

26
A-17

YER FIZIKASI

TOSHKENT

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS
TA‘LIM VAZIRLIGI**

YER FIZIKASI

*O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi
tomonidan darslik sifatida tavsiya etilgan*

TOSHKENT – 2014

UO'K: 550.35 (075)

KBK 26.21

A-17

A-17 Yer fizikasi. (Darslik). –T.: «Fan va texnologiya»,
2014, 176 bet.

ISBN 978-9943-4500-5-9

Mualliflar:

A.A.Abidov, D.X.Atabayev, D.D.Xusanbayev, X.A.Abidov,
S.A.Rahmatova.

UO'K: 550.35 (075)

KBK 26.21

Taqrizchilar:

X.D.Ishbayev – O'zMU geologiya fakulteti dekani, professor;
Sh.X.Abdullayev – DK «GIDROINGEO» instituti gidrogeofizika
laboratoriyasi mudiri



ISBN 978-9943-4500-5-9

© «Fan va texnologiya» nashriyoti, 2014.

I BOB. OLAM, GALAKTIKA, QUYOSH SISTEMASI, SAYYORALAR

Olamning paydo bo'lishi va evolyutsiyasi haqidagi asosiy farazlar.

Quyosh sistemasi va Yer sayyorasi va Oyning vujudga kelish jarayonlari.

Yerning ichki va tashqi geosferalari haqidagi tushunchalar.

1.1. Olamning paydo bo'lishi va evolyutsiyasi haqidagi asosiy farazlar

So'nggi 20 yil ichida Olam haqidagi bizning tasavvurlarimiz ancha o'zgardi. Fizika, kimyo va geologiya fanlarining rivojlanishi, hozirgi kunda Olamning paydo bo'lishi haqida bir necha xil farazlarni ilm doirasiga olib kirdi. Har qanday faraz Olamning paydo bo'lishi, Quyosh sistemasi va sayyoralarning vujudga kelishi haqidagi tasavvurlarimizni boyitishga xizmat qiladi. Ammo shu bilan birga, bunday farazlarning kuchli taraflaridan tashqari ularning ilmiy tarafdin isbotlanmagan kamchiliklari ham mavjud.

Olamning paydo bo'lishi haqidagi keng tarqalgan va ko'pchilik tan olgan farazlardan biri – «Katta portlash» haqidagi tasavvurlarni ko'rib chiqamiz.

Katta portlashning o'zi nima?

Astrofiziklarning taxminiga ko'ra, katta portlashdan keyingi uch minut ichida harorat shu darajada yuqori bo'lganki, modda faqat elektron, proton va neytronlardan iborat bo'lgan. Moddaning harorati va zichligi tez sur'atlar bilan kamayib borgan, natijada faqat yengil elementlar – vodorod (75%) va undan geliy (25%) sintez bo'lgan. Katta portlashdan so'ng taxminan 20 minutlar o'tib, yulduzlarda qolgan elementlar sintez bo'la boshlagan va hozirgi Olamning tarkibi hosil bo'lgan. Olamning birlamchi moddasi sochilishi tufayli koinot kengayib borgan, ko'plab to'plamlar hosil bo'lgan va ular oxir-oqibat galaktikalarni tashkil etgan.

Shunday faraz ham mavjudki, unga ko'ra katta portlash «qora tuynuk» («чёрная дыра») kurtagidan ro'y bergan va natijada yangi Olam tug'ilgan hamda u o'zining mustaqil rivojlanishini boshlagan. Bizning Olam uchun $3 \cdot 10^{39}$ s vaqt o'tgach, barcha galaktikalar «qora tuynukka» mujassamlanib, barcha proton va neytronlarning fotonlarga, neytrino va elektron-pozitron paralarga parchalanishi ro'y beradi. «Qora tuynukning» gravitatsiya maydonida yangi kvant nurlanishi shaklidagi zarrachalar tug'iladi va qora tuynuklarning massalari bug'lanadi. Milliard yillar o'tib, Olamning «kollapsi» (ya'ni zichlashish, mujassamlanish ma'nosida) boshlanadi, uning o'lchamlari kichrayib, qiziy boshlaydi va u «qora tuynukka»aylanadi. So'ng yana hammasi boshqatdan boshlanadi (Darvin bo'yicha).

Boshqa farazga ko'ra (A.M.Cherepashuk, A.D.Chernin, 2003), Olamning kengayishi, uning kichrayishi bilan almashmaydi, balki tortishish kuchi unga qarshi bo'lgan kuchga tenglashib, Olamning fazoviy - vaqt karkasi (strukturasi) qotib o'zgaras bo'lib qoladi.

Yuqorida ta'kidlab o'tilgan farazlardan murakkabroq bo'lgan g'oya Fridman va keyinchalik akad. M.A.Markov tomonidan ilgari suriladi. Ushbu farazga ko'ra, butun ulkan Olam yopiq sistemada bo'lib (ya'ni, Eynshteyn nazariyasi bo'yicha bu yopiq sistemadagi barcha jismlarning o'zaro tortishish energiyasi ularning umumiy massalariga teng: $E=ms^2$) va bu sistemaning o'lchamlari tashqi kuzatuvchi nuqtai nazaridan mikroskopik bo'lishi mumkin. Shunday qilib, har qanday obyektни yoki «fridman-mikrodunyosi» yoki «makrosistema» sifatida talqin qilish mumkin deb xulosa yasalgan.

Ma'lumki, agar barcha fizik maydonlar va zarrachalar olib tashlansa vakuum hosil bo'ladi. Ammo bunda bo'shliqning kvant «qaynashi» – «vakuum ko'pigi» saqlanib qoladi. Olam shu «vakuum ko'pigidan» har xil fizik xossalarga ega bo'lgan «soxta vakuumni», har xil zichlikdagi materiya va antimateriyani, o'z-o'zini hosil qiladi. Vakuum mikrodunyoning zarrachalari bilan «qaynab» yotibdi. Bu zarrachalarning o'zaro ta'siri energiyasi juda kichik bo'lsa-da, lekin noldan farqli. Qayerda energiya bo'lsa, shu yerda albatta, tortishish va itarishish kuchlari mavjud bo'ladi, ya'ni vakuumda ham gravitatsiya kuchlari mavjuddir. Agar gravitatsiya butun Olam materiyasining harakatini boshqaruvchi kuch bo'lsa, neytrino bu Olamning eng asosiy zarrachasidir. U elektrondan 20 ming barobar, protondan esa 40 million barobar yengil.

Astrofiziklar (I.D.Novikov, 1985,1988) kuzatishlari neytrinning galaktikalardagi massasidan uning galaktikalar to'plamlaridagi yashirin massasi 20 marta ortiqligini ko'rsatdi. Vakuumnig zichligi $5 \cdot 10^{-30} \text{g/sm}^3$, nurlanayotgan moddaning o'rtacha zichligi $2 \cdot 10^{-31} \text{g/sm}^3$, qora materiyaning o'rtacha zichligi (neytrino bo'lishi mumkin) $2 \cdot 10^{-30} \text{g/sm}^3$, ya'ni Olam energiyasining 67% vakuumga, 30% neytrinoga, moddalarga (barionlar) 3% va nurlanishga 0,03% tegishli.

Olam tug'ilishining birinchi soniyalari qanday bo'lgan? Katta portlashning birinchi soniyalarida 10^{13}K haroratda bir vaqtning o'zida juda ko'p miqdorda zarra – «antizarra bug'lari» vujudga kelgan. Ularning ichida elektron va pozitron, proton va antiproton, neytron va antineytronlar bo'lgan. Bu yuqori haroratli plazmada bug' zarrachalardan tashqari bug'i bo'lmagan zarrachalar ham mavjud bo'lgan. Taxminan har bir milliard bug' zarrachalarga bitta bug'i yo'q zarracha to'g'ri kelgan. Haroratning pasayishi natijasida bug' zarrachalar o'zaro yo'qolib, relikt fotonlarga aylangan. Ortiqcha bug'i yo'q zarrachalardan esa bizni o'rab turgan dunyo, yulduzlar, sayyoralar va yulduzlararo gazlar hosil bo'lgan. Buning sababi zarra va antizarra reaksiyalarining tezligi har xilligida bo'lgan. Haroratning pasayishi va moddalarning sochilishi annigilyatsiya jarayonini sekinlashtiradi va zarralar quyuqligi o'zgarmas bo'lib qoladi, oddiy materiyaning zichligi kamayadi va katta portlashdan keyingi 10^{-34} sekunda uning zichligi «soxta vakuum» zichligiga tenglashib, uning gravitatsiyasi bir-biridan itarilish kuchini hosil qiladi. 10^{-34} s dan 10^{-32} s vaqtda Olam o'Ichamlari 10^{50} marta kattalashdi. Lekin bu kengayib borayotgan Olamning holati omonatdir. Oddiy materiyaning zichligi «soxta vakuum» zichligidan nihoyatda yo'q darajada kamayib ketadi. Shu vaqtda zichligi katta «soxta vakuum» holatidan oddiy qaynoq materiyaga o'tish boshlanadi. Bunda katta energiya va zarra – antizarralar hosil bo'ladi, Olam ya'na qiziy boshlaydi. Bu hodisa xuddi muzdek suyuqlikda har xil tarafga tarqalgan birinchi muz kristallari paydo bo'layotgan sharoitga o'xshaydi.

Katta portlashning boshlang'ich nuqtasi

Olam avvalo, o'Ichami 10^{-33} sm, zichligi 10^{93} g/sm³ va harorati 10^{33}K dan yuqori bo'lgan kvazinuqtada mujassamlashgan. Bu zarracha superadron nomini olgan. Bundan taxminan 15 mlrd. yil

oldin bu zarracha portlagan va Olam kengayishni boshlagan. Olam kengayishi evolyutsiyasini astrofiziklar to'rt eraga bo'ladilar:

- Adron erasi – portlash hosil bo'lgan lahzadan boshlangan. Uning davom etish vaqti 10^{-44} s dan 10^{-4} s gacha davom etgan. Bu vaqtda Olamning o'lchamlari 10^{-33} sm dan 10^9 km gacha kengaygan, muhitning zichligi 10^{93} g/sm³ dan 10^{15} g/sm³ gacha kamaygan, harorat 10^{33} K dan 10^{12} K pasaygan. Adron erasida barionlar, mezonlar mavjud bo'lgan.

