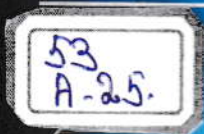


МИРЗО УЛУҒБЕК НОМИДАГИ
ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ



100 YIL



Д.Х.Атабаев, Н.Э.Атабаева

ГЕОФИЗИКА ВА ГЕОКИМЁ АСОСЛАРИ

53.
H-25 41
ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

МИРЗО УЛУҒБЕК НОМИДАГИ
ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ

*Мирзо Улуғбек номидаги
Ўзбекистон Миллий университети
100 йиллигига бағишланади*

Д.Х.Атабаев, Н.Э.Атабаева

ГЕОФИЗИКА ВА ГЕОКИМЁ АСОСЛАРИ

(Ўқув қўлланма)

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ТАЪЛИМ,
ФАН ВА ИННОВАТСИЯЛАР ВАЗИРЛИГИ
CHIRCHIQ DAVLAT PEDAGOGIKA UNIVERSITETI

AXBOROT RESURS MARKAZI

Тошкент
“Университет”
2017

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ТАЪЛИМ,
ФАН ВА ИННОВАТСИЯЛАР ВАЗИРЛИГИ
CHIRCHIQ DAVLAT PEDAGOGIKA UNIVERSITETI
AXBOROT RESURS MARKAZI
1-FILIALI

Д.Х.Атабаев, Н.Э.Атабаева
Геофизика ва геохимё асослари. Ўқув қўлланма.
–Т.: “Университет”, 2017, 192 бет.

Масъул муҳаррир – И.Н.Ганиев

*Ушбу ўқув қўлланма Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта
махсус таълим вазирлигининг 2017 йил 28 июндаги 434-сонли буйруғи
билан нашрга тавсия этилди.*

ISBN: 978-9943-5041-8-9

© “Университет” нашриёти, Тошкент, 2017 й.

КИРИШ

Мазкур ўқув қўлланма Геология ва география факультети “Геофизикавий тадқиқот усуллари”, “Геохимё ва минералогия” кафедраларининг профессор-ўқитувчилари томонидан “Ер физикаси” ҳамда “Геохимё” фанларининг ўқув дастурлари асосида ишлаб чиқилган бўлиб, “5140600–География” таълим йўналиши учун мўлжалланган. “Геофизика ва геохимё асослари” фани бўйича ўқув қўлланма яратилишида ривожланган хорижий давлатларнинг ОТМларида қўлланилаётган ўқув дастурларида тавсия этилган асосий адабиётлардан (William M.White. Geochemistry, Wiley-Blackwell, 2013., John A.Tossel, David J.Vaughan. Theoretical Geochemistry: Applications of Quantum Mechanics in the Earth and Minerals Sciences, Oxford University Press, 2005) ҳам фойдаланилди.

Ушбу фан ер юзаси ва ер ости тоғ қазилмалари ва кудукларда турли физик ҳамда кимёвий ҳодисаларни ўрганиш, тоғ жинсларининг структуравий хусусиятлари ва кимёвий таркибини аниқлаш, фойдали қазилмалар конларини топиш ва разведкалашни ўрганади. Шу нуқтаи назардан, “Геофизика ва геохимё асослари” фани долзарблиги билан ажралиб туради. Геофизикавий ва геохимёвий тадқиқот усуллариининг қўлланилиши халқ хўжалиги учун катта аҳамиятга эга, чунки Ер қобиғининг турли чуқурликдаги геологик-геофизик тузилиши, кимёвий таркиби ҳақида ва фойдали қазилмалар топишда, бошқа усуллар билан аниқланмайдиган табiiй ҳолатда бўлган тоғ жинсларининг физик ва кимёвий хоссалари бўйича маълумотлар олишга имкон беради. Шу боис, ўқув қўлланмада мазкур масалаларга кўпроқ эътибор берилиб, уларни кенгрок ёритишга ҳаракат килинди.

**1-боб. ГЕОФИЗИКА ФАНИ:
УНИНГ ЙЎНАЛИШЛАРИ, ВАЗИФАЛАРИ, МАВЗУЛАРИ
ТЎҒРИСИДА УМУМИЙ ТУШУНЧА**

1.1. Геофизика фани хақида тушунча

Геофизика атамаси “гео” – ер, “физика” – физика, яъни “ер физикаси” деган маънони билдиради. Бу фан ер пўстида, мантия ва ядрога бўлиб ўтадиган физик жараёнлар, турли тоғ жинслари ва тузилмалар таъсирида ҳосил бўлган физик майдонлар тузилиши ҳамда кучланишини ўрганади.

Геофизика фани геология, геодезия, география, геохимё, физика ва астрономия фанларига яқин. У физика, геология ва астрономия фанлари асосида XIX асрнинг охирида ва XX асрнинг бошида шаклланиб, ривожланган.

Геофизика фани уч бўлимга бўлинади: литосфера геофизика, гидрогеофизика, атмосфера ва коинот геофизикаси.

Литосфера геофизикаси фани Ер физикаси ва Геофизик тадқиқот усуллари: гравиразведка, магниторазведка, электро-разведка, сейсморазведка бўлимларига ажратилади. Ер физикаси Ернинг тузилишини ўрганади. Геофизик тадқиқот усуллари Ер пўстининг геологик тузилишини ўрганади унинг асосий мақсади фойдали қазилмаларни излаш ва разведка қилиш, турли амалий масалаларни ечиш (масалан, турли муҳандислик геология масалалари).

Геофизика фани физик майдонлар ва ҳодисаларни ўрганиш, таҳлил қилиш усуллари асосланган. Физик майдонларни Ер юзасида, тоғ қазилмалари, бурги кудуклари, уммон, атмосфера ва коинотда ўрганиш мумкин.

Фаннинг мақсади – геологик кесим тузилиши тўғрисида маълумотлар олиш, фойдали қазилмаларнинг истикболлиги тўғрисида хулоса чиқариш. Физик майдон деганда, Ер ёки унинг маълум бир қисмидаги физик параметрларнинг қийматларини тушунамиз. Геологик нуктаи назардан олиб қараганда, ҳар хил тоғ жинслар, яхлит тузилмалар, бир жинсли табақалар, маъданли жисмлар турлича физик хусусиятларга эга. Масалан, электр ўтказувчанлик, магнит қабул қилувчанлик, сейсмик тўлқинларнинг турлича тарқалиши ва ҳоказо.

Ҳар бир тоғ жинси атрофдаги муҳитда (ташқи майдонлар) ва ўз ичида (ички майдонлар) бир катор физик майдонларни яратади. Ташқи майдонларнинг параметрларини ўлчаб, майдон манбаси

тўғрисида маълумотлар олиш имконини беради. Физик майдонлар ҳам табиий, ҳам сунъий бўлиши мумкин.

Табиий физик майдонлар табиатнинг яратиши билан боғлиқ – гравитацион (тортишиш майдони, оғирлик кучи майдони), магнит, электр, электромагнит, зилзила натижасида ҳосил бўлган сейсмик тўлқинларнинг тарқалиш майдони, радиоактив нурланиш, термик майдон бўлади.

Сунъий физик майдонлар инсоннинг табиатга таъсири билан боғлиқ – электр, электромагнит, зарба ёки портлатиш натижасида ҳосил бўлган сейсмик тўлқинларнинг тарқалиш майдони, термик (иситиш ёки совутиш майдони), сунъий радиоактив нурланиш майдони.

Гравитацион майдон оғирлик кучи тезланиши (эркин тушиш тезланиши) ва гравитацион потенциалнинг иккинчи тартибли ҳосилалари билан таърифланади. Магнит майдон кучланишнинг тўлиқ вектори (Т) ва унинг бошқа ташкил этувчилари билан (вертикал Z, горизонтал Н ва ҳоказо), электромагнит майдони – майдоннинг магнит (Н) ва электр (Е) векторлари, сейсмик майдон эластик тўлқинларининг тарқалиш вақти, тезлиги ва даври билан, термик майдон ҳароратни тақсимланиши билан таърифланади.

Битта ёки бир нечта физик майдонларнинг параметрларини ўлчаб, тоғ жинсларининг хоссалари тўғрисида ва тадқиқот қилинган ҳудуднинг геологик тузилиши хақида маълумот олиш мумкин.

Ҳар бир физик майдон ва унинг параметрлари тоғ жинсларининг майдон ва чуқурлик бўйича физик хоссаларининг тақсимланишига асосланган. Масалан, гравитацион майдон тоғ жинсларининг зичлигига (σ), электр ва электромагнит майдон тоғ жинсларининг солиштирама электр қаршилигига (ρ), диэлектрик (ϵ) ва магнит (μ) сингдирувчанлигига, электрокимёвий активлигига (α) ва кутбланишига (η) асосланган.

Тоғ жинсларининг физик хоссалари ҳар хил, лекин ҳар хил тоғ жинсларининг физик хоссалари бир хил бўлиши мумкин. Масалан, гранит ва оҳактошнинг зичлиги 2.65 г/см^3 , лекин гранитда магнит қабул қилувчанлик (χ) катта. Гранит ва оҳактошларни ажратиш учун гравитацион ва магнит усуллариининг мажмуаси қўлланилиши керак.

Базальт ва тош тузида сейсмик тўлқинларнинг тарқалиш тезлиги бир хил, лекин базальтнинг зичлиги катта. Уларни ажратиш учун гравитацион ва сейсмик усулларнинг мажмуаси қўлланилиши керак.

Физик майдоннинг параметрлари геологик жинсларнинг хоссалари, ўлчамлари ва ётиш чуқурлигига боғлиқ.

Геофизикада тўғри ва тескари масалаларнинг тушунчаси мавжуд. Тўғри масаланинг ечилиши: жисмларнинг аниқ бўлган шакллари, ўлчамлари, ётиш чуқурлиги ва физик хоссаларидан физик майдоннинг параметрларини ҳисоблаш. Бу масала аниқ ечимга эга.

Тескари масаланинг ечилиши: ўлчанган физик майдон параметрлари бўйича жисмлар ўлчамларини, ётиш чуқурлиги ва хоссаларини аниқлаш. Тескари масала кўп ечимга эга.

Геофизикада кузатилган майдонлар, нормал, аномал ва ўзгартирилган геофизик майдонларга ажратилади.

Кузатилган физик майдон – далада тўғридан-тўғри ўлчаб олинган микдорлар майдони ҳисобланади.

Нормал физик майдон – бир жинсли муҳит устида ҳосил бўлган майдон, регионал геофизик текширишларда эса, Ернинг табиий магнит ва гравитацион майдонларидир. Нормал физик майдон, одатда, ўлчанган микдорларни силликлантириш – ўртача қийматга келтириш йўли билан олинади.

Аномал физик майдон – кузатилган майдон микдорларини нормал физик майдон микдорларидан фаркланиши. Улар геологик муҳитнинг бир жинсли эмаслигидан ҳосил бўлади. Геофизика геологик жисмларнинг физик хоссалари ва геометрик ўлчамлари ўзгариши натижасида ҳосил бўлган аномал физик майдонларни аниқлашга хизмат қилади.

Ўрганилаётган ернинг физик майдон турлари гравитацион кидирув (поиск), магнит кидирув, электр кидирув, сейсмик кидирув, геотермик кидирув (термометрия), ядровий геофизикага бўлинади.

Ечилиш масалалари бўйича геофизик усулларни қуйидагиларга бўлиш мумкин:

1. Чуқурлик геофизикаси – Ер тузилиши ва унинг қобикларининг физик хоссалари ҳақида маълумотлар беради.

2. Худудий геофизика – Ер пўсти ва 1 км. дан 15 км. гача чуқурликларни тузилмалар тектоник хариталашда ишлатилади. Мақсади – нефть ва газ конларини кидириш.

3. Кидирув хариталаш геофизикаси – чуқурлиги 1 км. гача бўлган кесимни ўрганади, йирик геологик хариталаш масалаларини ечади. Мақсади – фойдали қазилма конлари кидириш ва муҳандислик-геологик ва гидрогеологик умумий хариталаш.

4. Тузилмалар геофизика – геологик тузилмаларини ўрганиш.

5. Нефть ва газ геофизикаси – нефть ва газ туткичларини аниқлаш ва уларни кидирув бурғилашга тайёрлаш.

6. Маъданлар геофизикаси – маъданли фойдали қазилмаларнинг аломатлари бўйича излаш ва кидирув ишлари олиб бориш.

7. Номадан ва кўмир геофизикаси – номадан фойдали қазилма ва кўмир кидириш ҳамда кидирув ишларини олиб бориш.

8. Муҳандислик геофизикаси – муҳандислик геология ва гидро-геология масалаларини ҳал этишга йўналтирилган.

9. Петрофизика – тоғ жинсларининг физик хоссаларини ўрганади.

1.2. Ернинг магнит майдони

Магнит майдонининг ўзгариши тоғ жинслари ва маъданларнинг ҳар хил магнитланганлиги билан боғлиқ. Магнит майдони Ер юзасида, денгиз сатҳида, ҳаво ва бурғулаш қудукларида ўлчанади.

Магнит майдонининг асосий характеристикалари (таърифлари) қуйидагилардан иборат:

1. Магнит майдоннинг индукцияси (T). Ўлчов бирлиги СГС тизимида – Гаусс (Гс), СИ тизимида – Тесла (Тл) ва нанотесла (нТл). $1 \text{ Гс} = 10^{-4} \text{ Тл}$; $1 \text{ нТл} = 10^{-9} \text{ Тл}$.

2. Магнит майдонининг кучланганлиги (H). Ўлчов бирлиги СИ тизимида – А/м., СГСда – Эрстед (Э). $1 \text{ Э} = 10^3/4\pi \text{ А/м}$. $T = \mu_0 H$, бу ерда μ_0 – вакуумдаги магнит сингдирувчанлик (СИ тизимида $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$. СГС тизимида ўлчамсиз ва 1 га тенг).

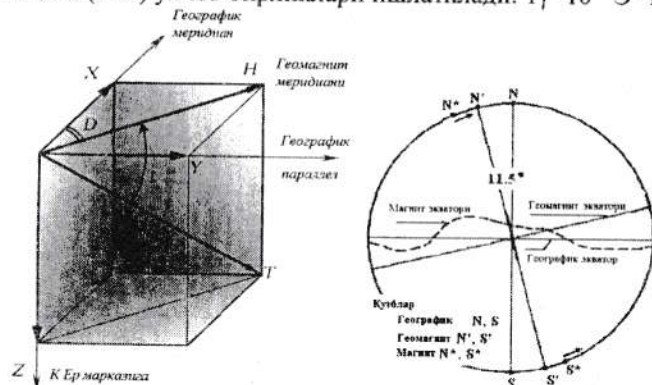
3. Майдоннинг магнитланганлиги (I) – ўлчов бирлиги СИ тизимида А/м., СГСда – Э, γ (гамма).

Ерни жуда катта магнит деб тасаввур қилиш мумкин. Эркин осилган магнит стрелкаси ернинг магнит майдонида Ер шари ҳар бир нуқтасида аниқ ҳолатда геомагнит майдоннинг куч чизиклари бўйлаб жойлашади. Агар, магнит стрелкаси фақат горизонтал текисликда кўчиши мумкин бўлса, бу ҳолда у магнит меридианининг йўналишини кўрсатади, компас бўлиб хизмат қилади. Тоғ жинслари ернинг магнит майдонида магнитланади, айниқса, минераллардаги темир каби ферромагнит кўшимчалари кўп бўлганда, ҳаракат қилган ўтказгичларда индукция электр токи ва бошқа электромагнит ҳодисалари юзага келади. Электр билан зарядланган космик зарралар ернинг магнит майдонига тушиб, аниқ траектория бўйича ҳаракат қилади. Шу туфайли юқори кенгликларда (шимолий ёки жанубий)

атмосферанинг юкори катламларида ($H \approx 100 \text{ км.}$) куёшнинг корпускуляр нурланиши таъсирида газларнинг нурланиши (ёғдуси) кузатилади.

Ер атрофида баланд космик радиация зоналари мавжуд (Ван - Аллен зоналари). Бу зоналар космик зарралар магнит копконларга тушиши натижасида ҳосил бўлган. Улар ернинг шимолий ва жанубий кутблари орасида электромагнит кўприк бўлиб хизмат қилади¹.

Геомагнит майдон кучланиш тўлиқ вектори (T) билан таърифланади. Кучланишни аниқлашда магниторазведкада эрстед (Э) ($1\text{Э} = 1\text{Г}^{1/2}\text{см}^{-1/2}\text{сек}^{-1}$), миллиэрстед ($1\text{мЭ} = 10^{-3}\text{Э}$), гамма (γ) ва нанотесла (нТл) ўлчов бирликлари ишлатилади: $1\gamma = 10^{-5}\text{Э} = 1\text{нТл}$.



1.1.-расм. Геомагнит майдон элементлари: X, Y, Z -компонентлар, T -тўлиқ вектор, D -магнит оғиш бурчаги, I -магнит қиялиги.

Ернинг табиий магнит майдони элементларини кўриб чиқамиз. Тўғри бурчакли координаталар тизимида Ер магнит майдони индукциясининг векторини " T " билан белгилаймиз. OZ ўқи Ер марказига йўналтирилган, OX горизонтал ўқи шимолга, OY ўқи шарқга йўналтирилган. T векторнинг горизонтал $ХОУ$ юзадаги проекцияси H -горизонтал ташкил этувчиси, деб аталади ва магнит меридианига тўғри келади. Унинг OX ўқидаги проекцияси – H_x – шимолий ёки жанубий ташкил этувчиси, OY ўқидаги H нинг проекцияси – H_y – шарқий ёки ғарбий ташкил этувчиси, деб аталади (1.1-расм). H ва X ўқлар орасидаги бурчак магнит оғиш бурчаги дейилади ва D билан белгиланади; агар H географик шарқга

йўналган бўлса мусбат бўлади, агар H ғарбга йўналган бўлса манфий бўлади. T ва H векторлар орасидаги бурчак (I) магнит қиялиги дейилади.

T векторнинг Z ўқида проекцияси вертикал ташкил этувчи, деб аталади ва Z билан белгиланади. T, Z, H, H_x, H_y, D, I ларга Ер магнит майдонининг элементлари дейилади. Улар қуйидагича боғлиқ:

$$T = \sqrt{Z^2 + H^2}; \quad H = \sqrt{H_x^2 + H_y^2}; \quad Z = T \sin I;$$

$$H_x = H \cos D; \quad H_y = T \cos I; \quad H_y = H \sin D$$

Геомагнит майдоннинг фазода тақсимланиши Ер юзасида ҳар хил нукталарда ўлчанган магнит майдон элементлари асосида тузилган хариталар бўйича аниқланади. Магнит майдон кучланганлигининг (T, Z, H) бир хил қийматларини бирлаштирувчи чизиклар изодинамалар, магнит оғиш бурчаги (D) бир хил қийматларини бирлаштирувчи чизиклар изогонлар, магнит қиялигининг (I) бир хил қийматларини бирлаштирувчи чизиклар изоклиналар деб аталади. I бурчак қиймати нолга тенг бўлган нукталар магнит экваторида жойлашади. Магнит экватори географик экваторга тўғри келмайди. Кенглик ошган сари магнит қиялик бурчаги ошиб боради. Шимолий ярим шарда шундай нукта борки, унда магнит миллининг мусбат (шимолий) томони вертикал ҳолда пастга оғган ($I=90^\circ$). Бу нукта шимолий магнит кутби дейилади. Жанубий ярим шарда шундай нукта борки, унда магнит стрелкасининг жанубий (манфий) томони вертикал ҳолда пастга йўналган бўлади. Бу нукта жанубий магнит кутби дейилади. Магнит кутблари вақт ўтиши билан ўз ҳолатларини ўзгартиради².

Магнит майдонининг кучланганлиги магнит экваторидан ($0.33 \cdot 10^{-4} \text{Тл}$) 0.33Э дан кутбларга 0.66Э гача ($0.66 \cdot 10^{-4} \text{Тл.гача}$) ортади. Магнит майдони Ердан 7000 км. баландликда $1/8$ га Ер юзасидаги қийматидан камаяди.

Магнит кутбларида $H=0, T=Z=\pm 0.66 \cdot 10^{-4} \text{Тл}$ га тенг (чунки $I=90^\circ$). Плюс (+) ишора шимолий кутбда, минус (-) ишора жанубий кутбда бўлади.

Экваторда H максимал қийматга эга ва $H=T=0.33 \cdot 10^{-4} \text{Тл.га}$ тенг (чунки $I=0^\circ$). Ер магнит майдони кучланганлигининг ўртача қиймати $\approx 0.5\text{Э}$.

¹ Воскресенский Ю.Н. Полевая геофизика. -М.: Недра, 2010. -С.478.

² Воскресенский Ю.Н. Полевая геофизика. М.: Недра, 2010. С.478.

1.3. Нормал ва аномал геомагнит майдонлар

Ернинг магнит майдони бир жинсли Ер шарининг магнит майдони (T_0), китъалар (T_1), регионал (худудий) (T_2) ва майда локал (маҳаллий) (T_3) магнит майдонларидан иборат:

$$T = T_0 + T_1 + T_2 + T_3.$$

Бир жинсли Ер шарининг магнит майдони T_0 билан континентал (материк) T_1 магнит майдонлар тўплами магниторазведкада ернинг нормал магнит майдони, деб аталади:

$$T_n = T_0 + T_1 \text{ ёки } T_n = T_0 + T_{\text{конт.}}$$

$T_n = 0,5\text{э.}$ — Ернинг нормал магнит майдонининг ўртача киймати.

Континентал магнит майдонлар фақат платформаларда жойлашган. Кузатилган магнит майдонининг ернинг нормал магнит майдонидан фарқи магнит аномалияси деб аталади.

$$T_a = T_{\text{куз.}} - T_n; \quad Z_a = Z_{\text{куз.}} - Z_n; \quad H_a = H_{\text{куз.}} - H_n.$$

Магнит аномалияларининг кучланганлиги ва хусусияти тоғ жинсларининг магнит хоссалари ва Ер магнит майдонининг кучланганлигига боғлиқ.

1.4. Магнит майдоннинг вариациялари

Ернинг магнит майдони нафақат маконда, балки муайян вақт давомида турли йўналишлар бўйича ҳам ўзгариб туради, бу ўзгаришлар вариация деб аталади. Вариациялар ўзгариш вақт бирликларига қараб қуйидаги турларга бўлинади: асрлик, йиллик, ойлик, суткалик ва магнит бўронлар.

Олимларнинг фикрича, асрлик вариациялар содир бўлиш сабаби Ернинг ичи (ядро ва ядро билан қобиқ орасидаги чегараси)да ўтаётган жараёнлар билан боғлиқ. Асрлик вариациялар узок вақт давомида (ўн ва юз йиллар) ўтади, Ер магнит майдонининг ўртача йиллик қийматининг анча ўзгаришига олиб келади. Улар даврли ўзгариш бўлиб, магнит обсерватория ва таянч нуқталардаги кузатув бўйича ҳисобланади.

Йиллик, ойлик, суткалик вариациялар ва магнит бўронлар ионосферада юз бераётган ташқи жараёнлар туфайли содир бўлади. Улар қуёшнинг активлигига боғлиқ.

Йиллик вариациялар геомагнит майдон кучланганлиги ўртача ойлик қийматларининг ўзгаришига олиб келади. Улар кичик амплитуда билан таърифланади.

Ойлик вариациялар сутка давомида қуёш активлигининг ўзгариши сабабли геомагнит майдон кучланганлигининг ўзгаришига олиб келади.

Суткалик вариациялар сутка давомида қуёш активлигининг ўзгариши сабабли геомагнит майдон кучланганлигини ўзгаришига олиб келади.

Вариациянинг максимал қиймати кундузи ва ойнинг ерга қарши туришида бўлади. Йиллик ва суткалик вариациялар силлиқ, даврлик бўлади. Уларга шиддатланмаган вариациялар дейишади.

Булардан ташқари, шиддатланувчи вариациялар ҳам мавжуд, уларга нодаврлик импульсли вариациялар ёки магнит бўронлари қиради. Магнит бўронларининг жадаллиги ва сони қуёшнинг активлигига боғлиқ бўлиб, қонунли равишда 11 йиллик давр билан ўзгаради. Давомийлиги бир неча соатдан бир неча суткагача, жадаллиги бир неча гамма ($nTл$)дан минг гамма ($nTл$)гача ўзгаради. Улар катта майдонларни (қўпинча шимолий ва жанубий кенгликларни) қамраб олади. Улар қуёшдан тарқалган зарядланган заррача — корпускулалар оқимлари таъсирида ҳосил бўлади. Ушбу корпускулалар оқимлари геомагнит майдонга кириб, мураккаб траектория бўйлаб ҳаракат қилади. Корпускулаларнинг катта қисми ернинг қутб соҳаларига бостириб кириб, кучли вариация ҳамда қутб ёғдусини ҳосил қилади.

Геомагнит майдон вариациялари ернинг магнит моменти ва магнит ўқининг асрлик қийматлари ўзгаришини кўрсатади. Тадқиқотлар натижасида ернинг магнит моменти йил давомида тахминан ўз қийматидан 1/1500 гача камайиши аниқланган. Магнит қутблари Ер юзасида ҳам силжийди. Масалан, 100 йил давомида (1842 йилдан 1942 йилгача) шимолий магнит қутб ўз жойини 110 км. га ўзгартирган. Ҳозирги вақтда магнит қутб географик қутбга нисбатан бир йилда $0,05^\circ$ градус тезлик билан прецессион (тебранувчи) ҳаракат қилади. Шимолий магнит қутб тахминан 72° шимолий кенглик ва 96° ғарбий узунликда (географик шимолий қутбдан 1400 км. масофада) жойлашган; магнит ўқи ернинг ўқи билан $11,5^\circ$ бурчак ташкил қилади.

Ернинг геологик ривожланиш босқичларида геомагнит майдоннинг қутбларида бир қатор ўзгаришлар бўлган (ишоралари тесқари ўзгарган). Қадимий геологик даврдаги геомагнит майдон бўйича ўзгариш микдорлари палеомагнит усули ёрдамида аниқланади. Палеомагнит усули тоғ жинслари ҳосил бўлиши вақтида геомагнит майдоннинг векторини сақлаб туриш қобилиятига

асосланган. Масалан, чўкинди жинслар ҳосил бўлишида денгиз ҳавзаси тагида ферромагнит минераллари мавжуд бўлган заррачаларнинг секин чўкиши шундай бўлганки, заррачалар ернинг магнит майдони кучланиш чизикларига параллел жойлашган. Бу эса чўкинди қатламларнинг қолдиқ магнитланганлигини кўрсатади. Геомагнит майдон вақт давомида ўзгарган бўлса ҳам қолдиқ магнитланганлик сақланган бўлади.

1.5. Ер магнит майдонининг табиати

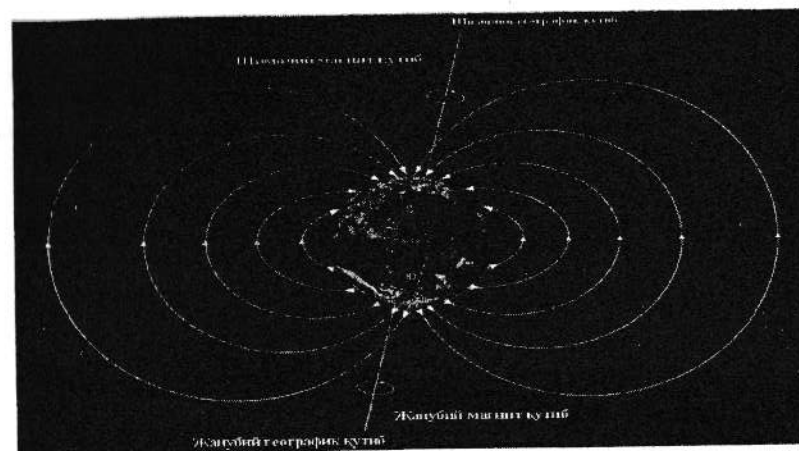
Бу масала мунозарали ҳисобланади. Олимлар орасида кўп фикр ва гипотезалар бор. Лекин, Я.И.Френкель (1947 й.) ва Вальтер Эльзассер (1949 й.) гипотезаларига кўра, геомагнит майдон ернинг марказ қисмидаги айлана тоқлар таъсирида ҳосил бўлган. Ернинг ядросида кўп сонли эркин электронлар мавжуд. Ер ўз ўқи атрофида айланиш ҳаракати ва гиромангнит аталган самара асосида кучсиз магнит майдони ҳосил бўлиши мумкин. Шу майдон таъсири туфайли Ер ядросида экваторнинг текислигига параллел бўлган текисликларда бўронли тоқлар ривожланади.

Геомагнит майдон ҳосил қилувчи ернинг ички электр тоқлари ўзига хос йўналишини вақти-вақти билан ўзгартириш қобилиятига эга.

Геомагнит майдонни ҳосил қилишда Ер қобиғидаги катта чуқурликкача (30-50 км.) ётган, ҳарорати ($t^{\circ}\text{C}$) Кюри нуктасидан паст бўлган жинслар алоҳида аҳамиятга эга. Жуда катта чуқурликдаги ҳарорат Кюри нуктасидан ($360-770^{\circ}\text{C}$) юқори бўлганда, жинслардаги темир ва никелни магнитланиш хусусияти йўқолади. Шу туфайли Ер пўстидаги ётиш чуқурлиги жуда катта бўлмаган тоғ жинслари ернинг умумий майдони билан индуктив магнитланади, ундан ташқари улар қолдиқ магнитланганликни сақлаб туради. Жинслар ҳосил қилган магнит майдонлар ернинг умумий магнит майдонига устма-уст тушиб қўшилади, Ер пўстининг тузилиши ҳақида муҳим маълумот беради.

Куёш Ерга икки типдаги нурланиш: электромагнит тўлқинлари ва зарядланган заррачалар оқими – корпускулаларни юбориб туради. Магнитосферанинг ички экваториал белбоғи – магнитланиш зичлиги энг юқори қисми – Ер юзидан бошлаб 3600 км. гача бўлган сферани ўз ичига олади. У Ерни 35° шимолий кенгликдан 35° жанубий кенгликкача бўлган халқа билан ўраб олган. Ташқи белбоғ электронлардан иборат бўлиб, 65° кенгликларгача тарқалган (1.2-расм). Шу сабабли экваторда космик нурларнинг интенсивлиги

кутбадагига қараганда 5 марта кам. Ионосфера ва куйирокда жойлашган озон қатлами Куёшнинг ультрабинафша ва рентген нурларини ютади; ионосферанинг яна бир хусусияти у радиотўлқинларни худди кўзгу каби қайтаради, бу эса радиоалокани янада узоқларга етказиш имконини беради.



1.2-расм. Ернинг магнит майдони белбоғларининг схемаси

Куёшдан келаётган зарядланган заррача Ер атмосферасидаги атом билан тўқнашиб, унинг орбитасидаги электронни уриб чиқариши мумкин; натижада бу заррача ўз энергиясини йўқотади ва у Ер атмосферасини ионлаштиришга сарф қилади, яъни манфий электрон ва мусбат ионлар ҳосил қилади. Қолган энергия эса яқиндаги бошқа атомларга тарқалади³. Агар атмосфера зичлиги кам бўлса, қолган энергия квант порцияси сифатида ёруғлик энергиясига айланади. Бу ҳолни биз кутб ёғдуси ҳодисасида кузатамиз.

Ер магнит майдони оддий мактаб магнети майдонидан бир неча марта кичик. Лекин бу майдон Ер юзасидан ўн минглаб км. га чўзилиб, жуда катта ҳажмни эгаллайди. Магнит майдони энергияси ҳажмга тўғри пропорционалигидан бу майдон планетанинг атрофига жуда катта таъсир қилади.

Атмосферада электр ўтказувчанлик жуда кичик ва уни диэлектрик деб ҳисобласа бўлади. Ионосферада эса бунинг акси. Юқори ўтказувчан ионосфера, диэлектрик атмосфера ва ўтказувчи

³ Воскресенский Ю.Н. Полевая геофизика. – М.: Недра, 2010. – С.478.

литосфералар биргаликда катта табиий конденсаторни, конденсатор заряди $6 \cdot 10^6$ Кулонни ташкил этади.

Литосфера ва ионосфера орасида доимий потенциаллар фарқи мавжуд. Куёшдан келаётган заррачалар оқими ва атмосфера намлигига караб, бу кучланиш бир неча юз минг вольтни ташкил этади. Момакалдирок олдидан ҳар бир метр юқорига караб потенциаллар фарқи 125 дан 5000 вольтгача боради, шунинг учун чакмоқнинг ўртacha кучи бир неча термоядро бомбасининг портлашига тенг. Чакмоқ пайтида нафакат диэлектрикнинг ёрилиши кузатилади, балки Ер юзасидан тропосферага жуда катта миқдорда сув буглари ҳам олиб чикиб кетилади. Бу буглар конденцатлашиб, ҳар хил булутларни ҳосил қилади.

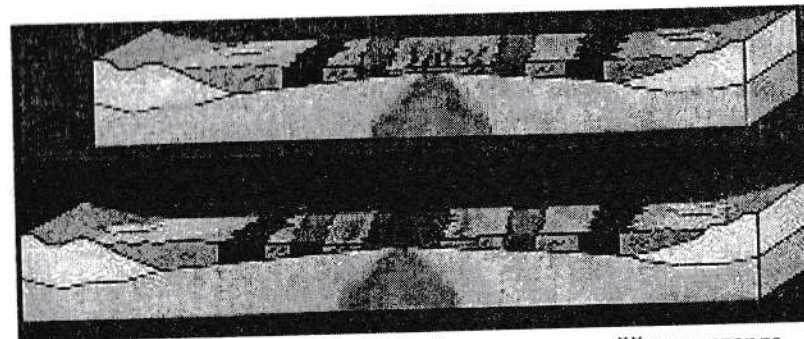
Ернинг магнит майдони **гидромагнит динамо** механизмига асосланган, деб фараз қилинади. Бирламчи магнит майдони Ернинг суюқ ядросида электр ўтказувчан моддаларнинг конвектив ҳаракатлари туфайли кучайиб борган. Бу моддаларнинг юқори ҳароратда юқори ўтказувчанликка эга эканлиги жуда кучсиз магнитланган майдонда электр токи ҳосил бўлишига олиб келади, ўз навбатида, янги магнит майдони ҳосил қилади. Бу майдонларнинг сўниши иссиқлик энергияси ёки яна янги магнит майдонини ҳосил қилади. Ҳаракат характериға караб, бу майдон кучаяди ёки сусаяди. Майдоннинг кучайиши учун маълум асимметрик ҳаракат лозим. Шундай қилиб, гидромагнит динамо учун ҳаракат зарурий шарт бўлса, муҳитнинг ички оқимида маълум асимметрия бўлиши керак. Бирламчи майдоннинг кучайиши гидродинамик ҳаракатлардан ҳосил бўлган энергия ва ток кучининг иссиқликка айланиши мувозанатга эришгунча давом этади.

Динамо-эффект – газ плазмаси ёки ўтказувчан суюқлик ҳаракати натижасида магнит майдонини ўз-ўзидан пайдо қилиш. Бу эффект Куёш, Ер ва планеталарнинг хусусий магнит майдони ҳосил бўлишини боғлайди.

1.6. Ер магнит майдони инверсияси

XIX аср ўрталарида вулкон лаваларининг термоортқча магнитланганлиги – палеомагнетизм ҳодисаси кашф этилди. Вулконлар отилиши натижасида ҳосил бўлган лаваларнинг ҳарорати аста-секин тушиб бориб, улардаги ферромагнетиклар магнитлана бошлайди. Улар 500°C гача совиғанда ўша вақтдаги магнит майдони магнитланганлигини қабул қилиб олади.

Палеомагнит текширувлар натижасида магнит қутбларининг инверсияси борлиги исботланди. Айниқса, океанларда олиб борилган кузатишлар тоғ жинслари магнитланганлиги бир-бирига параллел ҳолда бўлиб, тўғри ва тескари магнитланганлигини кўрсатди (1.3-расм). Океан аномалиялари катта интенсивликка эга.



1.3-расм. Ўрта океан тизмасида тўғри ва тескари йўналишларда магнитланган минтақаларнинг шаклланиш схемаси

Юқори мантиядаги эриган тоғ жинслари, ер ёриқлари орқали ўрта океан тизмаларига лава тариқасида қуйилиб, совий бошлайди. Худди шу вақтда бу жинслар геомагнит майдоннинг шу пайтдаги йўналиши ва кучланганлигини қабул қилиб олади. Литосфера плиталари эса буларни ўзи билан олиб юради. Ҳозирги кунда палеомагнитологлар ернинг 4 миллиард йиллик магнитогеохронологик шкаласини туздилар. Ернинг магнит қутблари вақти-вақти билан ўз жойларини ўзгартириб туради. Шимолий қутб жанубийга айланади ва аксинча. Бу ротациялар учун камида 10000 йил керак. Магнитология ва геофизиканинг охириги йиллардаги ютуқларига қарамай, бундай трансформациялар сабаби ҳали аниқланмади.

Ўтган асрнинг 50 йилларида геологияда янги йўналиш – **палеомагнитология** шакллана бошлади. Тоғ жинсларининг магнит хоссаларини ўрганиш вақтида уларнинг барчаси қолдиқ магнитланганлик деб аталувчи, магнит хотирасига эга эканлиги аниқланди. Жинс таркибидаги магнит минераллар (ферромагнетиклар – магнетит, гематит, титаномагнетит, пирротин ва бошқалар) ҳосил бўлиш вақтида, қутблар йўналишини кўрсатувчи компас миллари каби,

Ернинг магнит майдони кучланиш чизикларига мувофиқ жойлашар экан⁴.

Барча ферромагнит минераллар Кюри нуктасигача киздирилганда магнит хоссаларини йўқотади. Магнетит учун бу нукта 580°C ни ташкил этади, пирротинники – 320°C , титаномагнетитники – 1200°C . Табиийки, тоғ жинслари Кюри нуктасигача совуганда улар магнит хоссалари ёки термоколдик магнитланганликка эга бўлади. Барча магматик жинслар ушбу термоколдик магнитланганликка эга. Чўкинди жинслар ҳам магнит хотирасига эга бўлади. Уларнинг колдик магнитланганлиги йўналтирилган ёки седиментацион дейилади. У чўкинди ҳосил бўлиш жараёнида магнит минералларининг чўқиши туфайли вужудга келади. Магнит мили хоссасига эга бўлган бу заррачалар Ернинг магнит майдони кучланиш чизиклари бўйича мўлжалланиб чўқади.

Колдик магнитланганлик ҳодисасининг кашф этилиши чўкинди ва магматик жинсларни табақалаш, ўзаро таққослаш имкониятларини яратиб, **магнитостратиграфия** йўналиши шаклланишига олиб келди. Литосфера плиталари тектоникаси назарияси ривожланишида унинг аҳамияти бекиёс. Тоғ жинсларининг магнитланганлигини ўрганиш литосфера плиталари ҳаракатларини қайта тиклашда, литосфера ва ер пўстининг ривожланиш тарихи ҳақидаги замонавий тушунчаларнинг фундаментал базаси, литосфера плиталари ва блокларининг бир-бирига нисбатан сурилиши ва бурилишини аниқлашда бош усул бўлиб саналади. Палеомагнит усул магнит кутбларининг алмашувини (тўғри ва тескари кутблилиқ), кутбга қараб йўналганлик (кутблилиқ вектори) ва палеомагнит кенгликлар координаталарини аниқлаш, табиийки, магнит кутблар ҳолатини аниқлашга имкон беради.

Геомагнит майдонининг ўзгариши 2,5 млрд. йилдан то ҳозирги вақтгача бўлган вақтни ўз ичига олган ер пўстининг барча кесмаларида қайд этилган. Бу колдик магнитланганлик ёши 3,4 млрд. йил бўлган архей жинсларда ҳам аниқланган. Магнит майдони инверсиясининг мавжудлиги Ернинг турли минтақаларида жойлашган кесмаларни ўрганиш натижасида исботланган. Маълум даврийликда шимолий ва жанубий кутблар ўз ўринлари билан алмашиб туради. Бу жараён бирданига содир бўлади. Кутбларнинг ҳозирги пайтдаги ҳолати нормал кутбийлик (N) деб аталади, кутбларнинг ўзаро алмашуви – тескари кутбийлик (R) деб қайд этилади.

Геомагнит майдон хусусияти – унинг кутбийлиги алмашуви (инверсияси)ни ўрганиш кутбийликнинг умумий магнитостратиграфик жадвалини яратишга имкон бери. Унинг Халқаро стратиграфик жадвал билан боғлиқлиги Ер тарихида кечган геологик жараён ва ҳодисаларнинг кетма-кетлигини аниқлаш ҳамда кесмаларни таққослаш имконини беради.

Кутбланишнинг умумий магнитостратиграфик жадвали тўғри ва тескари кутбийликка эга бўлган магнитозоналарнинг кетма-кетлик каторидан иборат. Магнитозоналар турли тоифа – гиперзона, суперзона, ортозона, субзона ва микрозоналардан иборат. Уларнинг ҳар бири умумий стратиграфик жадвалнинг маълум ораликларига мос келади. Кутб алмашув ҳодисаси кесмаларни катламлаштириш ва океанлардаги магнит аномалиялар ёшини аниқлашда кенг қўлланилади. Мезозой ва кайнозойда литосфера плиталари ҳаракатларини геодинамик қайта тиклаш, уларни таҳлил қилишга асосланган⁵.

Кутбийлик алмашинишида Ер магнит майдони кучланганлигининг кескин пасайиши диққатга сазовор.

Палеомагнит тадқиқотлар икки параметр – кутбга қараб йўналиш ва ўрганилаётган кесмаларнинг палеомагнит кенгликларда тутган ўрнини аниқлашдан иборат. Улар биргаликда кутблар ўрнини белгилайди. Компас миллари каби тоғ жинсларидаги палеомагнит кенгликлар градусларга мувофиқ келувчи энгашиши (I) ва кутб йўналишини кўрсатувчи кутбийлик вектори – магнит оғиш (D) ўз изларини қолдирган.

Бу усул турли стратиграфик ораликлар учун ўрганилаётган кесмаларнинг қадимги кенглигини аниқлашга имкон беради. Литосфера плиталари сурилиши ва бурилиши туфайли кутблар ўрни ўзгаради. Улар илгари ер шарининг стереографик проекциясида тасвирланган. Бунда кутблар ўз ўринларини ўзгартиргандек туюлади. Ҳақиқатан эса уларнинг ўзгарганлиги китъалар дрейфи билан тушунтирилиши мумкин. Стратиграфик кетма-кетликда даврлардан-даврларгача кутбларнинг тутган ўрнини қайд этиш орқали литосфера плиталарининг дрейфи ҳақида хулоса чиқариш мумкин. Бундай ҳолда палеомагнит кутбларнинг ер юзаси бўйлаб қолдирган излари плита ва блоklar ҳаракатини акс эттиради. Шунинг учун ҳам улар кутбларнинг туюлма миграцияси дейилади. Унинг йўналиши плиталардаги палеомагнит кенгликлар координаталари орқали аниқланади.

⁴ A.A. Abidov, D.X. Atabayev, D.D. Xusanbayev va boshqalar. "Yer fizikasi". –T.: "Fan va texnologiya" nashriyoti, 2014.

⁵ A.A. Abidov, D.X. Atabayev, D.D. Xusanbayev va boshqalar. "Yer fizikasi". –T.: "Fan va texnologiya" nashriyoti, 2014.

Палеомагнит усул ўрганилаётган объект узокликни аниқлашга имкон бермайди. Шунинг учун ҳам кутбларнинг туюлма миграцияси бўйича қайд этилувчи плиталарнинг барча ҳаракатлари танланган меридианлардан хоҳлаганидан бири бўйича сурилишни акс эттиради. Плиталарнинг бир-бирига нисбатан ҳаракатини қайта тиклаш ва улар орасидаги масофани ўлчаш учун кутбларнинг туюлма миграцияси траекторияларини таккослаш усули қўлланилади.

Ўтилган мавзу бўйича саволлар

1. Магнит майдон индукцияси нимада ўлчанади?
2. Магнит аномалиялар нима?
3. Қолдиқ магнитланганлик нима?
4. Магнит қабул қилувчанлик нима?
5. Аномал магнит майдон деганда нимани тушунаси?
6. Парамагнетиклар нима?
7. Нормал магнит майдон деганда нимани тушунаси?
8. Изодинамолар нима?

2-боб. ЕРНИНГ ГРАВИТАЦИЯ МАЙДОНИ

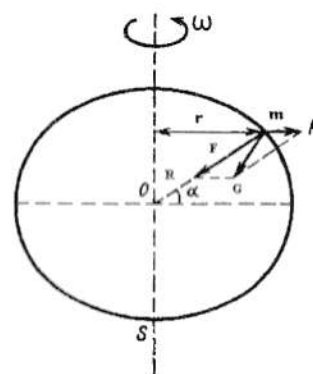
2.1. “Оғирлик кучи майдони” тушунчаси ва моҳияти

Оғирлик кучи майдони (гравитацион майдон) Ер ичидаги тоғ жинсларининг зичликлари фарқланиши билан боғлиқ. Гравитация майдони ҳаво ва коинот, Ер юзаси, денгиз ва океанларда, кудук ва тоғ қазилмаларида кузатилади. Ернинг гравитация майдони оғирлик кучининг тезланиши ва унинг ҳосилалари билан тавсифланади.

Оғирлик кучи. “Гравитас” – латинча оғирлик. Оғирлик кучи ернинг тортишиш кучи (F) ва ернинг ўз ўқи атрофида айланиши натижасида ҳосил бўлган марказдан қочма (P) кучларнинг тенг таъсир этувчиси ҳисобланади.

Демак, оғирлик кучи (G) тортиш кучи (F) ва марказдан қочма кучлар (P) тўпламига тенг. $\vec{G} = \vec{F} + \vec{P}$ (2.1-расм).

Бу кучлар жисм массасининг бирлигига нисбати тезланиш билан тавсифланади:



2.1-расм. Оғирлик кучи ва уни ташкил этувчилари

$$g = \frac{G}{m}; f = \frac{F}{m}; p = \frac{P}{m}; \vec{g} = \vec{f} + \vec{p}$$

Гравиразведкада “оғирлик кучи” деганда “оғирлик кучининг тезланиши” тушунилади. g тезланишининг ўлчов бирлиги СГС тизимида Галилей шарафига аталган «гал» ҳисобланади; у 1 см/с^2 га тенг. Гравиразведкада миллигал (мгал) ишлатилади. $1 \text{ мгал} = 10^{-3} \text{ гал}$.

СИ тизимида $1 \text{ гал} = 10^{-2} \text{ м/с}^2$, $1 \text{ мгал} = 10^{-5} \text{ м/с}^2$.

“ m ” массани Ернинг ҳамма массаси ($M_{\text{ер}}$) F куч билан ўзига тортади. Бу куч бутун олам тортишиш қонуни (Ньютон қонуни) билан аниқланади:

$$F = K \frac{mM_{\text{ер}}}{R^2}$$

Бу ерда:

R – “ m ” массада Ер марказигача масофа;

k – гравитация доимийлиги - бир граммга тенг бўлган, ораси 1 см. масофада жойлашган иккита масса орасидаги ўзаро таъсир этувчи кучнинг қийматига тенг:

$$K = 66.7 \cdot 10^{-9} \frac{\text{см}^3}{\text{г} \cdot \text{с}^2} - \text{СИ тизимида ёки } K = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}$$

(СИ тизимида).

Агар $m = 1$ г га тенг бўлса, унда бирлик массани тортишиш кучи $F \approx K \frac{M}{R^2}$ га тенг ва Ер марказига йўналтирилган бўлади. Марказдан

қочма куч P айланиш ўқиға перпендикуляр бўлган “г” радиус бўйлаб йўналган, у $P = m\omega^2 r$ формула билан аникланади (ω – бурчакли тезлик). P кучнинг микдори кутбда 0 га тенг ($r = 0$), экваторда максимал микдорга тенг. Нисбат $p/f = 1/288$ га тенг, демак оғирлик кучи асосан бутун тортишиш кучи билан аникланади $g \approx f \approx K M / R^2$. Ернинг радиуси кутбда ($R_n = 6356,78 \text{ км}$), экваторда ($R_e = 6378,16 \text{ км}$) ҳар хил бўлгани сабабли $g_n > g_e$ ($g_n = 983,2 \text{ гал}$, $g_e = 978,2 \text{ гал}$). Ернинг ўртача оғирлик кучи 981,26 гал.га тенг (“Потсдам стандарт қиймати”). Ҳар қандай массага эга бўлган жисмни ерга тортадиган куч оғирлик кучи деб аталади.

2.2. Оғирлик кучининг потенциали

Ернинг гравитация майдони оғирлик кучи тезланишига тенг бўлган кучланганлик билан тавсифланади. Марказдан қочма кучнинг тезланиши тортишиш кучининг тезланишига нисбатан жуда кичик бўлгани учун амалда оғирлик кучининг тезланиши тортишиш кучининг тезланишига тенг қилиб олинади:

$$g \approx f = \frac{KM_{ep}}{R^2}.$$

Гравиразведканинг бир неча масалаларини ечишда оғирлик кучи потенциал функцияси “ W ” ишлатилади. Ер марказидан R масофада жойлашган A нуктада гравитация потенциали⁶

$$W A = \frac{KM_{ep}}{R} \text{ га тенг. Ер марказида потенциал максимал қийматга}$$

эга. Ернинг марказидан узоқлашган сари потенциал узлуксиз камайиб боради.

R радиуснинг давомида A нуктадан ΔR масофада жойлашган бошқа B нуктада потенциал

$$W B = \frac{KM_{ep}}{R + \Delta R} \text{ га тенг.}$$

Иккита нуктанинг потенциаллар айирмаси:

$$\Delta W = W B - W A = \frac{KM_{ep}}{R + \Delta R} - \frac{KM_{ep}}{R} = \frac{KM_{ep}R - KM_{ep}(R + \Delta R)}{R(R + \Delta R)} =$$

$$= KM_{ep} \frac{R - R - \Delta R}{R(R + \Delta R)} = KM_{ep} \left(\frac{-\Delta R}{R(R + \Delta R)} \right) \text{ га тенг бўлади.}$$

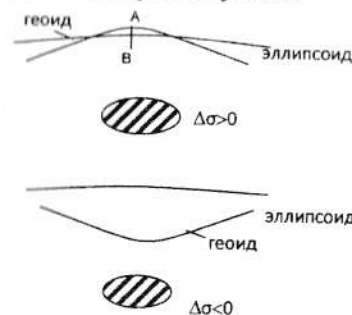
ΔR нолга интилганда (лимитда), яъни жуда кичик бўлганда

$$\Delta W = -\frac{KM_{ep}}{R^2} \cdot \Delta R = -f \cdot \Delta R \text{ га тенг бўлади. Бундан } f = -\frac{\Delta W}{\Delta R} = -\frac{dW}{dR} \text{ ни}$$

топамиз.

