpacaq miqdarda dərin kök sistemi olan və yaxşı su alıb-vermə qabiliyyətli çoxillik bitkilər olan ərazidə təmərküzləşirlər.

4. Eyni coğrafi və geoloji şəraitli sahələrdə torpaqlardan sınaq götürüldükdə horizontun seçilməsi məsləhətdir, yaxud

müxtəlif torpaq horizontlarından çöküntünün səciyyəsiindən asılı olaraq sınaqlar götürülməlidir.

5. Filizləmiş regionlarda bitən bitkilərin torpaqdan mə-nimsədiyi metallardan (elementlərdən) asılı olaraq morfoloji xüsusiyyətləri dəyişə bilər.

6. Biogeokimyəvi axtarışlar zamanı cüt elementlər (məsələn, nikel və kobalt, mis və molibden, qurğuşun və sink və s.) arasındakı nisbi münasibətə fikir verilməlidir. Cənubi Uralın və Kuba Respublikasının nikel silikati yataqlarında nikel-kobalt nisbəti adətən 4 əvəzinə 15-20-yə qalxır, birinci regionun Tuva sulfid-arsenid yataqlarında isə 1-2-yə enir. Qarabağda mis-molibden nisbəti 100:1, Gədəbəydə 50:1, Naxçıvanda 10:1-dir. Belə nisbətlər filizin tipini göstərən axtarış əlamətləridir.

7. Biogeokimyəvi axtarış üsullarının tətbiqi ilə yerin səthində görünməyən, 15-20 metr dərinlikdə yatmış filiz cismlərinin yerini müəyyənləşdirmək mümkündür. Hərdən bu dərinlik 50 metr və daha artıq ola bilər.

Geokimyəvi axtarış üsullarından qarışıqlıq əyalətlərinin geoloji-struktur, geomorfoloji və coğrafi şəraitləri nəzərə alınaraq istifadə olunarsa, onlar gözlənilməyən məhsuldar nəticələr verə bilər.

Ədəbiyyat

Azərbaycan dilində

1. A.Məhərrəmov, M. Allahverdiyev, R. Əliyeva, S. Məmmədov, S.Quliyev, G. Mirbağirova. Kiçik kimya ensiklopediyası. Bakı, BDU nəşriyyatı, 1997.
2. S.Bəktaş. Geokimya. Bakı, ADU nəşri, 1972.
3. V.M. Abbasov, A.M. Məhərrəmov, M.B. Babanlı, M.M. Abbasov, A.M. Tağıyev. Ümumi kimyanın əsasları. Bakı, Azərbaycan Milli Ensiklopediyası, 2000.
4. V.M. Abbasov, A.M. Məhərrəmov, M.M. Abbasov, M.B. Babanlı, A.M. Tağıyev. Qeyri-üzvi kimya. Bakı, Azərbaycan Milli Ensiklopediyası, 2001.

Rus dilində

1. Барабанов В.Ф. Геохимия М.Недра, 1985.
2. Барташевич О.В, Зоркин Л.Н, Зубанраев С.Л. и др. Геохимические методы поисков нефтяных и газовых месторождений. М. Недра, 1996.
3. Беус А.А. Геохимия литосферы М. Недра, 1973.
4. Вернадский В.И. Очерки геохимии. Полное собр. соч. М. Изд. АН СССР, Т.1, 1958.
5. Виноградов А.П. Введение в геохимию океана. М. Наука, 1967.
6. Виноградов А.П. Геохимия живого вещества. М. Изд. АН СССР, 1932.
7. Вайткевич Г.В. Проблемы радиогеологии. М. Госгеолтехиздам, 1961.
8. Гаврусевич Б.А. Основы общей геохимии. М. Недра, 1968.
9. Гордон-Смит Ф. Физическая геохимия. М. Недра, 1968.
10. Манская С.М., Дроздова Т.В. Геохимия органического вещества. М. Наука, 1964.
11. Мейсон Б. Основы геохимии. М. Недра, 1971.
12. Мюллер Р., Саксена С. Химическая петрология. М. Мир, 1980.
13. Перельман А.И. Геохимия. М. Высшая школа, 1979.
14. Сауков А.А. Геохимия. М. Недра, 1966; М. Наука, 1975.
15. Тугаринов А.И. Общая геохимия, М. Атомиздат, 1973.