- Lepton erasi – 10^{-4} s dan boshlab 10s bo'lgan vaqtni o'z ichiga oladi. Bu erada Olamning kengayishi davom etib, uning o'lchamlari 10^9 km dan $3 \cdot 10^{12}$ km gacha kattalashgan, zichlik 10^{15} g/sm³ dan $1,5 \cdot 10^5$ g/sm³ gacha, harorat esa 10^{12} K dan 10^{10} K gacha kamaygan. Bu erada myuonlar, elektronlar, pozitronlar, neytrino, antineytrino, fotonlar hosil bo'lgan.

- Nurlanish erasi – portlashdan keyingi 10-sekunddan boshlab 10^6 yilgacha davom etgan. Bunda Olamning o'lchamlari yanada kengayib $6 \cdot 10^{20}$ km gacha etgan, zichlik $1,5 \cdot 10^5$ g/sm³ dan 10^{-20} g/sm³ gacha, harorat esa 10^{10} K dan $3 \cdot 10^3$ K gacha kamaygan. Bu eraning tarkibini elektronlar, protonlar, geliy yadrolari, fotonlar tashkil etgan.

- Moddalar erasi – 10^6 yildan $2 \cdot 10^{10}$ yil va hozirgacha davom etib kelmoqda.

Olamning o'lchamlari $2 \cdot 10^{23}$ km gacha kengaygan, zichlik 10^{-20} g/sm³ dan $3 \cdot 10^{-29}$ g/sm³, harorat esa $3 \cdot 10^3$ K gacha kamaygan. Bu erada atomlar, kvazarlar, «qora tuynuklar», galaktikalar, yulduzlar, sayyoralar va boshqalar hosil bo'lgan.

Galaktikalarning vujudga kelishi

Galaktikalar Olam kengayishi boshlangandan so'ng 3 mlrd. yil o'tib neytrin gazlar bulutlari to'plangan joylarda tashkil topa boshlagan. Bu to'plamlarda 10^{40} t modda yig'ilganda moddalarning ikkita qarama-qarshi tomonga siqilishi boshlangan. Astronomlar galaktikalarning ellipsimon, spiralsimon, linzasimon, noto'g'ri shakldagi turlarini ajratishadi. Olamda hozirgi kunda 10^{14} Galaktika mavjud. Bizning galaktika Somon yo'li spiralsimon ko'rinishga ega. Uning tarkibida 200 milliard yulduz mavjud. Ularning umumiy massasi $3 \cdot 10^{38}$ t.

Fazodagi meteoritlarni kimyoviy tahlilining natijalariga asosan uran, toriy izotoplari va ularning parchalanishidan hosil bo'lgan mahsulotlar u yerda keng tarqalgan. Bu hol Galaktikamiz Quyosh sistemasidan kamida 5 milliard yil avval paydo bo'lganligidan dalolat beradi. Galaktika gazsimon turbulent bulutning gravitatsion kollapsi natijasida paydo bo'lgan, degan g'oyaga asoslangan faraz ham mavjud.

Astronomlarning fikricha Quyoshga o'xshash yulduzlar Galaktikada hozirgi vaqtda ham paydo bo'layapti. Ular yulduzlararo gazsimon changliklarning zichligi ortib gravitatsion turg'un bo'lmagan holga yetganda hosil bo'la boshlaydi. Yulduzlararo modda asosan, Galaktika hosil bo'lgan vaqtdan boshlab vodorod va qisman geliydan iborat. O'zaro tortishish kuchlari ta'siridagi siqilish avval protoyulduzlarning to'plamini hosil qiladi, so'ngra bu yulduzlar zichlashib yosh yulduzlar tarkib topadi. Ajralib chiqqan gravitatsion energiya yulduzni qizdiradi, natijada u nurlana va porlay boshlaydi. Bu jarayon davom etib, yulduzning ichki harorati termoyadro reaksiyasi boshlanish darajasiga yetadi.

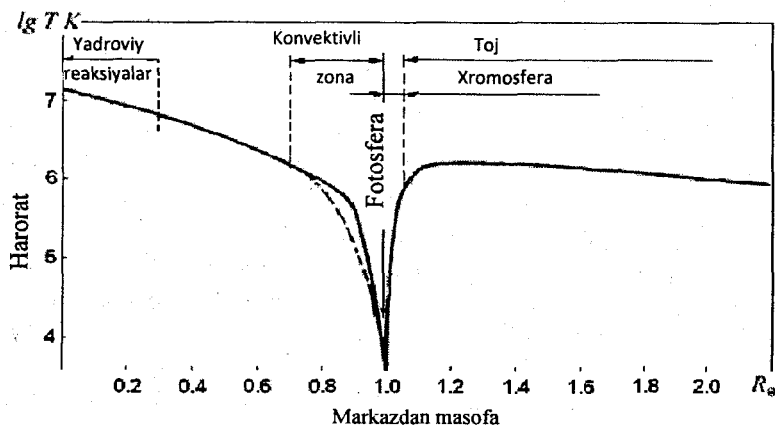
1.2. Quyosh sistemasi va Yerning vujudga kelishi

Hozirgi astrofizik va kosmogonik ma'lumotlarga asosan, Quyosh tizimi 4,7–5,0 milliard yil avval paydo bo'lgan. Quyosh tizimining paydo bo'lishi quyidagi jarayonlardan boshlangan deb ta'kidlanadi. Yulduzlararo moddaning quyuqlashishi va sovuq sayyora tumanligidagi o'ta yangi yulduzni portlashi natijasida hosil bo'lgan to'lqinning ta'siri ostida, ushbu modda siqilib nihoyatda katta disk shaklini olgan. Bu diskning juda katta qismi (99,2%) uning markaziga to'g'ri kelgan. Bu markazdagi birlamchi modda keyinchalik yosh yulduz – Quyoshning paydo bo'lishiga olib kelgan.

Quyosh haqida ma'lumotlar

Quyosh plazmali shar bo'lib, G2V turidagi spektrli yulduzdir. Quyoshning massasi $M_q = 2 \cdot 10^{33}$ g, radiusi $R_q = 6,96 \cdot 10^{10}$ sm bo'lib, u Yer radiusidan 109 marta katta. Quyosh 68% vodorod va 30% geliydan tarkib topgan. Barcha qolgan elementlar Quyosh massasining 2%ni tashkil etadi. Quyosh markazida harorat 16 million gradus.

Quyosh energiyasining manbai vodorodning termoyadroviy parchalanishi natijasida geliy sintez bo'lishi jarayoni hisoblanadi. Quyoshning markazida moddalar zichligi 160 g/sm^3 . Markazdan uzoqlashgan sari gazning (plazmaning) zichligi kamayadi va harorati pasayadi. Quyosh markazidan $4,87 - 5,57 \cdot 10^{10} \text{ sm}$ uzoqlashganda neytral atomlar mavjud bo'lib, ular Quyosh markazidan uning yuzasiga issiqlik uzatish jarayoniga ta'sir qiladi (1.1- rasm).



1.1- rasm. *Quyosh radiusi va yaqin atrofida haroratning taqsimlanishi*

1.1-rasmdan ko'rinib turibdiki, Quyoshning ichida harorat chuqurlik sari ortib boradi. Faqatgina fotosferada jadal nurlanish natijasida harorat past. Fotosferaning yuqori qismi xromosferada gaz Quyosh nurlanishi natijasida qiziydi va Quyosh tojida asta sovushni boshlaydi. Quyosh toji 5 AB (astronomik birlik – Quyoshdan Yergacha bo'lgan masofa), ya'ni Yupiter sayyorasining orbitasigacha tarqaladi.

Quyosh toji – Quyosh atmosferasining eng issiq va siyraklashgan qismi. Uning harorati Quyosh yaqinida 2 million gradus, Yer orbitasi yaqinida 100000°K gradusni tashkil etadi. Quyosh tojining plazmasi butunlay ionlashgan, uning kimyoviy tarkibi xuddi fotosferadagidek. Quyosh toji plazmasining kontsentratsiyasi juda kichik, shuning uchun u nurlanishda rol o'ynamaydi, harorati yuqori. Quyosh tojining eng

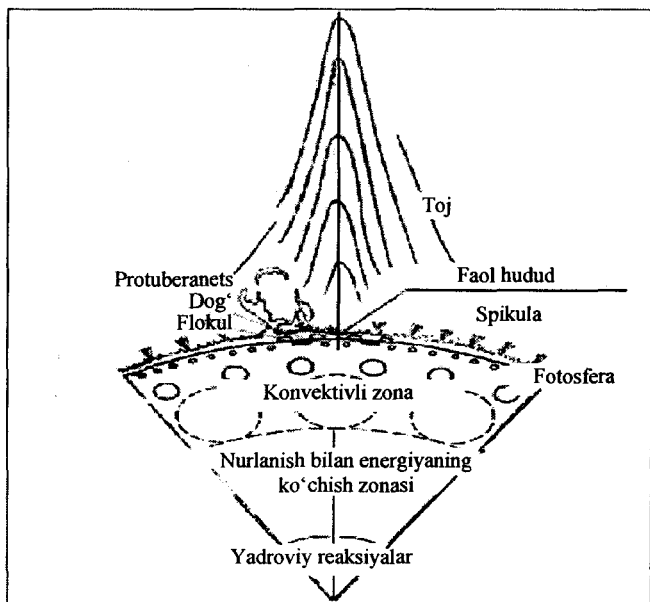
faol qismlarida chaqnashlar, flokul,spikul, protuberanetslar hosil bo'radi (1.2- rasm).