$f \approx g$ га тенг бўлгани учун $g = -\frac{dW}{dR}$, яъни оғирлик кучининг тезланиши Ер маркази йўналиши бўйича гравитация потенциалнинг ҳосиласига тенг бўлади.

Тортилаётган нуктани ΔR қисм бўйича ҳаракат иши $\Delta A = f \cdot \Delta R$ га тенг. Бундан $\Delta W = -\Delta A$ аникланади ёки оғирлик кучининг 1 г. га тенг бўлган массанинг ΔR бўйлаб кўчириш иши бу қисмнинг учидаги гравитация потенциал қийматларининг айирмасига тенг. Оғирлик кучи (гравитация) майдонини потенциаллари доимий бўлган юзалар билан тасвирлаш мумкин.



2.2-расм. Геоид юзасининг эгилиши

Улар эквипотенциал юзалар деб аталади. Оғирлик кучи векторлари шу юзаларга нормал (перпендикуляр) ҳолатда жойлашади. Суюқлик массанинг юзаси оғирлик кучи майдонида эквипотенциал юзасига тўғри келади. Ердаги океанларнинг тинч ҳолатидаги юза геоид дейилади. Геоид эллипсоид шаклига яқин бўлади.

Ҳақиқий Ерда геоид эллипсоид билан тўғри келмай-ди. Чунки ортик масса қўшимча гравитация потенциални ΔW яратади. У эквипотенциал юза (геоидининг) эгилишига олиб келади. Агар $\Delta \sigma > 0$ бўлса, бу юза тепага эгилади. Агар $\Delta \sigma < 0$ бўлса, пастга эгилади; $g_N = \Delta W$ (g – A ва B нукталардаги g нинг ўртача қиймати) (2.2-расм).

Оғирлик кучининг тўлиқ вектори учта координата ўқлари бўйича гравитация потенциалнинг ҳосилаларидан аникланади:

⁶ Воскресенский Ю.Н. Полевая геофизика. – М.: Недра, 2010. – С.478.

$$g = \sqrt{g_x^2 + g_y^2 + g_z^2}.$$

Оғирлик кучининг x , y , z координата ўқларига проекциялари $g_x = g \cos(\hat{x})$; $g_y = g \cos(\hat{y})$; $g_z = g \cos(\hat{z})$ – оғирлик кучининг ташкил этувчилари билан таърифланади.

g – оғирлик кучининг тўлиқ қиймати

$$g_x = \frac{\partial W}{\partial x}, g_y = \frac{\partial W}{\partial y}, g_z = \frac{\partial W}{\partial z} - \text{потенциалнинг вертикал градиенти.}$$

Потенциалнинг горизонтал градиентлари

Агар Z ўқи Ер марказига йўналтирилган ва $x=y=0$ бўлса, унда $\frac{\partial W}{\partial x} = \frac{\partial W}{\partial y} = 0$ га тенг ва $g = \frac{\partial W}{\partial z}$ га тенг бўлади. Гравиразведкада потенциалнинг иккинчи тартибли ҳосилалари ҳам ўрганилади.

$$\frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y}, \frac{\partial^2 W}{\partial x^2}, \frac{\partial^2 W}{\partial y \partial z}, \frac{\partial^2 W}{\partial y^2}, \frac{\partial^2 W}{\partial z \partial y}, \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} - \text{градиентлар}$$

Агар $\frac{\partial W}{\partial z} = g$ формула ҳисобга олинса, унда бу ифодаларнинг

физик маъноси аниқланади. Масалан, $\frac{\partial^2 W}{\partial x \partial z} = \frac{\partial g}{\partial x}$ – “ X ” ўқи бўйича оғирлик кучининг ўзгариш (градиентини) тезлигини билдиради, яъни “ X ” ўқи бўйича оғирлик кучининг горизонтал градиенти бўлади. Оғирлик кучи градиентининг ўлчов бирлиги **Этвеш (Е)** қабул қилинган (СГС тизимида). $1\text{Е} = 1 \cdot 10^{-9} \text{Н/кг}$ ва 1 км. масофада оғирлик кучининг 0,1 мгал. га ўзгаришини билдиради.

$\frac{\partial^2 W}{\partial z^2}$ – оғирлик кучининг вертикал градиенти.

$\frac{\partial^2 W}{\partial y \partial z}$ – оғирлик кучининг Y ўқи бўйича горизонтал градиенти.

Иккиламчи тартибли ҳосилалар

$$\frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y}, \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} = \Delta - \text{кузатув нуктасидаги геоид юзасини}$$

тавсифлайди.

2.3. Оғирлик кучининг абсолют (тўлиқ) ва нисбий ўлчовлари

Оғирлик кучининг ўлчовлари мутлақ (абсолют) ва нисбий бўлиши мумкин.

Абсолют ўлчовларда ҳар бир нуктада оғирлик кучининг тўлиқ қийматлари аниқланади.

Нисбий ўлчовларда ҳар бир нуктада асос қилиб олинган (таъин) нуктага нисбатан оғирлик кучининг орттирмалари, яъни айирмалари аниқланади. Абсолют (тўлиқ) ўлчовларда маятник асбоблари, нисбий ўлчовларда гравиметр ва маятник асбоблари ишлатилади.

Абсолют ўлчовларга жуда кўп вақт сарфланади. Шунинг учун гравиразведка дала ишларида нисбий ўлчовлар ўтказилади.

Оғирлик кучининг градиентларини ўлчаш учун градиентометр ва вариометрлар ишлатилади.

2.4. Оғирлик кучининг нормал қиймати

Ерни бир жинсли, зичликлари доимий бўлган концентрик қатламлардан ташкил топган деб, оғирлик кучининг геоид юзаси учун ҳисобланган назарий қиймати оғирлик кучининг нормал қиймати деб аталади.

Француз олими А.Клеро Ернинг шакли сфероид (шарга ўхшаш) деб фараз қилиб, қуйидаги формулани чиқарган:

$$\gamma_0 = g_0 (1 + \beta \sin^2 \varphi).$$

Бу ерда:

g_0 – оғирлик кучининг экватордаги қиймати (978,016 мгал);

φ – географик кенглик;

β – айланиш бурчак тезлиги ва сфероиднинг сикилишига боғлиқ бўлган коэффициент:

$$\beta = \frac{g_{\text{экв}} - g_{\text{полюс}}}{g_0} \approx 1/189.$$

Гельмерт Ерни эллипсоид деб ҳисоблаган ва аниқроқ формулани чиқарган:

$$\gamma_0 = g_0 (1 + \beta_1 \sin^2 \varphi - \beta_2 \sin^2 2\varphi)$$

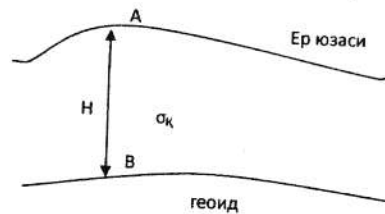
Бу ерда:

β_1 ва β_2 – ернинг шакли ва айланиш бурчак тезлигига боғлиқ бўлган коэффициентлари:

$$g_0 = 978.016 \text{ мгал}; \beta_1 = 0.005302; \beta_2 = 0.000007 \text{ га тенг}$$

$\gamma_0 = g_0 (1 + 0.005302 \sin^2 \varphi - 0.000007 \sin^2 2\varphi) - 14 (\text{Мгал})$ – гравиразведкада ишлатиладиган оғирлик кучи нормал қийматининг формуласи (МДХ давлатларида).

2.5. Оғирлик кучи аномалиялари



2.3-расм. Баланглик ва оралик қатлам учун тузатмаларни изоҳловчи схема

Ўлчанган оғирлик кучи ва шу нукта учун оғирлик кучининг нормал қиймати орасидаги фарқи оғирлик кучининг аномалияси (гравитацион аномалия) деб юритилади.

$$\Delta g_o = g_{\text{грав}} - \gamma_o.$$

Оғирлик кучи Ер юзасида ўлчанади, оғирлик кучининг нормал қийматлари эса геоид юзаси учун ҳисобланади. Анома-

лияларни таққослаш қиёфасига келтириш зарур. Бу ҳолатда тузатишлар (редукциялар) киритилади ва бу жараён редукциялаш дейилади.

Оғирлик кучининг аномалияларини ҳисоблаш учун ҳар хил редукциялар киритилади.

1) Бўш ҳавога киритилган (баланглик учун) тузатиш.

Бу тузатишни киритганда ўлчаш нуктасининг океан сатҳига нисбатан баланглиги ортгани ҳисобга олинаиб, океан сатҳи ва ўлчаш нуктаси оралиғида тортувчи масса йўқ деб фараз қилинади. Бу редукцияни киритишнинг мақсади шундаки, баланглик ортганда ўлчанган "g"нинг қиймати камаёди. Бу редукция номи **Фая** редукциясидир. У мусбат бўлиб, қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$\Delta g_1 = +0,3086 H, \text{ мгал}$$

Бу ерда: H – кузатув нуктасининг баланглиги (м) (2.3-расм). Бу тузатма билан ҳисобланган аномалия **Фая** аномалияси дейилади.

2) Оралик қатлам учун тузатиш.

Бунда кузатув нуктаси ва геоид орасидаги оралик қатламдаги массаларнинг ўзаро тортишиш кучининг таъсири ҳисобга олинади, у қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$\Delta g_2 = -0,0419 \sigma_k \cdot H (\text{мгал}),$$

Бу ерда:

σ_k – оралик қатламдаги тоғ жинсларининг ўртача зичлиги;

H – оралик қатламнинг қалинлиги.

Тоғли туманларда оралик қатламнинг ўртача зичлиги $2,67 \text{ г/см}^3$ га тенг қилиб олинади, текис туманларда эса $2,3 \text{ г/см}^3$ деб қабул

қилинади. Оралик қатлам массалари ўлчанган оғирлик кучи қийматини кўпайтиргани учун бу тузатиш манфий бўлади.⁷

3) Шу икки тузатишларнинг тўплами БУГЕ тузатмаси дейилади:

$$\Delta g_E = \Delta g_1 + \Delta g_2 = 0,3086 H - 0,0419 \sigma_k H.$$

Бундан ташқари, рельеф учун ҳам тузатиш киритилади (Δg_p). Рельеф учун Δg_p ҳар доим мусбат бўлади, чунки нотекис ўлчанган "g"нинг қийматини камайтиради. Учта тузатишларнинг йиғиндиси "Буге"нинг тўлиқ редукцияси деб аталади.

$\Delta g_B = \Delta g_1 + \Delta g_2 + \Delta g_p$ унда ҳисобланган аномалия $\Delta g_o = g_{\text{грав}} - \gamma_o + \Delta g_B$ – Буге аномалияси.

4) Денгиз ва океанлар суви остида ўтказиладиган кузатувлар учун Прей редукцияси ҳисобланади:

$$\Delta g_{\text{Пр}} = (-0,3086 + 2 \cdot 0,0419 \sigma_c) \cdot h (\text{мгал}),$$

Бу ерда:

σ_c – сувнинг зичлиги;

h – кузатув нуктасигача бўлган чуқурлик.

Бу кузатиш билан ҳисобланган аномалия Прей аномалияси деб аталади.

Амалда гравиразведка дала ишлари ўрганилган Буге аномалиясини таҳлил қилишга асосланган.

2.6. Изостазия

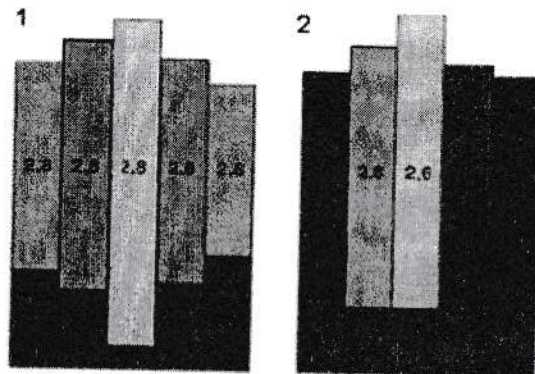
Изостазия – Ер қобиғидаги тоғ жинслари массаларининг гравитацион мувозанат ҳолати. Ҳар қандай ҳудудда бир хил қўндаланг кесимга эга бўлган маълум вертикал колонка олинса, ундаги массалар изостатик компенсация сатҳидан балангда бир хил қийматга эга бўлади.

Изостазия назарияси эркин тушиш тезланишини кузатиш натижасида пайдо бўлди. Яъни, бу тезланиш тоғларда нормадан кичик, океанларда эса катта. Бундан китъалардаги жинсларнинг зичлиги океанлардаги жинсларнинг зичлигидан кичиклиги келиб чиқади. Изостазия назариясини Дж.Эйри, Ф.Пратт, Ф.А.Венинг-Мейнеслар ишлаб чиққан.

Джордж Биддель Эйри модели. Унинг фикрича, Ер қобиғи жинслари зичликлари бирбирига яқин, шунинг учун рельефдаги 5-6 км.лик тоғлар массаларини компенсация қилиш учун Ер қобиғи мантияга пропорционал равишда чўкиши керак. Бу моделнинг

⁷ Воскресенский Ю.Н. Полевая геофизика. –М.: Недра, 2010. –С.478.

натижаси – тоғларнинг “илдизи” мавжудлигидир (компенсацион массалар). Изостазия юзаси бу компенсацион массаларга бўлган мантиянинг босимидир, яъни бу юзада мантиядаги босим ер қобиғи жинслари оғирлигига тенг (2.4-расм).



2.4-расм. Изостазиянинг моделлари
1 – Дж.Эйри модели; 2 – Ф.Пратт модели

Ф.Пратт модели. Бу моделда Ер қобиғининг турли блоклари ҳар хил зичликка эга, яъни тоғларни ташкил қилувчи блоklarнинг зичлиги ботикликларни ташкил қилувчи блоklarнинг зичлигидан кам. Экспериментал кузатишлар иккала моделнинг тўғрилигини кўрсатапти (2.4.-расм).

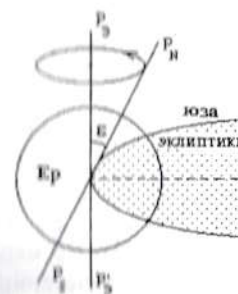
Изостазия мавжудлигининг исботларидан бири – рельефнинг оғирлик кучига боғлиқ эмаслиги. Лекин Ер шарининг баъзи туманларида изостазия ҳолатидан чекиниш бор. Масалан, субдукция зоналарида ҳар доим манфий гравитация аномалиялари кузатилади. Бунинг сабаби, океан қобиғи материк қобиғининг остига кириб кетаётганда бу блоklarда мувозанат ҳолати вужудга келмайди. Яна бир мисол, океанлардаги ороларда жойлашган йирик вулқонлар қисқа вақт ичида улкан миқёсда магма ҳосил қилиб, уни сочади. Бунинг натижасида океан қобиғи чўкишни бошлайди ва мувозанатни бузади.

XX асрнинг 30 йилларида Ф.А.Венинг-Мейнес ўз гипотезаларини таклиф қилди. У табиатда, Эйри ва Пратт моделларида кўрсатганидек, ўзаро бир-бирига сирпаниб турувчи блоklar йўқлигини кўрсатди. У Ер қобиғи эластик пластина кўринишида бўлиб, бу пластина чеккалари қобиқнинг барқарор қисмларига боғланган, у гидростатика қонунларига бўйсунмайди, дея фикр билдирган. Шунга

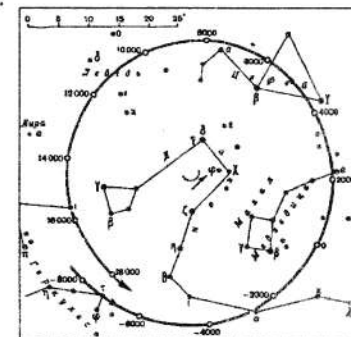
қарамай, бу чеккалар Эйри моделидагидек зичлиги каттарок мантияга эмас, балки астеносферанинг устига ётади. Изостазияни бундай талқин қилганда Ер қобиғининг блоklари бир-бири билан тиркалиши ҳисобга олинади.

Ер айланишини секинлаштирувчи жараёнларга Ер ўқининг прецессияси, нутацияси, прилив (қаппайиш ёки кўтарилиш) ва кутбларнинг тебраниши қиради.

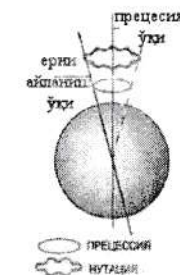
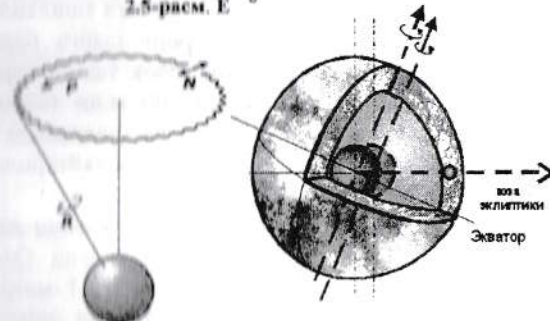
Эрампдан аввалги II асрда грек астрономи Гиппарх баҳорги тенгқунлик нуқтасини аста-секин самодаги юлдузларга нисбатан Қуёшнинг йиллик ҳаракати томонга силжишини, яъни тенгқунлик Қуёш эклиптика бўйлаб тўлиқ айланишидан бирмунча олдинроқ келишини кузатди (2.5-расм). Бу ҳодиса олдиндан рўй бериш ёки грекчасига *прецессия* номини олди.



2.5-расм. Е



алар



2.6-расм. Ер ўқи прецессиясининг PN-PS эклиптика юзасига ўтказилган нормалга P'N-P'E нисбатан схематик тасвири

Экватордаги қаппайишга бўлган Қуёш ва ойнинг таъсири натижасидаги ҳаракат миқдори вақти прецессияни ташкил қилади. Маълумки, Ер ўқи эклиптикага нисбатан $23,5^\circ$ оғган. Ер ўқининг

эклиптикага нормал ҳолда аста-секин айланиши прецессия номини олган. Ер ўқининг кутбдан маълум баландликда фараз қилинган юзада қолдирган чизиги конуснинг асосини ташкил қилади. Бу конуснинг айланиши 47°ни ташкил этади (2.6-расм). Ер ўқи 25800 йилда бир марта тўлиқ айланиб чиқиб илгариги нуқтасига етиб келади⁸. Прецессиянинг ўртача тезлиги йилига 50,2"ни ташкил этади.

$$\omega_p = \omega_{pk} + \omega_{roy} = 50,2''/\text{йил}$$

$$\omega_{pk} = -3/2 * G / \omega_p * (C-A) / C * M_k / R^3 * \cos\theta.$$

Бу ерда:

ω_p – Ер айланишининг бурчак тезлиги;

C, A – Ернинг кутбий ва экваториал инерция моменти;

M_k – Қуёш массаси;

R – Ернинг Қуёш атрофида айланиш орбитаси радиуси;

θ – Ернинг экваториал юзаси билан Қуёшнинг экваториал айланма орбитаси юзаси орасидаги бурчак.

Юқорида кўрсатилган прецессиянинг устига Ер ва Ойнинг эллиптик орбиталарининг ҳар хил сатҳларда жойлашганлиги сабабли ҳосил бўладиган тебранишлар қўшилади. Бу тебранишлар нутациялар дейилади. Нутациялар амплитудаси 18,4", даври – 306 суткани ташкил этади. Ер-Ой системасининг орбитаси юзи эклиптика чизиги томонга оғган ва бу оғиш 18,6 йилда +5° дан –5° гача ўзгаради. Системанинг умумий массалар маркази (барицентр) Ер марказидан Ер радиусининг 0,8 қисмига узоқлашган, лекин у планетанинг ичида жойлашган (2.7-расм). 1973 йилда Ю.Н.Авсюков томонидан Ер кутбларининг тебранишларини тушунтирувчи гипотеза ўртага ташланди. Кутбларнинг Чандлер тебраниши дейилган тебранишларга барицентр силжиши натижасида Ер ички ядросининг суюқ ташки ядро-даги ҳаракати олиб келади. Ядронинг силжиши 100 м.ни ташкил этади. Ер юзидаги катастрофик вулқон отилишлари ва zilзилалар 6-7 йиллик даврда, яъни Чандлер тебранишлари даврида қайтарилиб турилиши маълум.

Ойнинг таъсирида очик денгизларда сув сатҳи кўтарилиш даврида (прилив) 1 метрга кўтарилади, масалан, Тинч океани Охот денгизидаги Пенжинский қўлтиғида унинг амплитудаси 11 метрга етади. Сутка давомида иккита кўтарилиш (прилив) ва иккита пасайиш (отлив) кузатилади. Ер қобиғи Ойнинг кўтарилишлари натижасида 36 см. га, Қуёш таъсирида яна 16 см. га, жами 52 см. га кўтарилади.

⁸ A.A. Abidov, D.X. Atabayev, D.D. Xusanbayev va b.lar. "Yer fizikasi". –T.: "Fan va texnologiya" nashriyoti, 2014.



2.7-расм. Системанинг умумий массалар маркази

Кўтарилишларнинг тарқалиш тезлиги катта бўлиб, 1666 км/с. ни ташкил қилади. Деформациялар ҳар 6 соатда Ерни 600 км. чуқурликкача "массаж" қилиб туради. Оғирлик кучи таъсиридаги Ернинг сикилиши ва зичлашиши гравитация потенциал энергия ажралиб чиқишига сабаб бўлади, бу эса тектоник жараёнларнинг асосий манбаси бўлиб хизмат қилади.

Кузатиладиган кўтарилишларнинг ҳаммаси ярим суткалик, суткалик ва узоқ даврлиларга бўлинади.

Узоқ даврли кўтарилиш тортиб турувчи сайёранинг ярим айланиш даврига тенг. Масалан, агар Ой бўлса, унинг даври икки ҳафта, агар Қуёш бўлса – ярим йил. Бу типдаги кўтарилиш – зонал конфигурацияга эга, у Ернинг инерция моментини ўзгартиради, шу билан унинг айланишини секинлаштиради.

Бир сутка давомида соат бурчаги 2 π га ўзгаради. Бу кўтарилиш Ернинг инерция моменти ва айланишининг бурчак тезлигини ўзгартирмайди.

Асосий кўтарилиш тўлқинлари қуйидаги жалвалда (2.1-жадвал) берилган (П.Мелхиорнинг "Земные приливы" китобидан олинган).

2.1-жадвал

Асосий кўтарилиш (прилив) тўлқинлари			
Тўлқин	Давр	Аргумент сон	Даврий функция
M_2	12.25	(255.555)	$\text{Acos}2\tau$
N_2	12.39	(245.655)	$\text{Acos}(2\tau+s+p)$
O_1	25.49	(145.555)	$\text{Acos}(\tau-s)$
K_1	23.56	(165.555)	$\text{Acos}(\tau+s)$
M_1	икки ҳафта	(075.555)	$\text{Acos}2s$
Mm	тропик ой	(065.455)	$\text{Acos}(s+p)$
S_2	12.00	(273.555)	$\text{Acos}(2\tau+2s-2h)$
P_1	24.04	(163.555)	$\text{Acos}(\tau+s-2h)$

Келтирилган жавабда даярлар соат ва минутта кўрсатилган.

- M_2, N_2 – Ойнинг эрим суткада кўтарилишини таъкил юлдузча кучи;
 S_2 – Күёшнинг эрим суткада кўтарилиш кучи;
 O_1 – Ойнинг суткада кўтарилиш кучи;
 P_1 ва K_1 – Күёшнинг суткада кўтарилиш кучи;
 t – Ойнинг ўртача вақти;
 s – Ой меридианининг ўртача узоклиги;
 h – Күёш меридианининг ўртача узоклиги;
 p – Ой перигейининг узоклиги.
 Ер – Ой тизимда кўтарилиш кучларининг ўзаро алоқалари
 яккол кўрилади. Ернинг йўлдоши, унга хар доим бир томони билан
 қаратган, яъни унинг ўз ўқи атрофида айланиши, унинг Ер атрофида
 айланиши даяри билан синхронлашган.

Ўқитган мавзу бўйича саволлар

1. Ойлик кучи нима?
2. Ойлик кучи (оқин тушиш тезлигининг) ўлчов бирлиги.
3. Ерни нормал травитацион майдон нима?
4. Регионал фон нима?
5. Травитаци хариталари изочанликар номини айтинг.
6. Магнит майдон индукцияси нимада ўлчанали?
7. Магнит аномалиялар нима?
8. Қолдик магнитланганлик нима?
9. Магнит қабул қилувчанлик нима?
10. Ернинг нормал ва аномал травитацион майдонлари нимада тушулча беринг.
11. Изостазия ҳақида тушулча беринг.
12. Изостазиянинг қандай моделлари мавжуд?
13. Кўтарилиш қандай ҳосил бўлади?

3.606. ЕРНИНГ ЭЛЕКТР МАЙДОНИ

3.1. Электроматгит майдонлар

1) Баркарпор майдонлар – улар бир секундан оптик вақт
 йоронда мавжуд бўлиб, ўзармас ва ўзарувчан (гармоник ёки
 констатроник) турлари бўлилади. Ўзарувчан майдонларнинг
 қадотлари миллисекундан ($1\text{мкс}=10^{-3}\text{с}$) петасекунда ($1\text{пт}=10^{15}\text{с}$)
 оғир частотали ($f < 10\text{ кГц}$) ва юкори частотали ($f > 10\text{ кГц}$)
 майдонларга бўлинади.

2) Баркарпоранган майдонлар – кичулыли; импульслар-
 нинг лаомийлиги микросекундан 1 секундага мавжуд бўлади.
 Гармоник (ўзарувчан) майдонларни инфратоушли ($f=16-20000\text{ гГц}$),
 радиотўқинли ($f < 3 \cdot 10^5\text{ МГц}$ метарли) – электроразведкада ўрани-
 ланган ва микроразно тўқинли ($f=10^6\text{ гератерли}$ 1 гГц га) термо-
 разведкада ўраниладиган майдонларга ажратил мумкин. Ўзарув-
 чан майдонларнинг ўлчайдиган параметрлари: электр ё ва магнит Н
 чан майдонларнинг амплитудалари ва фазалари (терморазведкада эса –
 карпорат Т).

Табиий майдонларнинг турли кескинлиги ва тузилиши табиий
 омили ва тор жинсларнинг электроматгит хусусиятларига боғлиқ.
 Сунъий майдонлар жинсларнинг электроматгит хоссапар
 мадонларни кўзатиш усуллари:
 а) таъвананк УСУЛ – ердаги майдон тоқини ерга электрорлар -
 ер тузишлардан ўтказиб кўзатилади;
 б) йилуқия УСУЛ – ток ерга тушмаган контурдан (ҳалка,
 рамка) ўтказилган ва индукция хисобига мундиза электроматгит
 майдон ҳосил бўлади;
 в) аралаш УСУЛ – мадоннинг таъвананк ва индуктив кўзатиш
 усуллари билан таъвананк.

Электроматгит хоссапарга солиштирма электр қаршилик " ρ "
 унга текариси солиштирма электр ўтказувчанлик $\gamma = \frac{1}{\rho}$, электр-
 киндий активлик " α ", кўбуланиш " η ", дисперсия " ϵ ", магнит " μ "
 еинтилувчанлик, презоэлектрлик модули " d " киради. Геология
 мухитларнинг электроматгит хоссапар ва геометрик ўлчамлари
 билан геоэлектрлик кесимлар аниқланади.

Мухитнинг баъзи электромагнит хоссаси бўйича бир жинсли геоэлектрик кесими нормал геоэлектрик кесим деб аталади, бир жинсли эмаслик аномал геоэлектрик кесим бўлади.

Электроразведканинг қўлланилиш эҳтимоллиги электромагнит хоссалари бўйича тоғ жинсларининг бир-биридан фарқ қилишига асосланган.

Электроразведканинг ўрганиладиган чуқурлигини ўзгартириш учун манбалар қуввати ва майдонни қўзғатиш усули ўзгартирилади. Лекин, чуқурликни дистанцион ва частотали усуллар ёрдамида ўзгартириш ҳам мумкин. Дистанцион усулда майдон манбаси ва ўлчов нукталари орасидаги масофани ўзгартиришга асосланган (чуқурликни орттириш учун майдон манбаси ва ўлчам нукталари орасидаги масофа кенгайтирилади). Частотали усули скин – самарага, яъни электромагнит майдонни чуқурликка ўтиши частотасига боғлиқлигига асосланган. Электромагнит майдон ярим фазода тик пастга тарқалганда частотаси қанча юқори бўлса ёки майдонни импульсли қўзғатиш усулида ток ўтказиш вақти t кичик бўлса, майдоннинг амплитудаси шунча тез камаяди (сўнади).

Н чуқурликдаги майдон амплитудаси ер юзасидаги кийматига нисбатан $1/e$ гача ($e=2,718$, яъни 37% га) камайиши скин-қатлам қалинлиги ёки электромагнит тўлкинининг ўтиш чуқурлиги деб аталади.

$$H = 5038 \cdot \sqrt{\rho / f}$$

Бу ерда:

ρ – солиштирма қаршилик;

f – электромагнит тўлкинининг частотаси (Гц).

Шундай қилиб, жинсларнинг солиштирма қаршилиги қанча катта, майдоннинг частотаси қанча кичик ёки тебраниш даври $T = \frac{1}{f}$ қанча катта ва майдон тарқалиш вақти катта бўлса, кидирувнинг чуқурлиги шунча катта бўлади. Электроразведкада чуқурлик бир неча ўнлаб км. дан (инфракрас частотада) бир неча сантиметргача (гигагерцлар – микрорадиотўлқин частотада; тетрагерц 10^{12} гц – инфрақизил частотада) ўзгаради⁹.

Электроразведкада қўлланиладиган усуллар ишлатиладиган майдон турлари бўйича таснифланади.

I. Ўзгармас электр ток усуллари:

1) Қаршилик усуллари – (электропрофиллаш – ЭП усули, тик электр азмойишлар (ТЭА) ёки вертикал электр зондлаш (ВЗЗ) усули); 2) зарядлаш усули (ЗУ).

II. Физик-кимёвий жараёнлар сабабли ҳосил бўлган майдонлар усуллари:

1) Табиий электр майдон (ТМ) усули; 2) ундалган потенциаллар усули (ундалган қутбланиш усули УП).

III. Ўзгарувчан паст частотали электромагнит майдон усуллари: 1) Магнитотеллурик усуллар; 2) Электромагнит азмойишлар (зондлаш) усуллари; 3) Индуктив усуллар: паст частотали узун кабель усули; ўтиш жараёнлари усуллари.

IV. Ўзгарувчан юқори частотали электромагнит майдон усуллари:

1) Радиотўлқинлар усули (радиокомпарация ва пелегация усули (радиокип), радиотўлқинлар ёритиш усули.

Агар, геометрик жисм аниқ бўлса, унда Максвелл тенгламалар тизмидан чиққан дифференциал тенгламалар ёрдамида ва физик қолатлардан электроразведканинг катор физик-геологик моделлари учун тўғри масалалар ечилади (яъни, моделлар устида майдоннинг муайян компоненталарига аналитик ифодалар топилади). Агар кузатув натижасида ушбу майдон компоненталари аниқланган бўлса, унда тўғри масалалар асосида электроразведканинг тескари масалалари ечилади, яъни моделнинг параметрлари аниқланади.

3.2. Тоғ жинсларининг электромагнит хоссалари

I. Солиштирма электр қаршилик ρ

Солиштирма электр қаршилик ρ – бир томони бир метрга тенг бўлган кубик жисмнинг бир қиррасидан рўпарадаги иккинчи қиррасигача ўтаётган электр токига кўрсатган қаршиликдир.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}, \text{ бундан } \rho = R \cdot \frac{S}{l} \left| \text{Ом} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{м}} \right| = |\text{Ом} \cdot \text{м}|,$$

Бу ерда:

R – қаршилик;

l – ўтказкичнинг узунлиги;

S – ўтказкичнинг қўндаланг кесим юзаси.

Ҳар хил тоғ жинсларида солиштирма электр қаршилик жуда кенг ораликда ўзгаради: 0,001 Ом. дан (баъзи 10^{-5} Ом. дан), соф тугма металлларда 10^{15} Ом. гача (слюда, кварц, дала шпатларда).

⁹ Воскресенский Ю. Н. Полевая геофизика. – М.: Недра, 2010. – С. 478.

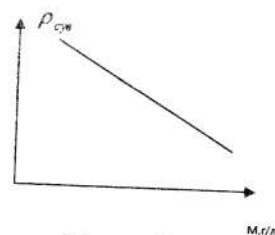
Тоғ жинслари электрон ва ион ўтказгичларга ажратилади. Электрон ўтказгичларда зарядлар эркин электронлар орқали ион ўтказгичларда электр зарядлар ионлар орқали кўчирилади. Бу ионлар тоғ жинслари ғовакларини тўлдирган қоришмаларда жойлашган бўлади. Биринчи гуруҳга соф туғма металллар, сульфидлар, графит, антрацитлар киради. Иккинчи гуруҳга эса қолган тоғ жинслари киради. Солиштирма қаршилик ρ бўйича уларни таснифлаш мумкин:

- а) ўтказгичлар – $\rho = 10^{-3} - 10^1 \text{ Омм}$;
- б) ярим ўтказгичлар – $\rho = 100 - 10^7 \text{ Омм}$;
- в) диэлектриклар – $\rho > 10^8 \text{ Омм}$.

Жинсларнинг солиштирма қаршилиги қуйидаги омиллар билан боғланган бўлади:

а) Тоғ жинсларининг солиштирма қаршилиги шу тоғ жинсини ташкил этган минералларнинг қаршилигига боғлиқ. Кўп минералларнинг қаршилиги жуда катта, фақат сульфидлар, графит ва антрацитлар кичик қаршиликка эга. Жинснинг қаршилиги токни яхши ўтказувчи минераллар миқдори кўпайиши билан камаяди;

б) Тоғ жинсининг қаршилиги, биринчи навбатда, намлиқ ва сувнинг қаршилигига боғлиқ бўлади. Сувдаги эритилган минерал тузларнинг концентрацияси қанча кўп бўлса, унинг қаршилиги шу даражада камаяди. Кўп минералланган ($M=10\text{г/л}$) сувларнинг электр қаршилиги 1 Омм атрофида бўлади. Минералланиши 1 г/л. гача бўлган сув билан тўйинган тоғ жинсларининг солиштирма қаршилиги 10-150 Омм атрофида кузатилади. Солиштирма қаршиликни сувнинг минералланиши билан боғланишини қуйидаги формула орқали кўрсатиш мумкин (3.1-расм.):



3.1-расм. Солиштирма қаршиликни сувнинг минералланиши билан боғланиш графиги

$$\rho_{\text{св}} \approx 8,4 / M,$$

Бу ерда: M – сувнинг минералланиши, г/л.;

в) Тоғ жинсларининг ғоваклилиги ва ёриқчилиги ортиганда қаршилик камаяди. Ғоваклар қанча кўп бўлса, тоғ жинсларини тўйинтирадиган эркин сувлар шунча кўп бўлади. Ғовакларнинг сувга тўйинганлиги ортиб, тоғ жинсларининг қаршилиги камаяди. Агар, ғоваклар газ ёки нефть билан тўйинган бўлса, унда ρ ортади;

г) Тоғ жинсларининг кат-катлиги ёки дарзлилиги электр қаршиликнинг ҳар хил йўналиши бўйича ўзгартиради ва жинсларни электранизотропик ҳолатга келтирилди. Тоғ жинслари анизотропик ҳолати анизотропия λ коэффиценти билан аниқланади:

$$\lambda = \sqrt{\rho_h / \rho_l}, \quad \rho_h > \rho_l.$$

Бу ерда:

ρ_l – қатламланиш ёки дарзликнинг бўйлама йўналиши бўйича ўлчанган солиштирма қаршилик;

ρ_h – қатламланишнинг қўндаланг йўналиши бўйича ўлчанган солиштирма қаршилик.

Тоғ жинсларида λ параметри 1 дан 3 гача ўзгаради, айниқса, кучли сланецлашган тоғ жинсларида. Солиштирма қаршилик эса 1-10 Омм. дан 1000-10000 Омм. гача ва ундан ортиқ ўзгариши мумкин;

д) Тоғ жинслари ҳарорати ошиши билан электр қаршилиги ρ қуйидаги қонуният орқали камаяди:

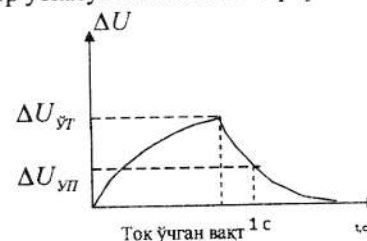
$$\rho_t = \rho_{18^\circ} / [1 + \alpha(t^\circ - 18^\circ)],$$

Бу ерда:

ρ_t – маълум бир ҳароратдаги жинснинг қаршилиги;

ρ_{18° – 18°C ҳароратдаги жинснинг қаршилиги;

α – электр ўтказувчанликнинг ҳарорат коэффиценти.



3.2-расм. Ток ерга ўтказилганда ва ўчирилгандан сўнг қабул қилувчи MN электродларда ҳосил бўлган потенциаллар айирмаларининг ўзгариш графиги

Ушбу коэффицент NaCl қоришмаси учун 0,026 га тенг бўлади. Агар, тоғ жинсининг ҳарорати 40° га ортиб, унинг қаршилиги икки марта камаяди. Тоғ жинсларининг музлик ҳароратида, яъни ҳарорат 0° дан паст бўлса, қаршилик сакрашсимон ортади. Баъзи тоғ жинслари ва минералларнинг қаршилиги 3.1-жадвалда келтирилган.

Кутбланиш “ η ” – кутбланиш майдонининг табиати, тоғ жинслари ва маъданлардан электр ток (доимий ёки паст частотали $f=20\text{Гц}$. гача) ўтганда рўй берувчи физик ва кимёвий жараёнлар. Жинсларнинг кутбланиш имконияти улардан ток ўтказганда зарядлар тўпланади ва ток ўчирилгандан кейин уларнинг камайиши (разряд бўлиши) кутбланиш коэффициенти η орқали баҳоланиб, фоизда (%) ўлчанади. Ток ерга ўтказилганда ва ўчирилгандан сўнг қабул қилувчи MN электродларда ҳосил бўлган потенциаллар айирмаларининг ўзгариш графиги 3.2-расмда кўрсатилган. Ток АВ таъминловчи электродлардан ерга ўтган тоғ жинслари 1-2 дақиқа давомида “зарядланади” ва қабул қилувчи MN электродлардаги потенциаллар айирмаси доимий $\Delta U_{\text{ст}}$ кийматига етади. Ток ўчирилгандан сўнг MN электродлардаги потенциаллар айирмаси $\Delta U_{\text{уп}}$ эквипотенциал конуни бўйича ноль кийматигача камаёди (“разрядланади”). Турли жинс ва минералларда ушбу потенциаллар айирмасининг ўзгариш конуни турлича бўлади.

Кутбланиш коэффициенти қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$\eta = \frac{\Delta U_{\text{уп}}}{\Delta U_{\text{ст}}} \cdot 100 \%$$

Бу ерда: $\Delta U_{\text{уп}}$ – муҳитнинг нуқталари орасида ток ўчирилгандан сўнг муайян муддатдан кейин (0,5-1с) ўлчанган потенциаллар айирмаси (ундалган потенциаллар);

$\Delta U_{\text{ст}}$ – ток ўтган вақтдаги ўлчанган потенциаллар айирмаси.

2. **Электр кимёвий активлик “ α ”** – тоғ жинсларининг табиий ўзгармас электр майдони ҳосил қилиш хусусияти. Ушбу майдонлар ҳар хил концентрация ва кимёвий таркибга эга бўлган тоғ жинсларидаги коришмаларнинг ҳаракати таъсирида фильтрация, диффузия, адсорбция ва оксидланиш-кайтарилиш жараёнлари натижасида ҳосил бўлади. “ α ” милливолтда ўлчаниб, минералнинг таркиби, гиллиги, ғоваклиги, ўтказувчанлиги намлиги ва сувнинг минераллашганлигига боғлиқ¹⁰.

Тоза кумда $\alpha=(10-15)\text{мВ}$; каттик жинсларда $\alpha \approx 0\text{мВ}$ атрофида, гилларда $\alpha = 20 \div 40\text{мВ}$; маъданларда $\alpha > 100\text{мВ}$ бўлади.

¹⁰ А.А.Абидов, Д.Х.Атабайев, Д.Д.Хусанбайев ва бoshqalar. “Yer fizikasi”. –Т.: “Fan va texnologiya” nashriyoti, 2014.

3.1-жадвал

Минераллар	Қаршилиги, ρ	ϵ	Магматик жинслар	Қаршилиги, ρ	ϵ
Ангидрит	10^7-10^{10} Омм.	6-6,5	Гранитлар	10^3-10^5 Омм.	6-10
Гематит	10^4-10^6 Омм.		Диорит	10^4-10^5 Омм.	7-12
Кварц	10^6-10^8 Омм.	4,2-5,5	Габбро, базальт	10^3-10^5 Омм.	6-12
Дала шпати	$10^{11}-10^{12}$ Омм.	4-10	Сиенит	10^2-10^5 Омм.	7-12
Графит	$10^{-6}-10^{-1}$ Омм.		Гнейслар	10^2-10^5 Омм.	5-12
Мис сульфили	$10^{-5}-10^{-4}$ Омм.	8-17	Мармарлар	10^4-10^8 Омм.	
Антрацит	$10^{-2}+10^2$ Омм.	5-8	Кристаллик сланецлар	10^3-10^5 Омм.	
Сув	$10^{-1}-10^5$ Омм.	80			
Нефть	10^9-10^{16} Омм.	8-17			
Метаморфик жинслар					

3.2-жадвал

Чўкинди жинсларнинг қаршилиги			
Гиллар	$1-10^2$ Омм.	Доломит, оҳактош	10^2-10^5 Омм.
Алевролит	10^3-10^5 Омм.	Қумлар	$5-10^3$ Омм.
(шағал)	10^3-10^5 Омм.	Қумтош	$10-10^3$ Омм.
Конгломерат	10^1-10^3 Омм.	Гилли сланец	10^2-10^3 Омм.

Пьезоэлектрик модули d – механик деформация таъсирида минераллар ва тоғ жинсларининг электр кутбланиши (потенциалларни ҳосил қилиш) хусусиятидир.

q – зарядларнинг ишораси ва кучли деформация турига (чўзилиш-сикилиш ёки силжиш) таъсир этувчи механик кучнинг миқдори ва йўналишига ҳамда кристаллнинг “ d ” пьезоэлектрик модулига боғлиқ.

$q=dF$ “ d ”нинг ўлчов бирлиги СИ тизимида: Кулон/Ньютон (Кл/Н). Энг катта: кварцда – $5 \cdot 10^{-4}-20 \cdot 10^{-4}$ Кл/Н; турмалинда – $3 \cdot 10^{-4}-30 \cdot 10^{-4}$ Кл/Н; нефелинда – $4 \cdot 10^{-4}-12 \cdot 10^{-4}$ Кл/Н; минералларда $d=10^{-5}$ Кл/Н дан ортмайди.

Тоғ жинсларининг таркибида кварц (айникса, тоғ хрустали) қанча кўп бўлса, унда тоғ жинсининг “ d ” киймати шунча катта бўлади. Қуйидаги тоғ жинсларида d қуйидагича камаёди: ер томир-

ли кварц, пегматит ер томирлари, кварцитлар, гранитлар, гнейслар, кумтошлар.

Чўкинди жинсларда ғоваклилик ва боғланган сув микдори ошганда “d” ошади; агар эркин сув ошса, “d” озгина ўзгаради ёки камаяди.

3. Диэлектрик сингдирувчанлик (ϵ).

Электроразведка усулларида диэлектрик сингдирувчанлик ϵ факат юкори частоталарда таъсир этади.

Нисбий диэлектрик сингдирувчанлик $\epsilon = \epsilon_{\text{о.к.}} / \epsilon_0$ – агар, ҳавонинг ўрнига жинсни жойлаштира, конденсаторнинг сиғими неча марта ортишини кўрсатади.

Бу ерда: $\epsilon_{\text{т.ж}}$ – тоғ жинсининг диэлектрик сингдирувчанлиги;

ϵ_0 – ҳавонинг диэлектрик сингдирувчанлиги.

Кичик ораликда нисбий диэлектрик сингдирувчанлик “ ϵ ” 1 дан 80 гача ўзгаради. Кристаллик жинсларда $\epsilon = 5-12$ га тенг; сувга тўйинган чўкинди жинсларда 20÷40 гача ортади, сувда – 80 га тенг.

4. Магнит сингдирувчанлик μ – модданинг ўзига магнит майдоннинг кувват чизиқларини тўплаш қобилиятини тавсифлайди. Магнит сингдирувчанлик μ ташқари, магнит майдон таъсирида ўзининг магнит индукциясини ўзгартириш имкониятини кўрсатади:

$$\mu \frac{B}{T}.$$

Бу ерда: B – магнит индукцияси;

T – магнит майдон кучланганлиги.

Кўп тоғ жинсларида $\mu=1$ га тенг. Факат ферромагнетикларда $\mu = 10 \div 20$ гача ортиб боради. Маъданларда $\mu = 3 \div 10$. “ μ ” нинг таъсири факат юкори частоталарда ($f > 10$ кГц) кузатилади.

Назорат саволлари

1. Электромагнит майдонлар ҳақида нималар биласиз?
2. Барқарор майдонлар қандай ҳосил бўлади?
3. Барқарорлашмаган майдонлар ҳақида нималар биласиз?
4. Майдонларни кўзғатиш усуллари қандай амалга оширилади?
5. Ўзгармас электр ток усуллари айтинг?
6. Физик-кимёвий жараёнлар сабабли ҳосил бўлган майдонлар усуллари.
7. Ўзгарувчан паст частотали электромагнит майдон усуллари.
8. Ўзгарувчан юкори частотали электромагнит майдон усуллари.
9. Тоғ жинсларининг электромагнит хоссалари.
10. Пьезоэлектрик модули.
11. Диэлектрик сингдирувчанлик нима.

4-боб. СЕЙСМОЛОГИК МАЪЛУМОТЛАР БЎЙИЧА ЕРНИНГ ИЧКИ ТУЗИЛИШИ

4.1. Кучланиш модуллари ва уларнинг ўзаро боғлиқлиги

Эластиклик назариясининг асосий тенгламалари О.Л.Коши ва С.Д.Пуассон томонидан XIX асрнинг 20 йилларида аниқланган. Таъсир этувчи кучлар таъсирида қаттиқ жисмлар деформацияланади, яъни шакли ва ҳажмини ўзгартиради.

Изотроп муҳитда эластиклик хусусиятлари йўналишга боғлиқ бўлмайди. Эластиклик модуллари сони иккитагача камаяди, булар λ ва μ – Ламэ коэффициентлари. Бу энг оддий ҳолда кучланишлар компоненталари деформациялар компоненталари орқали қуйидагича ифодаланади:

$$\sigma_x = \lambda\theta + 2\mu\gamma_{xx}; \quad \tau_{xy} = \mu\gamma_{xy}; \quad (3.1)$$

$$\sigma_y = \lambda\theta + 2\mu\gamma_{yy}; \quad \tau_{xz} = \mu\gamma_{xz}; \quad (3.2)$$

$$\sigma_z = \lambda\theta + 2\mu\gamma_{zz}; \quad \tau_{yz} = \mu\gamma_{yz}; \quad (3.3)$$

$$\theta = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z};$$

Бу ерда: θ – дилатация.

Турли масалалар ечилаётганда λ ва μ билан биргаликда изотроп муҳитни қуйидаги бешта эластиклик модуллари ифодалайди:

1. Юнг модули (E), (бўйлама чўзилиш модули) – жисмнинг чўзилиши ёки бўйлама сиқилишига қаршилигини кўрсатади.

2. Пуассон коэффициенти (σ) – ўзак (стержень) чўзилиши ёки сиқилиши натижасида ҳосил бўладиган кўндаланг деформациянинг бўйлама деформацияга нисбати кўрсаткичи.

3. Ҳар тарафлама (ҳажмий) сиқилиш модули (K) – ҳажмий деформация (дилатация) билан ҳар тарафлама бир хилда берилган босим орасидаги боғлиқликни ифодалайди.

4. Силжиш модули (μ) – силжиш таъсирида жисмнинг шакли ўзгаришини ифодалайди. Бунда уринма куч таъсирида жисмнинг шакли ва тўғри бурчаклари ўзгаради, ҳажми эса ўзгармайди.

5. λ модули – сиқилиш-кенгайиш деформациялари ва нормал кучланишларни ифодаловчи тенгламаларда дилатация коэффициенти. Суюқ ва газсимон муҳитларда, яъни силжиш модули ($\mu=0$) бўлганда, λ модули қиймати ҳар тарафлама сиқилиш модули (K) га тенг бўлади.

Қуйида изотроп муҳит учун юкоридаги модулларнинг ўзаро боғлиқлигининг асосий тенгламалари берилган:

$$K = \frac{1}{3} \frac{E}{1-2\sigma} = \frac{2\mu(1+\sigma)}{3(1-2\sigma)} = \lambda + \frac{2}{3}\mu; \quad (3.4)$$

$$\mu = \frac{1}{2} \frac{E}{1+\sigma} = \frac{3K(1-2\sigma)}{2(1+\sigma)} = \frac{3}{2} (K - \lambda) = \frac{\lambda(1-2\sigma)}{2\sigma}; \quad (3.5)$$

$$\lambda = \frac{\sigma E}{(1+\sigma)(1-2\sigma)} = \frac{3K\sigma}{1+\sigma} = K - \frac{2}{3}\mu = \frac{2\sigma\mu}{1-2\sigma} \quad (3.6)$$

Булардан E ва σ қийматларини топиш мумкин. X, Y, Z орқали dV элементар ҳажмга таъсир этаётган кучларни белгилайлик, j_x, j_y, j_z — инерция кучлари қўзгаган dV ҳажмнинг огирлик маркази тезланишининг координата ўқлари бўйича проекцияси бўлсин. Даламбер принципига асосан таъсир этувчи кучлар тезланишга пропорционалдир.