16. Ферсман А.Е. Геохимия. Т. I, II, IV. М. Изд.АН СССР, 1955, 1958.
17. Шербина В.В. Геохимия. М. Изд. АН СССР, 1938.

İngilis dilində

1. Clarke F.W. The date of Geochemistry-Washington, 1924.
2. Goldshmidt V.M. Geochemistry-Oxford, 1954.
3. Meson Br. Principles of the Geochemistry-New York: 1957.
4. Rankama .K., Sahama Th. Geochemistry-Chicago:1955.
5. Smulikovski K. Geochemia.- Warshava, 1952.
6. Vinasa de Reqnu P. Geochemia.- Roma, 1931.

Əlavə ədəbiyyat

Azərbaycan dilində

1. A. M. Məhərrəmov, Ş. B. Əhmədov, L.M. Güləhmədov, H.S. Sadıxov. Doymuş və doymamış karbohidrogenlər (metodiki göstəriş). Bakı, Azərbaycan Dövlət Universiteti nəşriyyatı, 1982.
2. N.Ə. İmamverdiyev. Petrokimyəvi seriyaların ayrılmasının əsasları (metodiki göstəriş). Bakı, BDU nəşri,1998.
3. V.M. Babazadə, F.A. Axundov, M.N. Məmmədov, N.Ə. İmamverdiyev. Maqmatik formasiyalar. Bakı, Nafta-Press nəşriyyatı, 2000.

Rus dilində

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии. М. Гидрометеоиздат, 1953.
2. Аловен Х., Аррениус Г. Эволюция Солнечной системы. М. Мир, 1979.
3. Ализаде Ак.А., Керимов И.Г. Некоторые новые данные о строении Земли по результатам сейсмологических исследований. В кн «Динамика и эволюция литосферы» М. Наука, 1986.
4. Афанасьев Г.Д. О строении и составе верхней оболочки Земли: М. Изв. АН СССР, сер. геол , 1973, №4.
5. Ахметов Н.С. Неорганическая химия. М. Высшая школа, 1998.
6. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. М. Высшая школа, 1998.

7. Барабанов В.Ф. Генетическая минералогия.- М. Недра, 1977.
8. Белов Н.В. Кристаллохимия основного процесса кристаллизации магмы. В кн. «Геохимия редких элементов в связи проблемой петрогенезиса». М. 1959.
9. Бертелло А. От атома к атомной энергии. М. ИЛ, 1948.
10. Боганик Н.С. Ядерная геохимия-новая область исследований. М. Изв. АН СССР, сер. Геол., 1953, №6.
11. Браунс Р. Химическая минералогия. СПб, 1904.
12. Валяшко М.Г. Эволюция химического состава воды океана.- В кн. «История Мирового океана» - М. Наука, 1971.
13. Виноградов А.П. Закономерности распределения химических элементов в земной коре. Геохимия, 1956, № 1.
14. Власов К.А. О генезисе пегматитов. - В кн. «Минералогия и генезис пегматитов» М. Недра, 1965.
15. Заварицкий А.Н.- Введение в петрохимию изверженных пород. - М. Изд. АН СССР, 1950.
16. Иванов В.В. Геохимия редких элементов в гидротермальных месторождениях. М. Недра, 1966.
17. Камерон А.Д.У. «Происхождение и эволюция Солнечной системы».- В кн. Солнечная система.- М. Мир, 1978.
18. Капустинский А.Ф. К теории Земли.- В кн. «Вопросы минералогии и геохимии». М. Изд. АН СССР, 1956.
19. Каула У. Введение в физику планет Земной группы. М. Мир, 1971.
20. Кашкой М.С. - Петрология и металлогения Дашкесанского рудного района. М. Недра, 1965.
21. Ковда В.А. Биосфера, почвы и их использование. - В кн. «Материалы X Междунар. конгр. почвоведов».- М. Изд. АН СССР, 1974.
22. Кононов В.И. Геохимия термальных вод областей современного вулканизма. М. Наука, 1983.
23. Крайнов С.Р, Швец В.М. Основы геохимии подземных вод, М. 1992.
24. Кринов Е.Л. Метеориты. М. Изд. АН СССР, 1948.
25. Лукашев К.И. Геохимические процессы миграции и концентрации элементов в биосфере. М. Изд. АН СССР, 1957.
26. Лутц Б.Г. Химический состав континентальной коры и верхней мантии Земли. М. Наука, 1975.