Quyosh sistemasi yulduzning o'zi va uning atrofida aylanma harakat qiluvchi to'qqizta katta sayyoradan, asteroidlar kamaridan iborat, ba'zi sayyoralarning yo'ldoshlari bor. Moddalarning asosiy ulushi Quyoshda mujassamlashgan, faqatgina 1/1000 qismi sayyoralarga tegishli. Bu hol sayyoralar harakatini bir-biridan mustaqil ravishda amalga oshib, Kepler qonunlariga bo'ysunishiga majbur qiladi:

-Har bir sayyoraning orbitasi qo'zg'almas tekislikdagi ellips bo'lib, uning fokuslaridan birida Quyosh joylashgan.

-Quyosh bilan sayyorani bog'lab turuvchi radius vektor, bir hil vaqt oralig'ida bir xil maydonni hosil qiladi.

-Sayyoralarning Quyoshgacha bo'lgan masofalari kubining ularning Quyosh atrofida aylanish davrining kvadratiga nisbati o'zgarmas kattalikdir, ya'ni $R^3/T^2 = \text{const}$.



1.2-rasm. Quyosh xromosferasidagi faol hodisalar

Quyosh sistemasining paydo bo'lishi

Quyoshning termik ta'siri, tizimning aylanishi, Quyosh shamo-ling harakati natijasida qisqa (100 mln y.) vaqt ichida gaz va changdan iborat birlamchi, ibtidoiy modda parchalangan va Quyosh atrofida halqasimon yo'nalish bo'yicha harakat qila boshlagan (Saturn atrofidagi halqalarni eslang!). Ayni bir paytda halqalarda planetozi-mallar shakllana boshlagan va ular hisobiga Quyosh atrofidagi sayyoralar tashkil topgan. Birlamchi moddaning parchalanishi va saralanishi, uning vaqt o'tgan sari siqilishi ikki guruh sayyoralarni paydo bo'lishiga olib kelgan.

Birinchi guruh sayyorolari – Merkuriy, Venera, Yer, Mars kabi sayyoralar. Ular Quyoshga yaqin yoki «Yer guruhi sayyorolari» nomini olgan va o'z tarkibida kislorod va temir-magniyli silikat moddalarni mujassamlashtirgan.

Ikkinchi guruh – Yupiter, Saturn, Uran, Neptun, Pluton kabi sayyoralar bo'lib, ular Quyosh tizimining chetida joylashgan. Ularning tarkibida, asosan, gazlar va nisbatan yengil moddalar (vodorod, geliy, SO₂, metan) tarqalgan. Temir-magniyli silikatlarni bu sayyoralarda hajmi uncha ko'p emas.

Mars va Yupiter kabi sayyoralar oralig'ida asteroidlar mintaqasi shakllanadi. Asteroidlar tarkibi temir, toshtemir meteoritlardan iborat.

Tadqiqotchilarning fikricha, yuqorida ko'rsatilgan ichki va tashqi sayyoralarning kelib chiqishi har xil sabablarga bog'liq. Ichki sayyo-ralar planetazimallarning quyuqlashishi, bir-biri bilan uyg'unlashib ketishidan, tashqi sayyoralar esa – birlamchi, ibtidoiy moddaning siqilishi (kollaps) natijasida hosil bo'lgan. Shuni ham aytish kerakki, Quyosh tizimidagi sayyoralarning barchasi hozirgi vaqtda qatlam-langan holatda uchraydi. Masalan, Yerda yadro, mantiya, yer qobig'i ajratiladi. Boshqa sayyoralar ham shunga o'xshash sferalardan iborat. Sayyoralarning bunday tuzilishiga nima sabab bo'lgan, qanday kuchlar qatlamlanish jarayonlarini boshqarib borgan? – degan savollar tabiiy.

Javob tariqasida quyidagi farazni keltirish mumkin. Bunga asosan, sayyoralarni hosil qilgan ibtidoiy modda juda mukammal o'zaro aralashgan va keyinchalik gravitatsiya kuchlari yordamida (og'irligiga qarab) geosferalar shakllangan masalan, Yer yadrosi, mantiya, yer qobig'i, atmosfera, gidrosfera va b.). O'z navbatida har

bir geosfera ichida ham tarkiban saralanish jarayonlari rivojlanishi mumkin. 4–4,5 mlrd yillik Yer evolyutsiyasi natijasida geosferalar zamonaviy ko‘rinishga ega bo‘lgan.

Hozirgi vaqtda bu sohadagi to‘plangan ma‘lumotlar Yer geosferalarining tarkibi, paydo bo‘lishi, ularga ta‘sir qilgan kuchlar va saralanish mexanizmlarini tiklash imkoniyatini beradi. Shu bilan bir qatorda, to‘plangan geologik, astrofizik ma‘lumotlar Yerning kelajakdagi holati, uni nima kutishi to‘g‘risidagi prognozlarni amalga oshirishga imkon beradi.

Yerning shakllanishi

Yerni sayyora sifatida shakllanishining bir necha ssenariylari mavjud. Masalan, V.S.Safonov Yerni shakllanishida uch bosqichni ajratadi. Birinchi (4,56–4,44 mlrd yil) bosqichda yer moddasining 93–95% gaz-changdan iborat birlamchi moddasi quyushadi. Ikkinchi bosqich, taxminan 0,2 mlrd yil davom etgan bo‘lib, sayyoraning o‘sishi sekinlashgan. Uchinchi bosqichda Yer bilan asteroidlarni to‘qnashuvi biroz kamaygan va u hozirgi shakliga ega bo‘la boshlagan. Ushbu jarayonlar 3,8–3,9 mlrd yil avval tamom bo‘lgan.

Yerning dastlabki tarixidagi sodir bo‘lgan jarayonlar haqida yagona fikr mavjud emas. Ayniqsa, Yer moddasining saralanishi va akkretsiyasi muammo bo‘lib qolmoqda. Hozirgi kunda bu sohada ikki, bir-biridan ancha farqlanuvchi modellar mavjud.

Birinchi, gomogen akkretsiya modeliga binoan, akkretsiya jarayonlari tamom bo‘lgandan so‘ng Yer sovuq, tektonik jihatdan sust, sayyora sifatida shakllangan. Uning tarkibi deyarli saralanmagan, differentsiatsiyaga uchramagan meteoritlarga yaqin moddalardan iborat bo‘lgan. Yosh sayyorani na gidrosferasi, na atmosferasi bo‘lgan. Agarda Yerda uchuvchan komponentlar uchrasa, ular boshqa elementlar bilan bog‘liq holatda bo‘lgan (masalan, SO₂ karbonatlar bilan, ON gidroksidlar bilan, azot nitrat va nitridlar bilan birga bo‘lgan). Yerdagi magmatik differentsiatsiya ancha kech boshlangan (3,5–4 mlrd yil).

Ikkinchi, geterogen akkretsiya modeliga binoan, Yer moddasining saralanishi, tarkib bo‘yicha geosferalarga ajralishi deyarli u hosil bo‘lgan davrdanoq boshlangan. Bu jarayonlar natijasida Yerning markazida uni temir silikatlaridan iborat bo‘lgan yadrosi hosil

bo'lgan. Tarkiban yadro moddalari temirli meteoritlarga mos keladi. Bu davrdagi Yerni termik holati haqida ham bir-birini inkor etuvchi, ikki xil fikrlar mavjud. O.G.Soroxtin va S.A.Ushakov Yerni ilk sovuq holatda bo'lganligini isbotlashga harakat qiladilar. Ularning fikricha, Yerning ibtidoiy moddasi hech erimagan, yadro esa asta-sekin uning rivojlanishi natijasida o'sib borib, hozirgi hajmga ega bo'lgan Yer moddasining birinchi eritmalari 4,0 mlrd yil avval paydo bo'la boshlagan. Ungacha Yer sust va sovuq holatda bo'lgan. Ushbu modeldan farqli, ba'zi tadqiqotchilar Yerni issiq modeli haqidagi g'oyani rivojlantiradilar. Ularning fikricha, eng qadimgi (4,6–4,8 mlrd yil) meteoritlar ham, Oyni tashkil qilgan jinslar ham, magmadan hosil bo'lgan va 1000° – 1300° C da kristallangan. Agar bu fikrlar to'g'ri bo'lsa, Yer guruhiga mansub bo'lgan sayyoralar magmatik jarayon natijasida hosil bo'lgan bo'lishi kerak. Ayni shu davrda, Yerda magmatik differentsiatsiya mavjudligini isbotlovchi dalillar sifatida arxey gneyslari tarkibida topilgan sirkonlarni ko'rsatish mumkin (4,3–4,4 mlrd yil avval hosil bo'lgan). Bunday sirkonlar faqat Yer ibtidoiy moddasini erishi natijasida hosil bo'lishi mumkin.

Yer 4,55 mlrd y avval paydo bo'lgandan so'ng, uning yuzasiga tushgan ulkan asteroidlar uning haroratini oshirgan va natijada birlamchi magmatik havza («magmatik okean») paydo bo'lgan deb taxmin qilinadi (S.Maruyama). Ushbu «okean» faoliyati natijasida Yer atmosferasi va birlamchi peridotitdan iborat bo'lgan Yer qobig'i hosil bo'lgan. Ayni shu davrdan boshlab suyuq temir fazasi yadroni tashqi qismida shakllangan. Yerning ulkan asteroid bilan to'qnashuvi natijasida uning orbitasiga juda katta hajmdagi ibtidoiy modda chiqarilgan va uning hisobiga Oy hosil bo'lgan (1.3-bobni q.). Umuman olganda, Yerni ulkan asteroidlar tomonidan «bombardimon» qilinishi 4,3–4,2 mlrd yillarga to'g'ri keladi. Bu jarayon adabiyotda «impakt» jarayoni nomini olgan va mantiyani eritib yuborishga, magmatik okeanni shakllanishiga va pirovardida, komatit-peridotit qobiqni hosil bo'lishiga sabab bo'lgan. Faqat 200 mln yildan so'ng (4,0 mlrd y) mantiyada notartibli konvektiv oqimlar paydo bo'la boshlagan. Konvektiv oqimlar «Litosfera plitalari tektonikasi» nazariyasi boshlab bergan yagona mexanizm sirasiga kiradi.