Ҳажм элементи мувозанат ҳолатида изотроп мухит учун ҳар қандай кучлар майдони қуйидагича ифодаланади:

$$((\lambda+\mu) \frac{\partial \theta}{\partial x} + \mu \nabla^2 u + \rho X = \rho \frac{d^2 u}{dt^2}; \quad (3.7)$$

$$(\lambda+\mu) \frac{\partial \theta}{\partial y} + \mu \nabla^2 v + \rho Y = \rho \frac{d^2 v}{dt^2}; \quad (3.8)$$

$$(\lambda+\mu) \frac{\partial \theta}{\partial z} + \mu \nabla^2 w + \rho Z = \rho \frac{d^2 w}{dt^2}; \quad (3.9)$$

$$\nabla^2 = \frac{d^2}{dx^2} + \frac{d^2}{dy^2} + \frac{d^2}{dz^2} - \text{Лаплас оператори} \quad (3.10)$$

Ташки кучлар йўқ бўлса, яъни фақат тебраниш ҳаракатлари натижасида ҳосил бўлган инерция кучлари таъсир қилаётган бўлса, $X=Y=Z=0$ оддий алмаштиришлардан сўнг иккита фундаментал тенгламага эга бўламиз:

$$\nabla^2 \vec{u} = \frac{1}{v_p^2} \frac{\partial \vec{u}}{\partial t^2}, \quad (3.11)$$

$$\nabla^2 \vec{u} = \frac{1}{v_s^2} \frac{\partial \vec{u}}{\partial t^2}. \quad (3.12)$$

Биринчи тенглама бўйлама (компрессион) тўлқинларни, иккинчиси кўндаланг (силжиш) тўлқинларнинг тарқалишини ифодалайди. Эластиклик параметрлари ва зичлик орқали бу тўлқинлар тезликлари қуйидагича бўлади:

$$v_p = \sqrt{\frac{(\lambda+2\mu)}{\rho}}; \quad (3.13)$$

$$v_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}; \quad (3.14)$$

Уларнинг нисбати фақат Пуассон коэффициентига боғлиқ бўлади:

$$\frac{v_s}{v_p} = \gamma = \sqrt{\frac{(1-2\sigma)}{2(1+\sigma)}}; \quad (3.15)$$

Бундан, Гук қонуни бажарилаётган туташ мухитларда $\frac{v_s}{v_p}$

$\gamma (\sigma \geq 0)$ дан катта бўла олмайди.

Инерция кучлари натижасида ҳосил бўлган, кўндаланг ва бўйлама тўлқинлар ҳажмли тўлқинлар дейилади¹¹.

4.2. Сейсмик тўлқинлар тарқалишининг ўзига хос хусусиятлари

Сейсмик тўлқинларнинг тоғ жинсларида тарқалиш қонунлари геометрик оптиканинг Христиан Гюйгенс, Пьер де Ферма, Т.Юнг Вишлебурд Снеллиус каби олимлар нуктаи назарларига асосланган.

Х.Гюйгенс нуктаи назарига биноан, тўлқин фронтининг ҳар бир нуктасини мустақил тебраниш манбаи, яъни иккиламчи тўлқин манбаи деб ҳисоблаш мумкин; бунга асосан берилган тўлқин фронтининг айрим ҳолатларига қараб, бошқа ҳолатдаги тўлқин фронтини белгилаш мумкин.

П.Ферма нуктаи назарига биноан, иккита нукта орасида тўлқин энг кичик қаршилик этувчи йўл бўйлаб тарқалади, яъни энг қисқа вақт сарф қиладиган йўлни босиб ўтади. (Изотроп) мухитларда сейсмик нур тўғри чизикдан иборат, чунки уларда тезлик доимо бир хил. Градиентли мухитларда (тезлик аста-секин узлуксиз ўзгариб турганда) сейсмик нур эгри чизик ҳолига келади.

Т.Юнгнинг суперпозиция нуктаи назарига биноан мухитда бир неча тўлқин бир вақтининг ўзида тарқалганда уларнинг ҳар бири бошқалари йўқдек ҳаракат қилади. Лекин тўлқинлар мухитнинг бирор нуктасига бир вақтда етиб келганда, зарраларнинг тебранишлари тўлқинларнинг бир-бирига устма-уст тушиш натижасидек намоён бўлади (интерференция кузатилади).

В.Снеллиуснинг ўзаро боғлиқлик нуктаи назарига биноан агар сейсмик тебранишни қўзғатувчи ва қабул қилувчи манбаларнинг жойлари ўзаро алмаштирилса, унда шу нукталарда кузатиш вақти, тўлқиннинг шакли ва зарраларнинг тебраниш сифати ўзгармайди.

Сейсмик тўлқинларнинг тоғ жинсларида тарқалиш мураккаб жараён бўлиб, кинематик ва динамик параметрларга боғлиқ. Кинематик параметрларга тўлқин тарқалиш вақтини, унинг фронтлари ва нуруларини, динамик параметрларга эса тўлқин амплитудаси ва энергияси, импульсларнинг шакли ва спектрал хоссаларини ўрганиш қилади.

Тоғ жинслари зичлигининг ошиб бориши билан тезликлар

¹¹ R.E. Sheriff, L.P. Geldart. Exploration seismology / -2nd ed. p.cm. Includes bibliographical references. ISBN 0-521-46282-7. -ISBN 0-521-46826-a(pbk) @ Cambridge University Press 1982, 1995.

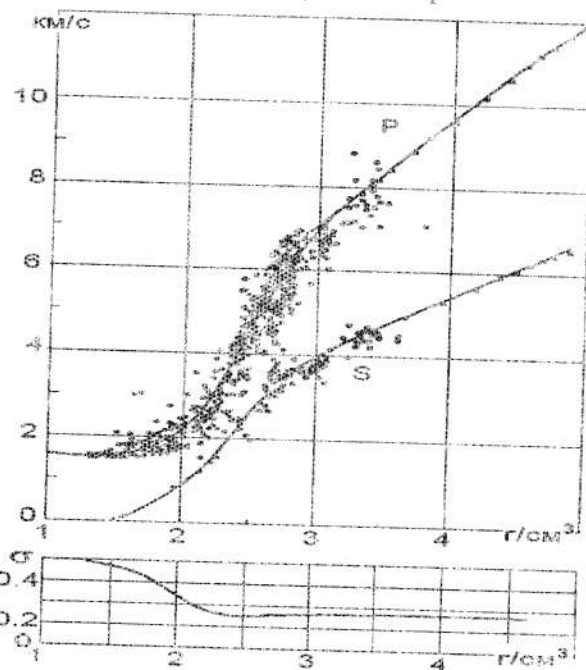
ошади. (4.1-расм). Бунинг сабаби, тоғ босими таъсирида жинсларнинг зичлашуви ва эластиклик модуллари (E, K, μ) сезиларли даражада ошишидир.

Реал геологик муҳитда, ҳар қандай қаттиқ жисмдаги қабил тўлқинларнинг амплитудаси масофанинг узоклашишига қараб камаяди. Бунда юқори частотали компонентлар тўлқинлар дисперсияси туфайли паст частотали компонентларга нисбатан кучлироқ ютилади. Шунинг учун манбадан узоклашган сари паст частотали импульслар сейсмограммаларда кўпая бошлайди.

Сейсмик тўлқинларнинг масофа бўйича сўниши сейсмик чегараларда тўлқинларнинг сўниши ёки қайтиши билан боғлиқ бўлмаган ҳолда, яъни хусусан ютилиш, $\exp[-\alpha(f)r]$ кўринишда бўлади.

Бу ерда:

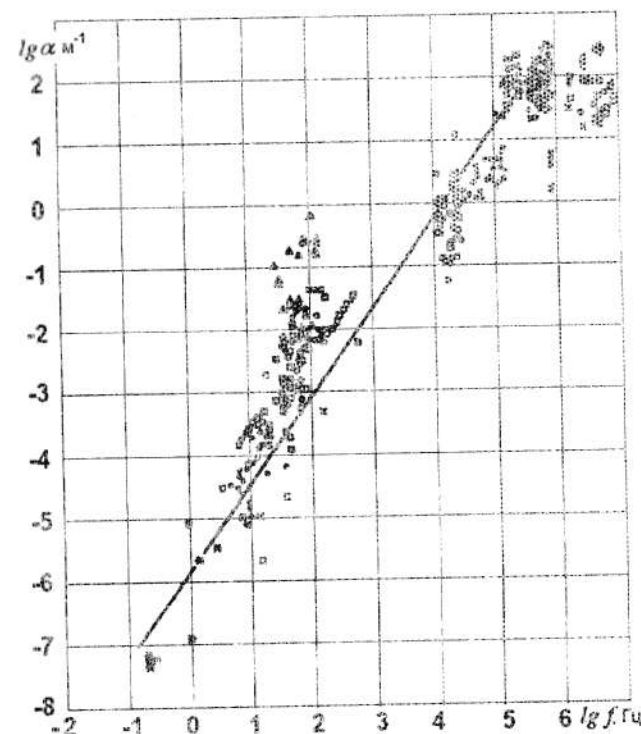
α — тебраниш частотаси f дан боғлиқ бўлган ютилиш коэффициенти; r — тўлқин босиб ўтган масофа.



4.1-расм. Ҳар хил тоғ жинслари учун V_p ва V_s тезликларнинг зичлик ва Пуассон коэффициенти (σ) боғлиқлиги

Тажрибаларнинг кўрсатишича, кенг диапазонда ютилиш коэффициенти тўлқиннинг частотаси билан чизикли боғлиқ (4.1-расмда бўйлама тўлқинларнинг тоғ жинсларида ютилишнинг сейсмологик $(-2 \text{ } -1)$, сейсморазведка $(0 \text{ } -2)$, акустик каротаж ва лаборатория маълумотлари $(4 \text{ } -7)$ бўйича натижалари кўрсатилган).

Ютилиш коэффициенти α билан (ўлчами m^{-1}) бирга, сейсмикада ўлчамсиз ютилиш параметри Q (добротность — сифатлилик, мустақиллик) киритилган. α билан Q орасида қуйидагича боғлиқлик бор: $Q = \pi f / V \alpha = \pi / \lambda \alpha$.



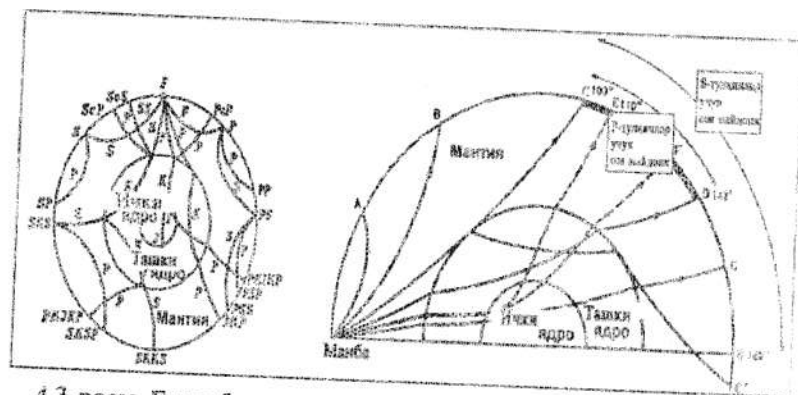
4.2-расм. Ҳар хил литологик таркибга эга тоғ жинслари ютилиш коэффициентининг тўлқин частотасига боғлиқлиги

4.3. Ер радиуси бўйлаб кўндаланг ва бўйлама тўлкинларнинг тарқалиши

Кучли zilzila натижасида ҳосил бўлган ҳажм тўлкинлари Ерни худди ичидан ёритгандек барча қатламларидан кесиб ўтади ва қайтарилади. Лекин, геометрик оптика қонуниларидан фарқи ўлароқ, Ер моддасининг таркиби ва ундаги тезликларнинг ҳар хиллиги сабабли бу тўлкинлар эгри чизик бўйлаб тарқалади (4.3-расм).

Бу тўлкинларни бир-биридан ажратиш учун қуйидаги белгилашлар қабул қилинган:

- P – бўйлама тўлкин,
- S – кўндаланг тўлкин,
- c – ташқи ядродан қайтган тўлкин,
- K – ташқи ядродан ўтган тўлкин,
- i – ички ядродан қайтган тўлкин,
- I – ички ядродан ўтган бўйлама тўлкин,
- J – ички ядродан ўтган кўндаланг тўлкин.



4.3-расм. P манбадан тарқалган сейсмик тўлкинларнинг Ер
ичида тарқалиши

Масалан, PKIKP белги бўйлама тўлкиннинг ташқи суюқ ядродан ўтиб, ички ядродан қайтиб, яна ташқи ядродан ўтиб бўйлама тўлкин сифатида Ер юзасига етиб келганини билдиради. Ердagi чегаралардан ўтганда тўлкин турини ўзгартириши мумкин, яъни бўйлама тўлкин кўндаланг тўлкинга алмашиниши ва ҳоказо (SP, PS, PCS).

1906 йилда сейсмологлар биринчи марта Ернинг ядросини аниқлаган, 1914 йилда эса Гутенберг Ер ядроси чуқурлигини (2885 км.) сейсмик маълумотлар бўйича ҳисоблаб чиққан.

Ташқи ядро чегарасида бўйлама тўлкиннинг тезлиги 13,6 км./с. дан кескинлик билан 8,1 км./с. гача пасаяди. Кўндаланг тўлкин эса ташқи ядрода умуман тарқалмайди. Бундай ҳолат ташқи ядронинг суюқ ҳолда эканлигидан далолат беради.

1936 йилда даниялик олима, сейсмолог Инге Леманн қаттиқ ички ядрони ажратади. Унинг ҳисоби бўйича ички ядронинг чуқурлиги 5000 км. атрофида.

1909 йилда хорватиялик геофизик ва сейсмолог Андрия Мохоровичич сейсмик тўлкинларнинг тезлиги тахминан 35 км. чуқурликда кескин ошишини аниқлади. Бу чегара Ер қобиғи чегараси ёки Мохо чегараси деб атала бошланди. Океанлар остида бу чегара 10-15 км. чуқурликда ётади, тоғли ҳудудларда эса унинг чуқурлиги 50-80 км. ни ташкил этади¹².

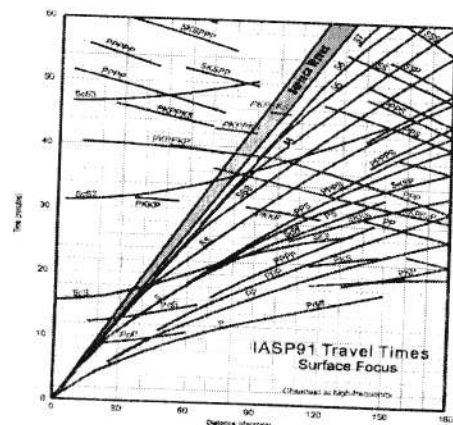
Ҳозирги тасаввурлар бўйича Ер жуда мураккаб кўп сферали объект. Ҳар бир геосфера ўзига яраша мураккаб структура ва геофизикавий майдонлар кўрсаткичига эга.

Бўйлама ва кўндаланг тўлкинларнинг Ер шаридан ўтиб сейсмик станцияларга келиш вақти ҳақидаги маълумотларни йиғиш 1908-1911 йилларда Э.Вихерт ва бошқалар томонидан биринчи годографларнинг (тўлкинни кузатиш вақтининг кўзатиш манбаи ва кузатиш нуқталари оралиғидаги масофа билан боғлиқлиги) тузилишига олиб келди. Бу годографлардан 1930-1940 йилларгача zilzilalar эпицентри ва эпицентрал масофаларни аниқлашда фойдаланилган.

Б.Б.Голицин (1960) сейсмик нурларни Ер юзига чиқиш бурчагини ўлчаш оркали уларнинг етиб келиш вақтини аниқлаш методини ишлаб чиқди. Бўйлама тўлкинлар годографи бунда нурнинг Ер юзига чиқиши туюлувчи бурчаги ва кўндаланг тўлкинлар тарқалиш тезлигига боғлиқ. Кўндаланг тўлкинлар тезлигини Б.Б.Голицин кузатувлардан олган. Ҳисоблашлар натижасида олинган экспериментал годограф 1940 йилларда олинган годографлар билан яқин.

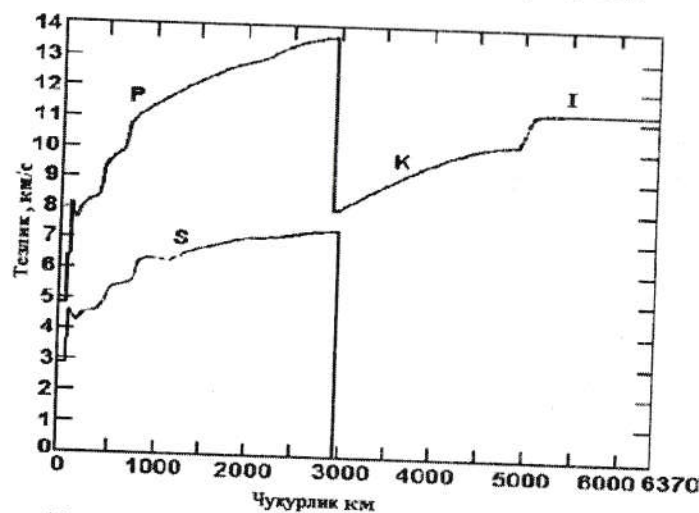
1950-йиллар бошида К.Буллен ва Г.Джеффрислар 0° дан 180° масофа ва 700 км. чуқурликкача бўлган P ва S тўлкинларнинг келиш вақтлари жадвалларини тузишган. Джеффрис-Буллен годографи ҳозирги кунгача жаҳон сейсмик станциялари томонидан ишлатилиб келинади (4.4-расм).

¹² R.E. Sheriff, L.P. Geldart. Exploration seismology / -2nded.p.cm. Includes bibliographical references. ISBN 0-521-46282-7. -ISBN 0-521-46826-a(pbk) @ Cambridge University Press. 1982, 1995.



4.4-расм. Джеффрис-Буллен годографи

Олинган годографлар асосида P ва S тўлқинлар тезлигининг чуқурлик бўйича ўзгариши графиклари тузилади (4.5-расм).

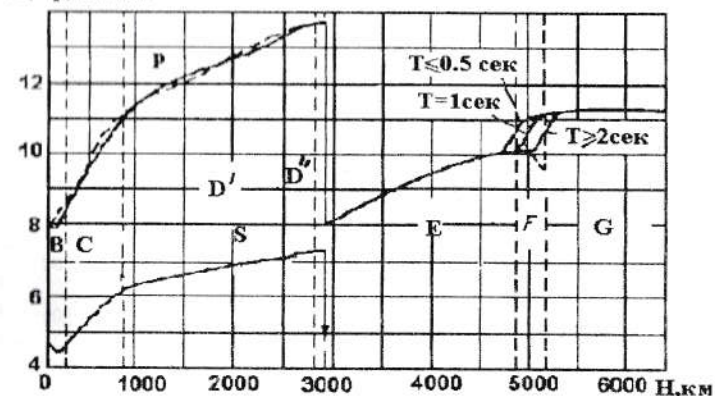


4.5-расм. Бўйлама ва кўндаланг тўлқинларнинг Ерда тарқалиши

Бу расмдаги маълумотлар Ернинг асосий геосфераларини ажратиш имконини беради (4.6-расм):

A – ер қобиғи, 30-40 км. гача чуқурликда ажратилади, унга тезликларнинг биринчи максимумлари тўғри келади; мантия – B, C ва D катлар, 2900 км. чуқурликкача; ядрот – E, F ва G катлар. Ер қобиғи, мантия ва ички ядро чегараларига бўйлама ва кўндаланг тўлқинлар тезлигининг кескин ўзгаришлари тўғри келади.

V_s, V_p , км/сек



4.6-расм. Ернинг асосий катлари

“B” кат тезлиги минимум бўлган, 200 км. чуқурликкача чўзилган зонани камраб олади. “C” катида тезлик 900 км. чуқурликкача тез ортиб бориб, шу ердан унинг графиги бурилади, тезлик ошиши градиенти камаяди.

4.4. Ернинг ички ва ташқи ядросида хажм тўлқинларининг тарқалиши

Ер ядроси ва мантияси орасидаги чегара аниқ чегара ҳисобланиб, бу чегаранинг аниклиги PcP ва ScS қайтган тўлқинлар жадаллиги билан исботланади. Сейсмик нурлар вертикал тушганда нурларни қайтариш шарти қуйидагича бўлади:

$$\left| 2\pi \frac{\delta}{T} \frac{1}{\Delta V} \right| \ll 1 \quad (3.16)$$

Бу ерда:

δ – бир муҳитдан бошқа муҳитга ўтиш қатламнинг калинлиги;

ΔV – муҳитдаги тезликлар фарқи;

T – тебранишлар даври.

Масалан, ядро чегараси ва бўйлама тўлқинлар учун $\Delta V=5,5$ км/сек., $T \approx 10$ сек. Демак, ўтиш қатламнинг калинлиги $\delta \ll 10$ км. бўлади.

4.5. Сейсмологик маълумотлар бўйича Ер геосфераларини ажратиш

Юқорида берилган маълумотлар бўйича Ер асосий сфераларининг ҳолати ҳақида хулосаларни шакллантириш мумкин. *B*, *C* ва *D* қатларда кўндаланг тўлқинларнинг ўтиши уларнинг қаттиқ ҳолатда эканлигини кўрсатади. Бу тўлқинларнинг ташки ядрола кузатилмагани (*E* қат) бу қатнинг суюқ ҳолатдалиги ёки у ерда жуда кучли тўлқин ютилиши жараёни мавжудлиги ҳақида тахмин қилса бўлади. Лекин, бу ютилиш жинсларнинг ички ишқаланишидан ҳосил бўладиган самара эмаслиги аниқ.

Турли чуқурликдаги V_p ва V_s тезликларни билиш Ернинг муҳим механик параметрларини аниқлаш имконини беради:

$$V_s^2 = \frac{\mu}{\rho}; \quad (3.17)$$

$$\frac{K_s}{\rho} = V_p^2 - \frac{4}{3}V_s^2 = F; \quad (3.18)$$

$$\frac{K_s}{\mu} = \left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - \frac{4}{3}; \quad (3.19)$$

$$\sigma = \frac{1 - \frac{2\mu}{3K}}{2 + \frac{2\mu}{3K}}; \quad (3.20)$$

Бу ерда, K_s — адиабатик сиқилиш модули;

σ — Пуассон коэффиценти.

Юқоридаги тенгламаларни таҳлил қилиш қуйидаги хулосаларга олиб келади:

C қатни бир жинсли деб бўлмайди. Бу қатда жинсларнинг кимёвий таркиби ўзгаради ёки фазавий ўзгаришлар содир бўлади. Иккала ҳол ҳам кузатилиши мумкин.

Юқори мантия (*B* қат) ҳам бир жинсли эмас, у дунит, перидотит ва эклогитлардан таркиб топган.

Ер сфераларидаги бўйлама ва кўндаланг тўлқинлар тезликлари, уларнинг бошқа геофизик параметрлар билан боғлиқлиги, қатларнинг хусусиятлари Ернинг параметрик моделлари бўлимида кенгрок ёритилган.

1925 йилда Конрад томонидан бўйлама тўлқинларнинг яна бир фазаси аниқланиб, бу сейсмик чегара ҳам худди Мохо чегараси сингари деярли барча ҳудуддаги ер қобиғида сейсмологлар томонидан ажратилади. Бу чегара *Конрад чегараси* номини олган бўлиб, у гранит катидан базальт катини ажратиб туради.

Зилзила ва портлашлардан ҳосил бўлган тўлқинларнинг тарқалиши сўнгги йилларда жадал ўрганилмоқда. Бунда синган (“преломлённая волна”) ва қайтган (“отражённая волна”) тўлқинлар

усуллари қўлланилган изланишлар натижаларини қуйида кўриб чиқамиз. Тадқиқотчиларнинг кузатишлари натижасида бўйлама ва кўндаланг тўлқинларнинг тезликлари: гранитда — $V_p=4,0-5,7$ км./с., $V_s=2,1-3,4$ км./с.; базальтда — $V_p=5,4-6,4$ км./с., $V_s=3,2$ км./с.; габброда — $V_p=6,4-6,7$ км./с., $V_s=3,5$ км./с.; дунитда — $V_p=7,4$ км./с., $V_s=3,8$ км./с.; эклогитда — $V_p=8,0$ км./с., $V_s=4,3$ км./с.

Булардан ташқари, гранит қатининг баъзи ҳудудларида тўлқинларнинг тезлиги ва қат ичидаги чегаралар бир-биридан фарк қилади. Океан остида шельфдан кейин гранит қатнинг ўзи мавжуд эмас. Континентларда гранит қатнинг қуйи чегараси Конрад чегарасига тўғри келади.

Ҳозирги кунда Мохо ва Конрад чегаралари аниқ кўрсаткичларга эга. Бир қанча континентал ўлкалар учун бўйлама тўлқинлар тезлиги 6,5 км./с. дан 7,0 км./с. гача, 7,0 км./с. дан 7,5 км./с. гача. Диорит ва габбро қатлари мавжуд бўлиб, уларнинг тезликлари $V_p=6,1$ км./с. ва габброда $V_p=7,0$ км./с. Океанлар остида Мохо чегараси 10 км. чуқурликда ётади. Кўп континентлар учун Мохо чегарасининг чуқурлиги платформаларда 35-40 км. тоғли ҳудудларда эса 50 км. ва ундан юқори. Тоғли ҳудудларда Мохо чегараси чуқурроқ жойлашган (тоғ илдизлари). Бу тоғ илдизлари биринчи бор гравитацион маълумотлар асосида аниқланган.

Ер қобиғи қобик ости жинсларидан тузилиши ва кимёвий таркиби билан фаркланади. Ер қобиғи мантия литосферасидан Мохо чегараси билан ажралиб туради. Бу ерда сейсмик тезликлар сакраб, кескин 8,0-8,2 км./с. гача ўзгаради. Ер қобиғининг юзаси ҳар хил йўналишли тектоник ҳаракатларнинг таъсири натижасида рельефнинг ҳосил бўлишига, сўнг денудацияларнинг таъсирида ушбу рельефнинг емирилиши ва чўқинди йиғилиши ҳисобига ўзгариб туради. Натижада доимо шаклланаётган ва текисланаётган ер қобиғининг юзаси жуда мураккаб. Рельефнинг юқори фарқи ҳозирги тектоник фаоллик юқори жойларда кузатилади. Масалан, Перу-Чили океан чуқур нови ва Анд тоғлари орасидаги рельефнинг фарқи 16-17 км. ни ташкил этади. Литосфера плиталарининг тўқнашуви (субдукция, коллизия зоналари) жойларида, масалан, Альп-Ҳимолай альпий бурмачанлиги (Неотетис) минтакаларида бу фарк 7-8 км. ни ташкил этади.

Океан туридаги ер қобиғининг таркиби соддароқ тузилишга эга. Унинг кесимида учта асосий қат ажратилади. Улардан биринчиси, чўқинди қат. Бу қат, асосан, карбонат чўқиндилардан таркиб топиб, 4,0-4,5 км. чуқурликкача тарқалган. Бундан чуқурроқда

карбонатсиз чукур сувларда ҳосил бўлган қизил гиллар ва кремнийли иллар таркалган.

Иккинчи базальт қат толеит базальт таркибли лавалардан ташкил топган. Сейсмик маълумотлар бўйича океан қобиғи базальт катининг қалинлиги 1,5-2 км. ни ташкил этади. Океан қобиғининг габбро-серпентинит қати 4,5-5 км. га этади. Шундай қилиб, океан қобиғининг қалинлиги чўкинди қатсиз 6,5-7 км. ни ташкил қилади. Пастдан океан қобиғи юқори мантиянинг кристаллик жинслари билан тўшалган. Ўрта океан тизмалари чўққилари остида океан қобиғи мантиядан ажралиб чиққан базальт лавалари ўчоқлари устида жойлашган.

Океан қобиғи ўрта океан тизмалари рифт зоналарида рўй бераётган жараёнлар натижасида қайноқ мантиядан ажралаётган базальт эритмаларининг сепарацияси натижасида ҳосил бўлади. Ҳар йили бу зоналарда астеносферадан кўтарилиб, океан тубига 5-6 км.³ базальт эритмалари қуйилиб, океаннинг иккинчи қобиғини ташкил этади. Бу улкан тектономагматик жараёнлар ўрта океан тизмаларида доимий равишда бўлиб, юқори сейсмиқликни келтириб чиқаради. Континентларда бундай ҳолатлар мавжуд эмас.

Континентал турдаги ер қобиғининг таркиби ва тузилиши океан қобиғидан тубдан фарқ қилади. Унинг қалинлиги ороллар ёйи ва ўтиш зоналарида 20-25 км. дан Ернинг ёш бурмаланган ўлкалари – Анд тоғ тизмаси, Альп-Ҳимолай неотекис минтақаларида 80 км. гача этади. Қадимги платформаларда ер қобиғининг ўртача қалинлиги 40 км. ни ташкил этади.

Континентал қобиқнинг тузилиши бир жинсли эмас, айниқса, платформаларда учта асосий қат ажратилади: юқори чўкинди қоплам, гранит ва базальт қатлари. Чўкинди қатнинг қалинлиги қадимги платформаларнинг қалқон қисмларида (шитларда) 0 км. дан континентларнинг сушт чеккаларида 10-12 км. ва ҳатто 15 км. гача етиши мумкин. Протерозой платформаларида чўқиндиларнинг ўртача қалинлиги 2-3 км. ни ташкил этиб, уларнинг таркиби гилсимон ётқизиклар ва карбонат жинслардан иборат.

Консолидациялашган (жипслашган) континентал қобиқнинг юқори қисми асосан токембрий жинсларидан ташкил топган. Бу қат “гранит” қати номини олган. Яъни, бу ном билан ушбу қат қисми жинсларида гранит ташкил этувчи қаторнинг базальт қаторидан устуворлиги таъкидланади¹³.

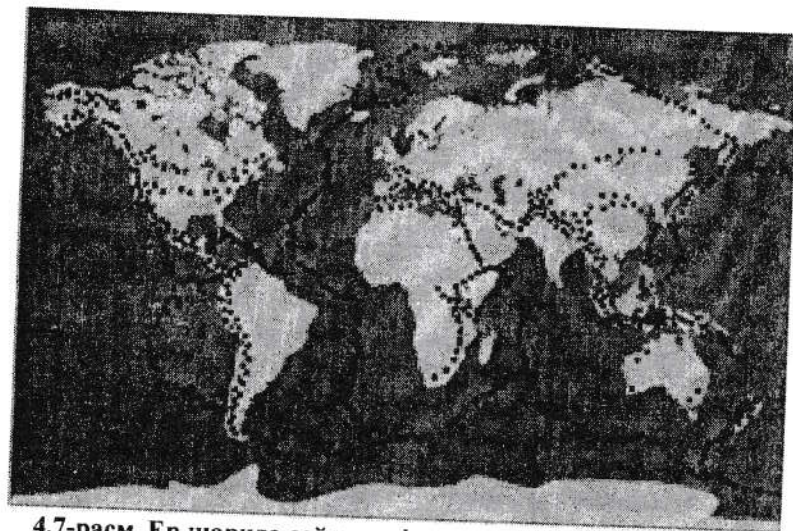
¹³ R.E.Sheriff, L.P.Geldart. Exploration seismology / -2nd ed. p.cm. Includes bibliographical references. ISBN 0-521-46282-7. -ISBN 0-521-46826-a(pbk) @ Cambridge University Press. 1982, 1995.

Ер қобиғининг янада чуқурроқ қисмида (15-20 км. атрофида) кўн қалларда бўйлама тўлқинларнинг тезликлари кескин 0,5 км./с. га ошади. Бу Конрад чегараси бўлиб, ундан қуйида “базальт” қати ётади. Баъзи жойларда Конрад чегараси ажратилмайди, яъни сейсмик тўлқинлар тезлиги кескин ошмайди.

Литосфера ва астеносфера. Ернинг юқори мантияси сейсмик ва бошқа геофизик методлар билан анча яхши ўрганилган. Юқори мантия Мохо чегарасидан бошлаб 400 км. чуқурликка таркалган. Литосфера Ернинг юқори қаттиқ тош қатлами. Унинг қалинлиги Ер шарининг турли ўлкаларида 50 км. дан 150 км. гача ўзгаради. Литосфера Ер қобиғи ва юқори мантиянинг устки қисмини ўз ичига олади; бу ерда мантия моддаси совиб улгуриб, қаттиқ тоғ жинсига айланиб бўлган.

Литосферадан чуқурроқда паст тезликли зона мавжуд. Бу зона литосферанинг қуйи чегарасидан 300-400 км. гача таркалиб астеносфера қати номини олган. Астеносфера моддалари силжиш кучланишлари таъсирида қайишқоқлиги туфайли камроқ деформацияланади. Модданинг ўзини бундай тутиши астеносферада тоғ жинслари бирмунча эригани сабаблидир. Астеносфера қатидан кўндаланг тўлқинларнинг ўтиши бу ердаги моддаларнинг эриши қисманлиги ва модданинг қаттиқ ҳолатда эканини кўрсатади. Эриш баъзи маълумотлар бўйича 20% гача етиши мумкин. Астеносферанинг бу ҳолати кўндаланг тўлқинларнинг кучли ютилишига олиб келади.

Литосфера чуқурлиги бўйича ва горизонтал (латерал) нуналишида ҳар хил таркиб ва хоссаларга эга. Литосферанинг асосий структурасини Ер сатҳи тузилишига қараб тушунса бўлади. Биринчи қарада, Ер юзи океан сатҳидан юқори бўлган континентал ҳудуд ва океан сатҳидан паст бўлган ботикликдан иборат. Континентал ҳудудга шельф, континентал қиялик киради, континентал қиялик тугани билан океан қобиғи бошланади. Океанларда “сочилиб кетган” ороллар, ороллар занжирлари, ороллар ёйлари мустақил структуралардир. Уларнинг ўзига хос тузилиши ва геологик ривожланиш тарихи мавжуд.



4.7-расм. Ер шарида сейсмик фаолликнинг тарқалганлиги (сейсмик фаол минтақалар қизил нуқталар билан кўрсатилган)

Агар, Ер шари сув қатламисиз тасаввур қилинса, океан тубида тоғ тизмалари ва кенг текисликларни кўриш мумкин. Ўрта океан тизмалари ва чуқур океан новлари кўп жойларда трансформ узилмалар билан мураккаблашган. Ўрта океан тизмалари ва чуқур океан новлари ҳамда трансформ узилмалар литосфера яхлитлигини бузиб, уни турли бўлақларга ажратган. Ўрта океан тизмалари ва чуқур океан новлари ҳамда трансформ узилмалар Ер шарининг сейсмик фаол минтақалари ҳисобланади (4.7-расм).

4.6. Зилзила ва уларнинг физик хусусиятлари

Ҳар йили сейсмографлар Ерда юз мингдан ортиқ зилзилани қайд қиладилар. Инсонга шулардан ўн мингга яқини сезилади, ўнга яқини эса ҳалокатли натижаларга олиб келади. Бу зилзилалар, бир томондан, кучли талофотларга олиб келса, яъни кўплаб кишиларнинг қурбон бўлиши, иқтисодий жиҳатдан вайронагарчилик ва ҳоказо, иккинчи томондан, геофизиклар учун Ернинг ички тузилишини ўрганишда муҳим аҳамият касб этади. Геофизика ва сейсмологиянинг энг долзарб вазифаларидан бири зилзилаларнинг содир бўлиш вақти ва жойини башорат қилишдир. Бу ўта мураккаб масаланинг ечими аҳолини зилзила офатидан муҳофаза қилиш ва қурбонлар сонини камайтиришда муҳим аҳамият касб этади. Қуйида яқин минг

йилликда содир бўлган энг талофатли зилзилалар ҳақидаги маълумотлар берилган.

1976 йил 28 июлда Хитойнинг Танишан шаҳри яқинида XX асрнинг энг кучли зилзиласи содир бўлган. Зилзила магнитудаси 8,2 ни ташкил этиб, ҳалокатли оқибатларни келтириб чиқарган. Уй-жойлар ва саноат иншоотлари бир зумда вайронага айланган, кўприклар кулаб, темир йўл рельслари қийшайиб кетган, автострадалар ва турли иншоотлар бузилган, жумладан, сув узатувчи қувурлар ёрилган. Бир ярим миллион киши яшайдиган шаҳарнинг деярли ярим аҳолиси нобуд бўлган.

1755 йил 1 ноябрда Португалия пойтахти Лиссабонда жуда кучли зилзила рўй берган. Палеосейсмодислокация ва тарихий манбалардан фойдаланиб, ҳозирги замон сейсмологлари бу зилзила магнитудаси тахминан 8,6 га тенг бўлганлиги ҳақида хулоса қилишган. Эрталаб соат 9 да ер остидан гумбирлаган овоз келган ва у олти минут давом этган. Бу учта энг асосий зилзилаларнинг биринчиси эди. Тирик қолган одамлар вайрон бўлаётган шаҳарни тарк этишга ҳаракат қилишган. Биринчи ер силкинишидан бир соатча вақт ўтгач денгиз ортга чекиниб, баландлиги 5-7 метр бўлган цунами тўлқинлари ҳосил бўлган ва қирғоққа урилган. Тўлқин тошлардан қурилган қирғоқ бўйи иншоотлари ва шаҳарнинг бир қисmini аҳолиси билан бирга ювиб кетган. Бу зилзилада 50 000 киши қурбон бўлган.

1906 йил 19 апрелда Калифорнияда магнитудаси 8,3 га тенг бўлган зилзила оқибатида, ер юзиде кенглиги 6 метр, узунлиги эса 450 км. бўлган ер ёриғи ҳосил бўлган (Сан-Андреас ер ёриғи). Зилзила учта асосий (бир минутдан давом этган) силкинишлардан иборат бўлган. Газ узатгич қувурлар ёрилиб, ёнғин чиққан ва Сан-Франциско шаҳрининг кўп қисми вайрон бўлган. Қурбонлар сони 700 кишидан ортиган.

1939 йил Туркиянинг Эрзинжан шаҳри яқинида магнитудаси 7,9 га тенг бўлган зилзила оқибатида 40 000 киши ҳалок бўлган. Шу вақтдан бери Туркияда 20 та ҳалокатли зилзила рўй бериб, унда 20000 дан ортиқ киши қурбон бўлган.

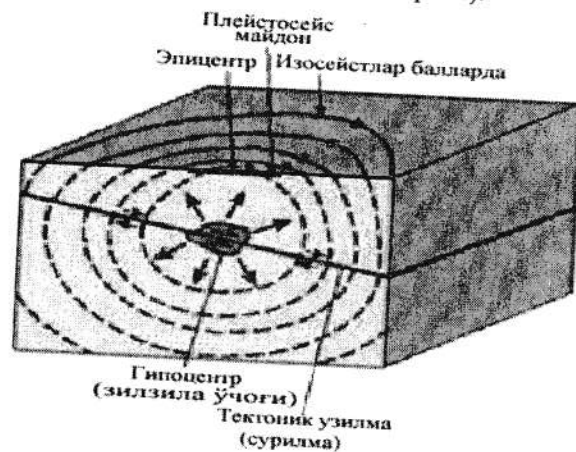
1960 йил 22 майда Чилида жуда кучли зилзила рўй бериб, у Консепсьон шаҳрини вайрон қилган, Валдивия ва Осорно шаҳарларида миллионлаб қилиқлар бошпанасиз қолган. Зилзила оқибатидаги цунами Япониягача етиб бориб, у ерда 120 киши ҳалок бўлган.

1972 йилда Эронда магнитудаси 7,1 га тенг бўлган зилзила содир бўлган. Бунда Кир шаҳри бутунлай вайронага айланиб, 5400 киши ҳалок бўлган. Эрон ўта сейсмик фаол минтақада жойлашганлиги сабабли, у ерда тез-тез зилзила рўй бериб туради. 1978 йилда Тебес шаҳри яқинида магнитудаси 7,7 га тенг бўлган зилзила 15 000 кишининг умрига завољ бўлган. 2003 йил 26 декабрда магнитудаси 6,6 бўлган зилзила натижасида 16 200 киши ҳалок бўлган. Бам шаҳрининг 85% иншоотлари вайронага айланган, зилзила жадаллиги Рихтер шкаласи бўйича 9,0 баллни, Бам яқинидаги Барават шаҳрида 8,0 баллни ташкил этган. Зилзила ўчоғининг чуқурлиги – 10 км. бўлган.

2003 йил 27 сентябрда Россиянинг Монголия билан чегараси яқинида Олтойда магнитудаси 7,3 бўлган зилзила содир бўлиб, у Новосибирск, Абакан, Кемерово ва бошқа шаҳарларда сезилган. Зилзила оқибатида кишилар қурбон бўлган. Зилзила ўчоғи 16 км. чуқурликда бўлган.

Тектоник зилзила ўчоғи деганда, 1-3 минут оралиғида ернинг бирор қисмида ер моддасининг емирилиши (ёрилиши) тушунилади. Амалда шу ёрик бўйлаб ер моддаси бир-бирига нисбатан ҳаракатга келади. Ушбу ҳаракат рўй берган жой *гипоцентр* деб аталади.

Айнан мана шу жойда, яъни гипоцентрда – зилзила ўчоғидан анча узокларда вайронагарчиликка сабаб бўлувчи сейсмик тўлкинлар генерацияси (ҳосил бўлиши) бошланади. Гипоцентрнинг Ер юзидаги проекцияси *зилзила эпицентри* деб аталади (4.8-расм).



4.8-расм. Сейсмик ўчоқ параметрлари

Ўчоқнинг ўлчамлари ва эластик кучланишларнинг микдори сейсмик тўлкиннинг энергияси ва зилзила магнитудасини белгилатади. Масалан, магнитудаси 7,0 бўлган зилзила ўчоғининг узунлиги 50 км. дан ошади. Ўчоқнинг катталигини кўрсатувчи параметрлардан бири *сейсмик момент* – тоғ жинслари силжиш модулининг ёрик майдони ва силжиш амплитудаси кўпайтмасига тенг.

Қатламларнинг силжишига қараб сейсмик ўчоқнинг тури сурилма (сдвиг), ташлама (сброс), сурилма (надвиг) ёки буларнинг нажмундан (комбинациясидан) иборат мураккаб кўринишда бўлиши мумкин.

Сейсмик ўчоқлар чуқурлиги бўйича зилзилалар қуйидагича бўлинади:

кичик фокусли – ер қобиғи ичида, тахминан 70 км. чуқурликкача бўлган зилзилалар, улар барча зилзилаларнинг 51% ни ташкил этади;

оралиқдаги – юқори мантияда, чуқурлиги 70-300 км. гача, улар барча зилзилаларнинг 36% ни ташкил қилади;

чуқур фокусли – чуқурлиги 300-700 км. гача, бу зилзилалар барча зилзилаларнинг 13% ни ташкил этади. Чуқур фокусли зилзилалар субдукция зоналари (литосфера плитасининг мантияга сурилиб кетиши) билан боғлиқ.

Тектоник зилзилалар барча зилзилаларнинг аксарият қисмини ташкил қилади. Улар тоғ ҳосил бўлиши литосфера плиталарининг Ер ёриқлари бўйлаб ҳаракатлари билан боғлиқ. Ернинг юза қисмини (тахминан 100-150 км. чуқурликкача) Ернинг улкан бўлақлари (блок-лари) – *литосфера плиталари* ташкил қилади. Литосфера плиталари астеносферадаги конвектив оқимлар натижасида доимий горизонтал ҳаракатда бўлади. Литосфера плиталари бир-бирига нисбатан яқинлашиб, тўқнашиши (коллизия) натижасида тоғ ҳосил бўлиш жараёни рўй беради. Масалан, Ҳинд-Австралия литосфера плитасининг Евросийа литосфера плитаси билан тўқнашиши натижасида Ҳиндикуш-Ҳимолой тоғлари ҳосил бўлиб, ҳануз давом этмокда. Бу жараён эса ушбу тоғларнинг ниҳоятда сейсмик фаоллигини белгилайди. Бу ерда чуқурлиги 300 км. гача бўлган зилзила ўчоқлари мавжуд. Бошқа ҳолларда литосфера плиталари бир-бирдан узоклашши (спрединг) ёки бир-бирига нисбатан ишқаланиб, сурилиши (трансформ) ҳоллари ҳам (масалан, Калифорниядаги Сан-Андреас ёриғи) катта зилзилаларни келтириб чиқаради.

Горизонтал ҳаракатлар натижасида рўй берувчи вертикал сурилишлар тоғ жинсларини жуда қисқа вақт ичида кўтарилиши ёки

тушишига олиб келади. Бунда силжишлар бир неча сантиметрни ташкил қилади, лекин миллиардлаб тонна тоғ жинсларини мана шу сантиметрларга сурган энергия миқдори жуда катта бўлади.

Вулқонлар Ерда кучли ва кучсиз зилзилаларга олиб келувчи тузилма ҳисобланади. Вулқонли тоғлар ичида ниҳоятда қизиган газ ва лавалар Ернинг устки қисмидаги қатламларга юқори босим бериб туради. Шу вулқон ичидаги лаваларнинг ҳаракатлари натижасида кучсиз зилзилалар бўлиб туради. Булар сейсмология фанида “вулқонли тремор” (“вулқонли титрашлар”) номини олган. Вулқоннинг тайёрланиши ва отилиш жараёни бир неча йилдан юз йилларгача бўлиши мумкин.

1883-йилда *Индонезиядаги Кракатау вулқони* отилиши натижасида Кракатау тоғининг ярми портлаб йўқ бўлган. Ҳосил бўлган зилзила ва ундан кейинги цунами натижасида Суматра, Ява ва Борнео оролларидаги жуда кўп аҳоли ҳалок бўлган.

Исландия, Италия, Япония ва дунёнинг бошқа жойларида ҳозирги кунда ҳам ҳаракатдаги вулқонлар мавжуд.

Денудацион зилзилалар Ернинг ички қисмларидаги ўпирилиш ёки Ер сатҳида кузатиладиган тоғ қўчкилари (“оползень”) натижасида ҳам ҳосил бўлади. Бу ҳодисалар тектоник жараёнлар билан боғлиқ бўлмаган ҳолда рўй беради.

1974 йилда *Перудаги Анд тоғ тизмаларининг Викауак тоғида* икки километр баландликдан 1,5 миллиард куб метр тоғ жинслари Минтаро дарёси водийсига қўчиб тушиб, 400 кишилик қишлоқни қўмиб юборган. Қўчки натижасида ҳосил бўлган сейсмик тўлқинлар 3000 км. узокликдаги сейсмик станцияларда қайд қилинган. Сейсмик энергия эса магнитуда бўйича 5 га етган.

Техноген зилзилалар инсоннинг табиатга кўрсатаётган таъсири натижасида ҳосил бўлади. Буларнинг асосий сабаби ядровий портлатишлар, ер қатламларидан нефть ва табиий газлар қазиб олиш, катта сув омборларига сув йиғиш каби ер қатламларидаги мувозанатни бузувчи фаолиятдир.

Мисол тариқасида Газли кони, Токтогул сув омбори ва бошқаларни айтиш мумкин¹⁴.

1967-йил 11-декабрда Ҳиндистондаги Койна сув омборига сув тўлдирилиши натижасида магнитудаси 6,4 бўлган зилзила рўй берган. Бундай ҳоллар Мисрдаги Ассуан, АҚШ даги Лейк-Мид сув омборларида ҳам кузатилган.

¹⁴ R.E.Sheriff, L.P.Geldart. Exploration seismology / -2nd ed. p.cm. Includes bibliographical references. ISBN 0-521-46282-7. -ISBN 0-521-46826-a(pbk) @ Cambridge University Press. 1982, 1995.

Метеоритлар қоинотдан Ерга келиб тушиши оқибатида ҳам зилзилалар ҳосил бўлади. Бундай ҳодисаларнинг катастрофик оқибатларга сабаб бўлганлигини Ер геологик тарихи реконструкцияси натижасида кўриш мумкин. Одамзод тарихидаги бундай ҳодисани, яъни 1908 йил Сибирнинг Тунгус дарёси водийсига тушган метеорит натижасида ҳосил бўлган ер силкинишларини Санкт-Петербург ва Европадаги сейсмографлар қайд қилган. 2013 йилдаги диаметри 17 м. бўлган метеоритнинг Уральск шахрига тушиши натижасида ҳам сейсмик тебранишлар ҳосил бўлган.

Зилзилаларнинг таснифи куйидаги жадвалда келтирилган.

4.1-жадвал

Зилзилалар таснифи

Зилзила тури	Умумий сонидан % ҳисобида	Магнитудаси
Тектоник	95% га яқин	9 гача
Вулқонли	5% гача	8 гача
Денудацион	1% дан камроқ	5 гача
Техноген	0,1% дан камроқ	5 гача
Метеоритлар тушиши натижасида	0,00001% атрофида	9 гача

Зилзила жадаллиги балларда ўлчанади, уни аниқлашда зилзила содир бўлган жойдаги иншоотларни кўрикдан ўтказиш, аҳоли билан зилзилани қандай хис қилганлиги ҳақида сўровномалар ўтказиш ёки шу туман учун формулалар орқали ҳисобланган эмпирик маълумотларга асосланилади.

Зилзила ҳақидаги биринчи маълумотларда унинг магнитудаси берилади, чунки яқин атрофдаги сейсмостанциялардаги ёзувлар бўйича аввал магнитуда аниқланади. Жадаллик эса зилзиланинг магнитудаси, унинг чуқурлиги ва Ер юзасида намоён бўлиши билан боғлиқ.