27. Макареня А.А., Трифенов Д.Н. Периодический закон Д.И. Менделеева. М. Просвещение, 1969.
28. Маракушев А.А. Петрография. Часть I Изд. МГУ, 1976.
29. Менделеев Д.И. Основы химии. СПб, 1869.
30. Ранкама К. Изотопы в геологии. М. ИЛ, 1956.
31. Рингвуд А.Е. Происхождение Луны и Земли. М. Недра, 1982.
32. Ронов А.Б., Ярошевский А.А. Новая модель химического строения земной коры. Геохимия, 1976, № 12.
33. Рускол Е.Л. Происхождение Луны. В кн. Космохимия Луны и планет. М. Наука, 1975.
34. Соловов А.П. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. М. Недра, 1995.
35. Таусон Л.В. Геохимия редких элементов в гранитах. М. Изд. АН СССР, 1961.
36. Тейлор Р.Дж. Происхождение элементов. М. Мир, 1975.
37. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия. М, Высшая школа, 2000.
38. Хефс И. Геохимия стабильных изотопов. М. Мир, 1983.
39. Шмидт О.Ю. Четыре лекции о происхождении Земли. М. Изд. АН СССР, 1950.
40. Эфендиев Г.Х. Геохимия редких элементов. Баку, Изд. АН Азерб. ССР, 1963.

İngilis dilində

1. Anderson D.L. Geochemistry, New York, 1977.
2. Yohnston D.H. Internal Structure and properties of Mars-Icarus, Toksos M.N., 1977.
3. Okeefe J.A The origin of the moon and the core of the earth. In The Earth- Moon system plenum Press. New York, 1966.
4. Prior G.T. Classification of meteorites. Min.mag., 1920.
5. Ringwood A.E. Composition and Petrology of the Earths Mantle. Mc Grey- Hill. New York, 1975.
6. Ringwood A.E. Earth and Venus: A comparative study. Icarus.
7. Urey H.C. The origin and evolution of the solar system. In D. P. Le Gallay (ed). Spase Science. Yohn Willey.- New York. 1963.
8. Urey H.C. The Planets. Gals University Press, New Haven. Connecticut, 1952.

KİTABIN İÇİNDƏKİLƏR

Ön söz.....	3
-------------	---

I FƏSİL

Yer qabığının ümumi kimyasının məqsəd və vəzifələri	9
--	---

II FƏSİL

Yer qabığının ümumi kimyasının inkişaf tarixindən	19
---	----

III FƏSİL

Yerin quruluşu və geosferlərin yaranması.....	35
Yerin qabığı.....	40
Mantiya (Astenosfer).....	47
Aralıq zona.....	53
Aşağı mantiya	54
Nüvə	56

IV FƏSİL

Yer qabığında kimyəvi elementlərin paylanması.	61
Yer qabığının kimyəvi tərkibi	63
Hidrosferin klarkları.....	91
Atmosfer.....	101
Biosfer	105
Qaz funksiyaları	108
Təmərküzləşmə (konsentrasiyalaşma) funksiyaları	110
Oksidləşdirici-reduksiyaedici funksiyalar	111
Biokimyəvi funksiyalar.....	112
İnsan cəmiyyətinin biogeokimyəvi funksiyası	112
Biosfer və vulkanlar	115
Noosfer biosferin yüksək mərhələsidir.....	130

V FƏSİL

Karbohidrogenlər	138
Plankton	140
Dəniz canlıları	141
Bakteriyalar	142
Reqenerasiyanın tsiklləri	142
Əlavə məlumat	143
Bakterial fəaliyyət	143
Neft karbohidrogenlərinin yaranması üçün nisbətən əlverişli şəraitlər	144
Dənizin səviyyəsinin dəyişməsi	146
Azərbaycan nefti	148
Karbohidrogenlərin element-qarışıqları	153
Karbohidrogenlərin miqrasiyası	163

VI FƏSİL

Meteoritlər	167
Meteoritlərin yaşı	168
Meteoritlərin təsnifi sxemləri	170
Meteoritlərin mineralogiyası	172
Meteoritlərin geokimyası və genezisi	174