Oy va boshqa sayyoralaridagidek, Yerda ham avval bazalt va o'ta asosli jinslardan tashkil topgan birlamchi qobiq hosil bo'lgan. Bu davrda ikki turdagi tektonik tizimlar hosil bo'lganini tasavvur qilish

qiyin emas. Birinchisi ko'tarilgan qit'alar (Oy, Mars, Merkuriydagi qit'alar). Ikkinchisi – nisbatan yosh, halqasimon cho'kmalar (Mars, Oydagi «dengizlar»). Yerda bu jarayonlar boshqa tarzda rivojlangan deyishga hech qanday asos yo'q. Shuni ham alohida ta'kidlash zarurki, ayni shu davrda Yer mantiyasida konveksiya oqimlari shakllana boshlagan va ibtidoiy Yer qobig'i erish jarayonlarini boshidan kechirgan.

Yerning ilk tarixini o'rganishda Oydan olingan ma'lumotlar alohida ahamiyatga ega. Ma'lumki, «Luna-16», «Luna-17» kosmik kemalari, «Apollon» ekspeditsiyalari keltirgan ma'lumotlar Oyni ancha qadimgi sayyora ekanligini tasdiqladi.

Oy, asosan, asosli jinslardan gabbro, bazalt, anortozitlardan tashkil topgan. Masalan, Oydagi anortozitlarning yoshi 4,09–3,85 mlrd yildan, to 3,8–3,2 mlrd yilgacha. Oydagi balandliklarda anortozit va bazaltlar yoshi 4,09–3,85 mlrd yilga teng, cho'kmalarda esa 3,8–3,2 mlrd yilni tashkil qiladi. Bu raqamlarga asosan Oyda differenziatsiya mavjud bo'lgan degan xulosaga kelingan. Anortozitlar va bazaltlar tarkibini qiyosiy tahlil qilar ekanmiz glinozem, titan, temirni miqdorlari qonuniy ravishda o'zgarib boradi va (masalan, anortozitlarda Al_2O_3 -18-23% gacha) o'z navbatida yuqorida taxmin qilingan differenziatsiya jarayonlarida ko'rsatuvchi dalil bo'la oladi.

Ma'lumki, Oydagi tektonik harakatlar 3,8–4,0 mlrd yil atrofida so'ngan. Ayni shu davrda Yerda juda katta hajmdagi «kulrang gneyslar» paydo bo'la boshlagan.

Shunday qilib, Yer rivojlanishidagi ushbu ibtidoiy davr to'g'risida olimlar arsenalida ma'lumotlar ancha tanqis bo'lsa ham, Yerni faol rivojlanayotgan sayyora ekanligi isbot qilib berildi. Uning birlamchi qobig'i asosli jinslardan iborat. Eng qadimgi gneyslardagi ksenolitlar buni isbot qiladi. Ushbu davrdagi Yerni asteroidlar bilan to'qna-shuvlari, meteoritlar tomonidan amalga oshirilgan «bombardimonlar», magmatik okeanni vujudga keltiradi va mantiyadagi ancha notartib (xaotik) konveksiya oqimlarini shakllantiradi.

Yerning paydo bo'lishi haqida yana bir necha zamonaviy farazlar mavjud.

Kant-Laplas farazi. Unga asosan, avval biror-bir yadro atrofida aylanayotgan gaz-tumandan iborat bulut mavjud bo'lgan. O'zaro tortishish natijasida bulutlik disksimon shaklni olgan va u gazlardagi zichlikning farqi tufayli qutblarda siqila boshlagan. Bundan so'ng disk

asta-sekin halqalar shaklini ola boshlagan, gaz bulutlarning sovishi natijasida sayyoralar va ularning yo'ldoshlari tashkil topgan. Bu tumanlikning markazida hozirgi kunda ham sovimagan bulutlik mavjud bo'lib bu bizning Quyoshdir.

O.Yu.Shmidt faraziga ko'ra, asosan Quyosh sistemasi paydo bo'lishidan oldinroq, Quyosh galaktikadagi changlik va gaz bulutlarni o'z maydoniga tortishi natijasida, bu jismlar bir-birlariga yopishib oldin sovuq sayyoralar paydo bo'lgan. Quyoshning faolligi natijasida va gravitatsiya ta'sirida sayyoralar qiziy boshlagan, ularda vulqonlar va lavalar otila boshlagan. Lavalar Yerning birinchi qobig'ini tashkil etgan bo'lsa, ular bilan otilib chiqqan gazlar Yerning birinchi atmosferasiga asos solgan. Bu atmosferada 100 gradusli harorat ta'sirida suv bug'lari hosil bo'lib, ular birlamchi okeanlarni paydo qilgan.

J.Byuffon farazi bo'yicha, avval Quyosh bir o'zi fazoda uchib yurgan, lekin unga yaqin joydan uchib o'tayotgan boshqa yulduzning ta'sirida cho'zilib ketgan galaktikani tashkil qilgan. So'ngra bu yulduz parchalanib Quyoshning magnit maydoni ta'sirida uning orbitasiga chiqib olgan. Shu yulduzning zarralaridan sayyoralar paydo bo'lgan.

Xoyl fikricha, Quyoshning o'ziga o'xshagan «egizagi» bo'lgan. Har xil kuchlarning ta'sirida u portlagan, uning zarralari esa Quyoshning ta'sirida uning orbitasiga tushgan. Shunday qilib, sayyoralar paydo bo'lgan.

Yer rivojlanishini belgilovchi asosiy omil issiqlik energiyasining hosil bo'lishi va shu tufayli shakllangan gravitatsion maydonda moddalarning differensiatsiyasi hisoblanadi. Bu murakkab jarayonlar natijasida Yerning temir-nikelli yadro, magnezial-silikatli mantiya (sima) va alyumosilikatli Yer qobig'i (sial) sferalari vujudga kelgan. Differensiatsiya jarayonlari natijasida gidrosfera va atmosfera ham hosil bo'lgan. Yerning geosferalarga ajralish sababi sifatida ikki asosiy jarayon ilgari surilgan. Ulardan biri Yerning turli sathlarida magmatik jarayon o'choqlarini paydo bo'lishi va bu o'choqlarda magmatik eritmaning differensiatsiya jarayonlarining rivojlanishi. Bu jarayon moddalarning tarkibiga, solishtirma og'irligiga qarab ajralishi hamda kimyoviy va mineral tarkibi bo'yicha turli magmatik jinslarning hosil bo'lishiga olib kelgan. Bunday differensiatsiyaning asosiy sathlari yadro va mantiya chegarasida, D^{II} qatlamida va Yer qobig'iga yetkazib beriladigan magma va flyuidlarning asosiy massasi

hosil bo'ladigan astenosferada kechadi. Magma hosil qiluvchi o'chog'lar Yer qobig'ining turli sathlarida ham shakllanadi. Yerni geosferalarga ajralishidagi ikkinchi sabab – tog' jinslaridagi turli minerallarning bir turdan ikkinchisiga o'tishi, tarkibini o'zgarishi hisoblanadi. Bunda ularni tashkil etuvchi kimyoviy elementlarning umumiy miqdori saqlanib qoladi.

Yer moddasining muhim elementlari bo'lib O, Fe, Si, Mg sanaladi. Bular umumiy massaning 91% ni tashkil etadi. Ni, S, Ca, Al esa kamroq tarqalgan elementlar guruhini tashkil etadi. Mendeleev davriy jadvalidagi boshqa elementlar tarqalishi ikkinchi darajali ahamiyatga ega. Ammo Yer qobig'ida ularning yuqori miqdorda to'plangan joylari, shu jumladan ko'plab ma'danli konlarda ularning ahamiyati keskin oshadi.

Yer moddasining temir-nikelli yadroga, magnezial-silikatli mantiyaga (sima) va alyumosilikatli er qobig'iga bo'linishi jarayonlari asosan ikki sathda – mantiya va yadro chegarasidagi D^{II} qatlami hamda yadroga, astenosfera va litosferada amalga oshadi. Yer moddasining ichki differentsiatsiyasi qatorida kimyoviy elementlar o'zini turlicha tutadi. Masalan, markazga intiluvchi elementlar, eng avval temir, nikel, xrom, kobalt yadroga, magniy esa mantiyada to'planadi. Markazdan qochuvchi elementlar mantiyadan Yer qobig'iga siqib chiqariladi. Bunday elementlar qatoriga alyuminiy, ishqoriy va ishqoriy-yer va boshqa elementlar kiradi. Ular uchun ionizatsiyaning yuqori potentsiali va kichik atom hajmi xarakterlidir. Masalan, kontinental qobiqda nikel va xrom miqdori meteoritlardagiga nisbatan 500 marta kam. Va aksincha, ionizatsiyaning past potentsiali past va yuqori atom radiusiga ega elementlar mantiyadan yadroga o'tadi. Differentsiatsiya paydar-payligi Yer geosferalari kimyoviy tarkibining o'zgarishi bilan ifodalangan (1.3- rasm).