Омм.авий ахборот воситаларида зилзила ҳақида хабар берилаётганда кўпинча Рихтер магнитудалар шкаласи жадаллик шкаласи билан чалкаштирилади. Натижада “Рихтер шкаласи бўйича 10 балл” деган нотўғри маълумот берилади. Зилзила ўчоғининг чуқурлиги ер юзига яқин бўлса жадаллик ҳам юқори бўлади. Масалан, магнитудаси 8 бўлган ўчоқ 10 км. чуқурликда бўлса, Ер юзасидаги жадаллик 11-12 балл бўлади, дейлик. Лекин агар шу

магнитудали зилзила ўчоғи 50 км. чуқурликда жойлашган бўлса, жадаллик 9-10 балл бўлиши мумкин.

Зилзила магнитудаси сейсмографлар ёзувини таҳлил қилиш натижасида аникланади. Бу шкалани 1935 йилда америкалик сейсмолог Ч.Ф.Рихтер таклиф этган ва унинг шарафига *Рихтер шкаласи* деб ном берилган. Рихтер шкаласи 1 дан 9,5 гача. Бу шкалада магнитуданинг 1 га ўсиши тупроқ силжишининг 10 баробар ўсишига, яъни тебраниш амплитудасининг ўсишига олиб келади. Энергиянинг ўсиши тахминан 30 мартага ошади. Яъни, магнитудаси 6 га тенг зилзила натижасидаги силжиш магнитудаси 5 бўлган зилзила натижасида ҳосил бўлган силжишдан 10 баробар катта, энергияси эса – 30 баробар. Қуйида Рихтер шкаласи бўйича зилзилалар таснифи келтирилган.

4.2-жадвал

Т.р.	Магнитуда	Зилзила тури
1.	0 дан 4,3 гача	Енгил
2.	4,4 дан 4,8 гача	Мўътадил
3.	4,9 дан 6,2 гача	Ўрта
4.	6,3 дан 7,3 гача	Кучли
5.	7,4 дан 8,9 гача	Катастрофик

Зилзила магнитудаси сейсмик тўлқин максимал амплитудасининг (A) бошқа стандарт зилзила шу тўлқинларининг амплитудасига (A_x) нисбатининг ўнли логарифми оркали аникланади:

$$M = \log \frac{A}{A_x} \quad (3.21)$$

Магнитудаларнинг турли шкалалари мавжуд: локал магнитуда (ML), юза тўлқинлар оркали ҳисобланган магнитуда шкаласи (MS), ҳажм тўлқинлари оркали топилган магнитуда шкаласи (MB), сейсмик момент бўйича (MW). Ҳозирги пайтда MW шкаласи қўлланилади.

1960 йил 22 майда Чилида содир бўлган зилзила инструментал аниқланган энг кучли зилзила ҳисобланади. Унинг магнитудаси $MW=9,5$ ни ташкил этган. (Рихтер шкаласи бўйича 8,3 баллга тенг).

Энг кучли магнитудага эга зилзилалар 1906 йил Колумбияда ($M=8,9$), 1923 йил Японияда ($M=8,9$) аниқланган. Максимал ампли-

тудаси 1 мкм. бўлган зилзиланинг 100 км. эпицентрал масофадаги магнитудаси 0 га тенг деб олинган.

Зилзила энергияси 100 кт. атом бомбасининг энергиясидан ($1000 \cdot 10^{10}$ эрг) бир неча миллион баробар катта. Масалан, Ашхобод (1948) зилзиласида 10^{23} эрг, Хаит (1949) зилзиласида $5 \cdot 10^{24}$ эрг, Чили (1960) зилзиласида 10^{25} эрг энергия ажралиб чиққан. Бутун Ер шари бўйича бир йилда зилзилалардан ўртача $\approx 0,5 \cdot 10^{26}$ эрг энергия ажралади.

Юқорида келтирилганидек, зилзилаларнинг аксарият қисми Ер қаъридаги тектоник жараёнлар билан боғлиқ. Ернинг устки қисмида турли хил блокларда деформациялар ортиб бориши натижасида потенциал энергия йиғилиб боради. Бу энергия тоғ жинсларининг мустаҳкамлигидан ортиб кетса ёриқ вужудга келади. Жадвалда магнитуда ортиб бориши билан ўчоқ узунлиги ва ўчоқ кенглигининг ўзгариши келтирилган.

4.3-жадвал

Магнитуда	Ўчоқ узунлиги, км.	Ўчоқ кенглиги, км.
5,0	11	6
6,5	26	18
7,0	50	30
7,5	100	35
8,0	200	50

Сейсмик жадалликни баҳолашда Ўзбекистон ва бошқа кўпгина мамлакатларда Медведев-Шпонхойер-Карник ($MSK-64$) томонидан тузилган 12 балли шкала қўлланилади. Бу шкала оддий (зилзилага бардошлилигини ошириш учун конструкциялари кучайтирилмаган) иншоотлар учун тааллуқли.

1 балл. *Сезилмас зилзила*. Тебранишлар жадаллиги паст, тупроқ тебраниши фақат сейсмографлар оркали қайд қилинади.

2 балл. *Кучсиз зилзила*. Тебранишларни фақат бино ичида, айниқса, юқори қаватлардаги айрим кишилар сезади.

3 балл. *Кучсиз зилзила*. Бино ичидаги айрим кишилар сезади. Очiq майдонда сезиларли эмас. Тебранишлар худди енгил юк машинаси ўтганда ҳосил бўладиган тебранишга ўхшайди. Баъзи оёнланган жисмларнинг тебраниши кузатилади.

4 балл. *Сезиларли тебраниш*. Бино ичидаги кўп кишилар, кўчада айрим кишилар сезади. Баъзи ҳолатларда уйқудан уйғотади. Тебранишлар худди оғир юк машинаси ўтганда ҳосил бўладиган

тебранишга ўхшайди. Дераза ойналари ва идиш-товоклар зириллайди. Девор ва полларнинг гижирлаши, мебелларнинг калтираши кузатилади. Осилган жисмлар тебранади. Идиш ичидаги суюклик тўлкинланади. Бир жойда турган автомобилда туртки сезилади.

5 балл (100 йилда 15-25 марта бўлади). Деярли ухлаётган ҳамма одамлар уйғонади, идишлардаги суюкликлар тўлкинланади, баъзи енгил жисмлар ағдарилиши, идишлар синиши мумкин. Биноларга шикаст етмайди.

6 балл (100 йилда 10-15 марта бўлади). Кишиларда кўрқув пайдо бўлади, тебранишлар юришга ҳалақит беради. Бинолар чайқалади, осилган жисмлар кучли тебранади. Идиш-товоклар ағдарилади ва синади, полкалардаги жисмлар тушиб кетади. Мебеллар силжиши мумкин. Шифтдан чанг тушади, девор сувокларида майда ёриқлар пайдо бўлади.

7 балл (100 йилда 4-6 марта бўлади). Кучли кўрқув пайдо бўлади. Тебраниш оёқда туришга ҳалақит беради. Мебеллар силжиши ва ағанаши мумкин. Ҳар қандай биноларда ёриқлар пайдо бўлади, деворларда ёриқлар пайдо бўлиб тушиб кетиши мумкин, блоклар ва деворларнинг уланган жойларидаги сувоклар кўчади.

8 балл (100 йилда 1-3 марта). Турган кишиларни йикитади. Ер ва қияликларда ёриқлар пайдо бўлади. Ҳар қандай биноларга шикаст етади, пардеворлар кулаши мумкин. Асосий деворларда ёриқлар пайдо бўлиши, сувокларнинг сочилиб кетиши, блокларнинг силжиши кузатилади.

9 балл (тақминан 300 йилда 1 марта). Ернинг кўп жойларида ёриқлар пайдо бўлади. Қияликларда кўчкилар содир бўлади. Барча биноларда пардеворлар кулайди. Асосий деворларнинг бир қисми бузилиши, баъзи панелларнинг силжиши мумкин.

10 балл. Вайрон қилувчи зилзила. Кўпгина бино ва кўприклар кулайди, ўпирилиш ва кўчкилар ҳосил бўлади.

11 балл. Катастрофик зилзила. Барча бинолар кулайди, ландшафтда ўзгариш рўй беради.

12 балл. Жуда катта катастрофа. Оммавий қирғинга, рельефнинг катта ҳудудидаги ўзгаришларига олиб келади.

Бу шкаладан ташқари яна АҚШда 12 балли Меркалли шкаласи, Японияда 9 балли ЯМА (Япон метеорологик агентлиги) шкалалари қўлланилади.

Сейсмиклик – бирор ҳудуддаги зилзилаларнинг статистик далилиги. У зилзила ўчоқларининг мавжудлиги, уларнинг маълум вақтда кайтарилиб туриши билан боғлиқ. Ернинг иссиқлик оқими, ер

қобиғидаги структураларнинг изостатик мувозанати, унда кечаётган эндоген режимлар ҳақида маълумот беради. Бу режимлар, ўз навбатида, тектоник жараёнларнинг фаоллашиши ёки сустлашишини белгилаб, ушбу ҳудуднинг сейсмотектоник потенциални белгилайди.

Зилзилани прогноз қилиш сейсмологиянинг энг долзарб вазифасидир. Прогноз уч қисмдан иборат бўлади: 1) зилзила жойини; 2) зилзила вақтини; 3) максимал магнитудасини, яъни зилзила кучини аниқлаш.

Зилзила ҳосил бўлиш жойи ва унинг максимал кучи эҳтимолини аниқлаш борасида геологик, тектоник, тектонофизик, сейсмотектоник методлар мавжуд. Улар сейсмикликнинг турли мезон ёки белгиларини ўрганишга асосланган. Сўнгги йилларда турли геофизик ва геологик кўрсаткичларнинг ўзаро боғлиқликларига асосланган формалашган методлар яхши натижа бермоқда. Бунда сейсмиклик билан боғлиқ бир қанча кўрсаткичлар ЭҲМларда турли дастурлар ёрдамида ер қобиғининг бир-бирига яқин бўлган турларини ажратиб беради, уларни сейсмиклик билан биргаликда қилинадиган таҳлили ёрдамида хариталар тузилади. Юқоридаги методларнинг ривожланиши ҳозирги вақтда зилзила жойи ва берилган ҳудудда максимал кучини прогноз қилиш учун анча ишончли асос деб қаралмоқда.

Зилзила содир бўлиши вақтини башорат қилиш энг мураккаб ва яқин орада ҳал бўлиши қийин масала. Бунинг асосий сабаблари қуйидагича:

1. Зилзиланинг мукамал назарияси бугунги кунда ишлаб чиқилмаган.

2. Зилзилалар асосан катта чуқурликларда рўй бериши сабабли уларни тўғридан-тўғри турли асбоблар ёрдамида кузатиш ёки ўлчаб бўлмаслигида.

3. Зилзила билан илмий тажриба ўтказиш мумкин эмас, чунки ҳар бир сейсмик ҳодиса ўзига ҳослиги билан ажралиб туради.

4. Зилзила натижасида ҳосил бўлган ёриқларни компьютер ёки лабораторияда моделлаштириш ишлари бошланғич босқичда, булардан олинган натижаларни реал табиий зилзилаларга тадбиқ этиш мумкинлиги ноаниқ.

5. Зилзила содир бўлиши фавқулудда тасодифий ҳодиса, унинг бу табиатидан қанча кўп зилзила ўрганилаётган бўлса ҳам аниқ мезони топилмаётир. Зилзиланинг тасодифийлик даражаси, масалан, атмосфера турбулентлигидан кўп марта катта, яъни биз атмосферани ўрганишда кузатувларимиз аниқлигини ошириб, об-ҳавони прогноз

қила олсак, зилзила вақтини қанча аниқ ва кўп кузатсак ҳам прогност қила олмаймиз.

Хулоса қилиб айтганда, ҳозирги вақтда зилзилани прогноз қилишнинг бирорта ҳам ишончли методи ишлаб чиқилганича йўқ. Зилзила физикасини аниқ тушунмай туриб, прогноз қилиш мумкин эмас. Зилзила физикаси муаммолари ҳал этилмаган, шунинг учун бу Ер физикасининг ечилиши лозим бўлган энг асосий муаммосидир.

Ой ва Марсдаги zilzilalar. Куёш системасидаги сайёралар ва улар йўлдошларининг сейсмиклги ҳақида маълумотлар кўпайиб бормокда. Масалан, Венера (Зухро) сайёрасида вулконлар фаолиятининг кучлилиги, Венера силкинишларининг мавжудлиги аникланди. Юпитернинг йўлдоши Иода ҳам катта вулконлар борлигини АҚШнинг “Ганимед” сунъий йўлдоши тасвирга туширган. Умуман, вулкон фаолияти Куёш системасининг чекка гигант сайёралари ва уларнинг йўлдошларида кучлироқ эканлиги аникланган.

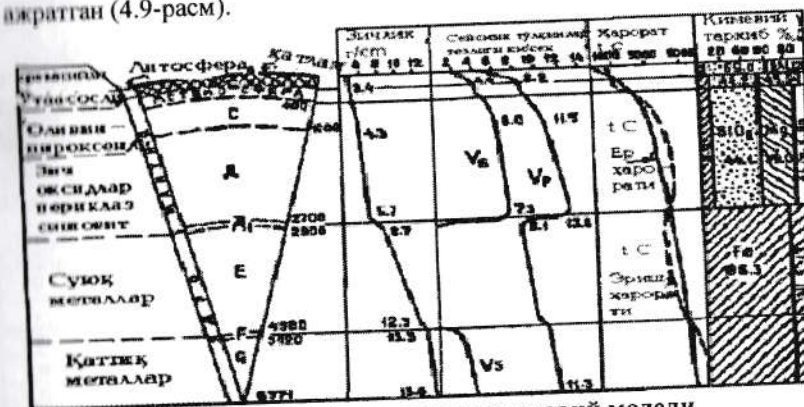
Ойда биринчи сейсмографлар 1969 йилда АҚШнинг “Аполлон” космик кемалари томонидан ўрнатилган. Бир-биридан 1000 км. гача масофада жойлаштирилган 5 та паст частотали (2,2-15 с. даврли) сейсмографлар йилгача 600 дан 3000 тагача сейсмик тебранишлар ёзувини 1977 йилгача Ерга жўнатиб турган. Тебранишларнинг аксарияти магнитудаси 2 ва ундан паст бўлган. Қайд қилинган Ой силкинишлари уч гуруҳга ажратилган: Ер ва Қуёшнинг тортиш кучлари таъсиридаги (“прилив”) zilzilalar, уларнинг чуқурлиги 800-1000 км. тектоник zilzilalar – чуқурликлари ўртача 25-200 км.; метеорит ва бошқа космик jismlarнинг тушишидан ҳосил бўлган zilzilalar.

Ой сейсмограммалари бир-бирига ўхшаш. Уларнинг асосий хусусиятлари шундан иборатки, улар Ердигидан кўра узок вақтли ёзув ва тебранишларнинг жуда кичик бўлган сўниш коэффициентига эга. Баъзи сейсмограммаларнинг нисбатан юқорирок частотали ёзувларида юзаки тўлқинлар ҳам ажратилган. Бу сейсмограммалар Ойнинг бир неча қатлами борлигини кўрсатади.

1976-йилда “Викинг” космик аппарати Марсга сейсмик асбобларни туширди. Лекин, сейсмографлар модулнинг ўзида колди. Уларни Марснинг грунtiga ўрнатиш имконияти бўлмади. Марсда жуда кучли шамоллар эсиши туфайли олинган сейсмограммаларда ҳалакит берувчи тебранишлар кўп бўлди. Бу сейсмограммаларни селекция қилиш натижасида жуда катта эҳтимоллик билан битта магнитудаси 3 га тенг бўлган Марс zilzilаси ажратилди. Қўндаланг ва бўйлама тўлқинлар ажратилиб, эпицентрал масофа 110 км. эканлиги аниқланди. Бу zilzila тектоник zilzila деб тахмин қилинмоқда.

4.7. Ер ички тузилишининг hozirgi zamon modellari. PREM.

Яқин вақтларгача Ернинг энг тан олинган сейсмик моделлари-
дан бири К.Е.Буллен (1963) модели бўлиб келган. Бу моделда қуйи-
даги геосфералар ажратилган. А – ер қобиғи (33 км. гача); В – мантия
(33-413 км.); С – (413-984 км.); D – (984-2898 км.) ва ер ядроси Е –
(2898-4982 км.); F – 4982-5121 км.; G – 5121-6371 км. Кейинчалик
К.Буллен D катни D^I (0,84-2700) ва D^{II} (2700-2900 км.) катларга
ажратган (4.9-расм).



4.9-расм. Ер тузлигишнинг анъанавий модели
(К.Е.Буллен бўйича)

Ҳозирги вақтда бирмунча мураккаблашган бошқа турдаги моделлар ҳам мавжуд. Энг кўп қўлланилаётган модель А.Дзивонски ва Д.Андерсоннинг PREM (Ернинг параметрик референт модели). Бу моделда асосий ролни 2 миллиондан ортиқ сейсмик трассалардаги кузатувлар натижалари бўйича ҳажм тўлқинларининг тезликлари, юзаки тўлқинлар тезликларининг 500 дан ортиқ трассалари, тўлқинларнинг ютилиши, ернинг хусусий тебранишлари даври ва амплитудалари ҳақидаги маълумотлар, бундан ташқари, астрономик ва гравиметрик параметрлар: ернинг массаси, айланиш ўқиға нисбатан инерция моменти ва ҳоказолар ҳисобга олинади.

PREM моделида куйидаги геосфералар ажратилган:

1. Ер қобиғи (EC); океан остида – 11 км., қитъаларда – 35 км.;
уртача – 25 км.
2. Литосферали мантия (LM) – 80 км. гача.
3. Кичик тезликдағи зона (LVZ) – 80 км. дан 220 км. гача.
4. UM' (220 км.) зона ва 400 км. чуқурлидағи чегара орасидағи зона.

5. Фазавий-ўтишлар зонаси (TZ) 400км.дан 670 км.гача.

6. Куйи мантия D' – 670 км. дан 2890 км. гача, унинг асосида D'' кат 150 км. қалинликда.

7. Ташки ядро OC – 2890 км. дан 5150 км. гача.

8. Ички ядро IC – 1220 км. радиусли.

PREM модели Ернинг қуйидаги параметрларини ўз ичига олади: бўйлама ва кўндаланг тўлқинлар тезликлари, K – ҳар тарафлама сиқилиш модули, ρ – зичлик, μ – силжиш модули, мустаҳкамлик Qs, dK/dP – бир жинсли эмаслик параметрлари (4.4-жадвал).

PREM модели Ер физик моделларининг барча муаммоларини ҳал қила олмайди. Юқори мантия ва океан остида қатламларнинг анизотропияси ва бир жинсли эмаслигини баҳолашда ҳароратнинг таъсир этиши борасида бу моделга аниқлик киритилиши мумкин¹⁵.

4.4-жадвал

PREM моделидаги Ернинг физик хоссалари

Қатлам	H, км.	ρ , г/см ³	V_p , км./с.	V_s , км./с.	Qs	K, 10 ¹¹ Па	μ , 10 ¹¹ Па	dK/dP
EC	25	2,9	6,8	3,9	600	0,75	0,44	-
LM	25	3,38	8,11	4,49	600	1,32	0,68	-0,6
	80	3,38	8,08	4,47	600	1,3	0,67	-0,7
LVZ	80	3,38	8,08	4,47	80	1,3	0,67	-0,7
	220	3,36	7,99	4,42	80	1,27	0,66	-0,8
UM'	220	3,44	8,56	4,64	143	1,53	0,7	3,23
	400	3,54	8,9	4,77	143	1,74	0,81	3,37
	400	3,72	9,13	4,93	143	1,9	0,91	7,26
TZ	600	3,98	10,16	5,52	143	2,49	1,21	8,09
	600	3,98	10,16	5,52	143	2,49	1,21	2,37
	670	3,99	10,27	5,57	143	2,55	1,24	2,41
	670	4,38	10,75	5,95	312	3	1,55	3,04
D'	2740	5,49	13,68	7,27	312	6,41	2,9	3,33
	2740	5,49	13,68	7,27	312	6,41	2,9	1,64
D''	2890	5,57	13,72	7,27	312	6,55	2,84	1,64
	2890	9,9	8,06	0	0	6,44	0	3,58
OC	5150	12,17	10,36	0	0	13,05	0	3,76
	5150	12,76	11,03	3,5	85	13,43	1,58	2,32
IC	6370	13,09	11,26	3,67	85	14,25	1,76	2,34

Ушбу жадвалдан Ер геосфералари қуйидаги физик хоссалар бўйича ажратилгани кўриниб турибди: а) ер қобиғи: зичлик ва эластиклик параметрларининг юқори мантиядаги шу кўрсаткичлардан анча кичиклиги;

¹⁵ R.E.Sheriff, L.P.Geldart. Exploration seismology / -2nd ed. p.cm. Includes bibliographical references. ISBN 0-521-46282-7. - ISBN 0-521-46826-a(pbk) @ Cambridge University Press. 1982, 1995.

б) юқори мантия: чуқурлик бўйича физик хоссаларнинг турлича ўзгариши – астеносферада бўйлама тўлқинлар тезлиги ва сиқилиш модулининг пасайишидан кейин барча параметрларнинг тўсиши кузатилади, айниқса, мантиянинг ўтиш зонасида (400-700 км.);

в) куйи мантия: босим ошиши туфайли эластиклик модуллари ва зичликнинг узлуксиз ўсиб бориши; унинг тубида чуқурлик бўйича бўйлама тўлқин ва сиқилиш модули кўрсаткичларининг ўзгармаслиги;

г) ташки ядро: кўндаланг тўлқинлар тезлиги ва силжиш модули кўрсаткичларининг нолга тенглиги, бу ҳол муҳитнинг суюқ ҳолда эканлигини кўрсатади. Пуассон коэффициенти 0,5 ва кўндаланг тўлқинлар бўйича мустаҳкамлик кўрсаткичи нолга тенглиги ҳам юқоридагиларни тасдиқлайди;

д) ички ядро: бу ерда кўндаланг тўлқинлар тезлиги ва силжиш модули нолдан анча юқори, Пуассон коэффициенти эса кўпроқ суюқ модданикига яқин.

Мантияда g кам ўзгаради: у 670 км. гача ортиб боради (10,014 м/с²), 1470 км. чуқурликда эса минимумга етиб (9,93 м/с²), яна максимумга ядронинг чегарасида етади (10,68 м/с²).

Муҳитнинг муҳим параметри – сейсмик параметр (Ф), бу катталик бўйлама ва кўндаланг тўлқинлар тезликлари орқали ҳисобланади:

$$\Phi = V_p^2 - \left(\frac{4}{3}\right)V_s^2 = \frac{K}{\rho};$$

Бу формула қатлар орасидаги зичликлар тақсимланишини баҳолаш учун ишлатилади.

Сейсмик тўлқинларнинг тоғ жинсларида тарқалиш қонунлари геометрик оптиканинг Х.Гюйгенс, П.Ферма, В.Снеллиус нуктаи назарларига асосланган.

Назорат саволлари

1. Сейсмологик маълумотлар бўйича Ер қатламларининг ҳолати қандай?
2. Ер қобиғида сейсмик тўлқинлар ва уларнинг тезликлари қандай?
3. Ернинг ички қисмида сейсмик тўлқинлар тарқалиши қандай?
4. Гюйгенс, Ферма, Снеллиус нуктаи назарларини тушунтириб беринг.
5. Ернинг ички ва ташки ядросида ҳажм тўлқинлари қандай?
6. Сейсмологик маълумотлар бўйича Ер геосфераларини ажратишни тушунтиринг.
7. Сейсмик ўчоқ параметрларини айтинг.
8. Зилзилани прогноз қилиш мумкинми?
9. Ер ички тузилишининг ҳозирги замон моделларини айтинг.
10. PREM моделини таърифланг.

5-606. ЕРНИНГ ИССИҚЛИК МАЙДОНИ

5.1. Ернинг иссиқлик майдони

Ер қобиғи, умуман, литосферада содир бўладиган тектоник ҳаракатлар ва деформациялар механик, кинетик энергиялар маҳсулидир. Аммо, бу энергиялар – Ернинг юқори қаттиқ қобиклари моддаларининг бўшқокланиш ёки зичлашиш, кенгайиш ёки сиқилиш жараёнларини келтириб чиқарувчи иссиқлик энергиясининг қайта ўзгарган кўриниши. Бундай жараён Ер ривожланиш тарихида узлуксиз давом этиб келади, уларнинг рўёбга келиши, ўз навбатида, узлуксиз, жуда катта қувватдаги иссиқликни Ер бағридан ажраб чиқишини талаб қилади. Ер бағридан ҳозирги замонда $4,2 \times 10^{13}$ W миқдорда иссиқлик оқими ажраб, қаттиқ Ер юзаси орқали муттасил атроф муҳитга тарқаётганлиги исбот қилиб берилди.

Айнан шуни назарда тутган ҳолда “Ер – иссиқлик машинаси” деган ибора келиб чиққан. Бу машинани ҳаракатга келтирувчи иссиқликнинг замин чуқурликларидан чиқиши, чуқурлик ортган сари хароратнинг ҳам ортиб бориши, юқорида қайд қилинган миқдорда баҳоланаётган иссиқлик оқими далиллар асосида ўз исботини топган бўлсада, табиий савол юзага келади: қандай омиллар бу иссиқлик оқимини келтириб чиқаради?

5.2. Иссиқлик оқимининг манбалари

Ердаги иссиқлик оқимининг асосий манбаи анъанавий фикрга кўра, *радиоактив элементларнинг парчаланишидан* чиқадиган иссиқлик энергияси ҳисобланади. Ҳақиқатан шундайми? Буни биз қуйида кўриб чиқамиз.

Сўнгги йиллардаги тадқиқотлар асосида радиоген манбадан ташқари иссиқлик оқимининг бошқа манбалари ҳам мавжуд эканлиги исбот қилиб берилди. Булар: Ернинг меросий иссиқлик энергияси, гравитацион дифференциаланиш энергияси, Ерга Ой, айникса, Қуёшнинг гравитацион таъсири энергияси.

5.2.1. Радиоген иссиқлик

XIX-XX асрлар оралиғида радиоактивлик кашф қилингунга қадар, Ернинг иссиқлиги Кант-Лаплас фаразияси деб аталувчи космогеник қарашга мувофиқ унинг бирламчи оловли-суюқ ҳолатидан мерос бўлиб қолган деб тасаввур қилинар эди. Аммо, бу фикр Ер совиши вақтини, яъни ёшини 100 млн. йилдан ошмаслиги ҳақидаги фикрга асосланишини талаб этарди.

Радиоактивлик ҳодисасининг кашф қилиниши ер қобиғида радиоактив элементларнинг мавжудлиги “меросий” иссиқлик фаразини пучга чиқариб, илм саҳнасидан чиқариб ташлади. Шундан буён кўпгина тадқиқотчилар Ернинг ички иссиқлигининг асосий манбаи радиоактив элементлар, энг аввало, қобик ва мантия таркибидаги уран, торий ва калийнинг парчаланишидан ҳосил бўлган энергия деб ҳисоблайди.

Америкалик геофизик В.Вакъенинг ҳисоблаши бўйича, радиоген иссиқлик Ер умумий иссиқлик оқимининг $\frac{1}{4}$ қисмини таъминлар экан. Яъни, умумий иссиқлик оқими – $4,2 \times 10^{13}$ W бўлса, радиоген иссиқлик $1,14 \times 10^{13}$ W га тенг.

Табиий радиоактив элементларнинг асосий захираси (90% га яқини) континентал қобикнинг юқори қатида мужассамлашган. Бу эса океанларда радиоактив парчаланишнинг бошқа маҳсулоти – гелийнинг жуда оз миқдорда ажралиши билан ҳам тасдиқланади. Агар океанларда иссиқлик оқими радиоактив парчаланиш оқибати билан боғлиқ бўлса, унинг миқдоридан факат 5% и гелий ажралиши ҳисобига тўғри келар экан. Бунинг устига, агар радиоактив элементларнинг асосий массаси континентал қобикнинг юқори қисмида мужассамлашган бўлса, улар ажратадиган иссиқлик анча чуқурликдаги тектоник жараёнлар содир бўлишлигида сезиларли аҳамият қасб этиши мумкин эмас¹⁶.

Демак, радиоген иссиқлик Ердаги тектоник фаолликни таъминлаб туриши учун сарф бўлаётган иссиқлик энергиясининг асосий ташкил этувчи манбаи деб айтиш мутлақо мумкин эмас. Иссиқлик оқимининг муҳим ва анча чуқурдаги манбалари мавжуд.

5.2.2. Ернинг меросий иссиқлиги

Бу манба Ернинг аккреция ва қисман протопланета даврларидан мерос бўлиб қолган. Аввалги фикрлардан фарқли ўлароқ, Ер протопланета диск кўринишида бирмунча қизишга дучор бўлган. Бўлажак Ер пайдо бўлиш областида харорат $1000-1200^{\circ}\text{K}$ гача етган. Аккреция жараёнида Ер жуда сезиларли даражада қизиган ва унинг сатҳида ёки унча катта бўлмаган чуқурликда “магматик океан”нинг ҳосил бўлишини таъминлаган. Аммо, бу аккрецион иссиқликнинг қанча миқдори ҳозирги давргача сақланиб қолганлиги ва унинг сайёрамиз энергетик балансидаги роли қандайлигини ҳисоблашнинг имкони йўқ.

¹⁶ A.A. Abidov, D.X. Atabayev, D.D. Xusanbayev va boshqalar. “Yer fizikasi”. –T.: “Fan va texnologiya” nashriyoti, 2014.

5.2.3. Чуқурлик гравитацион дифференциаланишнинг иссиқлиги

1971 йили Россия физик-математик олими, геолог О.Г.Сорохтин радиоактив элементлар парчаланишидан чиқадиган иссиқлик Ернинг асосий энергияси деган фикрни шубҳа остига олади. Бу олим Ернинг исишида асосий манба сифатида мантия ва ядро чегарасида содир бўладиган гравитацион дифференциаланиш жараёни ҳақидаги фикрни илгари суради. Ҳозирда бу фикрнинг тўғрилиги ўз тасдиғини сўнгги йиллардаги кашфиётларда ҳам топмоқда. Масалан, Ўрта океан тизмасининг ўқ қисмида жадал иссиқлик оқимини ажралиш жараёни кашф этилиб, реал иссиқлик оқимининг миқдори баҳоланди. Спрединг ўқи бўйлаб ҳисобланган иссиқлик оқими миқдори табиий радиоактив элементлар парчаланишидан ажраб чикувчи иссиқликка нисбатан анча кўп эканлиги кайд этилди. Ернинг бу энг муҳим иссиқлик манбаи чуқурликдаги гравитацион дифференциаланиш жараёнлари натижасида содир бўлади. Яъни, Ердаги моддаларнинг кимёвий ва физик ҳолатининг ўзгариши оқибатида уларнинг зичлиги бўйича тақсимланиш жараёнидан иссиқлик ажралиб чиқиши сўнгги йиллардаги кузатувларда ўз тасдиғини топди.

Гравитацион дифференциаланишдаги асосий жараён бўлиб, мантия ва ядро чегарасидаги модданинг силикат ва металл ёки металлашган (Fe_2O ёки FeO) қисмларга бўлиниши хизмат қилади. Мантия ва ядро чегараси Ердаги гравитацион дифференциаланишнинг ягона чуқурлиги эмас. Яна ҳам чуқурроқда бундай гравитацион дифференциаланиш манбаи ташқи ва ички ядро оралиғидаги чегара ҳисобланади. Чунки, ички ядро “тоза” темир таркибли (никель “қўшимчаси” билан), ташқи ядро эса кислород, олтингугурт, кремний каби элементларга бой.

Ернинг асрлар мобайнида совиши билан боғлиқ ички каттик ядронинг катталаниши енгил “примес”ларни ташқи ядрога сиқиб чиқарилишига сабабчи бўлади.

Гравитацион дифференциаланишнинг бошқа чуқурлиги – қуйи ва юқори мантиянинг чегараси бўлиб, иссиқлик ажралиши жараёни улар оралиғидаги кимёвий таркибнинг фарқи (остки мантия юқори мантияга нисбатан темир билан кўпроқ бойиган) билан боғлиқ.

Гравитацион дифференциаланишнинг яна бир сатҳи – астеносфера ва литосфера чегараси. Бу зонада перидотитли мантия моддасидан базальт фракциясининг эриши рўй беради. Сўнг бу эритма, юқорига кўтарилиб, ер қобиғи ҳажмини кўпайтиради. Аммо, дифференциаланиш қобикнинг ўзида ҳам давом этади – остки (ёки

ўрта) қобикда гранит эритмаси ҳосил бўлиши юз беради, монанд равишда юқоридаги гранит-гнейсли қатлам катталаниб боради. Бу жараёнларнинг барчаси Ер иссиқлик балансининг шаклланишига ўз ҳиссасини қўшиши лозим.

5.2.4. Ерда Ой ва Қуёшнинг гравитацион таъсиридаги иссиқлик манбаи

Бу манба юқорида кўриб ўтилган Ер ичида содир бўладиган факторлардан фарқли ўларок, иссиқликка нисбатан ташқи фактор – Ерда унинг қўшниси Ой ва анча кам даражада Қуёшнинг гравитацион таъсири келтириб чиқарувчи кучлар билан боғлиқ. Ерда Ой ва Қуёш “таъсир кучларининг”, яъни кинетик энергиясининг иссиқликка айланиши таъсир кучлари “букр”лигидаги модданинг ички ишқаланиши оқибатида содир бўлади.

О.Г.Сорохтин ва С.А.Ушаков ҳисоблари бўйича ҳозирда “каттик” Ерда таркаётган таъсир кучлари энергиясининг миқдори замин ишлаб чиқараётган барча иссиқлик энергиясининг 2% идан ошмас экан. Бу энергиянинг кўп қисми саёз сувли денгизлар, кам миқдорда океанлар ва астеносферада юзага келади. Бу вазиятда Ой таъсир кучи ҳақида фикр кетаяпти.

Қуёш таъсир кучининг омили эса Ой таъсир кучи омилининг 20% ини ташкил этади.

Аммо, геологик ўтмишда Ой ва Ер орасидаги масофа ҳозиргига нисбатан кам бўлган. Таъсир кучи иссиқлигининг миқдори ҳам Ернинг иссиқлик балансида монанд равишда анчагина кўп миқдорда бўлган. Айниқса, бундай хусусият Ер ривожининг эртанги – тогеологик босқичига, ўрта архейгача бўлган вақтга тааллуқли.

О.Г.Сорохтин ва С.А.Ушаковлар Ер ҳамда Ой бир вақтда ҳосил бўлганлиги, бу босқичда астеносфера мавжуд бўлмаганлиги ҳақидаги фикрга асосланиб, Ой ҳосил бўлишидан сўнг дарров таъсир кучи энергияси генерациясининг тезлиги ҳозирги Ердаги эндоген иссиқлик генерацияси тезлигидан 13 маротаба ортиқ бўлган ва таъсир кучи баландлиги 1 км. дан ошган деган, ҳулосага келганлар. Бу муаллифлар тадқиқотида кўра, 4,6–4 млрд. йил муқаддам Ойнинг таъсир кучи ҳисобига Ер тахминан қўшимча 500°C га қизиган бўлиши мумкин.

Кечки архейда, протерозой ва фанерозойда Ой ва Ер оралиғидаги масофанинг ортиши ҳамда жуда катта эпиконтинентал денгиз-

лар пайдо бўлиши билан вазият ўзгарган, таъсир кучи иссиқлигининг умумий чуқур иссиқлик оқимиға қўшган улуши 1-2% дан ортмаган¹⁷.

5.3. Иссиқлик оқими ходисаси ва унинг ўлчов бирликлари

5.3.1. Иссиқлик оқими ходисаси

Биз юкорида Ердаги иссиқлик ишлаб чиқарувчи бир неча ман-баларни кўриб чиқдик, анъанавий ҳисобланган радиоген иссиқлик умумий Ер иссиқлигининг $\frac{1}{4}$ қисмиға тенглигини қайд этдик.

Хўш “иссиқлик машинаси” ишлаб чиқараётган маҳсулот қандай йўл билан юкориға кўтарилади?

Замин бағрида ишлаб чиқарилаётган ва сакланаётган иссиқлик – *термал энергия* микдори ер қобиғи орқали ўтиб, фазода таркайди. Бу – табиатнинг “*иссиқлик оқими*” (“тепловой поток”, “heat flow”) ходисаси деб аталади.

Ер қобиғида иссиқлик оқими ходисаси хусусиятларини билиш замин қаърида кечаётган жараёнларни, жумладан, фойдали қазилмалар генезиси муаммоларини ўрганиш ва уларнинг моҳиятини очишда калит вазифасини бажаради.

5.3.2. Иссиқлик ўлчов бирлиги нима?

Бундай савол билан мурожаат этилганда табиий ҳолда: “градус Цельсий – °C” деб жавоб берилади. Бу тўғри!

Лекин, фанда иссиқлик ўлчовининг бошқа бирликлари ҳам маълум. Улардан кўп ҳолларда мутахассислар фойдаланадиган иссиқлик ўлчов бирликлари: $\text{мккал/см}^2\text{с}$; мВт/м^2 ; $\text{кал/}^\circ\text{C} \cdot \text{г}$; $\text{Дж/}^\circ\text{C} \cdot \text{г}$; $\text{кал/см} \cdot \text{с} \cdot ^\circ\text{C}$; $\text{Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$. Бу бирликлар орасида иссиқликнинг метрик бирлиги ўлчовидан Ер қаъридан кўтарилаётган иссиқлик оқимини ўлчашда фойдаланилади – мВт/м^2 .

Метрик бирлиқнинг бошқа бирлиқ билан ўзаро мутаносиблиги куйидаги кўринишда бўлади.

Иссиқлик оқими бирлиги (“Единица теплового потока” – ЕТП) $= 1 \text{ мккал/см}^2 \text{с} = 41,8 \text{ мВт/м}^2$ ($1,4 \text{ ЕТП} = 60 \text{ мВт/м}^2$) $\cdot 1 \text{ кал/}^\circ\text{C} \cdot \text{г} = 4180 \text{ Дж/}^\circ\text{C} \cdot \text{г}$ ($0,24 \text{ кал/}^\circ\text{C} \cdot \text{г} = 1000 \text{ Дж/}^\circ\text{C} \cdot \text{г}$) $\cdot 1 \text{ кал/см} \cdot \text{с} \cdot ^\circ\text{C} = 418 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$ ($0,007 \text{ кал/см} \cdot \text{с} \cdot ^\circ\text{C} = 3 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$).

¹⁷ А.А.Абидов, Д.Х.Атабаев, Д.Д.Хусанбаев ва бoshqalar. “Yer fizikasi”. –Т.: “Fan va texnologiya” nashriyoti, 2014.

5.4. Иссиқлик оқимининг кўринишлари

“Конвектив оқим” ва “кондуктив оқим” тушунчалари

Ер қаъридаги иссиқликнинг ер сатҳиға кўтарилиши, яъни иссиқлик оқими икки йўл билан содир бўлади: конвектив ва кондуктив. Конвектив оқим маълум бир иссиқлик нукталари (аниқроғи, каналлари) орқали намоён бўлса, кондуктив оқим эса бирор сатҳ бўйлаб юкориға кўтарилади.

Конвектив оқим – иссиқлик нукталари орқали оқим кўтарилганда, бу иссиқлик бирор модда орқали олиб келинади. Иссиқликни бундай йўл билан Ер қаъридан кўтарилиши конвекцион иссиқлик оқими деб юритилади. Конвекция – латинча “convectio” сўз бўлиб, “олиб келиш”, “олиб келиниши” маъносига эга. Конвекция сўзи фанда иссиқлик ёки электр зарядлари ҳаракатига нисбатан қўлланилиб, улар бир макондан иккинчи маконға ўтишида маълум муҳит асосий омил бўлиб хизмат қилади. Масалан, иссиқликнинг ҳаво ва газ ёки суюқлик орқали олиб келиниши конвекция ходисаси оддий шаклда тушунтирилганда хонадонларимиздаги иситиш системасига уланган батареяларни мисол сифатида келтирса бўлади. Бунда иссиқлик олиб келувчи асосий омил сув, яъни қайноқ сув таркибидаги иссиқлик ажралиб чиқиб, хонадондаги ҳавоға ўтади, совиган сув ўз йўлида айланаверади. Ер қаъридан кўтариладиган иссиқликнинг конвектив ходисаси ўрта океан тизмаларининг, “қора кашандалари”, континент ва океанлардаги “иссиқлик нукталари”, нефть-газли ўлкаларнинг “чуқурлик иссиқ масса ҳаракатланадиган каналлари” орқали амалға ошади. Конвекцион оқимдан фарқли ўларок, иссиқлик кондуктив йўл билан ҳам таркайди.

Кондуктив иссиқлик оқими юз берган ҳолатларда Ер қаъридан кўтарилаётган иссиқлик ер қатламларининг яхлит юзаси орқали ўтади.

Принстон университети профессори В.Джейсон Морган ер қобиғининг вертикал ҳаракати ва иссиқлик оқимини ўрганиб, океан туби йўкотаётган иссиқликнинг ярмиға яқини локал иссиқлик нукталари орқали кўтарилиб, қолган ярми эса иссиқлик ўтиши ҳисобига – сатҳ орқали (кондуктив йўл билан) кўтарилар экан, деб хулоса чиқарган.

Демак, ювинил литосфера йўкотадиган иссиқликнинг кўп қисми замонавий асбоблар билан ҳам ўлчаш имкони бўлмаган конвекцион оқим орқали олиб кетилади.

Конвекция – Ернинг ички иссиқлигини ташқарига чиқишидаги энг самарали ва исбот этилган механизм. Конвектив иссиқлик

окимининг ҳаққонийлиги сейсмотография методи билан мантияда кизиган ва совиган вилоятлар алмашинувини хариталаш асосида тасдиқланди.

Демак, конвекция фактик далиллар асосида қурилган илмий хулоса. Конвекцияни инкор этиб бўлмайдиган далиллардан бири океаннинг спрединг минтакаларида гидротермал фаолият (иссиқлик манбаларининг) кашф этилиши бўлди. Бундай иссиқлик манбалари фақат ўрта океан тизмаларида эмас, шу билан бирга, чекка денгизларда ҳам қайд этилиши, Ернинг чуқур тубликларидан келаётган иссиқлик окимининг баҳоланишини кескин оширишни талаб этди.

Агар, табиатда иссиқлик окимининг конвекция жараёни мавжуд бўлмаганида ва Ер бағридан кўтарилаётган иссиқлик миқдори заминдан фақат *кондуктив* ("тўғридан-тўғри, узлуксиз") йўл билан чиқиб кетганда, Ер жуда тез кизиб кетиб, унинг юқори қатлари – оёғимиз остидаги, инсоният фаолият кўрсатаётган ер қобиғи эриб кетар эди. Умуман, Ер ички тузилишига 3-бобда ёритилган Ер етти қаватининг Ер ички тарафидан Ер юзаси томон жойлашишига аҳамият берадиган бўлсак, айнан оёғимиз остидаги ер қобиғи инсоният цивилизацияси учун зарур бўлган моддаларни ўзида жамлаган тарзда яратилган¹⁸.

5.5. Океан тубидаги гидротермалар – “қора кашандалар”

5.5.1. Гидротермаларнинг кашф қилиниши ва “қора кашандалар” ҳаёти

Ўрта океан тоғ тизмасининг кашф қилиниши ва унинг хосса-хусусиятларини геологик-геофизик хариталаш, геохимёвий тадқиқотлар ўтказиш йўли билан биргаликда, ниҳоят, инсон фаолият кўрсатувчи сув ости аппаратларида тадқиқотчиларнинг океан тубини кузатишлари натижасида сайёрамиздаги яна бир ажабтовур ҳодисани фанга маълум қилиб, Ер ҳақидаги илмий инқилобга олиб келинишига сабаб бўлди.

Ўрта океан тизмасидан 1100-1200°C ҳароратдаги магма ер тубидан кўтарилиб, океан суви остига узлуксиз қуйилиши маълум бўлди. Аммо, бундай ҳароратдаги магма кўтарилиши ўрта океан тизмасининг барча жойида бир текисда кузатилмас экан. Бундай аномал юқори ҳароратли зоналар ўрта океан тизмаси бўйлаб 100-150 км. масофа ораллигида учраши маълум бўлди.

¹⁸ R.E.Sheriff, L.P.Geldart. Exploration seismology /- 2nd ed.p.cm. Includes bibliographical references. ISBN 0-521-46282-7. – ISBN 0-521-46826-a(pbk) @ Cambridge University Press. 1982, 1995.

Океаннинг 2-3 км. чуқурлигидаги зулмат бағрида бундай аномал зоналарни океан сатҳидан махсус жиҳозланган сувости кемалар бортдан хариталаш методлари мавжуд. Бу методларни қўллаб, аномал зоналарнинг жойлари ишончли тарзда харитага туширилиб, “гидротермаллар образи” аниқлангандан сўнг, уларнинг батафсил тавсилотлари ўрганилиб, сув остида инсон фаолият кўрсатадиган аппаратларни океан тубига тушириладиган жойлари белгиланади. Шундан сўнг, белгиланган жойга – океаннинг зулмат бағрига фаолият юритадиган аппарат ичида океан тадқиқоти мутахассисларининг ташрифи амалга оширилади.

Аппарат белгиланган нуктага туширилади. Ундаги катта қувватга эга бўлган прожектор ва прожектор нуридан ҳам узоқроқни кўриш имконини берувчи локаторлар ёкилади. Бу локаторлар прожектор нури этиб борувчи 8-10 м ни эмас, балки юзлаб метр узоқдаги мақсадли объект – гидротермални излай бошлайди. Бу вақтда прожектор нури остида “яқиндаги ҳаёт белгиларини” кузатиш мумкин. Булар гидротерм иссиқлиги таъсиридан ҳалок бўлган тирик организмлар – кискичбакалар ва бошқа жонзотлар. Демак, фаолиятдаги гидротерм-сульфид руда минораси яқин ўртада.

Ҳақиқатан ҳам аппарат тез орада унинг деворига тўқнаш келади. Аппарат қаршисидаги миноранинг баландлиги аппаратдан ўн, ўн беш марта катта бўлганлиги учун аппарат иллюминаторидан уни тўлалигича кўриб бўлмайди. Минора танаси ва қисмини ўрганиш мақсадида аппарат махсус айлана маневрини бажариб, минора бўйлаб кўтарила бошлайди.

Минора оғзидан чиқаётган қора “тутун” иллюминатордан кўзга ташланади. Океан тадқиқотчилари Ер илмидаги янгилик – машҳур “қора кашандалар”ни кашф этадилар¹⁹.

Океан туби тадқиқотчилари табиатнинг қандай сир-синоатига дуч келишди? Минора оғзидан уфираётган қора “тутун” нима?

Бу ердан намуна олиш ва тадқиқот натижаларидан маълум бўлдики, минора оғзидан юқори ҳароратда (+350°C гача) ва катта миқдорда ер мантиясида (ички қисмидан) сульфид рудалари (темир, марганец, мис ва б.) чиқиб, океан суви билан қоришиб кетади. Натижада кимёвий реакция вужудга келиб, минералларнинг катта миқдордаги металлга бой майда заррачалари ҳосил бўлади. Атрофдаги сув ҳарорати эса +2-+4°C дан ошмайди. Демак, бундай гидротермал

¹⁹ A.A.Abidov, D.X.Atabayev, D.D.Xusanbayev va boshqalar. “Yer fizikasi”. –T.: “Fan va texnologiya” nashriyoti, 2014.

курилмалар ўзига хос руда “фабрикаси” бўлиб хизмат қилади. Бу ерда катта босим, шунингдек, сув устун босими ҳам мавжуд.

Минора оғзидан шиддат билан юкорига чиқаётган кайноқ эритма оқимини ўз кўзлари билан кузатган тадқиқотчилар уни гўё катта пароход трубасидан бақувват устун турида қора рангда вишиллаб чиқаётган сульфид рудани қора “тутунга” ўхшатишган. Айнан шунинг учун ҳам гидротермал минораларнинг бундай хусусияти уларни “қора кашандалар” деб ном олишига сабаб бўлган. Агар, миноралар оғзидан сульфат эритмалар тарзида базальт қаватдан металллар кўтарилса, “тутун” оқ рангда бўлади, бундай ҳолат “оқ кашандалар” номини олган. Минораларнинг баландлиги 100-150 м. га етади.

Сув ости аппарати иллюминаторидан фантастик микёсдаги улкан миноралар кузатилган. Энг баланд минора деярли 20 қаватли иморатга, яъни 55 м. га тенг бўлган. Аппаратдаги асбоблар эса 100 м. гача баландликка эга бўлган “қора кашанда”ларни ҳам қайд этган. Энг таажжубланарлиси шу бўлдики, океан тубининг нисбатан кичик, бор-йўғи 14 кв.км. сатҳга тенг майдонида 70-80 га яқин “қора кашандалар”нинг миноралари кузатилган.

Бунданда таажжубланарлиси – бу минораларнинг танаси “тирик чойшаб” билан ўралган. Бу гидротермал фауналар, тирик организмлардир. Гидротермаларда гужгон урган тирик организмлар – экстротиллардан ташқари, бундай экстремал шароитда, яъни қуёш нури мутлақо мавжуд бўлмаган зулматда, кислородсиз, ниҳоятда юкори босим ва ҳароратда (1000-1200°C гача) ҳамда олтингурут-водородли ва захарли металллар мавжуд бўлган муҳитда яшовчи тирик мавжудотларнинг бошқа турлари – кискичбақалар ва узунлиги 2 м. га етадиган чувалчангсимон “вестиментиферлар” ҳам ҳаёт кечирishiлиги кузатилган. Океан тубидаги экстремал шароитдаги ҳаётнинг кечishiи учун фотосинтез ўрнига хемосинтез табиат саҳнасига чиққан.

Хемосинтез шароитидаги тирик организмлар учун Қуёш нури сингари “қора кашандалар” оғзидан уфорилаётган иссиқ оқим озуқа вазифасини ўтайди. Демак, “қора кашандалар” ҳаёти учун Қуёш нури ва кислородли муҳит зарур эмас экан.