VII FƏSİL

Yerin əmələ gəlməsi	195
---------------------------	-----

VIII FƏSİL

Ayın quruluşu və kimyası	207
Ay səthinin strukturları	208
Ayın daxili quruluşu	210
Ayın qabığı	212
Ayın yuxarı mantiyası	217

Ayın aşağı mantiyası.....	221
Ayın kimyası.....	225
Ayın nüvəsi varmı?	228
Ayın əmələ gəlməsi	231

IX FƏSİL

Yer qrupu planetlərinin kimyası.	238
Planetlərin yaranması və təkamülü	246

X FƏSİL

Atomun quruluşu və izotopların geokimyası.....	280
Elementar zərrəciklər.....	282
İzotopların geokimyasına giriş.....	284

XI FƏSİL

Kimyəvi elementlərin təbiətdə yaşama və tapılma formaları.....	306
Müasir kristallokimyanın başlıca anlayışları	306
İzomorfizm	310
Kristallik şəbəkələrdə kimyəvi əlaqə	314
Atom (ion) radiusları və kristallik şəbəkələrin strukturları	317
Kristallik şəbəkələrdə atom və ionların qütbləşmə hadisələri	327
Kristallik şəbəkənin enerjisi və elementlərin kristalloenergetik xüsusiyyətləri.....	328
İzomorf sıralar.....	337
İzomorf qarışıqların parçalanması.....	344
Elementlərin yaşamasının mineral forması	346
Elementlərin mineralsız yaşama formaları.....	351
Elementlərin yaşamasının dağınıq və təmərküzləşmiş formaları.....	354

Yer qabığında elementlərin yaşamasının əsas xüsusiyyətləri	355
--	-----

XII FƏSİL

Maddənin kimyəvi halı və miqrasiyanın amilləri.	374
Miqrasiyanın daxili amilləri.....	374
Miqrasiyanın xarici amilləri.....	380

XIII FƏSİL

Maqmatik prosesin geokimyası	385
Peqmatitlər	393

XIV FƏSİL

Maqmadan sonrakı proseslərin geokimyası.....	404
Pnevmatolit törəmələr.....	404
Metasomatoz.....	405
Hidrotermal mineralyaratmanın geokimyası.....	413
Zonallıq və paragenezis	425
Hidrotermal yataqlarda mineralların paragenezisi (Lindqren, 1937).....	427
Hidrotermal yataqlarda mineralların paragenezisi (Edwards, 1952).....	427
Damar mineralları	427

XV FƏSİL

Metamorfik proseslərin geokimyası.....	434
Regional metamorfizm	434
Metamorfik fasiyalar	438
Regressiv metamorfizm	442
Ultrametamorfizm.....	443

XVI FƏSİL

Hipergenezin kimyası	445
Maddənin kolloid halı	448
Süxurların hipergenezi	451
Sulfid yataqlarının hipergenezi	454

XVII FƏSİL

Geokimyəvi axtarış üsulları	459
Litokimyəvi axtarış üsulları	461
Hidrokimyəvi axtarış üsulları	464
Biogeokimyəvi axtarış üsulları	469
ƏDƏBİYYAT	472

Abel Mammadali oğlu Maharramov
Subhi Ali oğlu Bektashi

General chemistry of the Earth crust
(in Azerbaijani language)

Nəşriyyatın direktoru:	B. Ağayev
Baş redaktor:	M. Əlizadə
Redaksiya müdiri:	M. Qədimova
Korrektorlar:	K. Kərimova L. İsmaylova
Kompüter programçısı:	A. İmanova
Kompüter tərtibatçısı:	C. Abışlı
Dizayner:	G. Əliyeva

Yığılmağa verilmişdir:	10.08.2001
Çapa imzalanmışdır:	25.09.2002
Kağız formatı:	60x84 1/16
Hesab-nəşriyyat həcmi:	30.31 ç.v.
Sayı:	1000
Sifariş:	243

Bakı Universiteti nəşriyyatı.
Bakı – 370073, Z.Xəlilov küçəsi. 23.

Kitab “ADİLOĞLU” MMC-nin mətbəəsində
hazır diapozitivlərdən istifadə olunmaqla
ofset üsulu ilə çap edilmişdir.

Ünvan: Bakı şəh., S.Vurğun, 34 (D.Əliyeva 211^a)