1.3. Oyning paydo bo'lishi

Oyning paydo bo'lishi haqida bir necha hozirgi zamon modellari mavjud va taklif etilayapti. Bu modellar quyidagi shartlarga javob berishi lozim:

- Oyning o'rtacha zichligi $3,3 \text{ g/sm}^3$ ni tashkil etadi, Yerni zichligi - $5,5 \text{ g/sm}^3$. Bunga sabab, Oyning temir-nikelli yadrosi juda kichik bo'lib, u Oy massasining atigi 2–3%ni tashkil etadi (NASAning

«Lunar Prospector» missiyasining ma'lumotlariga ko'ra). Yerning esa yadrosi uning massasining deyarli 30%ni tashkil etadi;

- Yerga nisbatan Oyda temir tanqisligi, yengil uchuvchan elementlar vodorod, azot, fluor, inert gazlarning ham yetishmovchiligi mavjud va aksincha, titan, uran, toriy kabi og'ir elementlarning esa ortiqligi bor;

- Oy qobig'ining jinslari va Yer qobig'i va mantiyasining jinslari kislorodning stabil izotoplari ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O nisbatlari bo'yicha bir xil. Taqqoslash uchun, Quyosh sistemasining boshqa joylaridagi meteoritlarda bu kislorod izotoplari nisbatlari umuman boshqacha. Bu hol Yer va Oyning kamida yuza qismi (qobiqlari va ustki mantiyasi) planetamizning Quyoshdan bir xil uzoqlikdagi masofada joylashgan qatlamidan tarkib topganligini bildiradi;

- Oyning qobig'i 60–80 km ni tashkil etib, uning mantiyasining erigan hosilalaridan tashkil topgan anortozitlardan iborat. Shuning uchun, Oy qachonlardir butunlay erigan holda bo'lgan degan tahminlar mavjud. Yer esa hech qachon butunlay erigan holda bo'lmagan;

- Oy va Yerning massalari nisbati 1/81 ni tashkil etib, Quyosh sistemasining boshqa joylarida bunday hol uchramaydi (faqatgina Xaron va Plutonda yuqoriroq);

- Oy – Yer sistemasi juda yuqori burchak impuls momentiga ega (faqatgina Xaron va Plutondan kamroq);

- Oy orbitasining tekisligi (qiyaligi ekliptikaga nisbatan 5°) Yerning ekvatorial tekisligi bilan (qiyaligi ekliptikaga nisbatan $23,5^{\circ}$) to'g'ri kelmaydi.

Yuqoridagi sanab o'tilgan holatlar inobatga olingan holda quyidagi farazlar taklif etilgan:

Birinchi. Markazdan qochma bo'linish farazi: Bu farazni, ya'ni Oyning Yerdan ajralib chiqishi haqidagi farazni birinchi bo'lib 1878-yilda Djordj Darvin, taniqli Charlz Darvinning o'g'li taklif etgan. Uning taxminicha, Yer sayyorasi paydo bo'lgan vaqtlarda uning o'z o'qi atrofida aylanishi tezligi juda katta bo'lgan. Markazdan qochma kuchlarning ta'sirida planeta o'z ekvatori bo'ylab nihoyatda cho'zilib ketgan va undan katta bo'lagi uzilib chiqqan (bunga yana Quyoshning tortishish kuchi ta'siridagi quyilish kuchlari (prilivlar) ham yordam bergan). Mana shu bo'laklardan keyinchalik Oy tarkib topgan. Bu

farazni 1882-yilda geolog Osmond Fisher qo'llab-quvvatlagan. Uning fikricha Yerning Oy ajralib chiqqan qismida Tinch okeani hosil bo'lgan. Bu faraz XX asrda umumiy tan olingan faraz bo'lgan.

Ikkinchi. Tortib olish farazi: Bu farazni 1909-yilda amerikalik astronom Tomas Djefferson Djekson Si taklif etgan va bunga ko'ra Oy Quyosh sistemasida mustaqil sayyora sifatida paydo bo'lgan, keyinchalik qandaydir hodisalar sababli Yer orbitasi bilan kesishuvchi elliptik orbitaga o'tgan. Yer bilan navbatdagi yaqinlashishda uni Yer gravitatsiyasi tortib olgan va Oy Yerning yo'ldoshiga aylangan.

1989-yilda O.G.Soroxtin va S.A.Ushakovlar bu farazni rivojlantirib, o'z orbitasi bo'ylab aylanib yurgan Protooy sayyorasini, qo'shni orbitadagi Yer tortib olgan va o'z yo'ldoshiga aylantirgan deb hisoblashgan. Yangi yo'ldosh sayyoraga nisbatan ancha tez aylangan, natijada quyilish kuchlari (priliv) uni Yerga tortgan. Nihoyat, yangi yo'ldosh Yerga juda ham yaqinlashganda (Rosha chegarasi) u parchalanishni boshlagan. Protooy moddalari spiral bo'ylab Yerga tusha boshlagan. So'ng yo'ldosh deyarli yorilib, uning temir yadrosi Yerga qulagan. Yer orbitasida qolgan Protooy moddasidan Oy tashkil topa boshlagan va u tobora shar formasini olib Yerdan uzoqlasha boshlagan.

Uchinchi. Birgalikda shakllanish farazi: Bu farazni 1755-yilda Immanuil Kant birinchi bor taklif etgan. Uning fikricha, barcha osmon jismlari chang to'plamlarning yig'ilib, siqilishidan paydo bo'lgan. Bu farazni E.Rosh, O.Yu.Shmidt, V.S.Safronov va boshqalar rivojlantirishgan. 1970-yillargacha bu faraz eng yaxshi ishlab chiqilgan faraz sifatida qaralgan. Bu faraz bo'yicha Yer va Oy bitta orbitada ikkitalik sayyora bo'lib rivojlana boshlagan. Avval Protoer tashkil topgan. Keyinchalik u yetarlicha massaga ega bo'lganda gravitatsiya kuchlari ta'sirida uning atrofida boshqa protoplanetar to'plamlari aylana boshlagan. To'plamlarning ba'zilar tezliklarini yo'qotib Protoerga qulagan. Boshqa to'plamlarning orbitalari birlashib aylana ko'rinishiga kelgan va ulardan Oy tarkib topa boshlagan.

To'rtinchi. To'qnashuv farazi: Bu faraz 1975-yilda U.Xartman va D.Devislar tomonidan taklif etilgan. Ularning fikricha, Teyya nomli protoplaneta o'lchamlari taxminan Mars sayyorasinikidek, Protoer bilan to'qnashgan. U vaqtda Yerning hozirgi massasining 90% mavjud edi. To'qnashuv urinma bo'ylab sodir bo'lgan. Natijada, Teyyaning katta qismi va Protoer mantiyasining bir qismi Yer

orbitasiga olib chiqilgan. Bu bo'laklardan Protooy yig'ilgan va u 60000 km radiusli orbita bo'ylab aylana boshlagan. To'qnashuv natijasida Yer katta aylanish tezligiga (5 soatda bir marta) va aylanish o'qining qiyaligiga ega bo'lgan. Bu faraz hozirgi kunda asosiy hisoblanadi, chunki u Oyning tuzilishi va kimyoviy tarkibi, hamda Oy–Yer sistemasining fizik parametrlarini yaxshi tushintira oladi.

Yuqoridagilar qatorida yana: bug'lanish farazi – qizigan Protoerdan orbitaga katta miqdorda moddalar bug'lanib, ularning sovushi natijasida orbitada Protooy tashkil topgan;

Ko'p Oylar farazi – Yerning tortishish kuchlari ta'sirida bir qancha mayda yo'ldoshlar Yer orbitasiga tortib olingan, keyinchalik ularning to'qnashuvlari va qayta yig'ilishlari natijasida Oy paydo bo'lgan.

1.4. Yer geosferalari

Yer vertikal kesimida bir-biridan tubdan farq qiluvchi uchta yirik ichki geosferalar ajratiladi (ichki tarafdan Yer sathi tomon): yadro, mantiya va Yer qobig'i. Yerning tashqi geosferalariga (Yer sathidan yuqori yo'nalishda) gidrosfera, atmosfera, magnitosfera ajratiladi.

Yer yadrosi

Yer hajmining 16,38% va massasining 31,79% ini tashkil qiladi. Yadro juda yuqori zichlikdagi – 11 g/sm^3 moddadan iborat. Tashqi yadro nisbatan suyuq, ichki yadro esa qattiq moddalardan iborat. Yangi tadqiqotlar ichki yadro anizotrop ekanligini va tashqi yadrodan Yer o'qi aylanishining katta tezligi bilan farq qilishini aniqladi. Tashqi yadroda ikki – jadal konveksiya bilan ajralib turadigan pastki va tartiblangan konveksiyadan iborat ustki geosferalar ajratiladi.

Mantiya va yadro, ichki va tashqi yadrolar o'rtasidagi chegaralar Yer kesmasida yaqqol ajralib turadi. Bunday chegaralarning mavjudligi moddaning zichligi va kimyoviy tarkibini keskin o'zgaruvchanligi bilan bog'liq. Ko'plab tadqiqotchilar tashqi yadro asosan bir valentli temir oksidlar Fe_2O suyuqligi va yuqori bosimga chidamli bo'lgan Fe va FeO ning evstektik qotishmasidan iborat deb faraz qiladilar. Ichki yadro temir-nikelli qotishmadan $\text{Fe}_{0,9}\text{Ni}_{0,1}$ iborat.

Ularining orasida qo‘shimcha sulfid tarkibli FeS oraliq qatlam (K.E.Bullen bo‘yicha F qatlam) ajratiladi.

Keyingi yillarda geodinamik jarayonlar rivojlanishida yadroning ahamiyatiga katta e‘tibor berilmoqda. Oy va Quyoshning o‘zaro tortishish kuchi ta‘sirida suyuq tashqi yadro ichida ichki yadro o‘zining holatini o‘zgartiradi va bu Yerning aylanma harakatining o‘zgarishi bilan birga kechadi. Bunda hosil bo‘ladigan qo‘shimcha inersiya kuchi barcha geosferalarga, ayniqsa ekvator bo‘yi kengliklarida kuchli ta‘sir ko‘rsatadi. B.V.Levin tomonidan bajarilgan seysmik faollikning taqsimlanishini statistik tahlili, «issiq nuqtalar» holati va Yer yuzasi relyefining amplitudasi, ularning pastki kengliklarda to‘planishi ichki yadroning aylanma harakati rejimi bilan bog‘liqligini ko‘rsatadi. Quyoshning tortish maydonida Yer va Oy orasidagi o‘zaro ta‘sir nafaqat yadroning, balki boshqa geosferalarning ham orbital aylanish parametrlarini o‘zgartiradi va ularning geodinamik holatiga ta‘sir ko‘rsatadi. Yer aylanish tezligining o‘zgarishi, uning o‘qi siljishi kabi, iqlimga, magnit maydonining inversiyasiga va ehtimol, boshqa ko‘plab geologik jarayonlar va hodisalarga ta‘sir ko‘rsatadi.