5.5.2. Океан тубидаги гидротермаларни прогноз қилиш методикаси

Ўрта океан тоғ тизмасининг кашф қилиниши ер ҳақидаги илмларни қайта кўриб чиқишга сабаб бўлди. Дунё океани туби бўйлаб ястанган бу тизмаларга оид тадқиқот натижаларида табиат ходисаларининг қатор кашфиётлари рўёбга келди. Жумладан, бу

ерларда ер қаъридан чиқаётган жуда катта ҳароратли иссиқлик оқими – гидротермалар аниқланди. Бундай гидротермалар ўзига хос океан тубидаги иссиқ масса каналлари вазифасини ўтаб, Ер қаъридаги иссиқлик оқимини конвектив йўл билан юкорига чиқаришни таъминлаб беради. Бундай каналлардан 1100-1200°C га эга кайноқ магма ер тубидан кўтарилиб, океан суви остига узлуксиз қуйилиб турини маълум бўлди. Бундай натижалар ўтган асрнинг 70 ва 80-йиллари Россия Фанлар академиясининг П.П.Ширшов номидаги океанология институти олим ва мутахассислари Калифорния бўғида, Шарқий Тинч океани тизмасида олиб борган кузатувларининг маҳсули бўлди. Океанда олиб борилган бундай кузатувлар факатгина сув сатҳидан эмас, балки махсус мосламалар – сув остида фаолият кўрсатадиган “Пайсис” ва “Мир” аппаратлари ёрдамида океан тубида ҳам бажарилиди.

Юкорида қайд этилган иссиқ масса каналлари – гидротермалар ўрта океан тизмасининг ҳар жойида учрайвермайди. Улар 100-150 км. масофада битта ёки иккита учрайди. Улар аниқ жойининг океанни тадқиқ қилиш учун амалга ошириладиган ҳар бир рейсни самарали бажариш мақсадида океанларни тадқиқот қилувчи “Дмитрий Менделеев” ва “Академик Мстислав Келдиш” номли кемалар махсус геологик ва геофизик тадқиқотларни океан шароитида ўтказишга мўлжалланган мослама ва қурилмалар билан жиҳозланган. Океан тубига тушишдан олдин сув сатҳида геологик-геофизик ва геохимиявий усуллар билан океан туби ўрганилади. Чунки ҳар бир океан тубига тушиш мураккаб жараён ва катта сарф-харажат эвазига амалга оширилади. Бу жараён океан тубига аппаратларда тушаётган жипсиз аъзолари ҳаёти учун хавфсиз деб саналмайди. Шунинг учун гидротермаларни ўрганиш, авваламбор, улар мавжуд бўлган жойни аниқ белгилаш билан боғлиқ. Демак, океан туби тадқиқотида гидротермаларни ўрганиш бўйича махсус стратегия ва кузатув методикасига таяниш лозим. Бундай методика гидротермаларнинг диагностика вазифасини асосланган. Ўрта океан тоғ тизмасининг гидротермал қурилмалари мавжуд бўлган жойлар қуйидаги диагностика белгиларга эга бўлади.

Биринчидан, бундай жойлар кўп ҳолатларда ўрта океан тизмаси ўқининг – плиталар ажрелиш (спрединг) чизигининг силжиган (“перескок”) минтақаларига тўғри келади.

Иккинчидан, улар мавжуд жойларда рифт водийсининг, яъни спрединг ўқи ўтган минтақа туби гумбазсимон кўтарилишга эга бўлади.

Юкорида кайд этилган икки хусусият кема бортидан туриб бажариладиган геологик-геофизик методлар ёрдамида ўрганилади, гидротерм курилмалари эҳтимоли бўлган минтакалар хариталанади.

Кейинги босқичда бундай хариталанган минтакалар доирасида сув қатлами ва океан туби чўкиндилярининг намуналари геохимёвий усуллар ёрдамида ўрганилади. Тадқиқотлар кема бортидаги лабораторияларда бажарилади. Демак, гидротерм мавжудлигидан далолат берувчи учинчи белги: агар океан тубида катта энергетик қувватга эга бўлган гидротерма фаолиятда бўлса, у албатта газ таркибининг аномалияси сифатида ўзини намоён этади. Бундай аномалиялар кема бортида газ анализаторлари ёрдамида аниқланади. Сув ва чўкинди намуналари бу ерда таҳлилдан ўтказилиб, натижалари тезкорликда олинади. Агар намунада маълум миқдорда гелий (гелий-3) изотопи кайд этилса, бу океан суви таркибидаги газларда ернинг чуқур қатламларидан чиқаётган моддалар мавжудлигидан гувоҳлик беради. Демак, кузатилаётган жойнинг яқин атрофида фаолиятдаги гидротерма мавжуд, чунки гелий-3 фақат ернинг чуқур мантия қисмидан кўтариладиган кимёвий элементлиги фанда исбот қилинган.

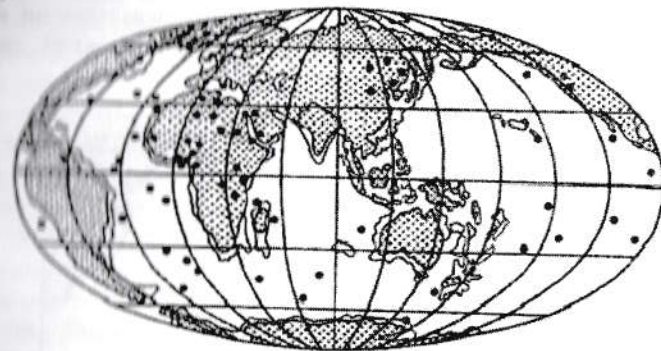
Тўртинчидан, океан тубидан кўтарилган эритма ва бошқа намуналардаги аномалиялар кайд этилса, демак, океанологлар иссиқ масса каналларига яна ҳам яқинлашганларидан гувоҳлик беради. Бундай аномалиялар 20 дан ортиқ элементларнинг экспресс-анализи ўтказилиб, тезкор тарзда аниқланади.

Юкоридаги белгилар таҳлили асосида фаолиятдаги катта қувватга эга геотермаларнинг аниқ жойи белгиланиб, харитага туширилади. Шундан сўнг океанологлар ўз ихтиёридаги сув остида фаолият кўрсатадиган аппаратларда гидротерма аниқ мавжуд бўлган – океан тубида беҳато белгиланган жойга тушишни амалга оширадilar. Улар XX асрнинг 70 йиллари Калифорния бўғозида ва 80 йиллари Шарқий Тинч океани кўтарилмасидаги жуда фаол бўлган иссиқмасса кўтарилувчи каналларни океан тубига тушиб, ўз кўзлари билан кўришга мушарраф бўлганлар. Бундай гидротермалар фанда, юкорида айтилганидек, “кора кашандалар” деб номланган.

5.6. Плюм-тектоника ёки иссиқлик нукталари

Плюм-тектоника (“плейт-тектоника” атамасига муқобил равишда) ёки плюмлар тектоникаси (“плиталар тектоникаси”га муқобил равишда) концепциясининг тарихи янги глобал тектоника назарияси шаклланаётган XX асрнинг 60 ва 70 йилларига бориб такалади. Бу даврда Дж.Вилсон ва Дж.Морган “иссиқлик нукталари” ва мантия

намуналари (“отруя”) – плюмлари фаразини илгари сурдилар (5.1-расм).



5.1-расм. Асосий иссиқлик нукталарининг замонавий жойлашиши

Бу фаразнинг илгари сурилишига сабаб, янги глобал тектоника концепцияси асосини ташкил этган “литосфера плиталар”ининг ички қисмида кузатиладиган вулконлар ва магматик жараёнлар бўлиб, бундай хусусият концепция постулатига тўғри келмаслиги бўлди. Чунки, янги глобал тектоника концепцияси постулатига кўра, сейсмик фаол минтакалар, шу жумладан, вулкон ва магматизм жараёнлари плиталарнинг чекка қисми бўйлаб тарқалганлиги материаллар асосида исбот қилиб берилган эди. Шу боис, плиталарнинг ички қисмида кузатилган вулкон ва магматик жараёнлар ўзаги каврада, деган савол вужудга келган эди.

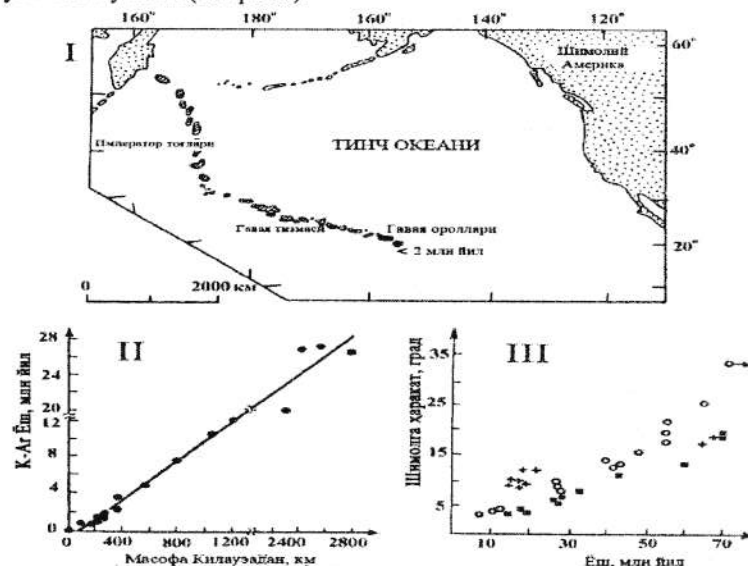
Юкорида кайд этилган плюм-тектоника фарази шу саволга жавоб топиш учун ташланган қадам бўлган. Бу фаразнинг вужудга келишига Тинч океанидаги Гавай ва Император тоғ тизмаларининг тадқиқот натижаси сабаб бўлди.

Гавай тоғ тизмаси жануби-шарқда Гавай оролларида фаолиятдаги вулконлар билан якунланувчи сўнган вулконлар мавжуд занжирсимон тизилган ороллардан иборат. Фаолиятдаги бу вулконлар - Килауэа, Мауна-Лоа ва Мауна-Кеа. Гавайдаги ҳозирда фаолиятдаги вулконлардан бошлаб, сўнган вулконлар ёши бирма-бир тизманинг шимолӣ чеккасидаги вулконгача қонуний тарзда эоценгача (42 млн. йил) улагийб боради. Бу ерда, яъни энг “улуғ” вулкон мавжуд бўлган орол Император тизмасидаги сув ости занжирсимон вулкон тепаликларини билан улаийб кетади.

Император тизмасининг йўналиши Гавай тизмаси сингари ғарб-шимолӣ-ғарбдан шарқ-жануби-шарқий бўлмай, шимолӣ-ғарбий

жануби-шаркий; вулкон курилмаларининг ёши эоцендан бўр даврининг кечки бўлимигача (78 млн. йил) ортиб боради.

Шундай қилиб, кўз ўнгимизда вулкон марказларининг вақт ва макон бўйлаб қонуний тарздаги миграциясини яққол тасвирда қўзатиш мумкин (5.2-расм).



5.2-расм. Фаол вулконли Гавайя оролларида узоклашган сари Гавайя-Император тизмаларидаги вулкон курилмалари ёшининг ортиб бориши ва унинг иссиқлик нуқталари фарази бўйича интерполяцияси

I – Умумий схема, Д.Клэк ва б. (1975) бўйича; II – Гавайя тизмасидаги вулконлар ёшининг Килауэага масофадан боғлиқлиги, чизикнинг эгилиши вулконланиш эҳтимолӣ миграцияси тезлигига $9,41 \pm 0,27$ см./йил тўғри келади,

И.Мак-Дугал, Р.Дунканлар бўйича; III-Тинч океан плитаси шимолга силжишининг турли мегодлар бўйича олинган катталигини таққослаш: Гавайя-Император тизмасидаги вулконларнинг ёши бўйича, яъни Гавайя иссиқлик нуқтасига нисбатан (айланачалар); палеомагнит маълумотлари бўйича (қўшув белгилар); экваториал минтақанинг чуқинди фациялари бўйича (қора тўғри тўртбурчаклар). Р.Гордон, Ч.Кэйп (1981) бўйича.

Бу ҳолатни Дж.Вилсон ва Дж.Морганлар Гавайя ороли остида ҳозирги вақтда фаолият кўрсатаётган астеносфера ва литосферани тешиб ўтаётган ўзаги стационар вазиятда бўлиб, юқорига вертикал кўтарилаётган иссиқ мантия оқимининг (“струя”) мавжудлиги билан

тўшунтирадilar. Тинч океани литосфера плитаси бу иссиқлик нуқтаси устидан аввал шимоли-ғарб (Император тизмаси), сўнг 42 млн. йил муқаддам ғарби-шимоли-ғарбий йўналишда ҳаракатланган. Бу йўналишдаги ҳаракат мобайнида иссиқлик оқими унинг дуч келган литосфера плитаси қисмини тешиб юқорига кўтарилаверган, натижада янги вулконлар ҳосил бўлаверган²⁰.

Ҳозирда сейсмик томография мантиядаги конвектив оқим қандай Гавайя, Исландия, Йеллоустон каби йирик замонавий плумлар қандай маълумотлар бермоқда.

Аммо, қандай қилиб мантиядан вертикал кўтарилаётган иссиқлик оқими астеносферада рўй бераётган горизонтал конвектив оқим билан кўтарилиши ҳамон тахмин даражасида қолмоқда.

А.А.Абидовнинг фикрича, плум тектоника механизмининг ишлаши учун вертикал оқим тезлиги астеносферадаги горизонтал оқим тезлигидан бир неча марта ортиқ бўлиши лозим. Бундай вазиятда астеносфера оқими мантиянинг вертикал оқим йўналишини озроқ ўзгаришига таъсир этсада, батамом унга монелик кўрсата олмайди (ҳозирда бу олим илмий раҳбарлигида бундай вазиятнинг геодинамик миқдорӣ моделлаштириши ишлари бажарилмоқда). Демак, бу икки оқим фақат уларнинг йўналиши бўйича бир-биридан фарқланмай, физик хусусиятлари бўйича ҳам фарқланади. Иссиқ масса оқими иссиқлик оқимини ёриб ўтишлигига (уларнинг тезлик нисбатлари таъминланганда) табиий ҳодиса сифатида қаралиши асосланган воқелиқдир.

Океан ва континентларда 40 га яқин иссиқлик нуқталари аниқланган. Уларнинг деярли барчаси билан вулкон фаолиятининг нобайиқлигига боғлиқ (5.2-расм). Уларга мантиянинг маълум жойларидан (“недеплетированная мантия”) кўтарилаётган ишқор-базальт магмалари характерли. Бу эса иссиқлик нуқталарининг чуқур “илдизли” эканлигидан далолат. Агар уларнинг стационарлигига, яъни геологик даврлар мобайнида ўз жойларини ўзгартирмай, бир координаталарда фаолиятда бўлишлигига асосланганидан бўлсак, литосфера плиталарининг “қозикланган” иссиқлик нуқталарига нисбатан шубҳий эмас, аксинча, мутлак тезлигини аниқлаш мумкин.

Литосфера плиталарининг абсолют (мутлак) тезлиги ҳақидаги параметрларни бошқа йўл билан ҳам ҳисоблаш мумкин. Бунда моментсиз ҳисоблаш системаси деб аталувчи метод қўлланилади. Бу метод қуйидагига асосланган. Ҳозирда мавжуд бўлган ҳар қайси

²⁰ А.А.Абидов, Д.Х.Атабаев, Д.Д.Хусанбаев ва бошқалар. “Yer fizikasi”. –Т.: “Fan va texnologiya” nashriyoti, 2014.

литосфера плитаси мезосферага айланиш моментини беради. Айлана-иш моментини плиталарнинг чегаралари ва уларнинг бурчак тезлигини билган ҳолда ҳисоблаб чиқариш мумкин. Сўнг шундай тизимни топиш лозимки, бу тизимда барча плиталар мезосферага берган моментлар барча плиталар моментлари йиғиндисини нолга тенг бўлиши керак. Олинган натижаларни иссиқлик нукталари билан солиштириш яхши, аммо бундай солиштириш тўлиқ бўлмаган равишдаги монандликни кўрсатди. Бундай тўлиқ бўлмаган монандлик иссиқлик нукталари бир-бирига нисбатан унча катта бўлмаган масофага жойларини ўзгартириши, яъни баъзи силжишларга дучор бўлишligидан гувоҳлик беради, деган хулоса ҳам мавжуд. Эҳтимол, бу ўзгариш иссиқлик нукталари "ўзагининг" силжиши натижаси эмас (улар стационар). Иссиқлик нукталарининг бир-бирига нисбатан жойининг унча катта бўлмаган масофага ўзгариши, яъни силжиши мантиядан кўтарилаётган вертикал иссиқлик оқимининг астеносферада рўй бераётган горизонтал конвекция оқими таъсирига дучор бўлишининг натижаси, деб қаралса тўғрироқ бўларди. Аммо, иссиқлик нукталарининг бу силжиши литосфера плиталарининг ҳаракатига нисбатан жуда ҳам сезиларсиз даражада намоён бўлади.

Яқинда Император тизмасидаги вулконларни палеомагнитик ўрганиш махсус дастури туфайли Император тизмасини шакллантирган мантия оқимининг меридионал силжиганлиги исбот этилди ва ўлчаб чиқилди.

Ҳозирги вақтда плюм-тектоника тадқиқотчиларнинг диққат марказида. Плюмлар фаолияти билан тектоника, магматизм ва руда ҳосил бўлишининг кўпгина масалалари ўз изоҳини топомқда. Даврий ҳосил бўладиган "суперплюмлар" билан суперконтинентлар бўлиниши ва парчаланиши жараёнлари изоҳланади.

Остки мантия сиртидан, ҳатто, унинг тубидан кўтариладиган мантия плюмларининг фаолияти литосфера плиталарининг ҳаракати ва ўзаро муносабатига таъсир этиб қолмай, баъзи ҳолларда бу жараёнларни назорат этиши ҳам мумкин, деган фикрлар мавжуд.

Назорат саволлари

1. Ернинг қандай иссиқлик манбалари мавжуд?
2. Иссиқлик оқими нима ва унинг ўлчов бирликлари қандай?
3. Кондуктив, конвектив иссиқлик ўтказувчанлик ҳақида тушунча беринг.
4. Гидротермалар ҳақида тушунча беринг.
5. Плюмлар қандай ҳосил бўлади?
6. Ерда иссиқлик ўтказишнинг қандай механизмлари мавжуд?

6-баб. АТМОСФЕРА, ГИДРОСФЕРА ВА ЛИТОСФЕРАНИНГ БИРЛИГИ

6.1. Ер геосфералари. Ер қобиғи (литосфера)

Ер қобиғи бир неча турларга ажратилади. Улар бир-биридан таркиби, қалинлиги билан фаркланади.

Океан туридаги ер қобиғи ҳозирги замон океанлари ва чекка денгиз майдонларида ривожланган бўлиб, унинг қалинлиги 1-15 км. ни ташкил этади. Унинг юқоридан пастга томон тузилишида биринчи чўкинди катлам, асосан, базальтлардан иборат иккинчи ва таркибида асосли тўла кристалланган магматик жинслар кўпчилигини ташкил этувчи учинчи катлам мавжуд.

Қитъа қобиғи континентлар ва уларга туташган шельф денгизларида тарқалган. Ер қобиғининг континентал тури океанлар ичида жойлашган микроконтинентлар кесмасига ҳам характерли. Бундай турдаги қобиқнинг ўртача қалинлиги 30-40 км. оралиқда ўзгаради. Платформаларда у 35-40 км. га, ёш тоғ қурилмалари остида эса 70-75 км. гача етади. Йирик грабенлар остида қобиқ қалинлиги 25-30 км. гача қисқаради. Қалинликларнинг камайиши консолидацияланган қобиқнинг устки қисми тугаб бориши ҳисобига континентлар чеккаси ва субокеан ботикликларда кузатилади.

Континентларда океанлардаги каби қобиқнинг чўкинди ва жинслаган қисми ажратилади. Кейингиси устки ва пастки катламларга бўлинади. Континентал турдаги ер қобиғининг ҳосил бўлиши, тузилиши, таркиби ва келиб чиқиши океан қобиғидан бутунлай фарқ қилади.

Чўкинди катлам платформаларда ривожланган бўлиб, юпка қалинликдаги (то 3-5 км. гача) кесманинг чўкинди қопламидан иборат. Субокеан ботикликларида, платформаларнинг рифтоген ва чекка букилмаларида, бурмали минтақаларнинг ички ва олд букилмаларида чўкинди қопламанинг қалинлиги 10-20 км. га етади.

Консолидацияланган қобиқ геофизикавий кўрсаткичлари бўйича икки катламга: бўйлама тўлқинлар тезлиги 6,0-6,5 км/сек. гача бўлган устки ва 6,4-7,7 км/сек. бўлган пастки катламга бўлинади.

Яқин йилларгача консолидацияланган ер қобиғи кесмасининг физик хоссаларининг ўзгариши тоғ жинслари таркибидаги петрологик фарқ билан тушунтирилган. Шунинг учун устки катлам "гранитли" ёки "гранит-гнейсли", осткиси эса "базальтли" ёки "гранулит-базитли" катлам номини олган. Уларнинг орасидаги ажратувчи чегара биринчи марта уни аниқлаган геофизик олим Конрад номи билан аталади. Бу чегара остида бўйлама сейсмик тўлқинларнинг тезлиги

6,6 км/сек. гача ошади. Кейинги тадқиқотлар ер қобиғи кесимида бошқа қайтарувчи горизонтлар ҳам мавжудлигини кўрсатди.

6.2. Ер мантияси

Ернинг 83,2% ҳажми ва 67,77% массаси мантияга тўғри келади. Мантия Ер геосфераларининг ҳосил бўлиш жараёнида, модда парчаланиши ва сараланишида муҳим аҳамиятга эга. Мантия таркиби ядронинг ўсиши ва ер қобиғининг шаклланиши жараёнида доимо ўзгариб турган, яъни Ер моддасидан темир-никелли ва алюмосиликатли ер қобиғи шаклланишига сарф бўлган модданинг тўхтовсиз таъминлаб турувчи сатҳ сифатида тасаввур қилиш мумкин. Бу моддаларнинг ажралиш жараёни қуйидаги икки сатҳ – “D” қатламида ва астеносферада ривожланади. А.Рингвуд ва Д.Гринлар фикрича, юқори мантия умумий таркибининг 75% перидотитдан, 25% океан қобиғининг асосли жинслари – толеитли базальтлардан ташкил топган. Ушбу модданинг номи – пиролит. Унинг таркиби оливин, ромбик ва моноклин пироксенлар ҳамда гранат каби минераллардан иборат.

Юқори мантия Ер ривожланишида муҳим аҳамиятга эга, Ер қобиғининг шаклланиши у билан боғлиқ. Юқори чегараси Мохоровичич юзасидан, қуйи чегараси 660-670 км. дан ўтказилади²¹.

Ҳозирги вақтда юқори мантия базальт ва ўта асос жинслардан ташкил топганлиги аниқ бўлди. Сейсмик тўлқинларнинг юқори тезлигига эга бўлган устки қисми ажратилади. Юқори мантиянинг бу қисми Ер қобиғи билан бирга литосфера деб аталади. Литосфера остида мустақил қатлам сифатида астеносфера ётади. Ундан пастда мантия моддаси ўзининг умумий кимёвий таркибини сақлаган ҳолда фазавий ўзгаришларга учрайди, шу туфайли унинг физик хоссалари ўзгаради. Бундай ўзгаришларни бир неча сатҳи кузатилади. Уларнинг орасида 410 км. ва 660-670 км. чуқурликдаги сатҳлар жуда муҳим ҳисобланади. Ер кесмаси устки қисмидаги бундай қатламлаш ер қобиғи ҳамда бутун Ернинг тузилиши ва ривожланишини англашда қатта аҳамиятга эга²².

Юқори мантия тузилишидаги бош хусусият 410 км. дан бошлаб чуқурликда сейсмик тўлқинлар тезлиги ошиб кетишидан иборат. Бундан 660-670 км. чуқурликгача тезликнинг (11.3-11.4 км/сек. гача) ва тоғ жинслар зичлигининг жуда юқорилиги кузатилади.

²¹ А.А.Абидов, Д.Х.Атабаев, Д.Д.Хусанбаев ва бoshqalar. “Yer fizikasi”. –Т.: “Fan va texnologiya” nashriyoti, 2014.

²² Востресенский Ю.Н. Полевая геофизика. –М.: Недра, 2010. –С.478.

Ўрта ва қуйи мантия жинсларнинг юқори зичлиги билан ажралиб туради. Ҳисоблар шуни кўрсатадики, ҳозирги вақтда маълум бўлган тоғ жинсларининг ҳеч бири ушбу чуқурликдаги ўта юқори босим ва ҳарорат шароитларига мос келмайди. Фақат баъзи минералларгина бундан истисно.

“D” қатлам – мантия моддасининг дифференциациясидаги биринчи асосий сатҳ. Бу сатҳ Ер ядроси ва мантия оралиғида жойлашган бўлиб, К.Е.Буллен томонидан ажратилган. Унинг қалинлиги 200 км. дан 300 км. гача ўзгаради. Қатлам юзасининг нотекислиги эса ядро рельефига мос келади.

“D” қатламининг қовушқоклиги нихоятда ўзгарувчан. Унинг термик ҳолати, зичлиги ва кимёвий таркиби хилма-хил. Қатламининг остки қисмида модда юқори даражада суюқланган, сейсмик тўлқинлар ўта паст тезликдаги зона ажратилган. О.Г.Сорохтин ва С.А.Ушаковлар бу оралик қатламни (20 км.) Берзон номи билан аташган. “D” қатлами Ернинг ривожланишида жуда муҳим аҳамиятга эга. Бу зонада мантия моддасининг дифференциацияси жараёнида жуда қатта миқдорда иссиқлик энергияси ажралиб чиқади, ядронинг темир билан бойиши содир бўлади. “D” қатламида сўрилаётган океан литосферасидан ташкил топган слэблар уюми ва шаклланаётган суперплюмларнинг илдишлари жойлашади. Қатламининг остида моддалар қовушқоклиги кескин пасаяди ва улар суюқланган ҳолатдалигини кўрсатади.

Шундай қилиб, оралик “D” қатлами Ернинг ривожланишида муҳим аҳамиятга эга. Бу зонада – мантия ва ядро чегарасида, модданинг гравитацион дифференциацияси туфайли, ядронинг суюқ темирли компоненти ва мантиянинг қаттиқ силикатли компонентига ажралиш содир бўлади. Бунда ажралиб чиқадиган иссиқлик энергияси, энгилроқ силикатли массаларнинг ажралиши билан бир қаторда, Ердаги иссиқлик масса ташилиши ва модда дифференциациясини таъминловчи мантиядаги юқорига ҳаракатланувчи конвектив оқимларни келтириб чиқади.

6.3. Ер ядроси

Ер ядроси Ер ҳажмининг 16,38% ва массасининг 31,79% га тўғри келади. Ядро жуда юқори зичликдаги – 11 г/см³ моддадан иборат. Ташқи ядро нисбатан суюқ, ички ядро эса қаттиқ моддалардан иборат. Янги тадқиқотлар ички ядро анизотроп эканлигини ва ташқи ядродан Ер ўқи айланишининг қатта тезлиги билан фарқ қилишини аниқлади. Ташқи ядрога икки – жадал конвекция билан ажралиб

турадиган пастки ва тартибланган конвекциядан иборат устки геосфералар ажратилади.

Мантия ва ядро, ички ва ташки ядролар ўртасидаги чегаралар Ер кесмасида яққол ажралиб туради. Бу модданинг зичлиги ва кимёвий таркибининг кескин ўзгарувчанлиги билан боғлиқ. Кўплаб тадқиқотчилар ташки ядро, асосан, бир валентли темир оксидлар Fe_2O суюқлиги ва юқори босимга чидамли бўлган ж, Fe ва FeO нинг эвтектик қотишмасидан иборат деб фараз қилади. Ички ядро темир-никелли (Fe 0,9, Ni 0,1) қотишмадан иборат. Уларнинг орасида қўшимча сульфид таркибли FeS оралиқ қатлам (К.Е.Буллен бўйича F қатлам) ажратилади.

6.4. Астеносфера

Сейсмик тўлқинлар бўйича кузатувлар ёрдамида океанлардаги 50 км. дан кам чуқурликларда, китъаларда эса 80 ва 120 км. оралиғида тўлқинларнинг тарқалиш тезлиги мантиянинг устки қисмидагига нисбатан камайд. Бу пасайган тезликлар қатлами пастдан ҳам катта сейсмик тезликлар сфераси билан чегараланган. Ушбу юзалардан тўлқинларнинг қайтиши туфайли улар, асосан, шу қатламнинг ичида тарқалади. Шунинг учун ҳам у сейсмик “волновод” деб номланган. Уни астеносферага ўхшатишади. У латерал йўналиш бўйича бир жинсли эмас. Океанларда унинг устки юзаси 50 км. га яқин ва ўрта океан тизмалари остида ер юзасига 10-15 км. гача яқинлашиб келади. Остки юзасининг чуқурлиги 400 км. дан ошмайди. Континентларда ўзининг тузилиши бўйича астеносфера турли таркибга эга. Ёш тоғли ўлкаларда (Альп, Кавказ, Тянь-Шань) унинг устки юзаси 80 км. гача, рифт зоналарида эса 50-60 км. гача кўтарилади. Ер қобиғининг энг турғун вилоятлари – қадимий платформалар қалқонлари остида астеносфера кучсиз ифодаланган; 100 дан 200 км. гача чуқурликларда у бир-биридан ажралган астеолинзалардан тузилган, нисбатан кичик қалинликдаги қатламдан иборат.

Астеносфера Ер литосферасининг шаклланишида муҳим аҳамиятга эга. Бу ерда магма ҳамда ер қобиғи моддасининг парчаланиши ҳамда саралаш жараёнлари бошлаб берилади. Литосфера плиталари ҳаракатларини таъминловчи астеносферанинг геодинамик хоссалари ҳам катта аҳамиятга эга. Астеносфера латерал йўналишда яқка жинсли эмас²³. Океанлар тагида у аниқ ифодаланган ва катта қалинликка эга. Қадимий континентал плиталар, айниқса, архей кратонлари остида литосферанинг остки қисми мантиянинг

²³ A.A.Abidov, D.X.Atabayev, D.D.Xusanbayev va boshqalar. “Yer fizikasi”. –T.: “Fan va texnologiya” nashriyoti, 2014.

200-350 км. ва ундан ортиқроқ чуқурликларида юқори мантиянинг тузилиши бошқача эканлиги аниқланган. Бу областларда литосфера мантия билан туташиб кетар экан. Баъзи тадқиқотчиларга бундай хусусият астеносфера бўйлаб литосфера плиталарининг планетар ҳаракатланиши мумкинлигини инкор этишга асос бўлмоқда.

Литосфера юқори мантиянинг деплетлашган устки қисми ва ер қобиғини ўз ичига олиб, унинг тузилиши ва таркиби Ернинг геологик тарихи ва моддасининг дифференциацияси хусусиятларини тўлиқ акс эттиради. Литосферанинг перидотитли магнезиал-силикатли қуйи, асосан, алюмосиликатли устки қисмларга ажралиши аниқ акс этганлиги туфайли уларнинг орасидаги чегара Ер кесмасидаги бош петрофизик бўлимлар каторига киритилиши бежиз эмас.

6.5. Атмосфера, гидросфера ва литосферанинг бирлиги

Ер бир неча геосфералардан: магнитосфера, атмосфера, гидросфера, литосфера, мантия ва ядродан иборат. Ернинг ташки қобиғи, магнитосфера атмосферадан фаркли, Ер билан биргаликда унинг ўқи атрофида айланмайди.

Ер атмосфераси бир неча қатламдан иборат. Ер юзасига энг яқини тропосфера саналиб, у атмосфера массасининг 80% ни, қалинлиги экваторда 16-18 км. ни, кутбларда эса 8-10 км. ни ташкил этади. Тропосфера ҳарорати ҳар 100 метрга 0,60°K га пасайиб боради.

Юқорида стратосфера, унинг кесимида 50-55 км. да озон қатлами жойлашган, маълумки, бу қатлам Қуёшнинг ультрабинафша нурларини ўзига ютади. Стратосферадан юқорида мезосфера (55-80 км.); сўнг термосфера (80-1000 км.) ва экзосфера (1000-2000 км.) жойлашган. Ундан юқорида – коинот. Термосферада Қуёш қиска тўлқинли нурларининг ионосферада ютилиши туфайли ҳарорат тез кўтарилади. Экзосферада енгил газларнинг сочилиши ва диссипацияси кузатилади. Атмосферанинг 80 км. дан юқори қисмида ионосфера, магнитосфера ва гелиосфералар мавжуд.

Атмосферанинг ташки қатламларида газ молекулаларининг иссиқлик таъсиридаги тартибсиз ҳаракати уларнинг ҳаракат тезлигини ошириб юборади. Натижада бу тезлик ортиб критик нуктага етади, бу молекулалар сайёранинг тортишиш кучи доирасидан чиқиб кетиши мумкин. Шундай қилиб, диссипация сайёранинг тортишиш кучига, молекулаларнинг кинетик энергиясини аниқловчи экзосферадаги ҳарорат ва шу молекулаларнинг массасига боғлиқ бўлади. Ой ва Меркурий шу сабабли турғун атмосферага эга эмас, Марсда эса факат оғир газлар турғун ҳолатда. Ер туридаги сайёраларда

факат водород ва гелий диссипация бўлади, кичик сайёраларда ва бошқа баъзи йўлдошларда атмосфера мавжуд эмас.

50-400 км. баландликда атмосфера газларининг ионлашуви рўй беради. Бу атмосферада электр ўтказувчанликнинг ортишига олиб келади (Ер юзасидагидан кўра 1012 марта кўп). Гравитация, ионизация ва газларнинг диффузион бўлиниши таъсирида атмосферанинг юқори катламларида енгил газлар тўплана бошлайди. Ер юзасидан 200 км. юқоригача азот атмосферанинг асосий қисмини ташкил қилади, ундан юқорида азотни атомар кислород сиқиб чиқаради.

Атмосферада томчи ва муз шаклида $(1,3 \div 1,5) \cdot 10^{16}$ кг. сув бор. Сув асосан тропосферада, тропик минтакаларда 3-4% бўлса, Антарктидада 2·10-5% ни ташкил қилади.

Ер юзасидаги асосий энергия манбаи Қуёшнинг электромагнит нурланишидир. Ер Қуёшдан $1,7 \cdot 10^{17}$ Дж/с энергия олади, лекин Ер юзасигача бунинг 48% етиб келади, қолгани атмосферада ютилади ва магнитосферада қайтарилади. Стратосфера ва тропосферада инфракизил диапазондаги нурланишлар ютилади.

Термосфера катламининг (ионосферада) қуйи қисмида радиотўлқинли диапазондаги нурланиш қайтарилади, ультрабинафша нурланиш эса озон катламида Ердан 15-60 км. юқорида ютилади. Қуёшнинг қисқа тўлқинли рентген ва гамма нурланишлари атмосферанинг барча катламларида ютилиб, Ерга деярли етиб келмайди. Лекин атмосфера электромагнит нурланишлар ва радиотўлқинларни бемалол ўтказиб юборади.

Хуллас, атмосфера Қуёшнинг қисқа тўлқинли нурланишлари ва метеоритлар окимидан Ерни саклаб турувчи қалқон ролини ўйнайди. Атмосферасиз Ерга ҳаётнинг вужудга келиши мумкин эмас эди, чунки бундай ҳолда Ер юзининг ўртача ҳарорати тахминан минус 23°C ни ташкил этган бўлар эди.

6.6. Гидросфера

Денгиз ва океанлардаги сувнинг 200-300 м. чуқурликдаги юза қисми ҳарорати ўзгарувчан бўлиб, у географик кенглик ва йил фаслига боғлиқ. Экваториал минтакаларда сувнинг ўртача йиллик ҳарорати 25°C. Шимолий минтакалар томонга қараб, ҳарорат 0°C гача пасайиб боради. Ҳароратга мос равишда қутб ўлкаларда сувнинг зичлиги максимал, экваторда минимал бўлади.

Гидросфера сувларида кимёвий элементларнинг деярли барчаси мавжуд, лекин водород, кислород, хлор ва натрий кўпроқ.

Океан – Ер юзидаги Қуёш энергиясини қабул қилувчи ва йиғувчи улкан аккумулятор. У ҳарорат ўзгаришини барқарорлаштириб

туради. Сув юзасининг ҳароратини тўсатдан бир неча градусга ўзгариши атмосферадаги жараёнларга кучли таъсир этади. Ўрта ва қутб кенгликларида океан сувлари ёзда иссиқликни аккумуляция қилиб, қишда бу иссиқликни атмосферага беради. Тропик минтакаларда сув йил бўйи исийди ва конвекция туфайли бу ерда совуқ ва иссиқ оқимлар пайдо бўлади. Шу ерларда сув ва атмосфера ҳароратлари орасидаги катта фарқ туфайли циклонлар вужудга келади. Циклонлар географик кенгликнинг 5-20 градусларида, асосан, ёз ойларида, океан юзасида паст босимли зона мавжуд бўлганда ҳосил бўлади. Бундай ҳолат сув ва ҳаво ҳароратларининг фарқи юқори бўлганда (23-26°C) рўй беради. Ҳосил бўлган локал ҳаво оқимлари Кориолис кучлари таъсирида спиралсимон шакл олиб, айланма ҳаракатга келади. Иссиқ нам ҳаво тепага ҳаракат қилади, у шудринг ҳосил бўлиш нуқтасидан ўтиб, томчиларга конденсацияланади. Аста-секин иссиқ нам ҳаво жуда юқорига кўтарилади. Кенгайиб ва совиб, бу нам ҳаво совиған буг ҳолатида сакланиб туради. Агар шу дамда ташқаридан шамош таъсирида қум ёки туз зарралари келиб шу бугга урилса, кўчкисимон тарзда буг конденсациялана бошлайди. Бошланган жараён натижасида босим пасаяди. Бу ерда борган сари кўп оқимлар ҳосил бўлади, конденсация жараёни кучаяди ва кучли шамош ҳосил бўлади.

Тинч океанининг экваториал қисмида диаметри 200-400 км. га етадиган аномал юқори ёки паст ҳароратли доғлар – оқимлар вужудга келади (3-4°C дан юқори бўлганда “Эль Ниньо” ёки шунчага паст бўлганда “Ля Нина”). Бундай оқимлар ҳар икки-уч йилда ҳосил бўлади. Ҳар бир бундай ҳодисанинг энергияси Хиросимага ташланган атом бомбаси энергиясидан миллион баробар катта²⁴.

Назорат саволлари

1. Ер геосфералари қайси қаватлардан иборат?
2. Ер қобиғи қандай тузилган?
3. Ер мантияси чуқурлиги ва параметрлари қандай?
4. Ер ядроси нимадан иборат?
5. Ер геосфераларини таърифлаб беринг.
6. Астеносфера қандай тузилишга эга?
7. Атмосфера, гидросфера ва литосферанинг бирлиги ҳақида нималар биласиз?
8. Гидросфера ҳақида нималар биласиз?

²⁴ А.А. Абидов, Д.Х. Атабайев, Д.Д. Хусанбайев ва бошқалар. “Yer fizikasi”. – Т.: “Fan va texnologiya” nashriyoti, 2014.

7-БОБ. ГЕОЛОГИК ИШЛАРНИ БАЖАРИШДА ГЕОФИЗИКАВИЙ УСУЛЛАРНИНГ ҚЎЛЛАНИЛИШИ

7.1. Геологик ишларни бажаришда геофизик усуллар

Замонавий геологик кидирув ишлари мураккаб жараён бўлиб, кетма-кет тадқиқот босқичларини ташкил этади. Ҳар бир тадқиқот босқичида фойдали қазилмалар жойлашиш қонуниятларини ўрганиш ва саноатга ярокли конларни топишдаги масалалар ҳал этилади. Ер юзасига яқинроқ жойлашган фойдали қазилма конлари, асосан, кидириб бўлинди ва қазиб чиқариш ишлари баъзи конларда нихоясига етди. Шунинг учун фойдали қазилма конларини чуқурроқдан излашга тўғри келмоқда. Катта чуқурликда жойлашган фойдали қазилмаларни излашда ўрганилаётган ҳудудларнинг чуқурликдаги геологик тузилишини, фойдали қазилмаларнинг ҳосил бўлиши ва жойлашиш қонуниятларини ўрганиш ҳамда қўлланаётган кидирув усулларини такомиллаштириш талаб этилади.

Геофизикавий тадқиқотлар геологик ишларнинг ҳар бир босқичида турли масалаларни ечишда қўлланилади. Геологик ишларга қўйилган талаблар геофизикавий тадқиқотларнинг ўрганиш чуқурлигини орттириш, тўсиклар фони (муҳитларни) орасидан физик хоссалари кам фарқ қиладиган объектларни аниқлаш, фойдали қазилмаларни хусусиятлари бўйича излашни талаб этади.

Ихтиёрий геологик масалани ҳал қилишда бир нечта геофизикавий усулларнинг натижалари ишлатилади. Айниқса, мураккаб геологик масалалар геофизикавий усулларнинг мажмуаси билан ечилади ва бунда тадқиқотларнинг объекти бўйича тўлиқроқ маълумотлар олинади.

Бир нечта геофизикавий усулларни қўллаш (мажмуалаш) турли сабабларга боғлиқ:

1. Алоҳида усуллар билан олинган далилларни талқин қилиш натижалари бир ечимли бўлмаслигига.

2. Қўйилган ҳамма вазифаларни битта усул билан ечиб бўлмаслигига.

3. Иқтисодий томонига – қачонки юқори самарали, лекин қиммат тадқиқотларнинг ўрнига самараси пастроқ бўлган, нисбатан арзон ишлар билан бирга олиб бориш зарурлигига.

Тайин геологик масалани ечишда геофизикавий усуллар мажмуаси ўрганиладиган ҳудуднинг физик-геологик шароитига мувофиқ танлаб олинади. Уларни танлаб олишда қуйидаги қонуниятлар таҳлил қилинади:

1. Геофизик аномалия ва геологик кесим тузилиши орасида донмий боғлиқлик бор. Геологик тузилма бўлмаган бир жинсли муҳитда геофизик аномалиялар бўлмайди, аксинча, бир жинсли муҳитнинг таркибида муайян геологик тузилма ҳосил бўлганда, албатта, геофизик аномалия кузатилади. Шунинг эслатиш керакки, бир хил геологик тузилма (объект) ҳар доим геофизик аномалияси бир-бирига ўхшаш бўлади (геофизиканинг тўғри масаласи), бир-бирига ўхшаган геофизик аномалияларда эса ҳар хил геологик вазиятлар кузатилиши мумкин (геофизиканинг тескари масаласи)²⁵.

2. Геологик тузилмани ташкил этувчи жинсларнинг физик хоссаларининг ўзаро фарқ қилиши геофизик аномалияда аниқ акс этади.

3. Геофизикавий усулларнинг самарадорлиги ва ўрганиш чуқурлиги иш жойининг геологик-геофизик шароитларини аниқлаб беради.

4. Қатламли кесимларни ўрганишда (катламларнинг ётиш бурчаклари 15°-20° гача бўлганда) сейсморазведка, электроразведканинг электрзондлаш усуллари яхши натижа беради²⁶.

5. Тик катламли кесимларни ўрганишда электрпрофиллаш, магниторазведка, гравиразведка, радиометрия усуллари самарали натижа беради.

Ечиладиган геологик масалалар асосида геофизик усулларнинг мақбул мажмуаси (рационал комплекси) танлаб олинади. Геофизик усулларнинг мақбул мажмуаси – шундай бир нечта усулларни бирга ўтказишда минимал (кичик) маблаг ва ишончли ечимга имкон берувчи тадқиқотлар. Геофизикавий усулларнинг мақбул мажмуаси геологик, геохимиявий, гидрогеологик, муҳандис-геологик ва бурғилаш ишлари билан бирга олиб борилади. Дала геофизик тадқиқотлари бурғилаш ишлари билан бирга олиб борилиши муҳим масала ҳисобланиб, қудуқлардаги геофизик тадқиқотлар ва қудуқ атрофини ёритиш ишлари билан ажралмас бўлиши лозим. Ҳар бир тадқиқот босқичларида геофизикавий ва бошқа ҳамма усулларнинг бирга ўтказилиши энг мувофиқ бўлиши керак, зеро усуллар мажмуаси ўзгариши мумкин.

Усуллар мажмуасини танлаганда қуйидаги омилларга асосланиш зарур:

²⁵ Воскресенский Ю.Н. Полевая геофизика. – М.: Недра, 2010. 478 с.

²⁶ R.E. Sheriff, L.P. Geldart. Exploration seismology / -2nd ed. p.cm. Includes bibliographical references. ISBN 0-521-46282-7. – ISBN 0-521-46826-a(pbk) @ Cambridge University Press. 1982, 1995.

1. Мажмуадаги ҳар бир усул кетма-кет геологик маълумотни қўшиши ёки аниқлигини орттириши лозим.

2. Ҳар бир кейинги босқичда умумийдан хусусийга ўтиш кайдаси асосида иш олиб борилиб, ўрганилаётган объектни чуқурроқ гидроқ этиш билан тавсифланиши керак.

Дастлабки босқичларда геофизик ишлар ўтказилгандан сўнг ўрганилган майдоннинг аниқ физик-геологик модели (ФГМ) тузилади; қулайлиги пастроқ ва қимматроқ усуллар қўлланилиши учун ўрганилаётган истикболли майдон кискартирилиши, хариталаш масштаби йириклаштирилиши лозим.

3. Тадқиқотлар майдонининг турли жойларида геологик масалани ечиш қайси усулларнинг ўрганиш чуқурлиги ва ажратиш қобилияти муносиб бўлса, шу усуллар қўлланилиши лозим.

4. Бир-бирига ўхшаш геологик шароитларда тадқиқотлар ўтказиш учун ишлар тажрибасига асосланиб, усуллар мажмуаси танлаб олинади.

Усулларнинг мақбул мажмуаси ечиладиган тўғри ва аниқ ифодааланган вазифалар асосида танлаб олинади. Бунда ўрганилаётган майдон бўйича геологик маълумотлар тўплами ва геологияси ўхшаш бўлган аниқроқ ўрганилган майдонлар маълумотлари таккослаб ишлатилади.

Аввал аниқ геологик шароитда айрим геологик вазифаларни ечишда алоҳида усулларни қўллаш имкони баҳоланади. Сигдирувчи жинслар ва бизни қизиқтирадиган объектлар орасидаги физик хоссаларнинг фарқи, уларнинг тахмин қилинган шакллари, геометрик ўлчамлари ва ётиш чуқурлиги, қалинлиги ва улар устидаги ёткизликларнинг таркиби, майдоннинг рельефи бўйича далилларига асосланиб, физик-геологик модель (ФГМ) тузилади. ФГМ – мавҳум равишда муайян жинслар тўплами, унинг умумлашган ўлчамлари, шакли ва физик хоссалари юқори даражада ҳақиқий геологик шароитни акс эттиради. ФГМни тузишдан асосий мақсад – шароитни математик моделлаштириш, яъни турли назарий физик майдонларни ҳисоблаш. ФГМни тузганда, ҳақиқий геологик объект содда геометрик шаклларга эга бўлган жисмлар билан алмаштирилади (аппроксимацияланади). Ҳар хил физик ва геометрик параметрларнинг қийматларига физик майдонларни ҳисоблаб олиш, объектни ишончли қайд этиш, чегараланган шароитларини аниқлаб олиш учун моделнинг параметрлари аниқ қийматлар оралиғида ўзгарган ҳолда чегараланади.

Бундан сўнг тузилган ФГМга асосланиб, ҳар бир усулнинг қўллаш имкони баҳоланади.

Муносиб геологик шароитда ўтказилган ишлар тажрибаси асосида текширув (назорат) геологик ва бурғилаш ишлари натижалари билан солиштириш йўли баъзи ҳолларда мўлжалланган геологик кесим модели (ФГМ) учун назарий физик майдонлар ҳисоботлари билан солиштириш натижасида усулнинг геологик самарадорлигини баҳолаш мумкин.

Танланган усуллар мажмуаси вариантларининг нархлари ва қулайлиги солиштирилади.

Геофизикавий тадқиқотларни ўтказиш пайтида ҳақиқий геологик шароитда айрим усуллар мажмуадан чиқарилиши ёки бошқа усул билан алмаштирилиши мумкин. Бундай мажмуани ўзгартиришнинг мақсадга мувофиқлиги геологик текширув ва бурғилаш ишлари асосида ҳал қилинади.

Геофизикавий усуллар мажмуасининг далиллари мажмуали, яъни бирга талқин қилинади ва натижалари геологик-геофизик кесимлар, схематик геологик хариталар, тузилмали схемалар билан тасвирланади. Шундай қилиб, геологик масалаларни ечиш учун геофизикавий усулларнинг мақбул мажмуасини танлаб олиш ишлари Г.С.Вахромесв схемасига кўра бажарилади:

1. Геологик масалани қўйиш.

2. Физик-геологик модель (ФГМ) тузиш.

3. Геофизик усулларни танлаб олиш, асослаш ва тажриба-услубий ишлар билан синаб кўриш.

4. Натижаларни мажмуали талқин қилиш; мукамалроқ ФГМ тузиш; геологик ва бурғилаш ишлари билан назорат қилиш, масалани тўғри ва тўлиқ ечилиши бўйича хулоса чиқариш²⁷.

7.2. Мажмуали геофизик далилларни геологик изохлаш услубининг умумий асослари

Табиий геофизик майдонлар, сейсмик тўлқинлар майдони ва геоэлектрик кесим асосий хусусиятларининг тўплами ҳар бир алоҳида ҳудуднинг умумий геофизик тавсифини ташкил этади. Қидирув геофизикасида ишлатиладиган бошқа маълумотларни тоғ жинсларининг физик хоссалари белгилайди.

Геофизикавий маълумотларни изохлашнинг алоҳида усуллари ишлаб чиқилган; алоҳида физик параметрлар орасидаги боғланишлар (алоқалар) геофизикавий далилларни комплексли изохлаш учун асос бўлади; геофизик аномалияларни геологик объектлар билан такрорий солиштиришлар геологик-геофизик моделларни белгилаш-

²⁷ Воскресенский Ю.Н. Полевая геофизика. – М.: Недра, 2010. С.478.

га, ўрганилаётган объектни геофизикавий майдонларда акс эттириш ва барча боғланиш (алокалар) қонуниятларини аниқлашга йўл қўяди.

Геофизикавий аномалия ҳамда геологик объектлар орасидаги алокалар шакли ҳамда табиати бир маъноли эмас, у эҳтимолли хусусиятга эга. Турли ҳудудларда ҳар хил боғланишлар кузатилгани сабабли уларни қонун сифатида ишлатиб бўлмайди.

Изоҳлаш тажрибаси асосида бир нечта эҳтимолли боғланишлар, постулатлар ифодаланган ва кўп тадқиқотчилар томонидан қабул қилинган геофизикавий далилларни геологик изоҳлашда ишлатилади.

1. Геофизикавий тавсифда ўзига хос бўлган участкалар геологик тузилиши билан фарқ қилади. Ҳар бир ишончли геофизик аномалияга геологик тушунтириш топилиши лозим.

Бундан айтиш мумкинки: ҳамма геофизик аномалия ва уларнинг зоналари геологик тузилишларда ҳисобга олинаши керак, тузилмалар-тектоник, геологик ва бошқа хариталарда акс эттирилиши лозим.

2. Бир турдаги геологик объектлар (бурмалар, интрузиялар ва ҳ.к.), айниқса, турли ҳудудларда жойлашганда ва аксланувчи геофизик аномалиялар орасида ўзгармас стандартли ўзаро нисбатлар бўлмайди. Бу қоида ҳар бир ҳудуднинг ўзига хос боғланишларини ўрганишни талаб этади, ва шошилувчи экстраполяциялаш, солиштириш ва оддийлаштиришни ўтказишдан эҳтиёт қилади.

3. Геологик объектлар физик хоссалари бўйича сиғдирувчи жинслардан қанча кўпроқ фарқ қилса, аксланган геофизик майдон шунча кўзга ташланадиган фарқ билан кузатилади, аномалия самарасининг кескинлиги шунча юқори бўлади. Аномалияни ҳосил қилувчи объектнинг шакли, ётиш чуқурлиги, қалинлиги, экранлашиш ҳодисалари қўшни объект ва бошқа тўсқинлар таъсири аномалия самарасининг кучлигига ҳам боғлиқ бўлади, бу тўғри боғланишни мураккаблаштиради.

Магматик ва кимёвий ётқизиклардаги контактларга, одатда, физик хоссаларнинг терриген, карбонат ва метаморфик қалинликларга нисбатан кескин бўлим чегаралари тўғри келади. Турли мажмуалар жинсларининг орасидаги контактларга физик хоссалар ундан ҳам муҳим бўлим чегаралари боғланган.

4. Сейсмик ва электроразведка усуллари горизонтал-катламли геологик объектларни ажратишда юқори қобилиятга эга, гравитация ва магниторазведка тик катламли объектларни ажратишда юқори қобилиятга эга. Сейсморазведка ва электроразведкада қиялик

бурчаги 25-30° ва ундан ҳам ортиқ бўлган муҳитлар тик катламли деб қўрилади. Сейсморазведка ва электроразведка тадқиқотларининг услуби ҳали яхши ўрганилмаган²⁸.

5. Таянч сейсмик ва электрик бўлим чегаралари катламланиш, ювилиш ёки мос бўлмаган юзаларни таърифлайди. Бу чегараларнинг дастлабки ётиши горизонтал бўлган, замонавий шакли кейинги тектоник дислокациялар йиғиндиси таъсирида шартли қабул қилинган. Таянч горизонтлар жинсларнинг литологик таркиби кескин ўзгарган ёки чўкиндилар ҳосил бўлишининг танаффус даври юзаларига тўғри келади, ҳудуднинг тектоник ҳаётидаги муайян босқичнинг бошланиши ёки охирини таърифлайди.

6. Сейсмик ва электрик кичик қиялик билан ётган чегараларнинг пастки тик ётиш чуқурлиги пойдевор юзасига тўғри келади. Бундан ҳам катта чуқурликда ётган, ишонч билан кузатилган кичик қиялик чегаралар жуда кам учрайди.

7. Геофизик аномалияга геологик объект тик қалинлигининг таъсири муҳим. Тик қалинлик гравитацион, магнит ва геоэлектрик аномалиялар кескинлиги ва сейсмик ҳамда камрок электр кидирув усуллариининг ажратиш қобилиятига таъсир этади.

8. Геофизикавий далиллар бўйича геофизик реперлар ётиш чуқурлиги муайян хатолик билан баҳоланади. Аниқ натижа — сейсморазведка маълумотлари бўйича олинади. Улар мажмуали изоҳлашда таянч далиллар сифатида ишлатилади. Электроразведкада таянч горизонтларнинг ётиш чуқурлигини катта қийматлар оралиғида аниқланади. Гравитацион ва магнит аномалияларни ҳосил бўлишига кўп омиллар таъсир этгани сабабли объектларнинг ётиш чуқурлиги бирмунча каттароқ хато билан аниқланади.

9. Магнит, гравитацион ва бошқа геофизик аномалияларнинг шакллари ва йўналишлари геологик тузилмаларнинг шакллари ва йўналишлари билан мустақкам боғланган бўлиб, уларни акс эттиради. Гравитацион ва магнит аномалияларнинг йўналиши бурмаланиш зоналари, тектоник бузилиш ва чизикли бўлақларнинг йўналишини аниқ таърифлайди. Доирали аномалиялар магматик жинслар массивлари, туз ва бошқа гумбазлари, доирали тузилмаларни акс эттиради.

10. Ўзига хос геофизик майдонлар участкаларининг чегаралари чизикли хусусиятга эга, шунинг учун бундай участкаларнинг контурлари бўлақлар чегаралари деб қўриб чиқилади.

²⁸ R.E.Sheriff, L.P.Geldart. Exploration seismology / -2nd ed. p.cm. Includes bibliographical references. ISBN 0-521-46282-7. — ISBN 0-521-46826-a(pbk) @ Cambridge University Press. 1982, 1995.

11. Аномалияларнинг яхлит катори узилмани акс эттиради, максимум ва минимумларнинг чизикли йўналиши бир чизик бўйлаб жойлашган антиклинал ва синклиналларни, чизикли бурмаланган тузилмани таърифлайди. Бу конда пойдёвор ва бурмаланган майдонларни тектоник ҳудудлаштиришда муҳим маънога эга.

12. Ҳар хил усуллар билан аниқланган аномалияларнинг жойлашиши ва йўналиши тўғри келмагани, одатда, пойдёвор ва юкорида ётган ётқизикларнинг структуравий планлари бир-бирига мос эмаслигини кўрсатади. Бунда сейсмик ва электрик горизонтларга тўғри келган ётқизикларнинг структуравий плани, уларнинг ўзаро ҳолатига кўра баҳоланади; чуқурроқда ётган ётқизикларнинг структуравий плани гравитацион ва магнит аномалиялари бўйича баҳоланади. Магнит ва гравитацион аномалияларнинг йўналиши тўғри келмагани катта чуқурликдаги ётқизикларда тузилмани қайта қурилмалар бўлганини кўрсатади.

13. Геофизик аномалияларни ўзаро таққослаш тектоник тузилмаларнинг ривожланишида меросхўрлик даражасини баҳолашга имкон беради. Магнит ва гравитацион аномалияларнинг таққосланиши пойдёвор ёки оралик тузилмани каватидаги магматик жинслар таъсирида аномалиялар ҳосил бўлганини билдиради.

14. А) Геофизикавий далиллар тўпламини мажмуавий изоҳлашда пойдёвор ва юкорида ётган тузилмани каватлардаги пликтив ва дизъюнктив дислокацияларнинг фазовий жойлашуви (структуравий плани) ва умумий морфологияси баҳоланади;

Б) Пойдёвор ва устидаги кесимнинг таркиби катлам ҳамда чегаравий тезликлар, электрик қаршилиқлар, ҳисобланган ортик зичлик ҳамда магнит ҳоссалари бўйича баҳоланади.

15. Геофизикавий далилларни талкин қилиш натижасида аномалияни ҳосил қилувчи геологик объектларнинг ёшини баҳолаш имкони яратилади. Бунда сейсмик ва электрик ҳоссаларига кўра ажратилган горизонтларнинг ўзаро ҳолати бўйича уларнинг ёшини баҳолаш мумкин²⁹.

7.3. Ҳудудий (регионал) геофизикавий тадқиқотлар

Ҳудудий тадқиқотлар 1:1000000, 1:500000 ва ундан йирик масштабда олиб борилади (1:200000 гача).

Ҳудудий тадқиқотларнинг вазифалари:

1) Ер пўстининг чуқурликдаги тузилишини ўрганиш.

2) Геотектоник районлаштириш.

²⁹ Воскресенский Ю.Н. Полевая геофизика. –М.: Недра, 2010. С.478.

3) Чуқурликдаги тузилмалар билан Ер пўстининг юкори қисмидаги катламларнинг тузилиши ва уларда фойдали қазилмалар жойлашиши орасидаги боғланишларни аниқлаш.

Ҳудудларнинг чуқурлик тузилиши бўйича асосий маълумотлар манбалари – сейсмик ва кичик масштаби дала гравиметрик ишлари, кенроқ даражада электроразведка (МТП, МТЗ ва бошқ.), аэрокосмик (магнитли, электромагнитли, гравитацион), аэро (магнитли, гравитацион, термик) ва денгизда (магнитли, гравитацион, сейсмик) хариталаш орқали олинган далиллар ҳисобланади.

Ер пўстининг сейсмик тадқиқотлари чуқур сейсмик зондлашни (азмийишлашни) – ГСЗ, синган тўлкинлар ва қайтган тўлкинлар усуллари билан кесмалашни, саноат мақсадларидаги портлатишлар ёрдамида қўзғатилган тўлкинларни қайд қилиш, узоқ ва яқин зилзилалардан ҳосил бўлган алмашув тўлкинларни (МСВЗ – русча) қайд қилишни (зилзилашунослик) ўз ичига олади. Сейсмик кесмалар ва океанлардаги асосий геотектоник структураларни кесиб ўтади. Сейсмик тадқиқотлар асосида литосфера, эластик ҳоссаларига кўра, вертикал ва латерал бўйича тузилишининг ҳар хиллиги ўрганилади.

Ер пўстининг вертикал кесими бир жинсли бўлмаган катламлик табиати билан аксланади. Мохоровичич юзасига тўғри келган Ер пўстининг таги, қийматлари 7,6 км/с. дан 8,7 км/с. гача бўлмаган тўлкин тарқалиш тезлигидан кескиндр.

Тоғлараро ботикликлар, мегаантиклинорийлар, улар орасида антиклинорий ва синклинорийлар ажратилади. Ҳудудий хариталашда ГСЗ, ГСП, КМПВ ва УЧН усуллари ёрдамида олинган далиллар таъин қилинган ҳисобланади. Океанларда Буге аномалияси $\Delta q_B (+300 \div 400)$ мгал. гача, континентал шелф текисликлари ва паст тоғли ўлкаларда $-(\pm 100)$ мгал., баланд тоғларда $-(500)$ мгал. гача бўлади.

Электроразведка усулларида магнитотеллурик (МТЗ, МТП) усуллари ёрдамида катта чуқурликни ўрганиш мумкин. Улар ёрдамида 600-700 км. гача чуқурликдаги геоэлектрик ўзгаришга олиб келувчи чегаралар аниқланади. Чўкинди ётқизикларда (филофда) Р-тўлкин тезлиги 1,5 дан 4,5 км/с. гача. Тезлик ўзгариши чўкинди ётқизикларнинг қалинлиги ва таркиби ҳар хиллиги билан боғлиқ. Консолидациялашган (жипслашган) пойдёвор сейсмик тўлкинларнинг тезликлари 5,0-6,4 км/с. дан 6,9-7,0 км/с. гача бўлган қийматлари билан таърифланади. Континентлардаги “Гранит катлами” деб аталган Ер пўстининг юкори қисмида тезлик $V_p = 5,5 \div 6,3 \text{ км/с}$

“Базальт қатламли” деб аталган Ер пўстининг пастки қисмида $V_p = 6,5 \div 7,6 \text{ км/с}$ бўлади.

Литосферанинг латерал ҳар хиллиги Ер пўсти ва унинг қатламлари калинлиги, улардаги тезликлар ўзгаришида намоён бўлади. Чуқурлик тузилиши ҳар хил бўлган Ер пўстининг энг йирик элементлари қитъалар, океан ва оралик зоналар ҳисобланади. Континентал турдаги Ер пўстининг калинлиги 30-75 км., океан ҳавзаларида – 15 км. дан ортмайди. Океаник Ер пўстида “гранит қатлам” йўқ ва “базальт қатлами”нинг тезлик таърифи континентал турига нисбатан бошқача бўлади.

Континентал Ер пўстининг максимал калинлиги қитъалардаги баланд тоғли ўлкаларда, минимал калинлиги эса қадимги платформаларда кузатилади.

Сейсмик далиллар асосида Ер пўсти тузилиши ва эластик хоссалари фарқланиши бўйича алоҳида қатламларга ажратилади, Ер ёриқлари зоналари аниқланади.

Ер юзасидаги оғирлик кучи аномалияларида Ер пўстининг остки юзаси, алоҳида қатламларнинг калинлиги ва таркиблари аксланади. Шунинг учун сейсмик далилларни қўшни майдонларга тарқатиш мумкин. Оғирлик кучининг Буге аномалиялари ва Ер пўсти калинлиги ўртасида аниқланган эмпирик боғланишни ишлатиб, гравиметрик далиллар бўйича Мохорович юзаси ётиш чуқурлигининг харитасини тузиш мумкин.

$H_M = 30 - 0,1 \cdot \Delta q_B$ – Мохо чегараси ётиш чуқурлигини аниқлаш Андреев формуласи (континентал текисликлари учун).

Ер пўстининг ички тузилишини ўрганиш учун гравиразведка қўлланилиши мумкин. Қўлланиш асоси Ер пўстини ташкил қилган қатламлар зичлигининг фарқ қилишида намоён бўлади. Консолидациялашган пойдеворнинг зичлиги $2,80-2,81 \text{ г/см}^3$. киймат билан баҳоланади, чўкинди ётқизикларда $2,4 \text{ г/см}^3$. га тўғри келади. Чуқурлиги 0 дан 20 км. гача ораликда ётган гранит қатламининг зичлиги $2,7 \text{ г/см}^3$. га тенг ва 40 км. чуқурликда зичлик $2,9 \text{ г/см}^3$. гача ортади деб ҳисобланади. Чуқурлиги 40 км. гача ётган базальт қатламида $\sigma = 2,9 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$, чуқурлик 60 км. гача ортганда зичлик аста-секин $3,1 \text{ г/см}^3$. гача ортади. Ер юзасида оғирлик кучининг тақсимланишига оид далиллар Ер пўстининг чуқурлик тузилиши ҳар хил бўлган участкаларнинг чегараларини аниқлашга, тектоник районлаштириш ва алоҳида қатламлар таркибини ўрганишга хизмат қилади. Платформаларни тектоник районлаштиришда ҳар хил тузилмалар:

кўтаришмалар, ботикликлар, валлар; геосинклиналларда чекка структура ва чегараларни кузатиш мумкин. МТП ва МТЗ профиллари бўйича кузатувлар бошқа тадқиқотлар комплексида ҳудудларнинг чуқурлик тузилиши бўйича қўшимча маълумотлар олиш учун ўтказилади.

МТП майдон хариталаш ишлари МТЗ билан бирга ва алоҳида профиллар бўйича азмойишлашларни кристаллик пойдевор юзаси ҳамда чўкинди ётқизиклар тузилишини аниқлаш мақсадида ўтказилади.

Ҳудудлар магнит майдонининг табиатига Ер пўсти юқори қатламларининг тузилиши ва таркиби таъсир этади. Магнит хариталаш (майда ва ўрта масштабли) тектоник районлаштиришда ҳамда юзаки ва чуқур тузилмалар орасидаги боғланишларни ўзига ҳос омиллари бўйича аниқлаш учун қўлланилади; бунда Ер пўсти бўлақларининг чегаралари, ҳудудий мажакланган зоналар, таркиби ҳар хил бўлган магматик формацияларнинг тақсимланиш майдонлари ажратилади.

Магнит хариталаш асосида океан тагининг ўсиши натижасида океаник ер пўсти ҳосил бўлиш механизми, Ер магнит майдонининг инверсиялари (палеомагнит усули бўйича) билан боғлиқ муаммолар ўрганилади. Ҳудудий геофизикавий тадқиқотлар натижасида физик майдонлар кичик масштабда хариталанади, геологик-геофизик кесимлар, Ер пўсти ва алоҳида қатламларнинг калинликларини акс эттирувчи хариталар, структуравий-тектоник схемалар тузилади. Бу далилларни таҳлил қилиш натижасида фойдали қазилмалар жойланиши бўйича ҳулоса чиқарилади ва истикболли майдонлар белгиланади.

7.4. Ўрта масштабли геологик хариталаш

Ўрта масштабли геологик хариталашда геофизика усуллари кенг қўлланилади, одатда, геологик ишлардан олдин ўтказилади. Чўкинди ётқизикларнинг калинлиги катта бўлган ёки тузилиши икки-уч қаватли бўлган ёпиқ ҳудудларда геофизикавий далиллар пастки қаватларнинг тузилиши ва таркиби бўйича маълумотларнинг ягона манбаи бўлиб қолади. Юзада яхши ўрганилган ёки очик ҳудудларда геофизикавий усуллар тўлиқ (ҳажмли) геологик хариталаш учун ҳам қўлланилади.

Ўрта масштабли хариталаш мобайнида амалга ошириладиган геофизик ишлар комплексига 1:200000-1:100000 масштабли аэромагнит, гравиметрик хариталашлар, майдонли ёки таянч профиллар бўйича электроразведка ишлари (ВЭЗ, ЗСМ, МТП, МТЗ),

таянч профиллар бўйича ўтказиладиган сейсмаразведканинг синган тўлқинлар (КМПВ) ва қайтган тўлқинлар (МОВ) усуллари киради.

Платформа туридаги майдонларда геофизика усуллари ёрдамида қуйидаги вазифалар ўрганилади:

1. Пойдеворнинг устки рельефи;
2. Пойдеворнинг таркиби ва тузилмалари;
3. Чўкинди ётқизикларнинг тузилиши ва таркиби.

Биринчи ва иккинчи масалаларни ечишда, асосан, магнит ва гравиметрик хариталаш далиллари ишлатилади. Чунки чўкинди жинсларга нисбатан пойдеворни ташкил этувчи жинслар магнит хоссалари ва зичлиги бўйича (таркиби бўйича) кескин фарқ қилади.

Электр зондлаш ва сейсмаразведканинг (КМПВ) синган тўлқинлар усули ёрдамида оралиги 10-20 км. бўлган алоҳида кесмалар ўтказиш асосида олиб борилади. Пойдевор юзаси таянч электрик ва синдирувчи чегара бўлганлиги учун бу усуллар пойдевор юзасининг рельефини аниқлаш имконини беради (V_r 5,0-6,4 дан 6,9-7,0 км./с. гача – катта).

Чўкинди копламанинг тузилиши ва таркибини ўрганишда электроразведка ва сейсмаразведканинг қайтган тўлқинлар ва (ОГТ) умумий чуқур нукта усуллариининг самараси юқори бўлади.

Аэромагнит хариталаш далиллари бўйича платформалардаги палеозойдан олдинги пойдевор юзаси билан боғлиқ бўлган аномал майдон манбаларининг ётиш чуқурлигини аниқлаш мумкин.

Икки қаватли пойдевор ёки ёш магматизм таъсир этган платформаларда ҳисобланган чуқурликлар қадимий пойдеворнинг юзасига ёки юқори қаватларга тўғри келиши мумкин.

Юқори аниқликли магнитли хариталаш тузилишида кучли магнитланган горизонтлар иштирок этган бурмаланган тузилмаларни ажратишда ишлатилади. Магнитли хариталаш маълумотлари ёрдамида, асосан, пикатив тектониканинг характери белгиланади ва тузилманинг гумбазидаги магнитли горизонтнинг ётиш чуқурлиги аниқланади.

Пойдеворнинг тузилиши ва таркибини ўрганиш учун магнитли ва гравиметрик хариталаш далиллариини комплекс равишда (биргаликда) талқин қилиш керак. Магнит аномалияларининг геологик табиатини аниқлаш учун оғирлик кучи майдони тақсимланиш далиллари ишлатилади (чунки жинслар зичлигининг ҳар хиллиги гравитацион майдонда ўз аксини топади).

Кўмир ва нефть қидириш соҳаларида платформа чўкинди копламасининг тузилишини ўрганиш учун майдонли электрораз-

ведка ишлари ўтказилади. Профилли электроразведка ишлари сейсмика тадқиқотлар билан бирга, иложи борида, чуқур геологик бурғиланиш профилларига тўғри келадиган таянч кесмалар бўйича ўтказилади. Қоплама жинсларнинг қалинлиги кичик бўлганда ва ўзгармас электр ток ўтишини экранлантирувчи ётқизиклар (карбонат жинслар ва туз қатламлари, эффузивлар) бўлмаганда ВЭЗ ёки ДЗ ўтказилади. Катта чуқурлик ўрганилганда ва электр қаршилиги катта бўлган қалин қатламлар бўлганда, кўпроқ магнитотеллурик усуллардан ЗСМ (электрмагнит майдонни барқарорланиш жараёнида зондлаш) усули қўлланилади. Кўмир ва нефтьга истикболли ҳудудларни ўрта масштабда геологик хариталашда сейсмаразведка усуллариини қўллаш мажбурий ишлар тури ҳисобланади.

Чекка ботикларда геофизикавий усуллар асосан чўкинди копламанинг тузилиши ва таркибини ўрганишда қўлланилади. Ботикларда чўкинди қатламлар нисбий тик бурчаклар ёки номос бурчаклар билан ётади. Ботикларнинг ташқи зоналари гравиметрик ва юқори аниқликли магнит хариталаш маълумотлари асосида ўрганилади. Ажратилган тузилмаларнинг ётиш ҳолати электрзондлашлар ва сейсмаразведканинг қайтган тўлқинлари (ОГТ) ёрдамида аниқ ўрганилади. Ботикларнинг ички зоналарини алоҳида кесмалар бўйича электрзондлашлар ва сейсмаразведканинг ОГТ усули билан ўрганиш самараси юқориноқ бўлади³⁰.

Тоғлараро ботикликларни ўрганишда геофизикавий усулларнинг комплекси ва ечиладиган масалалар хусусияти платформа майдонлардаги тадқиқотларга ўхшаш бўлади. Ботикликларни тўлдирган ва тагида ётган (пойдевор юзасида кўпинча қалин оксидланиш ва нураш пўсти ривожланган бўлади) жинсларнинг хоссалари ҳам фарқ қилгани сабабли ботикларнинг пойдевор рельефи ва терриген ётқизиклар таркибини ўрганишга йўналтирилган усулларнинг самарадорлиги пасаяди.

Бурмаланиш зоналарида туб жинслар очилган ҳолда ёки қалинлиги кичик бўлган чўкинди ётқизиклар билан ёпилган ҳолда ётади. Бу ерда уларни ўрганиш учун магниторазведка ва гравитация разведка қўлланилади. Очик туманларда қўшимча маълумотлар ўрта масштабда аэрогамма-спектрометрик хариталаш натижасида олинади. Илгари ўтказилган ишлар асосида истикболлилиги аниқланган майдонларда сейсмаразведка ва электрзондлаш тадқиқотлари таянч профиллар бўйича олиб борилади.

³⁰ R.E. Sheriff, L.P. Geldart. Exploration seismology / -2nd ed. p. cm. Includes bibliographical references. ISBN 0-521-46382-7. - ISBN 0-521-46826-a (pbk) @ Cambridge University Press. 1982, 1995.

Геофизикавий ишларга қуйидаги вазифалар киради:

- 1) Дизъюнктив ва пликатив тузилмаларни ажратиш;
- 2) Интрузив массивларни хариталаш, уларнинг ётиш ҳолати ва эрозия (емирилиш) юзасини аниқлаш;
- 3) Эффузив жинслар тарқалган майдонларни хариталаш ва морфологиясини аниқлаш;
- 4) Метаморфизмга учраган чўкинди ётқизикларнинг литологик-фашиал хусусиятларини аниқлаш.

Ўрта масштаби геофизикавий тадқиқотлар натижалари турли физик майдонлар хариталари, пойдеворнинг устки чегарасининг изогипс хариталари, пойдеворнинг геологик-тузилмали схематик хариталари, тузилмали-тектоник схема ва таянч профиллар бўйича геологик-геофизик кесимлар билан акс эттирилади.

Геофизикавий, геокимёвий ва геологик ишлар натижасида 1:200000 масштаби схематик башорат хариталари тузилади. Уларда, биринчи навбатда, йирик масштаби кидирув ишлари олиб бориладиган майдонлар ажратилади.

7.5. Йирик масштаби геологик хариталаш (кидирув хариталаш)

Аниқ геофизик ишлар ва разведкада йирик масштаби геологик-хариталаш ёки кидирув ишлари ва аниқ разведка ишлари олиб борилади (масштаб 1:50000 ва ундан ҳам йирик).

Йирик масштаби хариталаш кидирув ишларига йўналтирилган бўлиб, олдин ўтказилган ўрта масштаби ишлар натижасида истикболлилиги аниқланган майдонларда олиб борилади. Геофизикавий усулларнинг асосий вазифаси – кон ва алоҳида маъданли жисмларнинг геофизикавий хусусиятлари уларнинг геологик тузилиши билан боғлиқлигини ўрганиш. Ишлар камдан-кам ҳолларда битта фойдали қазилма конини кидиришга йўналтирилган бўлади. Шунинг учун усуллар мажмуасини танлаганда ва геофизик хариталаш далилларини изоҳлашда туманда маълум бўлган ҳамда қутилаётган турдаги конларнинг барча геологик омилларини ҳисобга олиш лозим.

Аниқ кидирув ва қидирув-баҳолаш ишларида коннинг ўзига хос хусусиятлари ҳисобга олиниб, хариталаш ўтказилади. Шунинг учун геофизик ишлар аниқ мақсадга қаратилганлиги билан таърифланади, маълум конлардаги ишлар тажрибаси ва иш шароити ҳисобга олинади.

Геофизик ишлар иккита босқичда ўтказилади. Биринчи босқичда масштаблари 1:50000-1:25000 бўлган комплексли аэрогеофизик хариталаш олиб борилади. Бу усул ёрдамида қиска вақт ичида ва нисбатан камроқ харажатлар билан катта майдонлар бўйича

геологик-геофизикавий маълумотлар олинади. Аэрогеофизик хариталаш геологик ишлардан 1-2 йил олдин ўтказилади. Иккинчи босқичда геофизикавий ишлар геологик хариталаш билан параллел олиб борилади ва геологик усуллар билан вазифани ечиш самарадорлиги паст бўлган ёки вазифани ечишда бурғилаш ишларини катта ҳажмда талаб қиладиган майдонларда ўтказилади.

Чўкинди, чўкинди-вулконоген ва худудий метаморфизмга учраган ётқизиклар ривожланган жойларда геологик вазифаларнинг ўзига хос хусусиятлари ва жинсларнинг физик хоссаларини инобатга олиб, геофизик усуллар мажмуаси ишлаб чиқилади.

Чўкинди ётқизиклар ривожланган майдонларда жинслар нисбатан кичик бурчак остида ётади; улар эластик, электрик ва радиоактивлик хоссалари билан фарқ қилади. Жинслар ҳар хил литологик таркиби, зичлиги ва магнит қабул қилувчанлиги билан фарқ қилади.

Геофизикавий усуллар қуйидаги масалаларни ечишда қўлланилади:

- 1) Чўкиндилар қалинлигини литологик ва стратиграфик ажратиш;
- 2) Пликатив тектоникани ўрганиш;
- 3) Узулмали бузилишларни ажратиш;
- 4) Пастки қаватнинг юза рельефи ва уни тузувчи жинсларнинг таркибини аниқлаш.

Биринчи учта масалаларни ечишда тадқиқот мажмуасида етакчи ўринни электроразведканинг ҳар хил усуллари ва сейсморазведка эгаллайди. Магниторазведка ва гравиразведка фақат юқори аниқлик билан хариталаш ўтказилганда самарали натижа беради ва бурмаланган тузилмаларни, жинсларни литологик-фашиал ажратишда ҳамда кристаллик пойдевор таркибини аниқлашда қўлланилади.

Жинсларнинг таркиби электр кесмалаш далиллари асосида ажратилади. Жинслар контактларининг ҳолати туюлувчи қаршилиқ ρ_1 қиймати кескин ўзгариши ёки ρ_1 графикларининг хусусияти бўйича аниқланади. Симметрик қурилма билан ўтказилган электр кесмалаш далиллари пликатив ва карст тузилмаларини ажратишда қўлланилади. Карстлар ривожланган жойлар электр қаршилиги кичик бўлиши билан ажралиб туради. Пликатив тузилмалар қаршилиқ қийматлари бирмунча пасайиши ёки ортиши билан характерланади. Бу эва тузилма ядроси ва қанотларини ташкил этган жинсларнинг электрик хоссаларининг фарқиға боғлиқ.

Қатламларининг ётиш бурчаги $15-20^\circ$ гача бўлган бурмаларни хариталашда электрзондлашлар (ВЭЗ, ДЭЗ, УЗ) яхши натижа беради. Терриген жинслар орасида кичик қаршилиқ ҳамда бир жинслилиги билан таърифланган гиллар ва гилли сланецлар энг яхши таянч горизонтлар ҳисобланади (уларнинг ρ киймати кичик бўлади – 10 ом/м. гача).

Гипслар, ангидритлар, туз қатламлари, калин оҳақтошлар қаршилиги юқори таянч горизонтлар сифатида хизмат қилади. Кристаллик пойдеворнинг устки чегараси яхши таянч чегара ҳисобланади. Унинг қаршилиги катта бўлади. Олинган далиллар асосида геоэлектрик кесим ва таянч горизонтлар бўйича тузилмалар хариталар қурилади. Электрик чегаралар табиатини аниқлаш учун ВЭЗ билан бирга сийрак тармоқ бўйича бургилаш ишлари олиб борилади³¹.

Кўмирлашган ва графитлашган горизонтларни ажратиш ҳамда кузатишда табиий потенциал (ПС, ЕП) ҳамда ундалган потенциаллар (ВП) усуллари билан бирга электромагнит усуллари қўлланилади; бундай горизонтларнинг ётиш бурчаклари кичик бўлганда ВЭЗ-ВП усули қўлланади (η , кийматлари катта бўлади).

Геосинклинал зоналарда бурмаланган қатламларнинг ётиш бурчаклари тик бўлганда гравиразведка ёрдамида хариталанади. Чўкинди жисмлар радиоактивлик хоссалари бўйича фарқ қилганда, улар устидаги бўшқоқ ёткизикларнинг қалинлиги эса 2 м. гача бўлганда аэрограмма-спектрометрик хариталаш қўлланилади.

Сейсморазведканинг УЧН (ОГТ) усули фақат қидирув бургилаш далиллари билан истикболлилиги тасдиқланган майдонларда қўлланилади. Пастки ёткизиклар рельефини ўрганишда синган тўлқинлар усули (КМПВ) қўлланади. Вулконоген ёткизиклар ривожланган майдонларда геофизикавий усуллар ёрдамида қуйидаги вазифалар бажарилади:

- 1) Вулконоген ёткизиклар тарқалган майдонларни ажратиш;
- 2) Уларни таркиби бўйича ажратиш;
- 3) Вулконик ва субвулконли жисмларнинг шакллари ҳамда ҳосил бўлиш шароитларини аниқлаш.

Вулконоген жинслар магнит, радиоактивлик хоссалари ва зичлиги бўйича катта фарқ қилади. Шунинг учун вазифаларни ечишда, асосан, магниторазведка, гравиразведка ва гамма-хариталаш қўлланилади.

Вулконоген жинсларнинг магнит хоссаларининг ўртача кийматлари баланд бўлади ва нордон турларидаги жинслардан асосли тураргача ортиб боради. Уларда қолдиқ магнитланганлик (I_r) киймати катта бўлади ва йўналиши кенг ораликда ўзгаради. Шунинг учун вулконоген жинслар ривожланган майдонларда кескин дифференциацияланган (фарқланувчи) магнит майдонлар кузатилади. Контраст ва вулконоген жинсларнинг чегаралари магнит майдонининг қусуғияти ҳамда кескинлигининг ўзгариши бўйича аниқланади.

Вулконлар изометрик $\Delta T, \Delta Z, \Delta g$ аномалиялари билан кузатилади. Улар бўғизнинг марказий қисми, одатда, манфий $\Delta T, \Delta Z$ аномалиялари билан ажратилади.

Гравиразведка вулконоген жисмлар морфологиясини ўрганиш ва эффузив қопламаларнинг қалинлигини баҳолашда ўтказилади. Бунда кальдера ва депрессиялар, вулкон қурилмалари таркиби нордон жинслар билан тузилган ҳолда маҳаллий манфий Δg аномалиялари билан кузатилади. Таркиби асосли бўлган эффузив жинслар Δg нинг ортиши билан ифодаланади.

Чўкинди ва метаморфизмга учраган чўкинди жинслар орасида ётган эффузивларни хариталашда электр кесмалаш ўтказилади. Эффузив жинсларнинг чўкиндилик билан контакти ρ_k нинг ортиши билан қайд этилади.

Вулконоген жинслар билан уран конлари боғлиқ бўлиши мумкин. Шунинг учун вулконоген ёткизикларни хариталашда аэро ва дала гамма – хариталаш ўтказилади. Очик ҳудудларда радиометрик далиллар жинсларни таркиби ва ҳосил бўлиши бўйича ажратиш учун кизмат қилади.

Сейсморазведка кам ишлатилади, асосан, вулконнинг гумбазсимон тузилмаларини ажратиш ва эффузив қопламаларнинг остки чегарасини хариталашда қўлланилади. Вулконоген қурилмаларнинг устки чегарасидан қайтган тўлқинлар кузатилмайди. Уларнинг остки чегараларидан қучли қайтган тўлқинлар кузатилади, узун қайтариш чегаралар ҳолати билан белгиланади.

Интрузив жинсларни хариталашда геофизикавий усуллар қуйидаги масалаларни ечишда қўлланилади:

- 1) Интрузив мажмуаларда алоҳида жинсларни ажратиш;
- 2) Интрузив жисмларнинг шакли ва массивининг емирилиш чуқуригини аниқлаш;
- 3) Интрузивларнинг ички тузилишини ўрганиш;

³¹ Воскресенский Ю.Н. Полевая геофизика. –М.: Недра, 2010. С.478.

4) Контактли метаморфизм ва гидротермал ўзгариш зоналарини ажратиш.

Бу масалаларни ечишда гравиразведка ва магниторазведка етакчи ўринни эгаллайди, улар аэрогамма хариталаш билан бирга олиб борилади.

Ўта асос жинсларнинг зичлиги ва магнитланиши уларнинг серпентинланиш даражасига боғлиқ. Ўзгармаган гипербазитлар мусбат оғирлик кучи аномалиялари билан кузатилади ва магнит майдонида деярли акс этмайди. Серпентинлашган жинслар устида кескинлиги юқори кучли дифференцициялашган магнит майдонлари кузатилади, лекин улар устида мусбат оғирлик кучи аномалиялари ҳар доим ҳам кузатилмайди. Асосли интрузиялар қиймати юқори бўлган $\Delta T, \Delta Z, \Delta g$ аномалиялар билан таърифланади; кучсиз-магнитли нордон интрузиялар кучли магнитли жинслар (асос, ўта асос) орасида ётганда, улар магнит майдонига оид кўрсаткичлари пасайган зоналар сифатида хариталанади. Кўпинча улар магнит хоссалари паст бўлган жинслар орасида ётган ҳолда, контакт зонасида магнетит борлиги (атрофдаги жинсларнинг скарланиши ва "роговикланиши" натижасида магнетит ҳосил бўлади) туфайли ажратиш мумкин. Йирик гранит массивлар устида оғирлик кучи майдонининг жадаллиги камаяди (манфий Δg аномалиялар кузатилади).

Ишқорли ўта асос таркибли интрузиялар кучли изометрик магнит ва гравитацион аномалиялари билан кузатилади. Нефелинли сиенит интрузиялари паст гравитацион ва юқори (юзлаб нанотесла) ΔT аномалиялари билан кузатилади.

Сиенит ва граносиенитлар устида Δg майдони пасаяди (кичик қийматлар) ва кучли магнит аномалиялари кузатилади.

Чўкинди ва метаморфлашган чўкинди жинслар орасида ётган интрузив жинсларни электр кесмалаш усули ёрдамида хариталаш мумкин. Бу усул кичик интрузияларни анклашда маъқул, чунки улар магнит ва гравитацион майдонларда акс этмайди.

Интрузив жинслар ва алоҳида мажмуаларнинг ичидаги контактлари электр майдоннинг кескинлиги ёки хусусияти кескин ўзгарадиган зоналар бўйича ўтказилади.

Геофизикавий далиллар интрузив мажмуаларнинг фациялари ва ёриб кириш фазаларини ажратишда ишлатилади. Кўп ҳудудларда интрузияларнинг дастлабки фазаларидан сўнгги фазаларига ҳамда массивларнинг марказий қисмларидан чекка фацияларига ўтган сари жинсларнинг зичлиги, магнитланиши ва улардаги радиоактив элементлар микдорининг ўзгариш қонуниятлари аниқланган. Бу

масалаларни ечишда магнит ва гамма усуллари қўлланилади. Катта ҳудудларда ётган туб жинсларни хариталашда радиоактив усуллар ўринга юқори аниқли гравиразведка қўлланилади. Геофизик ишларни дала вариантида ўтказиш маъқул, чунки баландлик билан майдонларнинг фарқи кўринарли даражада камаяди.

Интрузив массивларнинг шакли гравиметрик хариталаш ва сейсморазведканинг ОГТ далиллари асосида ўрганилади. Бу ишлар алоҳида профилилар бўйича олиб борилади. Кесимдаги массивнинг қалати унинг оралиғида қайтарувчи чегаралари йўқлиги билан қайд қилинади.

Регионал метаморфизмга учраган жинслар тарқалган ҳудудларни хариталашда (Балтика, Украина, Олдон қадимий шитларида) усти очик майдонлар кам бўлгани учун геофизикавий усуллар кенг қўлланилади. Очик майдонларда жинсларнинг дастлабки таркиби ва тузилиши (текстуралари, структуралари) пликтив ва дизъюнктив тектоника таъсирида кучли даражада ўзгарганлиги туфайли геологик хариталаш қийин бўлгани учун геофизикавий усуллар кенг қўлланилади.

Паст даражада метаморфлашган жинсларнинг физик хоссалари, асосан, ётқизикларнинг, уларнинг дастлабки таркибини акс этади.

Мажмуанинг асосий усуллари магнитометрик ва гравиметрик хариталаш (масштаби 1:50000-1:25000) ҳисобланади. Аэромагнит хариталаш самарали натижа беради. У билан таркиби ҳар хил бўлган жинслар, бурмаланган тузилма ва тектоник бузилишлар ажратилади. Бурмалар тузилишида иштирок этган, асоси эффузивлардан ҳосил бўлган метаморфик магнитли горизонтларни кузатиш асосида бурмаланган тузилмалар ажратилади. Улар $\Delta T, \Delta Z$ нинг катта қийматлари билан белгиланади.

Аэроэлектромагнитли хариталашларнинг узун кабель (ДК), айланувчи магнит майдони (ВМП), диполли индуктив кесмалаш (ДИП) каби усуллари мавжуд. ВМП усулида иккита ўқи бир-бирига ўзаро перпендикуляр ўрнатилган магнит моментлари бир хил бўлган генератор рамкалари ва шунга ўхшаган иккита қабул қилувчи рамкалар ораси 200-300 м. масофада кетма-кет учувчи самолётларда жойлаштирилади. Генератор рамкаларидан ўтувчи ток кучи бир хил, лекин фазалари 90° га силжиган бўлади, натижада айланма қутбланган дастлабки электр магнит майдон ҳосил бўлади. Ўтказгич объект бўлганда айланма қутбланиш бузилади ва индукция электр ҳаракат қилувчи куч ҳосил бўлади; Δu амплитудаси ва $\Delta \varphi$ фазаси қабул қилувчи рамкалар орқали ўлчанади.

Бу усулнинг самарадорлиги қоплама ётқизикларнинг қалинлигига, электр хоссалари ва жинсларнинг метаморфизм даражасига боғлиқ. Агар, майдонда паст даражада метаморфлашган жинслар ривожланган бўлиб, устиларида қалинлиги катта бўлмаган электр қаршилиги юқори бўлган (юқори "ом"ли) ётқизиклар ётганда, электромагнит усуллари яхши натижа беради. Бундай ҳудудда электромагнит усуллар ёрдамида олинган далиллар асосида метаморфик сланецлар, графитлашган ва пиритлашган горизонтлар, темирли кварцитлар, тектоник бузилишлар ажратилади. Улар мусбат магнит $H_{\infty} = H_{\text{сф}} - H_{\text{оф}}$ аномалияси билан манфий электр ташкил этувчи E , аномалиялари билан кузатилади.

Майдон бўйича ўтказилган гравиметрик ва магнитли хариталаш далиллари метасоматик гранитоид массивларини хариталаш ҳамда уларнинг тузилишини ўрганишда бурмаланган ва узилган тузилмаларни ажратишда ёрдам беради.

Асос эффузивлар ҳисобига ҳосил бўлган метаморфик жинслар $\Delta Z, \Delta T$ нинг юқори қийматлари билан кузатилади. Чўкинди жинслардан ҳосил бўлган метаморфик жинслар $\Delta Z, \Delta T$ нинг манфий қийматлари билан белгиланади. Темирли кварцит қатламлари қийматлари ўнлаб минг нанотеслагача бўлган магнит аномалиялар билан кузатилади.

Асос гранулитлар, амфиболитлар, таркибида пироксен ва амфибол бўлган гнейслар ва сланецлар юқори $\Delta Z, \Delta T$ майдони билан кузатилади.

Тектоник бузилмаларни ажратиш ва турларини аниқлаш (тушилма-узилма, силжиш, сурилма ва ҳ.к.) йирик масштабли хариталашнинг асосий масалаларидан биридир. Бу масалани ечиш учун ҳамма геофизик усуллар қўлланилади, лекин муҳимроқ маълумотлар магниторазведка ва электроразведка далиллари билан олинади.

Узилмали бузилишлар физик майдон аномалияларини таккослаш ўқлари узилиши ёки йўналиши кескин ўзгариши, силжиши, кузатилаётган чегараларнинг узилиши ва вертикал силжиши, аномал майдон хусусияти кескин ўзгариши бўйича ажратилади.

Кичик бурчаклар билан ётган жинсларнинг вертикал силжишлари поғонасимон (зинасимон) гравитацион ва магнит аномалиялари билан кузатилади.

Узилмали бузилишлар зоналарида жинслар кучли даражада дарз кетган, парчаланган ҳолда бўлади, яъни говаклилиги ортади,

аниқлиги камаяди. Натижада электр кесмалаш ва табиий потенциал усуллари далиллари бўйича бузилишлар ρ_k қийматлари кичик ва кутиланиш юқори бўлган зоналар сифатида белгиланади. Магнит ва гравитацион майдонларда уларга $\Delta T, \Delta g$ нинг минимумлари тўғри келади. Харитада чизикли чўзик аномалиялар кузатилади. Сейсморазведка ёрдамида бузилишлар дифракция ва тўлқинлар интерференцияси зоналари билан чегаравий, оралик, самарали, ўрта тезликлар камайиши, синфазлик ўқлари қийшайиши, уларни таккослаш, йўқотилиши, чегаралар горизонтал ва вертикал бўйича силжиши, тўлқинларнинг кучли сўниши билан ажратилади.

Магматик жинслар (дайкалар, субВулконик жинслар, томирлар) жойлашиши ва жинсларнинг метасоматик ўзгариш зоналарини назорат қилувчи узилмали бузилишлар мусбат ва манфий ингичка узун $\Delta T, \Delta Z$ аномалиялари ҳамда ρ_k нинг максимум қийматлари (дайкалар, томирлар, кварцланиш ва калийли шпатланиш зоналари) ва минимум қийматлари (пиритланиш, гематитланиш, пирротинланиш зоналари) билан кузатилади. Узилмали бузилиш зоналарида радиоактив элементлар ва газлар, нодир элементлар миқдори катта бўлади.

7.6. Фойдали қазилма конларини кидириш.

Нефть ва газ конларини ўрганиш

Нефть ва газга истикболли майдонларда геофизика усуллари ўрганиш ишларининг ҳамма босқичларида қўлланилади. Бунда нефть ва газ уюмлари йиғилиши қулай бўлган турли гумбазсимон (антиклинал, туз гумбазлар), литологик-стратиграфик ҳамда экранланган қопконлар изланади ва разведка қилинади. Сўнгги йилларда геофизика усуллари тўғридан-тўғри кидирув ишларида қўлланилаётти. Бунда сейсморазведка етакчи ўринни эгаллайди.

Ишнинг биринчи босқичида танишувчи геофизикавий усуллар ёрдамида иккинчи тартибли тузилмалар (валлар, мульдлар, гумбазлар, ботиклар) ва маҳсулдор горизонтлардан ташкил топган понасимон регионал зоналар ажратилади. Бажариладиган ишлар мажмуасига ўрта масштабли аэромагнит ва гравиметрик хариталаш, электроразведка (электромагнит майдонни барқарорлаштиш жараёнида зондлаш-ЗСМ, МТТ, МТП, МТЗ) ва сейсморазведканинг КМПВ ва ОГТ усуллари қиради.

Пойдеворни ўрганишда майдонли гравиметрик ва магнитли хариталаш ўтказилади. Кўп ҳудудларда чўкинди копламанинг тузилмалари пойдеворнинг юзаси бўйича меросхўр (пойдевор

юзасини такрорлайди) бўлиб тузилган. Шунинг учун гравиметрик ва магнитометрик далиллар сейсморазведка ва электроразведканинг танишувчи профиллар тармоғи ўтказишга ишлатилади. Пойдеворнинг “бўртиб” чиққан жойи (дўнг жойи), чуқурлиги кескин ўзгарган, тектоник бузилиш зоналари диққатга сазовор.

Иккинчи тартибли тузилмалар ва чўкинди қопламаларни ажратишда асосан сейсморазведканинг – УЧН (ОГТ) усули қўлланилади; қўшимча маълумотларни юқори аниқликдаги гравиметрик ва магнитометрик хариталашлар беради.

Танишувчи кидирувлар натижасида ажратилган истикболли майдонларда турли хил маҳаллий гумбазсимон тузилмаларни (антиклиналлари) аниқлаш мақсадида сейсморазведканинг ОГТ усули қўлланилади³².

Бурмаланган тузилмалар кесимида магнитланган терриген жинслар бўлгани учун уларни магнит хариталаш ёрдамида ажратиш мумкин.

Гравиразведка усуллари юқори амплитудали ва кўп горизонтлар бўйича меросхўр бўлган тузилмаларни, рифлар ҳамда туз диапирларини ажратишда қўлланилади.

Рифлар атрофида гил ва тузлар ётганда, маҳаллий мусбат Δg аномалияси кузатилади. Агар рифлар карбонатлар орасида бўлса ва ангидритлар, доломитлар катламларининг калинлиги камайса, манфий маҳаллий Δg аномалия кузатилади; агар ангидритлар, доломитлар калинлиги катта бўлса мусбат Δg аномалия кузатилади. Антиклиналлари, одатда, маҳаллий мусбат Δg аномалия билан, туз гумбазлари эса манфий изометрик аномалиялар билан кузатилади. Агар гумбаз устида асос таркибли кэпрок (шапка) ётса икки ишорали аномалия кузатилади.

Қидирув босқичида электроразведканинг, асосан, электр магнит майдоннинг барқарорлашиш жараёнида зондлаш (ЗСМ) усули ўтказилади (айниқса, сейсмогеологик шароити ноқулай бўлган ҳудудларда).

Антиклинал тузилмаларни кидиришда, сейсморазведканинг ОГТ усули бошқа усуллари қўллаш натижасида ажратилган майдонлардаги ишларнинг охириги босқичида ўтказилади. Сейсморазведка самарадорлиги кўтарилмаларнинг амплитудасига, ўлчамларига, гумбаз қисмининг ётиш чуқурлигига, устидаги ётқизикларнинг эластик хоссаларига боғлиқ. Сейсморазведка ёрдамида амплитудалари 50-

100 м. га тенг бўлган, баъзи ҳолларда амплитудаси 15-20 м. га тенг бўлган кўтарилмаларни ажратиш мумкин³³.

Ноантиклинал копконлар (литологик, стратиграфик, тектоник экранлашган, риф массивлари, туз гумбазлари) турларини ажратиш учун пойдеворнинг туртиб чиққан жойини, тектоник бузилишлари, рифоген зоналари ва туз гумбазли дислокацияларни белгилайдиган геофизикавий усуллар ёрдамида олинган далиллар ишлатилади. Сейсморазведканинг ОГТ усули антиклинал типидagi тузилмаларни кидириш ишларида профилларнинг нисбатан зичроқ тармоғи бўйича ўтказилади. Охириги йилларда бундай копконларни ажратиш ОГТ далилларининг сейсмофациал таҳлили асосида ўтказилади (бунда сейсмик ёзмалардаги қайтаришларнинг таснифлари асосида чўкиндилар ҳосил бўлиш шароитлари ўрганилади ва коллекторлар аниқланади).

Тузилмаларни чуқур кидирув бурғилашга тайёрлаш учун уларни фазодаги ётиш ҳолати ва нефть-газлиликка истикболлиги баҳоланади. Бу масалани ечиш учун сейсморазведканинг ОГТ усули кидирув-хариталаш ишлар тармоғини зичлаштириб, тузилмалар бурғилаш ва кудуклардаги сейсмик кузатув (ВСП) ишлари билан бирга олиб борилади.