Yer mantiyasi

Yerning 83,2% hajmi va 67,77% massasi mantiyaga to‘g‘ri keladi. Mantiya Yer geosferalarining hosil bo‘lish jarayonida, modda parchalanishi va saralanishida muhim ahamiyatga ega. Mantiya tarkibi yadroning o‘shishi va yer qobig‘ining shakllanishi jarayonida doimo o‘zgarib turgan, ya‘ni Yer moddasidan temir-nikelli va alyumosilikatli Yer qobig‘i shakllanishiga sarf bo‘lgan moddaning to‘xtovsiz ta‘minlab turuvchi sath sifatida tasavvur qilish mumkin. Bu moddalarning ajralish jarayoni quyidagi ikki sathda – D^{II} qatida va astenosferada rivojlanadi. Uning tarkibi olivindan, rombik va monoklin piroksen va granatdan iborat.

Yuqori mantiya Yer rivojlanishida muhim ahamiyatga ega. Yer qobig‘ining shakllanishi u bilan bog‘liq. Yuqori chegarasi Moxorovichich yuzasidan to 410 km gacha tarqalgan. A.Ringvud va D.Grin yuqori mantiya umumiy tarkibining 75% peridotitdan va 25% okean qobig‘ining asosli jinslari – toleitli bazaltlardan tashkil topgan deydi. Ushbu moddaning nomi – pirolit.

Litosfera va astenosfera

Hozirgi vaqtda yuqori mantiya bazalt va o'ta asosli jinslardan tashkil topganligi aniq bo'lib qoldi. Seysmik to'lqinlarning yuqori tezligiga ega bo'lgan yuqori mantiyaning ustki qismi ajratiladi. Yuqori mantiyaning bu qattiq moddali qismi Yer qobig'i bilan birga *litosfera* deb ataladi.

Demak, litosfera yuqori mantiyaning depletlashgan ustki qismini va yer qobig'ini o'z ichiga olib, uning tuzilishi va tarkibi Yerning geologik tarixi va moddasining differentsiatsiyasi xususiyatlarini to'liq aks ettiradi. Litosferaning peridotitli magnezial-silikatli quyi va asosan, alyumosilikatli ustki qismlarga ajralishi aniq aks etganligi tufayli, ularning orasidagi chegara Yer kesmasidagi bosh petrofizik bo'limlar qatoriga kiritilishi bejiz emas.

Restitli qatlam litosferaning pastki qismini tashkil etadi. Qisman erish natijasida bazalt fazasi chiqib ketadi va yuqori mantiya ancha qiyin eriydigan minerallardan iborat bo'lib qoladi. Adabiyotlarda bunday jinslar restit nomini olgan. Qisman erigan va bazalt qismini yo'qotgan mantiya «depletlashgan» deb yuritiladi. Uning tarkibiy tuzilishi haqida burmalangan (geosinklinal) oblastlardagi ofiolit komplekslar, o'rta-okean tizmasining rift vodiylari va transform Yer yoriqlari bo'ylab mantiyaning hozirgi zamon ochilmalari hamda Yer qobig'idagi magmatik jinslar ichidagi turli ksenolitlar tarkibi bo'yicha xulosalar chiqarilgan.

Litosfera ostida mustaqil qat sifatida *astenosfera* yotadi. Seysmik to'lqinlar bo'yicha kuzatuvlar yordamida okeanlardagi 50 km dan kam chuqurliklarda, qit'alarda esa 80 va 120 km oralig'ida to'lqinlarning tarqalish tezligi mantiyaning ustki qismidagiga nisbatan kamayadi. Bu pasaygan tezliklar qatlami pastdan ham katta seysmik tezliklar sferasi bilan chegaralangan. Ushbu yuzalardan to'lqinlarning qaytishi tufayli ular asosan shu qatlamning ichida tarqaladi. Shuning uchun ham u seysmik «volnovod» deb nomlangan. Uni astenosferaga aynan o'xshatishadi. U lateral yo'nalish bo'yicha bir jinsli emas. Okeanlarda uning ustki yuzasi 50 km ga yaqin va o'rta okean tog' tizmalari ostida Yer yuzasiga 10–15 km gacha yaqinlashib keladi. Ostki yuzasining chuqurligi 400 km dan oshmaydi. Kontinentlarda o'zining tuzilishi bo'yicha astenosfera juda ham turli tarkibga ega. Yosh tog'li o'lkalar ostida (Alp, Kavkaz, Tyan-Shan) uning ustki yuzasi 80 km gacha, rift

zonalarida esa 50–60 km gacha ko‘tariladi. Yer qobig‘ining eng turg‘un oblastlari – qadimiy platformalar qalqonlari ostida astenosfera kuchsiz ifodalangan. 100 dan 200 km gacha chuqurliklarda u bir-biridan ajralgan astenolinzalardan tuzilgan, nisbatan kichik qalinlikdagi qatlardan iborat.

Astenosfera Yer litosferasining shakllanishida muhim ahamiyatga ega. Astenosferada magma va yer qobig‘i moddasining parchalanishi va saralanish jarayonlarining o‘zagi joylashgan. Litosfera plitalari harakatlarini ta‘minlovchi astenosferaning geodinamik xossalari ham katta ahamiyatga ega. Astenosfera lateral yo‘nalishda yakka jinsli emas. Okeanlar tagida u aniq ifodalangan va katta qalinlikka ega. Qadimiy kontinental plitalar, ayniqsa, arxey kratonlari ostida litosferaning ostki qismi mantiyaning 200–350 km va undan ortiqroq chuqurliklarida yuqori mantiyaning tuzilishi mutlaqo boshqacha ekanligi aniqlangan.

Yuqori mantiya osti moddalari o‘zining umumiy kimyoviy tarkibini saqlagan holda fazaviy o‘zgarishlarga uchraydi va shu tufayli uning fizik xossalari o‘zgaradi. Bunday o‘zgarishlarni bir necha sathi kuzatiladi. Ularning orasida 410 km va 660–670 km chuqurlikdagi sathlar juda muhim hisoblanadi. Yer kesmasi ustki qismidagi bunday qatlanish Yer qobig‘i va butun Yerning tuzilishi va rivojlanishini anglashda katta ahamiyatga ega.

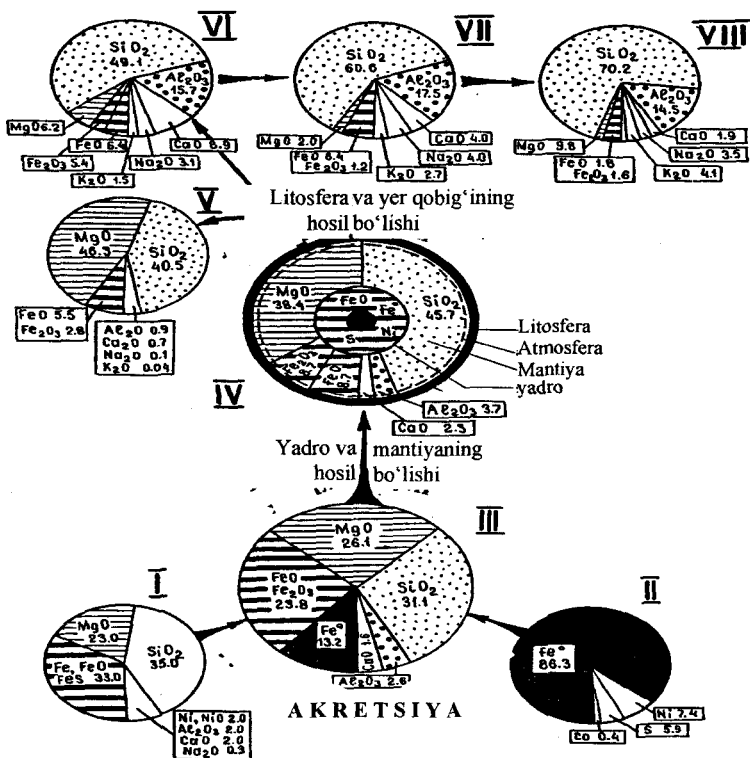
Mantiya tuzilishidagi bosh xususiyat, 410 km dan boshlab chuqurlikda seysmik to‘lqinlar tezligini oshib ketishidan iborat. Bundan 660–670 km chuqurlikgacha tezlikning (11,3–11,4 km/sek gacha) va tog‘ jinslar zichligining juda yuqoriligi kuzatiladi.

O‘rta va quyi mantiya jinslarning yuqori zichligi bilan ajralib turadi. Hisoblar shuni ko‘rsatadiki, hozirgi vaqtda ma‘lum bo‘lgan tog‘ jinslarining hech biri ushbu chuqurlikdagi o‘ta yuqori bosim va harorat sharoitlariga mos kelmaydi. Faqat ba‘zi minerallargina bundan istisnodir.

D^{II} qati – mantiya moddasining differentsiyasidagi birinchi asosiy sath. *Bu sath Yer yadrosi va mantiya oralig‘ida joylashgan* bo‘lib, K.E.Bullen tomonidan ajratilgan. Uning qalinligi 200 km dan 300 km gacha o‘zgaradi. Qatlam yuzasining notekisligi esa yadro relyefiga mos keladi.

D^{II} qatining qovushqoqligi nihoyatda o‘zgaruvchan. Uning termik holati, zichligi va kimyoviy tarkibi xilma-xil va o‘zgaruvchan.

Qatning ostki qismida modda yuqori darajada suyuqlangan seysmik to'liqlar o'ta past tezlikdagi zona ajratilgan. O.G.Soroxtin va S.A.Ushakov bu oraliq qatlamni (20 km) Berzon nomi bilan atashgan. D^{II} qati Yerning rivojlanishida juda muhim ahamiyatga ega. Bu



1.3-rasm. Yer geosferalari shakllanishi jarayonida kimyoviy differentsiatsiyaning paydar-payligi:

(A.P.Vinogradov, A.A.Yaroshevskiy, A.B.Ronov, O.G.Soroxtin ma'lumotlari bo'yicha tuzilgan). Yerning kimyoviy tarkibi:

I-III – Yerning protomodasi (I – tosh meteoritlar, II – temir meteoritlar, III – yerning protomodasi); IV – hozirgi Yerning yadro va mantiyasi; V-VIII – litosfera (V – depletlangan mantiyaning restiti, VI-VIII – yer po'sti: VI – bazaltlar, VII – andezitlar, VIII – granitlar)

zonada mantiya moddasining differenziatsiyasi jarayonida juda katta miqdorda issiqliq energiyasi ajralib chiqadi, yadroning temir bilan boyishi sodir bo'ladi. D^{II} qatida so'rilayotgan okean litosferasidan tashkil topgan *sleblar* to'plami va shakllanayotgan superplyumlarning ildizlari joylashadi. Qatning ostida moddalar qovushqoqligi keskin pasayadi va ular suyuqlangan holatdaligini ko'rsatadi.

Shunday qilib, oraliq D^{II} qati Yerning rivojlanishida muhim ahamiyatga ega. Bu zonada uning, mantiya va yadro chegarasida, moddaning gravitatsion differenziatsiyasi tufayli, yadroning suyuq temirli komponentiga va mantiyaning qattiq silikatli komponentiga ajralishi sodir bo'ladi. Bunda ajralib chiqadigan issiqlik energiyasi, engilroq silikatli massalarning ajralishi bilan bir qatorda, Yerdagi issiqlik massa tashilishi va modda differenziatsiyasini ta'minlovchi mantiyadagi yuqoriga harakatlanuvchi konvektiv oqimlarni keltirib chiqaradi.

Yer qobig'i

Yer qobig'i tarkibi va qalinligi bilan farqlanuvchi bir necha turlarga ajratiladi: okean, qit'a va oraliq turlar.

Okean turidagi Yer qobig'i hozirgi zamon okeanlarida va chekka dengizlarda rivojlangan bo'lib, qalinligi 1–15 km ni tashkil yetadi va cho'kindi va bazalt qatlaridan iborat. Yuqoridan pastga tomon uning tuzilishida quyidagi 3 ta qatlar ajratiladi: 1-qat – cho'kindi qati, 2-qat – asosan bazaltlardan iborat va 3-qat – tarkibida asosli to'la kristallangan magmatik jinslar ustuvorlik qiladi.

Qit'a turidagi Yer qobig'i kontinentlar va ularga tutashgan shelf dengizlarida tarqalgan. Yer qobig'ining kontinental turi okeanlar ichida joylashgan mikrokontinentlar kesmasiga ham xarakterli. Bunday turdagi qobiqning o'rtacha qalinligi 30–40 km oraliqda o'zgaradi. Platformalarda u 35–40 km ga, yosh tog' qurilmalari ostida esa 70–75 km gacha yetadi. Yirik grabenlar ostida qobiq qalinligi 25–30 km gacha qisqaradi. Qalinliklarning kamayishi asosan konsolidatsiyalangan qobiqning ustki qismi tugab borishi hisobiga kontinentlar chekkasida va subokean botiqliklarda kuzatiladi.

Kontinentlarda okeanlardagi kabi, qobiqning cho'kindi va jipslashgan (konsolidatsiya) qismi ajratiladi. Yer qobig'ining konsolidatsiyalashgan qismi geofizik ko'rsatkichlari bo'yicha ikki

qatga: bo'ylama to'lqinlar tezligi 6,0–6,5 km/sek gacha bo'lgan ustki va u 6,4–7,7 km/sek bo'lgan pastki qatlamga bo'linadi.

Kontinental turdagi yer qobig'ining hosil bo'lishi, tuzilishi, tarkibi va kelib chiqishi okean qobig'idan butunlay farq qiladi.

Cho'kindi qatlam platformalarda rivojlangan bo'lib, kichik qalinlikdagi (to 3–5 km) kesmaning cho'kindi qoplamidan iborat. Subokean botiqliklarida, platformalarning riftogen va chekka bukilmalarida, burmali mintaqalarning ichki va old bukilmalarida cho'kindi qoplarning qalinligi 10–20 km ga yetadi.

Yaqin yillargacha konsolidatsiyalangan Yer qobig'i kesmasining fizik xossalarining o'zgarishini tog' jinslari tarkibidagi petrologik farq bilan tushuntirilgan. Shuning uchun ustki qatlam «granitli» yoki «granit-gneysli», ostkisi esa – «bazaltli» yoki «granulit-bazitli» qatlam nomini olgan. Ularning orasidagi ajratuvchi chegara birinchi marta uni aniqlagan geofizik olim Konrad nomi bilan ataladi. Bu chegara ostida bo'ylama seysmik to'lqinlarning tezligi 6,6 km/sek gacha oshadi. Keyingi mufassal tadqiqotlar Yer qobig'i kesimida boshqa qaytaruvchi gorizontlar ham mavjudligini ko'rsatdi.

Gidrosfera

Dengiz va okeanlardagi suvning 200 – 300 m chuqurlikdagi yuza qismi harorati o'zgaruvchan bo'lib, u geografik kenglikka va yil fasliga bog'liq. Ekvatorial mintaqalarda suvning o'rtacha yillik harorati 25⁰C. Shimoliy mintaqalar tomonga qarab harorat 0⁰C gacha pasayib boradi. Haroratga mos ravishda qutb o'lkalarda suvning zichligi maksimal, ekvatorida minimaldir.

Gidrosfera suvlarida kimyoviy elementlarning deyarli barchasi mavjud, lekin vodorod, kislorod, xlor va natriy ko'proq.

Okean Yer yuzidagi Quyosh energiyasini qabul qiluvchi va yig'uvchi ulkan akkumulyator. U haroratni o'zgarishini barqarorlashtirib turadi. Suv yuzasining haroratini to'satdan bir necha gradusga o'zgarishi atmosferadagi jarayonlarga kuchli ta'sir etadi. O'rta va qutb kengliklarida okean suvlari yozda issiqlikni akkumulyatsiya qilib, qishda bu issiqlikni atmosferaga beradi. Tropik mintaqalarda suv yil bo'yi isiydi va konveksiya tufayli bu yerda sovuq va issiq oqimlar paydo bo'ladi. Shu yerlarda suv va atmosfera haroratlari orasidagi katta farq tufayli siklonlar vujudga keladi.

Siklonlar geografik kenglikning 5–20 graduslarida, asosan yoz oylarida, okean yuzasida past bosimli zona mavjud bo‘lganda hosil bo‘ladi. Bunday holat suv va havo haroratlarini farqi yuqori bo‘lganda ($23 - 26^{\circ}\text{C}$) ro‘y beradi. Hosil bo‘lgan lokal havo oqimlari Koriolis kuchlari ta‘sirida spiralsimon shakl olib aylanma harakatga keladi. Issiq nam havo tepaga harakat qiladi, u shudring hosil bo‘lish nuqtasidan o‘tib, tomchilarga kondensatsiyalanadi. Asta-sekin issiq nam havo juda yuqoriga ko‘tariladi. Kengayib va sovib, bu nam havo sovigan bug‘ holatida saqlanib turadi. Agar shu damda tashqaridan shamol ta‘sirida qum yoki tuz zarralari kelib shu bug‘ga urilsa, ko‘chkisimon tarzda bug‘ kondensatsiyalana boshlaydi. Boshlangan jarayon natijasida bosim pasayadi. Bu yerda borgan sari ko‘p oqimlar hosil bo‘ladi, kondensatsiya jarayoni kuchayadi va kuchli shamol hosil bo‘ladi.

Tinch okeanining ekvatorial qismida diametri 200–400 km ga yetadigan anomal yuqori yoki past haroratli dog‘lar oqimlar vujudga keladi ($3-4^{\circ}\text{C}$ dan yuqori bo‘lganda «El Nino», yoki shunchaga past bo‘lganda «Lya Nina»). Bunday oqimlar har ikki-uch yilda hosil bo‘ladi. Har bir bunday hodisaning energiyasi, Xirosimaga tashlangan atom bombasi energiyasidan million barobar katta.

Okean osti zilzilalarida ba‘zi hollarda chuqurlikdagi sovuq suvlarni okean yuzasiga chiqib qolishi kuzatiladi. Bu sovuq suvlar diametri 500 km gacha yetishi mumkin. Bu oqimlar sutkadan ko‘proq vaqtgacha saqlanib, atmosferada har xil hodisalarga sabab bo‘ladi.

Oy va Quyoshning gravitatsion ta‘siri natijasida dengiz va okeanlarda Oy va Quyosh quyilishlari (prilivlar) hosil bo‘ladi. Ochiq okeanlarda bunday priliv paytida suv sathi 2m gacha ko‘tarilishi mumkin.

Atmosfera

Yer atmosferasi bir necha qatlardan iborat. Yer yuzasiga eng yaqini troposfera sanalib, u atmosfera massasining 80% ni va qalinligi ekvatorida 16 – 18 km ni, qutblarda esa 8 – 10 km ni tashkil etadi. Troposfera harorati har 100 metrga $0,6^{\circ}\text{K}$ ga pasayib boradi.