Тузилмалар нефть-газлилигини баҳолашда қўлланиладиган геофизикавий усуллар учун майдондаги тоғ жинсларининг физик хоссалари сиғдирувчи жинслар хоссаларидан фарқ қилиши асос бўлади. Йирик конларда сувли коллекторларга нисбатан газли коллекторларда зичлик $0,1+0,3 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ га камайиши ва нефтли коллекторларда $0,05+0,15 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ га камайиши оғирлик кучи майдони пасайишига олиб келади (0,5-1 мгалл. га). Нефть-газли уюмлар бўлган майдонларда бўйлама тўлқин тезликлари қийматининг частотаси камаёди ва уларнинг ютилиши ортади. Бундай ҳодисалар сейсморазведканинг ОГТ усули билан ўрганилади. Нефть ва газга тўйинган жинсларнинг электрик қаршилиги атроф қисмдаги жинсларнинг қаршилигига нисбатан анча ортади.

Углеводородларнинг диффузияси таъсирида сиғдирувчи жинсларнинг кимёвий таркиби ва физик хоссалари ўзгаради. Натижада баъзи конлар устида табиий ва ундалган кутбланиш аномалиялари кузатилади, магнит ва гамма майдонларининг кескинлиги пасаяди.

³² R.E.Sheriff, L.P.Geldart. Exploration seismology / -2nd ed. p.cm. Includes bibliographical references. ISBN 0-521-46282-7. – ISBN 0-521-46826-a(pbk) @ Cambridge University Press 1982, 1995

³³ Воскресенский Ю.Н. Полевая геофизика. –М.: Недра, 2010.

Нефть-газли уюмлар ҳосил қилган физик майдонларнинг аномалия кўрсаткичлари кам бўлганлиги учун уларни ажратиш жуда қийин.

Нефть ва газ конларида кудукдаги геофизик тадқиқотларга (ҚГТ) ҳамма каротаж усуллари қиради. Кўпроқ электр каротажнинг туюлувчи қаршилиги (КС, ёнланма каротаж, ёнлама каротажли зондлаш – БКЗ) ва ядровий усуллар (ГК, НГК, ННК) ўтказилади. Уларнинг далиллари бўйича кесим литологик табақаланади, коллекторлар ажратилиб, уларнинг хоссалари баҳоланади (ғоваклилиги, ўтказувчанлиги (сингдирувчанлиги), нефть, газ ва сувга тўйинганлиги), сув-нефть, газ-сув ва газ-нефть туташган жойлари аниқланади. Ундан ташқари ҚГТ далиллари бўйича кудукларнинг техник ҳолати ва ишлатиш тартибини назорат қилиш имкони пайдо бўлади.

7.7. Маъдан конларини қидириш ва разведка ишлари

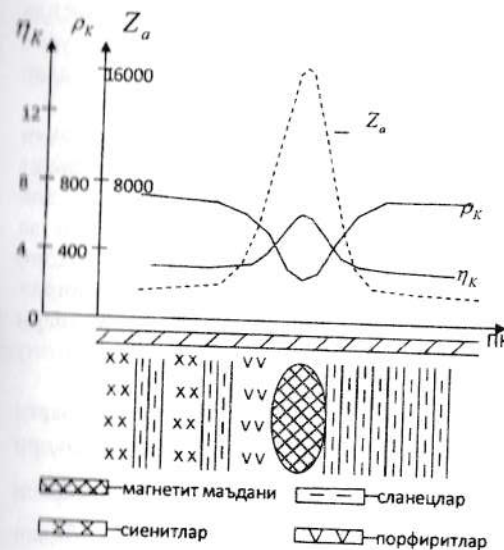
Геофизикавий усуллар маъдан конларини ҳудудий (регионал) қидирувида, қидирув-разведкали ва муфассал разведка ишларида кенг қўлланилади.

Ҳудудий ишларда (м-б 1:1000000-1:200000) аэрокосмик хариталашлар, аэромагнити ва аэрогамма-спектрометрик хариталашлар, гравиразведка, магнитотеллурик ва чуқурликни сейсмик зондлаш (ГСЗ) ёрдамида Ер пўстининг чуқурлик тузилиши билан маъдан сингдирувчи ва маъдан назорат қилувчи тузилмалар ҳамда маъданли майдонлар ҳудудларининг конлари орасидаги боғланиш ва фойдали қазилмалар тақсимланишининг асосий қонуниятлари аниқланади.

Геологик хариталаш ёки йирик масштаби хариталаш асосида (м-б 1:50000) қидирув-геофизик тадқиқотлар (аэромагнит, аэрограмма – спектрометрик, гравиметрик, магнителлурик, ГСЗ, дала магниторазведкаси, гамма-спектрометрик, электромагнит кесмалаш ва зондлаш усуллари) фойдали қазилмаларни қидиришга истикболли майдонларни ажратиб беради.

Геофизикавий қидирув-разведка ишларининг объектлари, биринчи навбатда, назорат қилувчи тузилмалар билан боғлиқ бўлган йирик ёки ўрта маъдан конларининг мавжудлиги бўлади. Қидирув масалаларини ечиш учун дала геофизик ишларидан ундалган потенциаллар билан (ВП) электр кесмалаш ва зондлаш (ВЭЗ-ВП); ишлар аниқлигини кўтариш учун кўп частотали индуктив усуллари (НЧМ, МПП), юқори аниқликка эга гравиразведка ва сейсмик тадқиқотлар олиб борилади.

Геофизик далилларни миқдорий талкин қилиш натижасида разведка қилинган объектларнинг геометрик ва физик параметрлари баҳоланиб, фойдали қазилмаларнинг захиралари башорат қилинади. Улар асосида ўрганилаётган объектнинг физик-геологик модели (ФГМ) тузилади. Сўнгра аниқланган аномалиялар майдонларида назорат разведка қилиш кудуклари бурғиланади. Бу кудуклар геофизик маълумотларнинг ишончли эканлигини текширишга, ўтказиладиган дала ишларининг услубини аниқлаш ва каротаж ишларини ўтказиш учун керак.



7.1-расм. Темир маъдани конида қўзғатилган графиклар

ҚГТ (кудукларда геофизик тадқиқотлар)да асосан КС, ПС, ВП, ГК, НГК, ГГК, индуктив, магнит усуллари қўлланилиб, юқори аниқлик билан геологик кесим ажратилади ва маъданли интерваллар аниқланади. Булардан ташқари, кудуклар орасидаги жинслар электрик (ўзгармас ток ҳамда паст ва юқори частотали ўзгарувчан ток билан) ва сейсмоакустик ёритиш усуллари ёрдамида ўрганилади.

Аниқлик муфассал разведка ишларининг мақсади – алоҳида маъдан жисмларининг морфологияси ва ички тузилишини ўрганиш.

Бу масалани ечишда, асосан, ОГТ, ЭП, ПС, ВП ва бошқа электрокимёвий усуллар қўлланилади. Натижада геологик-геофизик хужжатлар тузилади (кесимлар, таянч горизонтлар бўйича тузилмали хариталар, кизиктирадиган горизонтлар калинлиги хариталари ва бошқалар). Уларнинг масштаби 1:5000; 1:2000; 1:1000 бўлади. Бу хужжатлар маъдан захираларини ҳисоблаш учун ишлатилади.

Маъдан конларини кидиришдаги масалага асосланиб ўрганиладиган геологик объектнинг физик-геологик модели яратилади ва унинг асосида тадқиқотлар услуги танланади. Бунда умумий геологик масала ва ҳар битта алоҳида усулнинг геологик вазифалари аниқ ва тўғри ифодаланганлигининг аҳамияти катта бўлади.

Қора металллар маъданларини кидириш ва разведкасида магниторазведка ҳамда гравиразведка усулларининг мажмуаси қўлланилади, электроразведка ва сейсморазведка ёрдамчи усуллар сифатида ишлатилади.

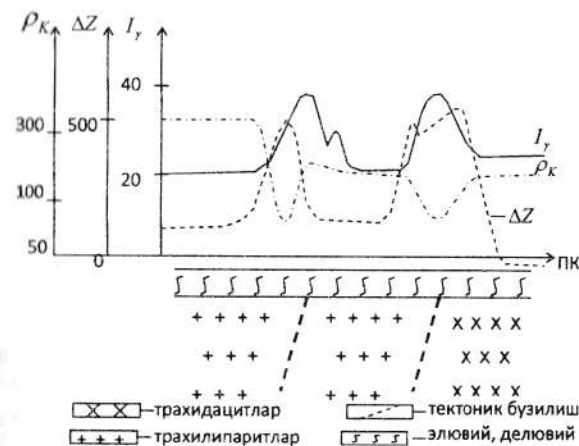
Қора металллар конлари ҳосил бўлиши турлича бўлгани учун физик хоссалари ҳам ҳар хил бўлади. Масалан, магнетитдан иборат маъданларнинг магнит қабул қилувчанлиги, зичлиги ва ток ўтказувчанлиги юқори бўлади. Шунинг учун уларни кидириш ва разведка қилишда магниторазведканинг қўлланиш самараси юқори бўлади. Бундай конларга скарн-магнетитли маъданлар, темирли кварцитлар, титаномагнетит маъданлар киради. Улар қийматлари бир нечта ўн минглаб нанотеслага тенг бўлган мусбат магнит аномалиялари билан кузатилади.

Ўзгарган ва ўзгармаган маъдан сиғдирувчи жинсларга ($\sigma = 2,6 - 3,0 \text{ } \frac{\text{с}}{\text{см}}$) нисбатан темир маъданларининг зичлиги юқори ($\sigma = 3,2 - 4,7 \text{ } \frac{\text{с}}{\text{см}}$) бўлгани учун гравиразведкани қўллаш самараси юқори бўлади. Улар мусбат гравитацион аномалиялар билан белгиланади. Электроразведка магнит ва гравитацион аномалияларнинг табиатини аниқлаш учун ишлатилади. Магнетит маъданлари ρ_k қаршилиги камайиши, кутбланиш коэффициенти η_k ортиши билан кузатилади (7.1-расм).

Сейсморазведка қора металллар маъданларини кидириш ва разведкасида, кристаллик пойдевор юзасининг рельефини ўрганишда қўлланилади. Масалан, контакт-метасоматик магнетит конида магнетитли маъдан жисмлари устунсимон шаклда бўлиб, сланец билан боғлиқ. Сланец қатламини порфирит ва сиенитлардан ташкил топган майда штоклар ёриб ўтган. Маъданли жисм мусбат магнит Z_a

аномалиянинг юқори қийматлари, туюлувчи кутбланиши η_k юқори ва туюлувчи қаршилиқнинг камайган қийматлари билан кузатилади.

Радиоактив маъданларни излашда, асосан, гамма-хариталаш, эманацион-хариталаш, гамма-каротаж усуллари қўлланилади. Бошқа усуллар ёрдамида ҳам ишлар олиб борилади. Масалан, нордон эффузивлар билан боғлиқ бўлган уран маъданлари узилмали бузилишлар билан назорат қилинганида, шпурли гамма-хариталаш, магниторазведка ва электроразведка самарали натижа беради (7.2-расм).



7.2-расм. Тектоник бузилишлар билан боғлиқ бўлган уран маъданлари устидаги табиий гамма-майдон, магнит майдони ва туюлувчи қаршилиқ графиклари.

Бу ерда тектоник бузилиш зоналарида магнит майдон ΔZ ва табиий гамма-нурланиш I_γ ортади, ρ_k қиймати камаяди.

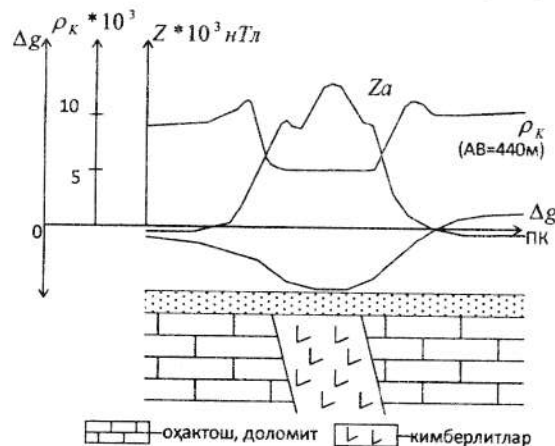
Олтин, платина сочма конларини кидиришда геофизика усулларининг барчаси қўлланилади. Маъданларда уларнинг миқдори жуда кам бўлгани учун улар маъдан уюмларининг физик хоссаларини ўзгартирмайди. Шунинг учун кўпгина (ВЭЗ, ВП, гравиразведка, магниторазведка, сейсморазведка) геофизикавий усуллар сочма конларни излашда геологик-геоморфологик хариталаш масалаларини ечишда ишлатилади. Уларнинг натижасида замонавий ва қадимги рельефларнинг хусусиятлари ўрганилади, сочмалар ҳосил бўлиш тавсифи ва замонавий ҳамда қадимий водийлардаги эҳтимолли ҳолати аниқланади.

7.8. Маъдан конларини қидириш

Олмос. Туб конлар кимберлит таркибли портлаш трубкалари билан боғлиқ, иккиламчи чўкинди (сочма) конлар палеозой жинсларининг ботиқ жойлари ва дарё водийларида жойлашади. Сибирдаги (Россия) кимберлитли, тикка ётган, устунсимон жинслар диаметри 10 м. дан 700-800 м. гача ва катта чуқурликда ётган бўлиб, брекчиялашган ўта асос жинслардан тузилган бўлади (ўта асос жинслар ичида кўп сонли ксенолитлар (бегона жинсларнинг қўшимталари) бор бўлади. Кимберлитларнинг магнит хоссалари ҳар хил (кучли ва кучсиз магнитли), асосан, магнитли $\chi = (4 \div 25) \cdot 10^{-3}$, СИ тизимида.

Трапплар (диабаз, габбро-диабазлар) кўпинча юқори магнитли $\chi = (12 \div 90) \cdot 10^{-3}$, СИ тизимида. Траппларнинг қолдиқ магнитланганлиги J , индуктив J , га нисбатан 3-5 марта катта бўлади; йўналиши ҳар хил бўлгани учун магнит майдонининг ишораси турлича бўлади.

Кимберлитларнинг зичлиги атрофдаги жинсларга нисбатан 0,1-0,2 г/см³ га кичик. Траппларнинг зичлиги юқори бўлади (2,9-9,98 г/см³), яхлит (монолит) кимберлитларда қаршилик киймати 10000 омм. гача, нураган ва дарз кетганларида 10 ÷ 1000 омм. кийматлар билан таърифланади. Трапплар ва сиғдирувчи карбонат жинсларда (Сибирь платформасида) қаршилик 5000-10000 омм., қопловчи ва чўкинди жинсларнинг қаршилиги бир неча ўнлаб омм. дан 1000 омм. гача бўлади. Траппларни ўрганишда аэромагнитли, гравиразведка, электрокесмалаш, ВЭЗ усуллари қўлланилади (7.3-расм).



7.3-расм. Кимберлит трубкаси устидаги геофизик ишлар натижалари

Кварц томирларининг интрузив ва чўкинди жинсларга нисбатан магнит ва гамма активлиги паст. Зич, дарз кетмаганларида σ ва ρ юқори, парчаланган, дарз кетганлари ва ёриқларида гиллар жойлашганда σ ва ρ камаяди, пьезометрик модуль киймати юқорилиги билан фарқ қилади. Уларни ўрганишда магниторазведка, гамма-квриталаш, электр ва электромагнитли кесмалаш (ЭП, ДЭМП, СДВР); ВЭЗ юқори аниқликли гравиразведка, сейсморазведка, сейсмoeлектрик усуллари (СЭМ) қўлланилади.

Пегматит томирларнинг солиштирма қаршилиги $\rho (>10^4 \text{ омм.})$, қутбланиш коэффициентини η , гамма-активлиги ва пьезоэлектрик модули юқори бўлади. Баъзи ҳолларда зичлиги, тўлқиннинг тарқалиш тезлиги ва магнит хоссаси бўйича атрофдаги жинслардан фарқ қилади. Уларда ЭП, ВП, γ-хариталаш, магниторазведка, юқори аниқли гравиразведка, пьезоэлектрик усуллари қўлланилади.

Тошкўмир конларида солиштирма қаршилик $\rho = 10^{-3} \div 10^4 \text{ омм.}$ Кўнгир кўмирнинг қуллилиги ошганда қаршилиги камаяди. Антрацитда қаршилик паст (токни яхши ўтказида), қуллилиги ошганда ρ ортади.

Антрацит ва графитли жинслар электр ўтказгичлар бўлиб, электрокимёвий активлиги ва қутбланиши юқори бўлади. Атрофдаги жинсларга нисбатан кўмирнинг қаршилиги юқори ёки кичик бўлиши мумкин, унга литология, метаморфизм даражаси ва сувга тўйинганлиги таъсир этади. Кўмир қатламларининг зичлиги σ , сейсмик тўлқинлар тезлиги V паст, қутбланиши η юқори бўлади. Платформадаги турли конларда кўмир қатламлари горизонтал ёки кичик бурчак остида ётганда ВЭЗ, КМПВ, ОГТ усуллари ва гравиразведка қўлланилади. Геосинклиналлардаги турли конларда кўмир қатламлари катта бурчак билан ётганда геофизик усуллар мажмуаси кўмирлар ётиш чуқурлигига боғлиқ. Чуқурлиги катта бўлганда платформаларда ишлатадиган усуллар қўлланилади. Кичик чуқурликда ётганда ЭП, ЕП (табiiй потенциаллар), ДЭМП, гравиразведка ва сейсморазведка (КМПВ) қўлланилади. Қудуклар бўйича кесимни ўрганишда КС, ПС, БК, ГК, ГГК – зичлик бўйича, ГГК – селектив, НГК ва АК усуллари мажмуаси қўлланилади.

7.9. Гидрогеологик ва муҳандислик геологияси масалаларини ечиш

Геофизика усуллари гидрогеологик ва муҳандислик-геологик тадқиқотларнинг ҳамма босқичларида майда ва ўрта масштабли гидрогеологик ва муҳандислик-геологик хариталашда ҳамда гидро-

техник, гидромелиоратив ва бошка саноат ҳамда фукаро объектларни ишлатиш шароитини ўрганишда қўлланилади. Турли масштабларда олиб бориладиган гидрогеологик ва муҳандислик-геологик хариталашда геофизикавий усуллар магматик, чўкинди ва метаморфик жинсларни, узилмалли тузилмаларни хариталашда, бўшқоқ ётқизиклар таркиби ва қалинлигини аниқлашда, дарзлик ва карстланиш зоналарини ажратишда, ўпирилишларни ўрганишда қўлланилади. Майда ва ўрта масштабли хариталашда истикболли ҳудудларни, кўмир ҳавзаларини, маъдандли ҳудудларни ўрганишда ўтказиладиган геофизикавий тадқиқотларнинг далиллари ишлатилади³⁴.

Ихтисослаштирилган геофизикавий тадқиқот ишлари гидрогеологик жиҳатдан ва муҳандислик геологияси учун кизиқарли бўлган участкаларда дастлаб сийрак профиллар тармоғи бўйича (сейсморазведканинг КМПВ, ВЭЗ усуллари ёрдамида) олиб борилади. Бундай участкаларда электр профиллаш, ВЭЗ, сейсмик ишлари олиб борилади, ядро-геофизик усуллари билан грунтларнинг зичлиги, намлиги ўрганилади.

7.9.1. Ер ости сувларини кидириш ва разведка қилиш

Ер ости сув конларини кидириш ва разведкасида геофизикавий усуллар гидрогеологик ишларининг ҳамма босқичларида қўлланилади.

Бўшқоқ терриген ётқизиклардаги ер ости сувлари.

Грунт сувлари дарё водийларининг аллювиал ётқизикларида жойлашади. Аллювиал ётқизиклардаги сув конлари кичик чуқурликда ётади (30 м. гача) ва сувли горизонтлар катта майдонларда тақсимланади.

Геофизик усуллар қуйидаги масалаларни ечишда қўлланилади:

- 1) Сувли катламлар тақсимланиш чегараларини аниқлаш; гиллар орасидаги сувга мўл йирик заррали аллювиал ётқизикларнинг қалинлиги ва ётиш чуқурлигини аниқлаш;
- 2) Сувли горизонтларни қопловчи, сувтўсар жинсларни литологик ва филтрлаш хоссалари бўйича ажратиш;
- 3) Водийдаги туб ўзанининг рельефини ўрганиш;
- 4) Ер ости сувлари оқимларининг йўналиши ва тезлиги ҳамда оқим майдонини аниқлаш.

Геофизикавий усуллар мажмуасининг асосий усули ВЭЗ ҳисобланади. Қидирув босқичида майдонли ВЭЗ ишлари тор водийларда

³⁴ R.E. Sheriff, L.P. Geldart. Exploration seismology / -2nd ed. p.cm. Includes bibliographical references. ISBN 0-521-46282-7. -ISBN 0-521-46826-a(pbk) @ Cambridge University Press. 1982, 1995.

2x0,5 км., кенг водийларда 5x1 км. тармоқ билан олиб борилади. Истикболли майдонларда тармоқ тор водийларда 0,5x0,1 км. гача ва кенг водийларда 1x0,25 км. гача зичланади. Агар сувтўсар гиллар ($\rho = 1 + 20$ омм.) бўлса, унда К ёки Q туридаги ВЭЗ чизиклари кузатилади (журук аллювиал ётқизикларнинг қаршилиги катта бўлади, сувга тўйинганлик эса камаяди). Агар сувтўсар горизонт сифатида қаршилиги юқори бўлган оҳақтошлар, магматик ёки метаморфик жинслар бўлганда Н ёки А туридаги ВЭЗ чизиклар кузатилади.

Сувли горизонтли майдон бўйича кузатиш учун симметрик инкита чизикли электр кесмалаш (AA' MN B'B) ўтказилади. Бу усулдаги ишлар ВЭЗ ўтказиш нукталар сони ва иш харажатларини камайтириш мақсадида олиб борилади.

Текис дарё водийларининг кесимида қумларнинг гиллилиги аста-секин ортади. Натижада ВЭЗ самараси пасаяди. Сувга тўйинган қумларнинг кутбланиш коэффиценти гилларга нисбатан юқори бўлгани учун ВЭЗ-ВП усулларининг самараси юқори бўлади³⁵.

Ер ости сувларининг ётиш чуқурлигини аниқлаш учун сейсморазведканинг синган тўлқин усуллари (КМПВ) мажмуаси киритилади. ВЭЗга нисбатан КМПВ усули чуқурликни яхшироқ аниқлайди (грунт сувлари сатҳида кучли синган бош тўлқин ҳосил бўлади, бу чегарада Vp тўлқиннинг тезлиги 1500-2300 м/с гача ортади).

Чўл туманларида шўр сувлар орасидаги чучук сувлар линзаларини кидиришда ВЭЗдан ташқари электроразведканинг СДВР радиокип, частотали электр зондлаш (ЧЗ) қўлланилади. Агар шўр сувлар орасида чучук сувлар бўлмаса сувли горизонтлар кичик қаршилиқ билан таърифланади ($\rho_1 > \rho_2$), К ва НК туридаги ВЭЗ эгри чизиклари кузатилади. Чучук сув линзалари борлиги СДВР ўлчанган магнит майдон кучланиши пасайгани билан аксланади ва Q тури ВЭЗ чизиклари кузатилади.

Грунт сувлари динамикасини ўрганиш учун оқимнинг йўналиши ва тезлиги, сувлар оқимининг бўшашиш ("қуйилиб чиқиш") жойини аниқлаш учун табиий электр майдон (ЕП) ҳамда жисмни зарядлаш усуллари ёрдамида кузатувлар ўтказилади.

Артезиан ҳавзалардаги (босимли артезиан сувлари синклинал тузилмаларда жойлашади) ер ости сувлари конларини кидириш ва разведка қилишда аллювиал ётқизиклардаги грунт сувларининг ўрганишига ўхшаш масалалар ечилади, шунга тегишли геофизикавий усуллар қўлланади. Сувли горизонтлар бундай ҳудудларда 100-

³⁵ Вокресенский Ю.Н. Полевая геофизика. -М.: Недра, 2010.

300м., баъзи ҳолларда бундан ҳам катта чуқурликда ётади. Шунинг учун ВЭЗ дан ташқари ДЭЗ, УЗ, ЗСМ, МТЗ, КМПВ ва ОГТ усуллари қўлланилади. Майдонли кидирув ишлари ВЭЗ, ДЭЗ ёки ЧЗ сейморазведка, ЗСМ ёки МТЗ билан бир-бирини кесадиган профиллар бўйича алоҳида ўтказилади.

Туб жинсларнинг нураш пўстидаги сувлар ва дизъюнктив (дарзлик) ҳамда карстли зоналардаги “дарзлик-томирли” сувлар сув билан таъминлашнинг муҳим манбалари ҳисобланади. Бундай сувларни кидиришда геофизика усуллари куйидаги мақсадларда қўлланилади:

1) Пойдеворнинг устки чегарасида депрессияларни ажратиш ва хариталаш;

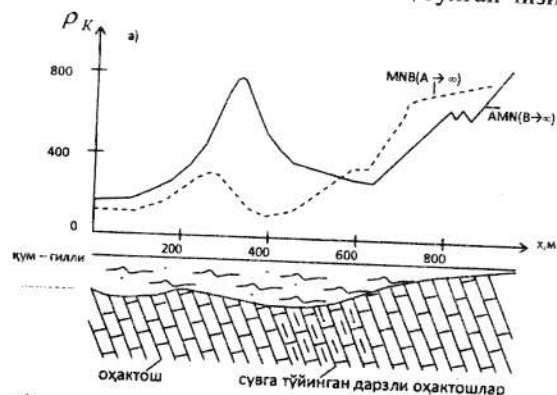
2) Дарзликлар ва карстланиш чизикли зоналарини ажратиш ва кузатиш;

3) Дарзликлар ҳамда карст зоналарининг морфологиясини ўрганиш ва қалинлигини аниқлаш;

4) Мазкур зоналарнинг сувга мўллик даражасини баҳолаш.

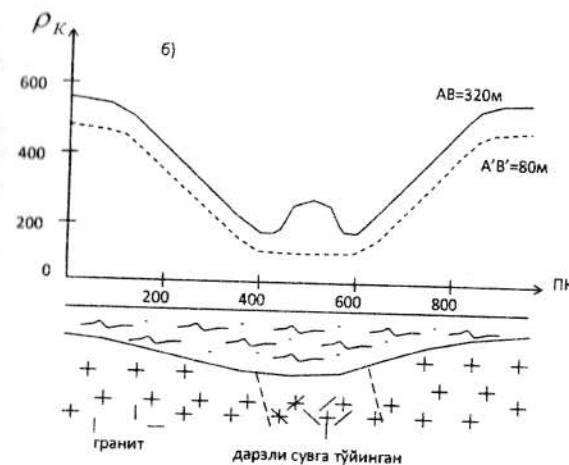
Туб жинслар рельефи ВЭЗ ёки икки горизонтли электрокесмалаш (AA'MN B'B) ёрдамида аниқланади. Депрессияларни кузатишда ВЭЗ ва ҳар хил қурилмалар электрокесмалаш (СП, КП, ДП) билан бирга олиб борилади.

7.4-расмда оҳактошларда (а) ва гранитда (б) электрокесмалаш натижасида ажратилган депрессиялар кўрсатилган. Иккала ҳолда депрессиялар бузилган туб жинслар ривожланган зоналарга тўғри келади. Тектоник тузилишлари билан боғлиқ бўлган чизикли-



а) иккита, учта электродли қурилмалар комбинацияси билан электрокесмалаш:

дарзлик зоналарини ажратиш ва хариталашда магниторазведка, диполли ва иккита-учта электродли қурилмалар комбинацияси билан электрокесмалаш, баъзан гравиразведка қўлланилади.



б) симметрик электрокесмалаш.

7.4-расм. Дарзлик-томирли ва дарзли ер ости сувларини электрокесмалаш усули ёрдамида кидириш

Қопламанинг қалинлиги 10-20 м. гача бўлганда, дизъюнктив бузилиш зоналаридаги дарзлик-томирли сувларни кидиришда табиий потенциаллар усули ва термометрия қўлланилиши мумкин. Туб жинсларнинг рельефи манфий шаклда бўлганда пасайган жойларига ён чеккаларидан грунт сувлари оқимлари йўналган бўлади ва мусбат табиий потенциаллар аномалияси кузатилади.

Узилма бўйича сувлар инфильтрацияси бўлганда табиий (ПС) потенциал киймати ортиши фонида маҳаллий минимум кузатилади; зоналар бўйича пастдан тепага ер ости суви оқимлари кўтарилганда мусбат ПС аномалия кузатилади.

Термометриянинг қўлланиши сувга тўйинган дарз кетган жинс ва яхлит жинсларнинг иссиқликка тааллуқли физик хоссалари фарқ қилишига асосланган. Ёзда қуруқ жинсларга нисбатан сувга тўйинган, дарз кетган жинсларнинг ҳарорати 1-2°C га камайиши, кишда эса ҳарорат ортиши кузатилади.

Жинсларнинг дарзлилигини ўрганишда айлана электрокесмалаш (КЭП) ва зондлаш (КВЭЗ) ишлатилади. Ҳар хил $AB/2$ масофалари учун ρ_k кийматлари бўйича поляр диаграммалар (анизотропия эллипси) тузилади ва эллипсининг катта ўқи йўналиши бўйича дарзликланиш йўналиши аниқланади.

КМПВда яхлит ва дарз кетган жинслар чегараси сейсмик тўлқинлар тезлигининг ўзгариши (дарзли жинсларда камайиши), тўлқинлар сўнишининг ортиши, синган тўлқинларнинг амплитудаси ўзгариши (дарзли жинсларда пасайиши) ва тўлқинлар ёзилишининг шакли ўзгариши бўйича аниқланади. Жинсларнинг сувга мўллиги юқори бўлганда, кўндаланг тўлқин тарқалиш тезлиги аномал пасайиши, кўндаланг ва бўйлама тўлқинлар тезликлари нисбатининг кийматлари $V_s/V_p = 0,1-0,2$ гача камайиши кузатилади.

7.10. Мухандислик-геологик тадқиқотлар

Мухандислик геологияси масалаларини ечишда геофизика усуллари кенг қўлланилади. Геофизикавий усуллар билан ечиладиган масалалар куйидагилардан иборат:

- 1) Бўшқоқ ётқизикларининг қалинлигини, литологик таркиби ва сувланишини аниқлаш;
- 2) Яхлит туб жинсларнинг ётиш чуқурлиги ва физик-механик хоссаларини аниқлаш;
- 3) Дизъюнктив бузилиш зоналарини ажратиш ва кузатиш, дарзлик даражаси ва жинсларнинг нураганлигини баҳолаш;
- 4) Табиий ва сунъий бўшлиқларни, карстланган зоналарни аниқлаш ва хариталаш;
- 5) Ўпирилишларнинг тузилишини, гидрогеологик шароитини, физик-механик ва сувли физик хоссалари, динамикасини ўрганиш;
- 6) Геологик муҳитнинг техникавий ифлосланишини ўрганиш.

Гидростанцияларни, АЭС, ТЭЦ, сув омборларини, каналларни, аэропортларни, йирик заводлар ва бошқа иншоотлар ҳамда трассаларни қуриш учун ўтказиладиган тадқиқотларнинг дастлабки босқичида геофизик ишлар мўлжалланган майдонларда ва трассалар бўйлаб олиб борилади. Ишлар натижасида мухандислик-геологик шароити қурилиш учун қулай бўлган майдон варианты танлаб олинади. ВЭЗ, ВЭЗ-ВП, электрокесмалаш (ДП, КП, СП), КМПВ усуллари ёрдамида профилли ёки майдонли кузатишлар олиб борилиб, бўшқоқ жинслар таркиби, қалинлиги, текисликнинг бузилишлари, дарзлик ва карст зоналарининг мавжудлиги, ер ости сувларининг сатҳи аниқланади. ҚГТ ҳам ўтказилади. Баъзи ҳолларда

қоя жинслар рельефи, таркиби ва дарзлик зоналарини ажратиш учун комплекс равишда магниторазведка ва гравиразведка қўлланилади.

Танлаб олинган участкада мазкур усуллар комплекси билан кузатув тармоғини зичлаштириб, муфассал текширув ишлари олиб борилади. Бунда сейсморазведканинг роли ошади. Сейсморазведка ишлари ер юзасида, тоғ қазилмаларида (акустик ва ўтатовушли ёритиш, қудуклар қаротажи, тоғ қазилмаларида кесмалаш) ўтказилади. Ҳар хил частотали бўйлама ва кўндаланг тўлқинларни ишлатиб, жинсларнинг физик-механик хоссалари бўйича анизотропияси ўрганилади, бўшлиқ ва дарзлик зоналари ажратилади, жинсларнинг эластик ва деформация модуллари баҳоланади.

Қувур ётқириш, темир йўл ва электр ўтқириш трассаларини ўрганишда металл конструкцияларнинг коррозияга учраши (емирилиши), хавфли участкаларни ажратиш масаласига катта эътибор берилади. Симметрик электр кесмалаш ва табиий потенциаллар усули ёрдамида коррозия бўлиш хавфи ўрганилади.

Агар, $\rho_k > 100$ омм. бўлса – грунтларнинг коррозияга учраши (емирилишлилиги) паст бўлади; $\rho_k = 20+100$ омм. – коррозия нормал; $\rho_k = 10+20$ омм. – коррозия катта; $\rho_k = 5+10$ омм. – коррозия юқори; $\rho_k < 5$ омм. бўлса – коррозия жуда кучли бўлади. Мавжуд трассаларда кичик ρ_k ва мусбат кучли табиий потенциаллар майдони бўйича ишлатилаётган труба ўтқазгичларининг коррозияланганлик даражаси аниқланади.

Сув омборларидан сув оқиб кетаётган жойлар табиий потенциаллар усули билан аниқланади (потенциалларнинг манфий кийматлари билан белгиланади).

Ўпирилишларнинг сирғаниш юзасини аниқлашда ВЭЗ, сейсморазведка (КМПВ) қўлланилади. Динамикаси ҳар хил (тартибли кузатувлар) ва вақт давомида ВЭЗ, ЕП, микромагниторазведка, сейсморазведка қўлланилади. Ечиладиган масалалар: ўпирилиш чегараси, жисмнинг қалинлиги ва сирғаниш чегарасининг ҳолатини аниқлаш; жинсларни литологияси, дарзлилиги ва намлиги бўйича ажратиш; гидрогеологик ҳолати ва грунт сувларининг динамикасини, жинсларнинг филтрацион хусусиятларини ўрганиш; ўпирилишнинг ҳаракат йўналишини аниқлаш, ўпирилиш жараёнини башорат қилиш, унга қарши ўтказиладиган чораларнинг сифатини назорат қилиш (текшириш). Комплексга ВЭЗ, КВЭЗ, ВЭЗ-ВП, КМПВ, табиий потенциаллар усули, термометрия, юқори аниқли гравиразведка, микромагнитли хариталаш, қудукдаги ГГП, КС, сейсмокаротаж

усуллари киради. Ўпирилишнинг динамикасини ўрганишда тартибли кузатувлар (ҳар хил вақт давомида) ўтказилади: ВЭЗ, КВЭЗ, ЕП (ПС), КМПВ, микромагнитли хариталаш (аниқ чуқурликка (2-8 м.) магнит реперлар жойлаштирган ҳолда магнит аномалияларининг силжиши ўрганилади).

Ўпирилиш жисмини ташкил этган жинслар ва кўчки ёнбағирларидаги ўзгармаган туб жинсларнинг физик хоссалари фарқ қилгани учун геофизикавий усуллар қўлланилади.

7.11. Карстларни ўрганиш

Карстларни ўрганишда геофизик усуллар билан кузатиш ер устида, бурги кудуклари ва ҳар хил тоғ қазилма иншоотларида ўтказилади. Баъзи ҳолларда геофизик асбоблар йирик карст бўликлари ичига жойлаштирилади. Карстланувчи жинсларнинг физик хоссалари атрофдаги жинсларга нисбатан фарқ қилади (амалда бизни кўпроқ электр солиштира каршилиқ, зичлик ва бўйлама тўлқин тезлиги қизиқтиради).

Карстланган жинсларнинг физик хоссалари бўшлиқни тўлдирувчи моддаларнинг тури ва таркибига боғлиқ. Тўлдирувчилар сифатида ҳаво, сув ва ҳар хил бўшоқ жинслар бўлиши мумкин.

Юзаки карст бузилишлари, одатда, континентал чўкиндилар билан тўлдирилади. Уларнинг генетик турлари ҳар хил ва физик хоссалари катта ораликда ўзгаради. Кўп ҳолларда континентал жинсларнинг хоссалари туб жинсларнинг (карстланувчи карбонатлар, ангидридлар, гипслар, тузлар) хоссаларига нисбатан кўринарли даражада фарқ қилади. Аэрация зонасида ҳаво, қуруқ қум ва муз кристаллари бўлганда, солиштира каршилиқ (ρ) ортади.

Агар ер тагидаги карстлар сув ёки гиллар билан тўлдирилган бўлса, каршилиқ камаяди. Сейсмик тўлқинлар тезлигига тўлдирувчи модданинг тури кўпинча таъсир этмайди (фақат муз таъсир этиши мумкин). Карстланувчи жинсларда атрофдаги ўзгармаган жинсларга нисбатан бўйлама тўлқиннинг тезлиги ва зичлик камаяди.

Геофизика усулларида кўпроқ электроразведка усуллари (ВЭЗ, электр кесмалаш, айлана ВЭЗ (КВЭЗ) қўлланилади. Агар, ер ости сувларида филтрлаш активлиги бўлса, бажариладиган ишлар мажмуасига табиий потенциаллар усули (ПС) киритилади. Сейсморазведканинг синган тўлқинлар усули ва юқори аниқли гравиразведка ҳам қўлланилади. Ер остидаги карстлар электр каршилиги, $V_p, \Delta g$ камайиши билан белгиланади³⁶.

³⁶ R.E. Sheriff, L.P. Geldart. Exploration seismology / -2nd ed. p. cm. Includes bibliographical references. ISBN 0-521-46282-7. - ISBN 0-521-46826-a (pbk) @ Cambridge University Press. 1982, 1995.

Карстлашган зоналарнинг дарзликлари йўналиши айлана ВЭЗ ва айлана электрокесмалаш усуллари ёрдамида ўрганилади. Ҳар бир $\Delta B/2$ қиймати учун поляр диаграммалар тузилади. Кузатиш нукта-сидан 45° кадам билан ўтказилган 4-6 та профиллар бўйича ўлчанган ρ_s қийматлари белгиланади. Эллипснинг катта ўқи дарзликлар йўналишини кўрсатади. Қудукда КС, БК, ГК, ГГК, НГК резистивиметрия кузатувлари ҳам ўтказилади.

7.12. Жинсларнинг физик-механик хоссаларини ўрганиш

Бу масала жинсларнинг физик-механик хоссалари ва геофизик параметрлари орасида бўлган боғланишларни ўрганиш асосида ечилди.

Сейсморазведка усули қўлланилиб, V_p ва V_s тезликлар аниқланади. Агар, жинслар зичлиги σ аниқ бўлса, динамик эластиклик модули E_g (Юнг модули), Пуассон коэффиценти ν ва силжиш модули τ ҳисобланади:

$$E_g = \frac{V_p^2 \sigma (3V_p^2 - 4V_s^2)}{V_p^2 - V_s^2}; \quad E_g = V_p^2 \sigma \frac{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}{(1 - \nu)}; \quad \nu = \frac{1 - 2\left(\frac{V_s}{V_p}\right)^2}{2 - 2\left(\frac{V_s}{V_p}\right)^2};$$

Бу ерда: V_p ва V_s — бўйлама ва кўндаланг тўлқинлар тезлиги;

σ — жинснинг зичлиги;

$\tau = V_p^2 \cdot \sigma$ — силжиш модули.

Зичликни $V_p = f(\sigma)$ боғланиш ёки жадваллардан аниқлаш мумкин.

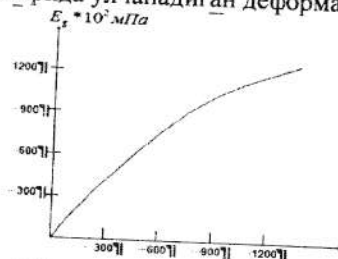
E_g ва ν бўйлама тўлқин тезлиги билан боғланишларни $E_g = f(V_p)$ ва $\nu = f(V_p)$ дан аниқлаш мумкин. СИ тизимида эластиклик модули Ньютон квадратли метрга нисбатда (H/M^2) ёки Паскальда (Па), мегапаскальда (МПа) ўлчанади.

Динамик эластиклик модули E_g қайтарувчи (эластик) деформацияларни таърифлайди. Лекин, узоқ вақт давомида куч (босим) таъсир қилганда деформациялар тўлиқ қайтмайди, қайтарувчи (эластик) ва қайтмайдиган қолдик ташкил этувчилар йиғиндисига тенг бўлади. Қолдик деформация статистик эластиклик модули E_c билан таърифланади.

Тўлиқ деформация — эластик деформация ва қолдик деформациялар йиғиндисига тенг бўлган деформация модули $E_{\text{деф}}$ билан таърифланади.

$$E_{\text{деф}} = E_g + E_c$$

$E_{\text{деф}}$ қийматлари иншоотлар мустаҳкамлигини ҳисоблашда ишлатилади. E_g — кичик кучлар таъсирида ҳосил бўлган деформацияларни таърифлайди. E_c — статистик эластиклик модули турли катта кучлар таъсирида ўлчанадиган деформацион қийматлар.



7.5-расм. E_g ва E_c орасидаги боғланиш

E_c ва E_g қийматлари бир-бирига тўғри келмайди. Одатда $E_g > E_c$ бўлади. Улар орасида боғланиш бор ва $E_c = 0.35 E_g^{1.14}$ формула билан ифодаланади (7.5-расм). Статистик E_c модули ва деформация модули $E_{\text{деф}}$ орасида боғланиш бор. Бу $E_{\text{деф}} = f(E_c)$ боғланиш ҳар хил жинсларга алоҳида тузилади. Ҳар хил ҳудудлар ва таркиби ҳар хил бўлган жинслар учун $E_{\text{деф}} = f(E_c)$ боғланиш ўрганилади. Масалан, кум-гилли сувга тўйинмаган Сибирь грунтларида $E_{\text{деф}} = 0.061 E_g + 28.5$ бўлади.

Назорат саволлари

1. Геологик ишларни бажаришда геофизикавий усулларнинг қўлланилиши ҳақида тушунча беринг.
2. Мажмуали геофизик далилларни геологик изоҳлаш услубининг умумий асослари ҳақида нималар биласиз?
3. Ҳудудий геофизикавий тадқиқотлар қўллашдан мақсад нима?
4. Ўрта масштабли геологик хариталаш мақсади нима?
5. Йирик масштабли геологик хариталаш (кидирув хариталаш) нима?
6. Фойдали қазилма конларини кидиришда геофизик усулларни қўллаш деганда нимани тушинасиз?
7. Нефть ва газ конларини ўрганишда геофизик усулларнинг самарадорлиги ҳақида тушунча беринг.
8. Маъдан конларини кидириш ва разведка ишларида қайси геофизик усуллар қўлланилади?
9. Гидрогеологик ва муҳандислик геологияси масалаларини ечишда геофизик усулларини қўллашни тушунтириб беринг.
10. Ер ости сувларини кидириш ва разведка қилишда қўлланиладиган геофизик усулларни изоҳлаб беринг.
11. Карстларни ўрганишда қайси геофизик усуллардан фойдаланилади?
12. Жинсларнинг физик-механик хоссаларини айтинг.

8-боб. НАЗАРИЙ ГЕОКИМЁ

8.1. Геохимё фанининг тарихи, мақсади ва вазифалари

Фанининг тарихи. Геохимё фан сифатида XX асрда юзага келди. У Ернинг кимёсини ўрганади. Геохимёнинг юзага келишида, ривожланиши ва такомиллашишида минералогия, петрография ва элементларнинг ҳиссаси катта.

Минерал ва тоғ жинсларининг таркиби кимёвий элементлардан тавкил топганлиги сабабли геохимё учун дастлабки маълумотлар бўлиб хизмат килди. Ушбу далиллар тўпланишига Демокрит (эра-миздан олдин 370-460 й.), Аристотель (эра-мизгача 322-384 й.), Абу Али Ибн Сино (985-1057 й.), Ал Беруний (975-1048 й.), Агрикола (Г.Бауэр 1494-1555 й.), Роберт Бойль (1627-1691 й.), Леклерк де Бюффон (1707-1787 й.), Э.Митчерлих (1794-1863 й.), Х.Ф.Шенбейн (1799-1868 й.) каби кўплаб олимлар ҳисса қўшишган.

Геохимё атамасини биринчи бўлиб 1838 йилда швейцариялик кимёгар Х.Ф.Шенбейн ишлатди.

Геохимёни мустақил фан даражасига кўтарилишининг асосий омиллари қуйидагилар бўлди, деб айтиш мумкин:

1. Рус кимёгари Д.И.Менделеев томонидан элементларнинг даврийлик қонунининг яратилиши.

2. XX аср бошларига келиб, дунёда 70-80 та кимёвий элементларнинг топилиши.

3. Лаборатория шароитида сунъий минералларнинг олиниши ва улар табиатда ҳосил бўлиш шароитларини юзага келтириш, жаҳон физиклари томонидан минерал ва жинслардаги кимёвий элементларнинг миқдорини аниқлайдиган асбоб-ускуналарнинг яратилиши, назарий минералогиянинг юзага келиши ва бошқалар.

Геохимёнинг шаклланиши ва ривожланишида инглиз кимёгари Роберт Бойль (1627-1691 й.) океанлар (гидросфера) ва атмосфера кимёсига доир масалаларни кўтариши катта аҳамият касб этди. У биринчи бўлиб океан сувлари таркибидаги элементларнинг миқдорини аниқлади. Дж.Пристли (1733-1804 й.) ва В.Лавуазье (1743-1754 й.) атмосфера таркибидаги кимёвий элементларнинг миқдорини ўрганди. Г.Дэви (1778-1829 й.) Вулқондан чиқаётган газлар ва бугларнинг таркибини аниқлади. 1815 йилда инглиз минералоги В.Филлипс (1773-1828 й.) Ер пўстида тарқалган айрим элементларнинг миқдорини аниқлаб, бу маълумотларни мақолаларида чоп этди. Швед кимёгари Н.Я.Берцелиус (1779-1849 й.) селен, церий, торий ва кремний элементларини кашф этди.

Америкалик олим Ф.У.Кларк (1839-1931 й.) тоғ жинсларининг таркибини ўрганди ва 1924-йилда Г.Вашингтон билан биргаликда 6000 дан ортиқ тоғ жинсларини таҳлил қилиб Ер пўсти жинсларининг таркибидаги петроген элементларининг ўртача миқдорини аниқлади. Ф.У.Кларкнинг геокимёга қўшган хиссасини инобатга олиб, жаҳон геокимёгарлари кимёвий элементларнинг минераллар ва тоғ жинсларидаги ўртача миқдорини “кларк” сони деб атади. Р.Бойль шу даврда маълум бўлган кимёвий элементларни тартибга солиш учун геокимёвий таснифни эълон қилди. Маълум даражада камчиликлари бўлишига қарамасдан, у биринчи нисбатан тўлиқ тасниф деб ҳисобланган. Маълумки, XVII аср ўрталарида фақат 12 та элемент маълум эди. Булар – Au, Ag, Cu, Sn, Fe, Hg, S, Sb, Zn, As, Pb, Bi. 1815-йили инглиз кимёгари У.Праут (1785-1850 й.) ва немис кимёгари И.Дёберейнер (1780-1849 й.) литий, натрий, калий, кальций, стронций, барий, хлор, йод, селен, теллур, марганец, хром ва бошқа элементларнинг кимёвий хусусиятларини ўрганиб, уларни маълум тартиб билан жойлаштирди.

XIX асрнинг охирига келиб, табиатда 100 га яқин кимёвий элементлар мавжудлиги исботланди. XIX асрда кимё фанининг ривожланиши ва жуда кўп тажриба маълумотлари тўпланганлиги сабабли кимёвий элементларни тартибга солиш эҳтиёжи туғилди. Элементларнинг ҳоссаларидаги ўхшашликка асосланиб, уларни муайян гуруҳлар тарзида бирлаштиришга ҳаракат қилинди. Лекин мутахассислар гуруҳлар орасида боғланишни топа олмадилар. Шундай бўлсада, бу соҳадаги уринишлар беҳуда кетмади. Д.И.Менделеев 1869 йилда кимёвий элементларнинг даврий системасини яратди. У элементларни тартибга солишда уларнинг атом оғирлиги ва кимёвий ҳоссаларини асос қилиб олди. Демак, элементнинг муайян ҳоссалари даврий равишда такрорланади. XIX асрнинг охирида француз петрографлари Ф.Фуке ва О.Мишель-Леви лаборатория усулида (лаборатория “Эколь де Франс”) сувсиз силикат моддасидан олигоклаз, лабрадор, нефелин, лейцит каби жинс ҳосил қилувчи минералларнинг сунъий мукобилларини яратишди. Шу даврда немис минералоги К.Дёльтер сульфид минераллардан пирит, галенит, ковеллин, борнит минералларининг мукобилларини яратди. Россия олими К.Д.Хрущёв кварц, тридимит, магнезиал слюда ва роговая обманкаларни, А.Морозович (Польша) корунд, силлиманит, авгит ва бошқа сунъий кристалларни лаборатория усулида олишди. П.А.Земляччинский (Санкт-Петербург университети) 1896 йили каолинга хлорли калийни таъсир эттириб, мусковит олди.

Албатта, бундай мисолларнинг сони дунё миқёсида жуда кўп. Хуллас, XX асрда экспериментал минералогия (сунъий минераллар яратиш) услубияти жадал суратлар билан ривожланиши, табиий геокимёвий жараёнларни лаборатория усулида юзага келтириш натижасида геокимё фан сифатида намоён бўлиши учун замин тайёрланди.

Геокимё фани нимани ўрганади? Ушбу саволга жавоб бериш учун жаҳон геокимёгарлари фикрлари билан ўртоқлашамиз.