Yuqoriroqda stratosfera, uning kesimidagi 50 – 55 km da ozon qatchasi ajratiladi. Ma‘lumki, ozon qatchasi Quyoshning ultrafiolet nurlarini o‘ziga yutadi. Stratosferadan yuqorida mezosfera (55 – 80

km); so'ng termosfera (80 – 1000 km) va ekzosfera (1000 – 2000 km) ajratiladi. Undan yuqorida – fazo. Termosferada Quyoshning qisqa to'liqlik nurlarining ionosferada yutilishi tufayli harorat tez ko'tariladi. Ekzosferada yengil gazlarning sochilishi va dissipatsiyasi kuzatiladi. Atmosferaning 80 km dan yuqori qismida ionosfera, magnitosfera va geliosferalar mavjud bo'lib, ular haqida 4-bobda batafsil gapiriladi.

Atmosferaning tashqi qatlamlarida gaz molekulalarining issiqlik ta'siridagi tartibsiz harakati, ularning harakat tezligini oshirib yuboradi. Natijada bu tezlik ortib kritik nuqtaga yetadi va bu molekulalar sayyoraning tortishish kuchi doirasidan chiqib ketishi mumkin. Shunday qilib dissipatsiya sayyoraning tortishish kuchiga, molekulalarning kinetik energiyasini aniqlovchi ekzosferadagi haroratga va shu molekulalarning massasiga bog'liq bo'ladi. Oy va Merkuriy shu sababli turg'un atmosferaga ega emas, Marsda esa faqat og'ir gazlar turg'un holatda. Yer turidagi sayyoralarda faqat vodorod va geliy dissipatsiya bo'ladi, kichik sayyoralarda va boshqa ba'zi yo'ldoshlarda atmosfera mavjud emas.

50 – 400 km balandlikda atmosfera gazlarining ionlashuvi ro'y beradi. Bu, atmosferada elektr o'tkazuvchanlikning ortishiga olib keladi (Yer yuzasidagidan ko'ra 10^{12} marta ko'p). Gravitatsiya, ionizatsiya va gazlarning diffuzion bo'linishi ta'sirida, atmosferaning yuqori qatlamlarida yengil gazlar to'plana boshlaydi. Yer yuzasidan 200 km yuqorigacha azot atmosferaning asosiy qismini tashkil qiladi, undan yuqorida azotni atomar kislorod siqib chiqaradi.

Atmosferada tomchi va mu shakllarda $(1,3 \div 1,15) \cdot 10^{16}$ kg suv bor. Suv asosan troposferada, tropik mintaqalarda 3–4% bo'lsa, Antarktidada $2 \cdot 10^{-5}$ % ni tashkil qiladi.

Yer yuzasidagi asosiy energiya manbai Quyoshning elektromagnit nurlanishidir. Yer Quyoshdan $1,7 \cdot 10^{17}$ Dj/s energiya oladi, lekin Yer yuzasigacha buning 48% yetib keladi, qolgani atmosferada yutiladi va magnitosferada qaytariladi. Stratosfera va troposferada infraqizil diapazondagi nurlanishlar suv bug'lari va karbonat anhidrid gazlari yordamida yutiladi.

Termosfera qatlamining (ionosferada) quyi qatlamida radio-to'liqlik diapazondagi nurlanish qaytariladi, ultrabinafsha nurlanish esa ozon qatlamida Yerdan 15–60 km yuqorida yutiladi. Quyoshning qisqa to'liqlik rentgen va gamma nurlanishlari atmosferaning barcha

qatlamlarida yutiladi va Yerga deyarli yetib kelmaydi. Lekin atmosfera elektromagnit nurlanishlar va radioto'liqlarni bimalol o'tkazib yuboradi.

Shunday qilib, atmosfera Quyoshning qisqa to'liqlik nurlanishlari va meteoritlar oqimidan Yerni saqlab turuvchi qalqon rolini o'ynaydi. Atmosferasiz Yerdagi hayotning vujudga kelishi mumkin emas edi, chunki bunday holda Yer yuzining o'rtacha harorati taxminan minus 23°C ni tashkil etgan bo'lardi.

Tayanch iboralar

Superadron, lepton, galaktika, plazma, fotosfera, xromosfera, restit, litosfera, astenosfera, mezosfera, termosfera, ekzosfera, akkretsiya, «impakt» jarayon.

Nazorat savollari

- 1. Olamning paydo bo'lishi va evolyutsiyasi haqida qanday farazlar mavjud?*
- 2. Katta portlash nima? U qanday eralardan iborat?*
- 3. Quyosh va Quyosh sistemasi qanday vujudga kelgan?*
- 4. Yer va Oy vujudga kelishining qanday farazlari mavjud?*
- 5. Yerning qanday asosiy geosferalari mavjud?*
- 6. Gomogen va geterogen akkretsiya modellarini tushuntirib bering?*

II BOB. YER EVOLYUTSIYASI HAQIDAGI TASAVVURLAR VA YERNING YANGI FIZIK XUSUSIYATLARINING KASHF QILINISHI

Ilm dunyosida «taxmin», «faraz», «konsepsiya», «nazariya» degan iboralar mavjud. Ular biror bir tadqiqot obyektining mohiyati, hossa-xususiyatini isbot etilganligiga yoki avval qay darajada ma'lum bo'lganligiga nisbatan ishlatiladi.

Nazariya albatta, taxmin, faraz, konsepsiya tushunchalaridan yuqori turadi va aniq hisob-kitoblar va kuzatuvlar (tabiatda va laboratoriya eksperimentlari) natijasida olingan, inkor etib bo'lmaydigan dalillar asosida isbotlangan tabiat voqeligiga aytiladi.

Tarixga nazar soladigan bo'lsak «geotektonika» termini birinchi bor nemis geofizigi K. Nauman tomonidan 1860-yili kiritilgan bo'lsada, o'tgan asrning o'rtalaridan boshlab alohida fan sifatida rivojlana bordi. Ammo, 1860-yilgacha, antik davrlarda va undan keyin ham Yer tuzilishi, uning rivoji, geologik vaqtlar mobaynida o'zgarishi haqida fikrlar mavjud bo'lgan. Bunday uzoq tarixga ega bo'lgan geotektonika faqat XX asrning 80-yillariga kelib shakllangan nazariyaga ega bo'ldi. Moziyga nazar tashlasdan avval geotektonika ikkita so'zning «geo» – «geya» ([<grekchada gaia, gyo yer] – qadimiy grek mifologiyasida yer xudosi) va tektonika ([<grekchada tektonikyo qurilish san'ati] *geologiyaning* bo'limi bo'lib, yer qobig'i tuzilishini, uning rivojlanishini, bo'laklarining harakatini o'rganadi) birikmalaridan iboratligiga diqqatni qaratsak.

2.1. Antik davr va Rim inqirozi

Yer tuzilishi, undagi o'zgarishlarga olib keladigan jarayonlar haqida turli farazlar antik davrlarda qadimgi grek va rimlik tadqiqotchilar asarlarida uchraydi. Bu davrda *neptunist* va *plutonist* yo'nalishidagi farazlar paydo bo'lgan.

Neptunistlar («*Neptun – suv xudosi*») Yerdagi o'zgarishlarning hammasi dengiz ta'sirida kechgan deb hisoblasalar, *plutonistlar* («*Pluton – qadimgi grek mifologiyasida – yer qa'risining xudosi, «yer*

osti podshohligi» xudosi) bu hodisalar ro‘y berishligini Yer qa‘ridagi kuchlar, jumladan, issiqlik bilan bog‘laganlar.

Neptunistlardan Fales (eramizdan avvalgi 626–547-yillar atrofida): «Yer unda yashovchi mahluqotlar bilan suvdan paydo bo‘lgan va yana unga aylanadi ...», deb yozgan. Tog‘larda dengiz chig‘anoqlari bo‘lishligi haqidagi dalillar asosida faylasuflar (Ksenofon, Ksanf va b.) quruqlikni avvalda dengiz suv bosganligi haqida fikr yuritganlar.

Plutonistlardan Geraklit (eramizdan avvalgi 544–474-yillar) birlamchi omilni olov hisoblab: «... olovning quyuqlanish yo‘li bilan barcha narsa paydo bo‘ladi va kamayishi yo‘li bilan unga aylanadi ...», deb yozgan.

Sitsiliyalik faylasuf Empedokl (eramizdan avvalgi 490–430-yillar) Yerning olovli suyuq yadrosining mavjudligini isbotlagan va vulqonlar otilish sabablarini shu yo‘l bilan bog‘lagan.

Rim inqirozi tufayli insoniyat sivilizatsiyasida cho‘kishlar ro‘y berdi. O‘rta asrlar deb nomlanuvchi bu davr umuman o‘tgan falsafiy merosni so‘nishi bilan xarakterlanadi. VI asrda Grigoriy I – rim «papasi» Rim kutubxonasini yoqib yuboradi va «bilimsizlik sharaflil ulug‘lanishning onasidir», deb e‘lon qilgan. Yevropaga qora kunlar bostirib keldi.

2.2. Arab madaniyatining yuksalishi va unda O‘rta Osiyo olimlarining o‘rni

Ammo antik davr faylasuflarining g‘oyalari tarix sahnasidan mutlaqo o‘chib ketgani yo‘q. Ular arab olimlari ishlarida o‘zining keyingi rivojini topa boshladi. Janubiy Arabistonda arab madaniyati rivojlana boshladi.

VI asrda Qur‘onning ilohiy sura va oyatlari nozil bo‘lganda (keyinga q.), VIII asrda Bog‘dodda xalifa Xorun ar-Rashid «Donishmandlar uyi» – zamonaviy ibora bilan aytganda fanlar akademiyasiga asos solganda va ayniqsa, uning o‘g‘li – Xalif al-Ma‘mun (813–833 yillar) O‘rta Osiyodan o‘ziga yaqin buyuk olimlar bilan birgalikda u yerga ko‘chib o‘tgandan so‘ng, bu «Donishmandlar uyi» barq urib rivojlanadi. Bu ilmiy markaz yetakchiligiga Ma‘mun yirik matematik va astronom olim Muhammad ibn Musa al-Xorazmiyni tayinlaydi.

Ma‘muniylar akademiyasi (Xorazm Ma‘mun akademiyasi) Xorazmda X asr oxiri – XI asr boshlarida faoliyat ko‘rsatgan va