Ф.Кларк фикрича, мавжуд ҳар бир минерал ва тоғ жинслари кимёвий система (тизим) бўлиб, муайян физик-кимёвий шароитда юзага келади.

В.И.Вернадский фикрича, геокимё – назарий ва амалий жиҳатдан элементларнинг Ер пўстида тарқалиши, миқдори ва ҳаракатини ўрганувчи фан.

А.Е.Ферсман фикрича, геокимё кимёвий элементларнинг тарихий тараккиётида тутган ўрни, физик-кимёвий шароитлар туфайли турли бирикмалар бериш сабабларини ўрганади. В.М.Гольдшмидт фикрича, геокимё-минераллар, тоғ жинслари, сув, ҳаво, тупроқларда элементларнинг миқдори, уларнинг ион ва атом боғланиш моҳиятларини ўрганади. Польшалик геокимёгарлар А.Поланский ва К.Смукликовскийлар фикрича, геокимё элементларнинг табиатдаги тарихи ва ривожланишини ўрганади.

Юқорида баён этилган фикрлардан хулоса қиладиган бўлсак, геокимё – атмосфера, гидросфера, Ер пўсти, мантия ва ядро (ядролар)ларни ташкил этувчи моддаларнинг таркиби, тузилиши ва ҳоссалари ҳамда уларда содир бўладиган жараёнларни ўрганадиган фан.

8.2. Геокимёвий аналитик (лаборатория) усуллари

Элементлар миқдорини (уларнинг бирикмаларида) аниқлаш учун ўтказиладиган геокимёвий қидирув ишларида қуйидаги таҳлил усуллари қўлланилади: эмиссион спектрал таҳлил, атом абсорбцион, калориметрик ва бошқа махсус кимёвий анализлар, шунингдек, радиометрик, рентген-спектрал таҳлиллардан фойдаланилади. Бундан ташқари айрим ҳолларда турли минералларнинг хусусиятларини ўрганувчи усуллардан ҳам фойдаланиш мумкин.

Маълум таҳлиллар намуналар олинмасдан ҳам бажарилиши мумкин. Бунда натижалар автоматик тарзда ёзиб, қайд этилади. Маълум турдаги таҳлилларга: турли хил радиометрик усуллар, “симоб газ” ва бир қатор бошқа усуллар қиради. Бу усулларни қўллаш геокимёвий қидирув ишлари самарадорлигини оширади.

8.2.1. Эмиссион спектрал таҳлил

Эмиссион спектрал таҳлил қарийб 50 йилдан бери геохимёвий кидирув ишларида кенг қўлланилиб келаётган таҳлил усулларидан бири. Мазкур таҳлил усулидан туб жинслар, бўшоқ жинслар, ўсимлик кули, сув намуналарининг курук колдиклари ва алоҳида минералларнинг таркибидаги элементларнинг миқдорини аниқлашда фойдаланиш мумкин.

Асосий спектрал таҳлиллар ёруғлик манбаидан атомлар, молекула ва ионлар тарқатиши, тўлқин узунлиги ва тарқалиш интенсивлигини ўлчашдан иборат. Алоҳида элементнинг миқдори спектрда уни белгилловчи чизигининг интенсивлигига қараб аниқланади. Геохимёвий кидирув ишларида спектрал таҳлиллар бир қатор афзалликлари туфайли кенг қўлланилади. Мазкур таҳлил усули ёрдамида бир вақтнинг ўзида ўрганилаётган объектда 70 дан ортиқ элементни аниқлаш мумкин. Бу элементлар каторига кўпгина металллар ва тарқоқ ер элементлари кириб, уларни аниқлашни намуналарнинг ҳажмини кўпайтирмасдан ҳам амалга оширса бўлади. Аслида таҳлил учун намуналарга дастлабки ишлов бериш қийин операцияларни бажаришни талаб этмайди. Усулнинг аниқлиги даражаси — 10^{-3} - $10^{-4}\%$ гача бўлиб, бу кўрсаткич баъзи қўшимча операциялар ўтказилса 10^{-5} - $10^{-6}\%$ гача ортиши мумкин. Бу усул спектрограммани фотопластинкаларга олиб, элементлар миқдорини муайян аниқлик даражасида баҳолаш, шунингдек натижаларини текшириш ва бирламчи таҳлилларда аниқланган элементлар миқдорини қўшимча равишда қайта аниқлаш имконини ҳам беради.

Таҳлил камчиликлари спектрограммада чизикларни тасвирлаш билан боғлиқ бўлиб, кўп (1% дан юқори) миқдордаги элементларни аниқлашда спектрал таҳлил аниқлиги бошқа усуллардан пастроқ. Ҳисоблаш жараёнида аниқланаётган элементнинг учраш шакллари ва бу омил намунанинг умумий кимёвий таркибини аниқлаш натижаларига кўрсатадиган таъсирини ҳисобга олиш имкони йўқ.

Спектрал таҳлил иккига: ярим (тахминий) миқдорий ва миқдорий турларга бўлинади. Тахминий миқдорий спектрал таҳлил тадқиқ этилаётган элементларни миқдорий қиёслаш орқали уларнинг миқдорларини бирмунча кичик аниқликда аниқлаш имконини беради, аммо бу усулнинг унимдорлиги юқори.

8.2.2. Атом-абсорбция таҳлили

Геохимёвий кидирув ишларида атом-абсорбцион спектрофотометрия усули нисбатан яқин вақтдан бошлаб қўлланила бошлани-

шга қарамасдан, унинг қўлланилиши узлуксиз тарзда кенгаймоқда. Мазкур усул бир вақтнинг ўзида битта намуна эритмасидан 40 ка яқин элементнинг миқдорини аниқлаш имконини беради ва геохимёвий тадқиқотлардаги нисбатан қиммат таҳлил усулларидан бири ҳисобланади. Таҳлил қилиш учун намуна эритма ҳолига ўтказилади. Кейин эритма атом-абсорбцион спектрофотометрнинг камерасига солинади ва аланга ёрдамида буғлантирилади. Бунда аланга ҳарорати, эритмадаги бирикмалар атом ҳолига ўтгунча ошириб (2000°C атофида) борилади. Ўзида аниқланаётган элементларни бириктирган буғ ёруғлик манбаси билан нурлантирилади. Нурланиш энергиясини спектрометрик ўлчаш орқали мазкур элементларнинг буғдаги миқдорлари аниқланади.

Атом-абсорбцион спектрофотометрия турли табиий объектларда: тупроқ, тоғ жинслари, ўсимлик кули ва табиий сувда элементлар миқдорини аниқлашда фойдаланилади. “Ҳароратсиз” атом-абсорбция таҳлили ҳозирги кунда 10^{-5} - $10^{-6}\%$ аниқлик билан фақатгина симоб миқдорини аниқлашда қўлланилмоқда.

8.2.3. Рентген-радиометрик таҳлил

Геохимёвий намуналарни анализ қилишнинг мазкур усули фақатгина сўнгги йилларда кенг қўлланила бошланди. Бу усул минералларнинг радиоактивлигини, γ -квантли жинслар ва иккиламчи радиоактив нурланишни ўлчашга асосланган. Одатда, нурлантириш изотоп манбалар ёки ихчам (портатив) рентген трубкалари ёрдамида олиб борилади. Бу тавсيلي литохимёвий тадқиқотлар жараёнида радиоактив индикатор-элементлар билан маъданлашган худудларни аниқлаш имконини беради.

Рентген-спектрал таҳлили тоғ жинслари силикатли таҳлилинини ўтказиш учун ҳам самарали қўлланилмоқда. Бунда КРФ-18, АRL-7200, РW-1600 ва бошқа квантометрлардан фойдаланилади. Мазкур таҳлилда аниқланган оксидлар миқдори йиғиндиси 98,5 дан 101,5% гача ўзгаради.

Бир қатор элементлар миқдорини аниқлаш мақсадида (Na дан Ba гача, Hf дан U гача) экспресс анализ ўтказиш учун БАРС, “Минерал”, “Поиск”, БРА турдаги асбоблардан фойдаланилади. Бу асбоблар ёрдамида бир вақтнинг ўзида 2-4 та элемент миқдорини аниқлаш мумкин. “Феррит” деб номланган асбоб юқори аниқликка эга бўлиб, дала шароитида темир гуруҳидаги элементларнинг миқдорини аниқлашга мўлжалланган.

Изотоплар усули

Сўнгги йилларда геохимёвий тадқиқотларда изотоплар таркиби (жумладан, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) ҳақидаги маълумотлар кенг қўлланилмоқда. Бу конларнинг шаклланиш ҳароратини аниқлаш ва маъдан ҳосил қилувчи эритмаларнинг ҳаракатини ўрганиш имконини бермоқда. Элементларнинг изотоп таркиби махсус асбоб – масс-спектрометр ёрдамида аниқланади.

8.3. Геохимёвий кидирув тадқиқот усуллари

Геохимёвий усуллар ёрдамида фойдали қазилмаларни кидириш ишларини ўтказиш кон атрофидаги йирик ҳудуд ва фойдали қазилмаларнинг алоҳида жисмлари атрофидаги майдонда муайян кимёвий элементларнинг тарқалиш қонуниятларини билишни талаб этади. Бундан ташқари, элементлар миқдорининг ўзгариши муайян кон мавжудлигидан дарак бериши, шунингдек, мазкур турдаги конларни излаб топиш жараёнида қўлланиладиган мезон ва кидириш белгиси бўлиши ҳам мумкин.

8.3.1. Асосий регионал-геохимёвий тушунчалар

Геохимёвий ва металлогеник ўлкалар (провинциялар). Алоҳида ҳудудлар ўзида мавжуд тоғ жинсларининг бир-биридан ва литосферанинг ўртача кимёвий таркибидан геохимёвий хусусиятларига кўра фарқ қилувчи йирик геологик регионларга ажратилади. Дастлаб бундай ҳудудларнинг геохимёси ва геохимёвий тарихини ўрганишга А.Е.Ферсман асос солган.

Геохимёвий провинциялар муайян кимёвий элементлар ассоциацияси концентрациясининг юқори қийматлари кузатиладиган бир турдаги геохимёвий ҳудудлар ҳолида намоён бўлади. Бундай ҳудудларнинг ўзига хос белгилари муайян ер пўсти участкасининг тарихий ривожланиш даврида шаклланади.

Баъзи провинцияларнинг келиб чиқиши Ернинг планетар дифференциацияси билан боғлиқ бўлиши мумкин; қолганлари эса чўкма чўкиш жараёнлари натижасида кимёвий элементларнинг дифференциацияси билан боғлиқ ҳолда шаклланган. Бундан ташқари, маълум элементлар ассоциацияси магматик ва тектоник жараёнлар таъсирида ҳам юзага келади.

Металлогеник провинциялар – кўп сонли, генетик жиҳатдан ўхшаш бўлган маъданли конлар мавжуд ҳудуд. Металлогения асослари яратилиши ва унинг мустақил фан сифатида шаклланишида В.А.Обручев, А.Е.Ферсман, С.С.Смирнов, Ю.А.Билибин, В.А.Кузнецов, Н.П.Лаверов, И.Г.Магакьян, Е.А.Радкевич, В.И.Смирнов,

Г.А.Твалчрелидзе, Е.Т.Шаталов, А.Д.Шеглов ва бошқа олимларнинг илмий изланишлари муҳим аҳамият касб этган.

Металлогеник провинцияга мисол қилиб Жанубий Қозоғистондаги Қоратов, Жанубий-Жунгар полиметаллик провинцияларни келтириш мумкин. Мис-маъданли металлогеник провинция Перу ва Чилида, урани провинция Канада қалқони олдида, шунингдек, Шимолий Балхаш бўйида намоён бўлганлигини кўриш мумкин. Металлогеник провинцияларда маъдан ҳосил қилувчи элементларнинг миқдори анча сезиларли даражада ошиши кузатилади.

8.3.2. Фойдали қазилма конлари ва геохимёвий ореоллар

Турли геологик жараёнлар натижасида вужудга келган ва миқдори, сифати ҳамда ётиш шароитларига кўра саноат усулида қазиб олинishi қулай ва иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқ бўлган минерал уюмларни ўз ичига олган ер пўстининг муайян участкасига *фойдали қазилма кони* деб айтилади.

Барча фойдали қазилма конларини шартли равишда қуйидаги гуртга гуруҳга бўлиш мумкин: маъданли (металли, рудали) фойдали қазилмалар конлари, номаъданли (нометалли, норудали) фойдали қазилмалар конлари, ёнувчан қазилмалар (каустобиолитлар) конлари ва гидроминерал хом ашёлар конлари. Биринчи гуруҳдаги фойдали қазилмалар саноат учун ўта зарур металл манбаи бўлиб, кўпинча уларнинг турли хил бирикмаларидан иборат минералларни ва/ёки соф ҳолдаги ажратмаларини ўз ичига олган маъданлардан ташкил топади. Иккинчи гуруҳдаги фойдали қазилмалар асосини металл ажратиб олиш учун эмас, балки табиий ҳолда истеъмол қилинадиган минераллар ташкил этади. Учинчи гуруҳга – каттик ва суюқ ҳолда учрайдиган мураккаб органик бирикмалар (турли хил кўмирлар, торф, нефть ва бошқалар) ҳамда ёнувчан газлар қиради; тўртинчи гуруҳни ичимлик сувлари, хўжалик ва техникавий мақсадларда ишлатиладиган сувлар, тиббиётда қўлланиладиган минераллашган сувлар ҳамда таркибида кимёвий элементлар бирикмаларининг концентрациялари жуда юқори бўлган ва минерал бирикмаларни ажратиб олиш учун яроқли табиий сувлар ташкил этади. Асосан геохимёвий усуллар маъданли конлар кидирув ишларида қўлланилади. Қолган учта гуруҳ фойдали қазилма конларини кидириш учун геохимёвий тадқиқот усулларида камроқ фойдаланилади. Россия геохимёғари В.И.Красников маъданли конларни заҳира масштаблари (ўлчам) бўйича қуйидаги гуруҳларга ажратган: кичик, ўрта, йирик ва ноёб (8.1-жадвал). В.И.Красников маълумотлари шуни асослаб бердик, йирик конлар барча конларнинг 2% дан 13% гачасини

ташқил этишига карамасдан, уларнинг улушига турли элементларнинг ҳисоблаб чиқилган захираларининг 36% дан 91% гача бўлган миқдори тўғри келади (8.2-жадвал).³⁷

8.1- жадвал
Маъданли конларни захиралари бўйича гуруҳлаш
(тонна ҳисобида)

Фойдали казилмалар	Саноат аҳамиятига бўлмаган конлар	Саноат конлари			
		кичик	ўрта	йирик	ноёб
Қора металллар:					
Темир маъданлари	$n \cdot 10^6$	$n \cdot 10^7$	$n \cdot 10^8$	$n \cdot 10^9$	$n \cdot 10^{10}$
Марганец маъданлари	$n \cdot 10^4$	$n \cdot 10^5$	$n \cdot 10^6$	$n \cdot 10^7$	$n \cdot 10^8$
Титаннинг туб жинслардаги конлари	$n \cdot 10^4$	$n \cdot 10^5$	$n \cdot 10^6$	$n \cdot 10^7$	$n \cdot 10^8$
Титаннинг сочма конлари	$n \cdot 10^4$	$n \cdot 10^4$	$n \cdot 10^5$	$n \cdot 10^6$	$n \cdot 10^7$
Хром конлари (хромитда)	$n \cdot 10^4$	$n \cdot 10^5$	$n \cdot 10^6$	$n \cdot 10^7$	$n \cdot 10^8$
Рангли ва нодир металллар:					
Cu, Pb, Zn	$n \cdot 10^3$	$n \cdot 10^4$	$n \cdot 10^5$	$n \cdot 10^6$	$n \cdot 10^7$
Al ва Mg хом ашёси:					
а) бокситлар, магнезитлар	$n \cdot 10^4$	$n \cdot 10^5$	$n \cdot 10^6$	$n \cdot 10^7$	$n \cdot 10^8$
б) нефелин, алуни, карналит	$n \cdot 10^5$	$n \cdot 10^6$	$n \cdot 10^7$	$n \cdot 10^8$	$n \cdot 10^9$
Sn, W, Mo, Sb, B, Zr, Li, Nb, церий гуруҳидаги нодир ер элементлари (металлда)	$n \cdot 10^2$	$n \cdot 10^3$	$n \cdot 10^4$	$n \cdot 10^5$	$n \cdot 10^6$
U, Th, Hg, Be (металлда)	$n \cdot 10$	$n \cdot 10^2$	$n \cdot 10^3$	$n \cdot 10^4$	$n \cdot 10^5$
Co (кобальт маъданларида); Ta (танталитда); иттрий гуруҳидаги нодир ер элементлари, Ag, Bi (металлда)	n	$n \cdot 10$	$n \cdot 10^2$	$n \cdot 10^3$	$n \cdot 10^4$
Au, Pt (металлда)	-	$n \cdot 10^{-1}$ гача	n	$n \cdot 10$	$n \cdot 10^2$

³⁷ В. А. Алексеев. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. -М.: Логос, 2000. С.48.

8.2-жадвал
Турли масштабдаги конлар бўйича металлларнинг тақсимланиши (% да)

Металл	Йирик конлар			Ўрта конлар			Кичик конлар		
	конлар сони	захира-си	қазиб олиш	конлар сони	захира-си	қазиб олиш	конлар сони	захира-си	қазиб олиш
Fe	13	91	81	22	5	8	65	4	11
Cu	4	66	64	17	26	23	79	8	13
Pb	2	39	29	10	37	39	88	24	32
Zn	3	54	42	14	32	42	83	14	16
W	3	72	50	8	19	22	89	9	28
Mo	4	51	40	16	37	27	80	12	33
Sb	8	36	45	48	60	47	44	4	8
Hg	8	77	82	23	16	17	69	7	1
Co	11	82	39	33	15	51	56	3	10
Au	13	85	70	39	13	19	48	2	11
Ўртача	7	65	54	23	26	30	70	9	16

Шу муносабат билан янги ҳудудларда аниқланган йирик ва ноёб конлар аҳамиятга эга бўлса, у ҳолда эски маъданли ҳудудларда алоҳида маъданли таналарнинг очилишини ҳам муҳим деб ҳисоблаш мумкин.

8.3.3. Геохимёвий ореоллар

Фойдали қазилмаларнинг минералогик ва геохимёвий ореоллари тоғ жинслари ва маъданлар ҳосил бўлиши даврида ёки уларнинг емирилиши ва майдаланиши натижасида йирик бўлақлар, майда заррачалар тўпланган ёки алоҳида кимёвий элементларнинг концентрациялари ошган майдонлар шаклида ҳосил бўлади. Бундай ореоллар иккита – бирламчи (гипоген) ва иккиламчи (гиперген) генетик гуруҳларга бўлинади.

Бирламчи геохимёвий ореоллар

Фойдали қазилмаларнинг таналари шаклланиши жараёнида геохимёвий шароит ўзгариши оқибатида муайян гуруҳ элементларнинг концентрацияси геохимёвий барьерларда (тўсиқларда) ошади, яъни элементларнинг (уларнинг бирикмаларини) миграцияси тўхтайдди. Қолган бир нечта элементлар эса турли геохимёвий шароитда ҳам маъданли тана томондан миграция йўналиши бўйича ўз харақатини давом эттиради. Маълум элементлар концентрациясининг бирмунча юқори қийматлари кузатилган участкалар мазкур майдондаги турли маъдан таналарини намоён қилиши мумкин. Маъдан танаси атрофида элементлар ва улар бирикмаларининг концентрацияси бир-

мунча ошиши бирламчи геохимёвий ореолларни ҳосил қилади. Аммо бундай концентрациялар саноат аҳамияти даражасида бўлмайди.

Бирламчи (гипоген) ореоллар фойдали қазилмалар билан бир вақтда ҳосил бўлади; уларни сингенетик тарқалиш ореоллари деб ҳам аташади. Гипоген ореоллар маъданли эритмаларнинг диффузион ва инфильтрацион ҳаракатлари натижасида маъданли жисмнинг ёнгинасида шаклланган бўлиб, бу ореолларни ҳосил қилган элементлар концентрацияси маъдан танасига яқинлашган сари ошиб боради. Бу тарқалиш ореолларининг катталиги бир неча юз метргача боради; чуқурликда ётган қазилма бойликларни кидиришда уларнинг аҳамияти катта.

Иккиламчи геохимёвий ореоллари

Мавжуд конларнинг турли таъсирлар оқибатида емирилиши ва улардаги асосий компонентларнинг фойдали қазилма танасидан муайян йўналишда миграцияси натижасида иккиламчи геохимёвий ореоллар шаклланади. Миграция (кўчиш) жараёнида кимёвий элементлар минерал таркибида, биоген ҳосилалар ва изоморф қўшимчалар шаклида, шунингдек, турли эритма ва газсимон коришмалар тарзида ҳам ҳаракатланиши мумкин.

Иккиламчи ореоллар жуда катта майдонларда тарқалганлиги сабабли фойдали қазилма конларини кидириш ишларида ҳам катта аҳамиятга эга бўлади. Улар минерал ва тузли бирикмалар ҳолида кузатилади, яъни литогеохимёвий ҳамда сувли – гидрогеохимёвий, биологик – биогеохимёвий, газли – атмогеохимёвий ореолларга бўлинади.

Литогеохимёвий иккиламчи тарқалиш ореоллари деб гиперген жараёнларда конларнинг нураши натижасида юзага келадиган уларнинг устидаги бўшқ ёткизликлар, тупроқлар ва туб жинслардаги кимёвий элементларнинг (уларнинг бирикмаларининг) аномал миқдорли зоналарига айтилади.

Гидрогеохимёвий ореоллар фойдали қазилмалар билан боғланган бўлиб, кидирилаётган кимёвий элементларнинг сувли эритмасидан ҳосил бўлади; маъданли жисмга яқинлашган сари сувда шу элементларнинг концентрацияси ортиб боради. Доимий ва вақтинчалик гидрогеохимёвий ореоллар мавжуд бўлиб, биринчиси, доимий режимдаги чуқур сув горизонтларига хос бўлса, вақтинча ореоллар мавсумий ва грунт сувларига хос ва ёнгарчиликнинг кўп ёки озлигига боғлиқ.

Биогеохимёвий ореоллар қазилма бойлик устида ўсадиган ўсимликларнинг кулидаги элементлар миқдорини аниқлаш орқали ажратилади. Ўсимликлар томирлари орқали минерал эритмаларни енгдириб олади. Баъзи ўсимликлар қазилма бойликларининг маълум турлари устида яхши ривожланган бўлади. Масалан, галмей бинафшаси ҳамда галмей яруткаси факатгина рух маъдани устида яхши ўсади. Василистник (*thalictrum*) эса литий элементини ўзида тўплайдиган ўсимлик.

Атмогеохимёвий (газли) тарқалиш ореоллари она жинсларда, бўшқ тоғ жинсларида, тупроқ, ҳавода учраб, улар баъзи элементларгагина хос бўлади. Радон, торий ва гелий каби элементларнинг газ ореоллари радиоактив қазилма бойликлар устида, сурма ва симоб ҳамда полиметалл маъданларининг конлари устида симоб “буғи” тарқалган бўлади. Учувчан углеводородлар эса – кўмир, нефть, газ ва ёнуван сланец конлари устида тарқалиб, шу конларни кидиришда асосий белгилардан бири ҳисобланади.

8.3.4. Геохимёвий индикаторлар

Турли геохимёвий мухитларда элементларнинг (уларнинг бирикмалари) тарқалиш хусусиятларининг ўзгариши мазкур ҳудуд ва жараёни таърифловчи геохимёвий индикатор (кўрсаткич) сифатида қўлланилади ва тегишли фойдали қазилма конларини кидиришда муҳим омил ҳисобланади. Фойдали қазилмаларни ташкил ётган элементларга “*бевосита* геохимёвий индикаторлар” дейилади. Фойдали компонентларга йўлдош ҳолда учровчи элементлар эса “*билвосита* геохимёвий индикаторлар” деб аталади. Улар кенг тарқалган жинс ҳосил қилувчи (литофил) элементлар ҳам бўлиши мумкин. Масалан, кремнийнинг тарқалиш ореоли фойдали қазилма танаси ўлчамидан ўн, баъзи ҳолларда юз мартагача ошиши кузатилади.

Фойдали қазилмаларни кидириш жараёнида литофил элементлардан билвосита индикатор сифатида фойдаланишда мазкур элементлар ва уларнинг минералларига эътибор қаратилади. Бунда ўзаро боғлиқ махсус геохимёвий ва минералогик усуллар ёрдамида кидирув ишлари ўтказилади.

8.3.5. Геохимёвий аномалиялар

Она тоғ жинслари ёки чўкинди бўшқ жинслардаги элементларнинг ўртача миқдори “*фон миқдори*” деб юритилади. Элементлар концентрациясининг фон миқдордан кескин фарқ қилиши *аномалия* деб ҳисобланади. Геохимёвий аномалиялар,

асосан, фойдали қазилма конлари ва уларнинг ореолларида якқол кўзга ташланади. Кимёвий элементларнинг аномал микдорли майдонлари (юкори микдордалиги билан ажралиб турган майдонлар мавжудлиги) кидирув белгиси хисобланади. Масалан, радиоактив аномаллик уран ёки торий бирикмалари (минерал ва маъданлари) мавжудлигидан дарак беради. Лекин, бу аномалиялар, турли жараёнлар сабабли элементларнинг ер пўстида геокимёвий миграцияси натижасида вужудга келганлиги учун қазилма бойлик конлари билан узвий боғланган бўлиши шарт эмас. Шунга асосан, геокимёвий ва геофизикавий аномалияларнинг кўпчилиги кон ҳосил бўлиш белгиси эмас, балки тегишли мезонлардан бири бўлиб қолади. Яъни, аномалия мавжуд жойларнинг ҳаммасида ҳам кон топилиши шарт эмас.

Регионал ва локал аномалиялар

Геокимёвий аномалиялар ҳам, геокимёвий ореоллар сингари, ўлчами бўйича фарқланади. Алоҳида маъдан танаси (унинг бирламчи ёки иккиламчи ореоллари) ёки кон атрофида кузатилган геокимёвий аномалия маҳаллий (локал) аномалия дейилади. Уларнинг тарқалиши ёки концентрацияси регионал фонга қараб белгиланади. Регионал аномалиялар, асосан, кичик масштабли геокимёвий тадқиқотларда, маҳаллий аномалиялар эса ўрта ва йирик масштабли геокимёвий тадқиқотларда тасвирланади.

Истиқболли ва истиқболсиз аномалиялар

Фойдали қазилма таналари билан алоқадорлигига қараб геокимёвий аномалиялар истиқболли ва истиқболсиз аномалияларга ажратилади.

Истиқболли геокимёвий аномалиялар фойдали қазилмалар билан генетик боғланган бўлади. Алоҳида маъдан таналари ва фойдали қазилма конларини излашда айнан мазкур аномалиялардан фойдаланиш мумкин.

Истиқболсиз геокимёвий аномалиялар – тоғ жинслари таркибида маълум элементларнинг (уларнинг бирикмалари) концентрацияси саноат аҳамиятига молик бўлмаган даражада ошиши. Элементлар микдорининг бундай ошиши алоҳида нукталар ва тарқок минерализация зоналарини кўрсатиши мумкин. Фойдали қазилмалар танасига алоқадор ва саноат аҳамиятига эга бўлмаган фойдали қазилмаларга боғлиқ аномалияларни бири-биридан ажратиш жуда қийин.

8.4. Бирламчи ва иккиламчи ореоллар бўйича литокимёвий суратга олиш

Литокимёвий суратга олиш фойдали қазилмаларни кидириш ва геологик хариталаш мақсадида литосферада геокимёвий майдонни ўрганишдан иборат. Тоғ жинслари, уларнинг нураган маҳсулотлари ва тупроқнинг кимёвий таркибини таҳлил қилиб ўрганиш улардан намуналар олиш ёки очилмаларда тўғридан-тўғри ўлчовлар олиб бориш орқали амалга оширилади. Қаттиқ фойдали қазилмаларни кидириш мақсадида ўтказиладиган литокимёвий суратга олиш ишлари қуйидаги босқичларда амалга оширилади:

1. Обзор ёки дастлабки текшириш (рекогностировка) – литокимёвий суратга олиш 1:1000000 ва ундан кичик масштабларда қадимги сув ҳавзалари, денгиз қирғоғи бўйи ва чўкинди қўл ётқизиклари ҳамда йирик дарёларнинг аллювиал ётқизикларидан намуналар олиш билан амалга оширилади (юкори аниқли анализлар қўлланилганда самарадорлиги юкори бўлади);

2. Регионал литокимёвий суратга олиш ишлари 1:200000 масштабда замонавий сув тизимларининг аллювиал ётқизикларидан намуналар олиб амалга оширилади;

3. Литокимёвий суратга олиш ишлари иккиламчи ореоллар бўйича 1:50 000 масштабда амалга оширилади.

4. Муфассал ва разведка (кидирув) литокимёвий суратга олиш 1:10000 ва ундан йирик масштабларда иккиламчи ореоллар бўйича қонин баҳолаш ҳамда бирламчи ореоллар бўйича излашда қўлланилади.

Худуднинг геологик ўрганилганлик даражаси ва иктисодий ўлаштирилганлигига боғлиқ ҳолда юкоридагилар қўлланилади.

Махсус аппаратураларни қўллаган ҳолда олиб бориладиган литокимёвий тадқиқотлар ўз номланишига эга: гамма-спектрал суратга олиш, гамма-гаммакоратаж, металлларни қисман ажратиб олиш усули, лазерли суратга олиш ва бошқалар. Литогеокимёвий суратга олиш қаттиқ фойдали қазилмалар кидиришнинг энг муҳим геокимёвий усуллари билан бири бўлиб, биринчи навбатда, қаттиқ фойдали қазилмаларни излашда геологик кидирув ишларининг барча босқичларида дунё микёсида кенг қўлланилади.

8.4.1. Тарқалиш йўналиши бўйича литокимёвий суратга олиш

Бу усул қаттиқ фойдали қазилмалар кидиришнинг энг асосий геокимёвий усуллари билан бири бўлиб, бурмаланган тоғли туманларда кенг қўлланилади. Бу турдаги суратга олиш регионал геологик ва геофизикавий ишлар мажмуаси билан биргаликда ўтказилади.

А.Н.Заварицкий таснифи. А.Н.Заварицкий ўз таснифида кимёвий элементлари куйидаги гуруҳларга ажратади:

- инерт газлар: He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn;
- петроген элементлар: Na, K, Ca, Mg, Fe, Al, Si, Li, Rb, Cr, Sr, Be;
- магма эманциялари элементлари (фаол элементлар): B, C, N, O, F, Cl, S, P;
- металллар: Cu, Au, Ag, Zn, Cd, Sn, Hg, Pb;
- металлоидлар: As, Se, Te, Sb, Bi;
- темир гуруҳи элементлари: Fe, Mn, Ni, V, Cr, Co, Ni;
- радиоактив элементлар: U, Th, Pu, Pa, Cm;
- оғир галлоидлар: Br, J, At;
- тарқоқ элементлар: Se, Nb, Ta, W, Mo, Be, Sr, Hf, Tl.

В.И.Вернадский таснифи. В.И.Вернадский миграциянинг турли геологик жараёнларида кимёвий элементларнинг тутган ўринларига асосланиб, уларни куйидаги гуруҳларга ажратган:

1. Асл (инерт) газлар – He, Ne, Ar, Kr, Xe;
2. Асл (нодир) металллар – Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt, Au;
3. Циклик элементлар – H, B, C, N, O, F, Cl, S, P, Na, K, Ca, Mg, Fe, Al, Si, Cr, Sr, Be, Cu, Ag, Zn, Cd, Sn, Hg, Pb, Fe, Mn, Ni, V, Co, As, Se, Te, Sb, Bi, Ba, Ge, Zr, Hf, W, Re, Tl;
4. Тарқоқ элементлар – Li, Sc, Ga, Br, Rb, Y, Nb, In, J, Cs, Ta;
5. Камёб ер элементлари – La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tu, Yb, Lu;
6. Радиоактив элементлар – Po, Rn, Ra, Ac, Th, Pa, U.

Назорат саволлари

1. Геохимияни мустақил фан даражасига кўтарилишининг асосий омилларини айтинг.
2. Элементлар ва уларнинг бирикмалари микдорини аниқлаш учун ўтказиладиган геохимиявий кидирув ишларида қайси лаборатория таҳлил усулларидан фойдаланилади?
3. Геохимияда минераллар хусусиятларини ўрганиш учун қайси усулларидан фойдаланиш мумкин?
4. Геохимиявий кидирув тадқиқот усуллари турларини айтинг.
5. Геохимиявий ореоллар нима?
6. Бирламчи ореоллар ва иккиламчи ореолларнинг тарқалиш фарқи нимада?
7. Маъданли конлар захиралари бўйича нечта гуруҳга ажратилган?
8. Геохимиявий аномалияга таъриф беринг.
9. Геохимиявий индикаторлар нечта турга бўлинади?
10. Элементларнинг геохимиявий таснифлари нималарга асосланган?

9-боб. АТОМ ВА УНИНГ ТУЗИЛИШИ. АТОМ-МОЛЕКУЛЯР ТАЪЛИМОТИ. РАДИОАКТИВЛИК. РАДИОАКТИВ ИЗОТОПЛАР

9.1. Атом ва унинг тузилиши. Атом-молекуляр таълимоти

Атом-молекуляр таълимотнинг шаклланиши рус олими М.В.Ломоносов номи билан боғлиқ. У биринчи бўлиб молекуляр таълимотнинг асосий қоидаларини ишлаб чиқди. Инглиз олими Ж.Дальтон атом-молекуляр таълимотнинг ривожланишига катта ҳисса қўшди.

Атом-молекуляр таълимот қоидаларини куйидагича таърифлаш мумкин:

1. Моддалар молекула ва атомлардан таркиб топган.
2. Модда ўзининг кимёвий хоссасини сақлайдиган молекула ажратмасигача бўлиниши мумкин.
3. Физикавий ҳодисалар пайтида молекулалар сакланиб қолади, кимёвий ҳодисалар пайтида эса уларнинг ўрнида янги моддалар ҳосил бўлади.
4. Молекулалар тўхтовсиз ҳаракатда бўлади. Уларнинг ҳаракатланиш тезлиги ҳарорат кўтарилиши билан ортади.
5. Модда молекулалари орасида маълум масофа бўлиб, масофанинг ўлчами модданинг агрегат ҳолати ва ҳароратга боғлиқ. Масалан, модда газ ҳолатда бўлганда унинг молекулалари орасидаги масофа катта бўлади. Ҳарорат ва босимни ўзгартириш йўли билан газ моддалар молекулаларининг орасидаги масофани кичрайтириш ёки катталаштириш мумкин (балонларга табиий газ босим билан тўлдирилганда ёки газ совитилганда молекулалар орасидаги масофа кичраяди). Суюқ моддалар молекулалари орасидаги масофа жуда кичик бўлиб, уларни босим сиқиши жуда кийин, қаттиқ моддалар молекулалари орасидаги масофа суюқ моддалардагига қараганда кичик бўлади.
6. Модда молекулалари орасида ўзаро тортиш ва итарилиш кучлари мавжуд. Бу кучлар қаттиқ моддаларда кўп, газ моддаларида кам бўлади.
7. Ҳар бир модда молекуласи шу молекулага хос атомлардан ташкил топган. Молекула каби атомлар ҳам тўхтовсиз ҳаракатда бўлади.
8. Кимёвий реакциялар пайтида молекулаларни ташкил қилган атомлар сакланиб қолади (бошқа турдаги атомга айланмайди).
9. Бир турдаги атомлар бошқа турдаги атомлардан массаси ва хоссалари жиҳатидан фарқ қилади.

Атомларнинг таркиби. Атомлар ҳақиқатан ҳам модданинг энг кичик заррачасими? Унинг таркибида бошқа кичикроқ заррачалар йўқми? Атомлар шундай қараганда ёки оддий микроскоп остида кўринмайдиган заррачалардир; (ҳозирги вақтда кучли электрон микроскоп ёрдамида айрим элементларнинг тасвирини олишга эришилган). Буни тасаввур қилиш учун қуйидаги ўхшатишни келтирамиз: агар бир дона олмани ер ҳажмига катталаштирсак, унинг таркибидаги атом мазкур олманинг аввалги катталигида бўлади. Атом радиуси тахминан 10^{-10} метрга, яъни метрнинг ўн миллиарддан бир бўлагига тенг бўлади. Атом кичик кимёвий заррача бўлишига қарамай, у жуда мураккаб тузилган. Ҳозир атомларнинг 2000 га яқин хили ўрганилган. Улар бир-биридан нима билан фарқ қилади? Аввало, атомлар бир-биридан катта-кичиклиги ва массаси жиҳатдан фарқ қилади, деб айта оламиз.

Атом ядро ва унинг атрофида айланувчи электронлардан, ядро эса протон ва нейтронлардан таркиб топган. Протон "P" белгиси билан ифодаланади. Унинг массаси массанинг атом бирлиги сифатида қабул қилинган бўлиб, 1 га тенг, заряди +1. Нейтрон "N" белгиси билан ифодаланади. Унинг массаси протон массасига (яъни, 1 га) тенг, бироқ у зарядсиз. Электрон "e" белгиси билан ифодаланади, унинг массаси протон массасидан 1840 марта кичик, заряди -1. Протон билан нейтрон атом ядросига жойлашган бўлганлиги учун улар энг муҳим "ядро заррачалари" дейилади. Атомнинг ядроси атомга нисбатан қанча ҳажми эгаллашини тасаввур қилиш учун қуйидаги ўхшатишни келтирамиз: агар атомни катта футбол майдони катталигида тасаввур этсак, унинг ядроси ана шу футбол майдони марказига қўйилган маккажўхори донидай катталиқда бўлади. Молекула ва атом ҳақидаги тушунчаларнинг моҳиятини аввал кузатган ҳодисаларимиздан ахтариб кўрайлик, каттик музнинг суюқ сувга айланиши, суюқ сувнинг ёз келганда буғланиши, сув буги ёзнинг иссиқ кунларида кўзга кўринмаслиги, куз пайтида дарёлар, кўл ва зовурлар суви устида буғ, туман пайдо бўлиши ва бошқа омилар, сув кўзга кўринмайдиган жуда майда заррачалар – молекулалардан ташкил топгани ҳақида далолат беради. Қорамтир-пушти рангли калий перманганат тузи кристаллари сувда эритилиб томоқни чайқаш, яраларни ювиш учун ишлатилади. Демак, бу каттик модда сувда эритилганда унинг заррачалари (молекулалари) бутун эритма ҳажмига тарқалиб, уни пушти рангга бўяйди.

Шу эритмани буглатиб, қайтадан каттик модда олиш мумкин. Бундай тажрибани ош тузи ва шакар билан ҳам ўтказиш мумкин.

Демак, модданинг хоссаларини ўзида сақлайдиган, унинг энг майда заррачаси молекула дейилади.

Атом – кимёвий элементнинг оддий ва мураккаб моддалар таркибига қирадиган энг кичик заррача.

Атом-молекуляр таълимотга асосланиб, қуйидагиларни айтиш мумкин: кимёвий элемент ўзида муайян хоссаларни мужассамлан-тирган атом тури. Мураккаб моддаларнинг молекулалари икки ёки бир неча элемент атомларидан, оддий моддаларнинг молекулалари эса бир элемент атомларидан ташкил топган.

Демак, оддий модда – элементнинг эркин ҳолда мавжуд бўлиш шакли. Бир элемент атомлари бир неча хил оддий моддалар ҳосил қиладиган ҳоллар ҳам мавжуд. Масалан, табиий олтингугурт ромбик система кристаллари кўринишида учрайди. Унинг бу формаси 96°C дан паст ҳароратда барқарор бўлади. Бундан юқори ҳароратда у аста-секин моноклин системага мансуб олтингугуртга айланади.

Кимёвий боғланиш. Молекулаларнинг тузилиши, атомлар орасидаги кимёвий боғланишни фанга биринчи бўлиб А.М.Бутлеров (1828-1886) киритди. А.М.Бутлеров бўйича моддаларнинг хоссалари фақатгина унинг микдорий ва сифат таркибига қарабгина эмас, атомларнинг бири-бири билан бирикиш тартиби ҳамда ўзаро таъсирига қараб аниқланади. Кимёвий боғланишнинг табиатини, яъни молекулаларда атом ва ионларни бир-бири билан боғловчи кучни атом тузилишининг ҳозирги замон назарияси асосида тушунтириш мумкин. Кристаллардаги ион ва атомларнинг ўзаро кимёвий боғланиши бир хил эмас. Шунга кўра, кристаллардаги кимёвий боғланишлар 4 га бўлинади:

1. *Ион боғланиш* – қарама-қарши зарядланган ионларнинг ўзаро тортилиши натижасида пайдо бўлади (галит NaCl , флюорит CaF_2).

2. *Металли боғланиш* – металлнинг зарядланган ионлар орасидаги боғланиш. Бу электронларнинг ҳаракатларидан вужудга келади (мис – Cu , олтин – Au , платина – Pt).

3. *Ковалент боғланиш* ёки атом боғланиши – иккита атомнинг ўзаро жипслашуви натижасида ҳосил бўлади (олтингугурт – S_2).

4. *Ван-Дер-Ваальс боғланиш* ёки қолдик боғланиши – бирикмадаги нейтрал зарралар туфайли вужудга келади (органик бирикмалар – аммиак – HNO_3).

Мураккаб бирикмаларнинг ички тузилиши рентген структуравий таҳлил усули ёрдамида аниқланади. Масалан, силикатлар ва алумосиликатларда кремний ҳар доим тетраэдрларнинг марказида жойлашган бўлиб, у билан "O" оралиғи $1,65\text{\AA}$ га тенг. Бу тетраэдр-

лар якка, иккиланган, учланган, тўртланган, олтиланган ҳолда ўзаро турли шакллар ҳосил қилиб боғланади. Тетраэдр учларидаги "О" атомлари кўшни тетраэдр билан боғланган ҳолда чексиз равишда давом этади. Катионлар эса кислород ионлари орасидаги бўшлиқда жойлашади.

9.2. Радиоактивлик. Радиоактив изотоплар

1896 йилда француз олими А.Беккерель уран ва уран бирикмалари кўзга кўринмас нурлар чиқаришини, бу нурлар оддий ёруғлик нурларини ўтказмайдиган қора қоғоздан ўтиб, фотопластинкаларга таъсир этишини топди. Сўнгра бу ҳодиса билан француз олимлари эр-хотин Пьер ва Мария Кюрилар шуғулланди. Улар уран рудаларида нур таркатиш хоссаси ураннинг тоза бирикмасига қараганда кучлироқ эканини кузатиб, бу рудаларда нур таркатиб турувчи яна бошқа элементлар борлигини қайд этишди. Мария Кюри бу ҳодисани *радиоактивлик* деб, бундай нурланиш хоссаси бўлган элементларни эса радиоактив элементлар деб атади. Пьер ва Мария Кюрилар уран рудаларини текшириб, 1898 йилда иккита янги радиоактив элемент топдилар. Улар элементлардан бирини (84-сонли) полоний деб, иккинчисини (88-сонли) эса радий деб атадилар. Бу элементлар уран рудасининг қолдигидан олинди; бунинг учун бир неча тонна руда қолдигини қайта ишлашга тўғри келди. Пьер ва Мария Кюрилар бир неча тонна руда қолдигини қайта ишлаб, ундан граммнинг юздан бир улушича радий хлорид ажратиб олишга муваффақ бўлдилар. Полонийнинг микдори шу қадар оз эдики, уни ажратиб олиш имконияти бўлмади.

Радиоактив элементлар. Радиоактив элементлар оғир, уларнинг ядролари барқарор бўлгани боис улар, α -, β -, γ -нурлар чиқиб, ўзлуксиз емирилиши натижада, бошқа элементларга айланади.

Радиоактив элементларнинг емирилишидан чиқадиган α -, β -, γ -нурлар моддаларни фосфоросценциялантиради, ҳавони ионлаштиради, организмга таъсир этади. Бу элементларни ўрганишда уларнинг мазкур хоссаларидан фойдаланилади. Масалан, радиоактив элементлар нуридан фосфоросценцияланадиган кристалл (ZnS) билан экран усти қопланиб, қоронғи хонада унга радиоактив модда яқин келтирилса, экран шуъланади. Бу шуъланиш майда, кичик чакмоқчалардан иборат бўлади.

Турли моддаларни ионлантириш хусусияти α -заррачада энг кўп, γ -нурда кам бўлади. Аммо турли моддалардан ўтиш қобилияти γ -нурларда энг кучли. β -нурларнинг моддалар орқали ўтиш қобилияти γ -нурланишдан кучсиз, α -нурларнинг ўтиш қобилияти эса β -

нурланишидан ҳам кам. Масалан, γ -нурлар 30 см. қалинликдаги темирдан ўта олади. β -нурлар 5 мм. қалинликдаги алюминий пластинкадан ўта олмайди, α -заррачалар эса 0,1 мм. алюминий орқали ҳам ўта олмайди. Аммо моддаларни ионлаш қобилияти α -заррачаларда энг кучли, β -заррачаларда бирмунча кучсиз, γ -заррачаларда эса жуда ҳам кучсиз.

${}^1\text{Ra}$ – радий бир секундда 37 миллиард α -заррача чиқаради (радий атомларининг тахминан 72 миллиарддан бири емирилади). Моддаларнинг радиоактивлигини солиштириб кўриш ва ҳисоблаш учун бирлик сифатида бир секундда 17 миллиард емирилиш қабул қилинган, бу бирлик бир кюри деб аталиб, "с" ҳарфи билан белгиланади. Резерфорд (rd) деб аталадиган бирлик ҳам бор, бу бирлик секундига 1000000 емирилишдир. 1 кюри 37000 резерфордга тенг. Демак, кюри (с) ва резерфорд (rd) – радиоактив элементларнинг активлик бирликлари.

Радиоактив емирилиш энергияси электрон-вольт (эв) билан ўлчанади. Одатда, мегаэлектрон-вольт ишлатилади (1 мегаэв = 1000000 эв).

Радиоактив емирилиш ва радиоактив оилалар. Радиоактив элементлар емирилганда уларнинг баъзиларидан α -заррачалар, баъзиларидан β -заррачалар, баъзан эса бу заррачалар билан бирга γ -заррачалар ҳам тарқалади.

Радиоактивлик ҳодисаларини ўрганган тадқиқотчилардан Ф.Содди ва К.Фаянс радиоактив элементларнинг емирилишидан ҳосил бўладиган янги элементларнинг атом оғирлиги ва бу элементларнинг даврий системада тутган ўрни ҳақида фикр юритиб, силжиш қонунини яратди. Бу қонун қуйидагича таърифланади: α -емирилишда ҳосил бўладиган элементларнинг атом оғирлиги бошланғич элементнинг атом оғирлигидан 4 бирлик кичик бўлади ва ундан даврий системада икки катак чапга силжийди; β -емирилишда атом оғирлиги ўзгармайди, янги элемент даврий системада ўнг томонга бир ҳона силжийди.

Дарҳақиқат, элемент атоми α -заррача чиқарганида ҳосил бўладиган янги элементнинг заряди иккита мусбат зарядга камаяди, атом оғирлиги (масса сони) 4 бирликка камайиши керак, чунки α -заррача гелий ионидир, унинг заряди +2 га, атом оғирлиги эса 4 га тенг; β -заррача чиққанда масса деярли камаймайди, чунки β -заррачалар электронлар окимидан иборат, электрон массаси эса жуда ҳам кичик. Бунда ажралган электрон чиқиб кетади ва ядронинг бир нейтрони протонга айланади. Ядродан бир манфий заряд чиқиб кетгани учун

унда бир мусбат заряд ортади, шунинг учун бу элемент даврий системада бир хона ўнгга силжийди.

Ҳосил бўладиган янги радиоактив элементларнинг атомлари нейтрал, демак, α -емирилишда сиртки каватдан икки электрон узилади, β -емирилишда эса сиртки каватга бир электрон қўшилади.

Радиоактив элемент емирилган сари унинг миқдори камайиб бориб, у янги элементга айланиб боради; емирилишда барча радиоактив элементлар қуйидаги қонунга бўйсунди: маълум вақт бирлигида емирилган атомлар сони элемент миқдorigа пропорционалдир.

Бу қонун радиоактив емирилиш қонуни дейилади. Демак, элемент камайиб борган сари емирилувчи атомлар сони ҳам камайиб боради.

Олинган миқдорнинг ярми емирилиши учун кетган вақт "ярим емирилиш даври" деб аталади.

Элементларнинг ярим емирилиш даври ғоят хилма-хил бўлади: баъзи элементларнинг ярим емирилиш даври миллиард йилларга тенг бўлса, баъзилариники секунднинг жуда кичик улушларига тенг бўлиши мумкин. Ҳозир ярим емирилиш даври 14 млрд. йилдан 10^{-7} секундга қадар бўлган элементлар маълум. Қуйидаги жадвалда бир неча элементнинг ярим емирилиш давлари кўрсатилган (9.1-жадвал).

9.1-жадвал
Баъзи элементларнинг ярим емирилиш давлари

Тартиб рақами	Элемент	Атом огирлиги	Емирилиш тури	Ярим емирилиш даври
88	Ra	226	α	1622 йил
92	U	238	α	4500000000 йил
86	Rn	222	α	3,65 қун
93	Np	237	β	3,8 минут
94	Pu	242	β	5 соат

Радиоактив элемент емирилиб янги элементга айланади, ҳосил бўлган элемент ҳам, ўз навбатида, емирилиб бошқа элементга айланади ва ҳоказо. Бундай элементлар йиғиндиси бир оилани ташкил этади. Ҳозир барча радиоактив элементлар уч оилага бўлиб ўрганилади. Учала оилада ҳам энг сўнгги элемент қўрғошиндир. Қўрғошин радиоактив эмас, шунинг учун у ҳосил бўлиши биланок емирилиш тўхтади.

Оилаларнинг бири уран оиласи (унинг бош элементи уран), иккинчиси торий оиласи, учинчиси эса актиний оиласидир.

9.3. Радиоактив элементларнинг тоғ жинслари ва маъданларининг ёшини аниқлашдаги аҳамияти

Тоғ жинсларининг ёшини аниқлашнинг радиоактив усуллари кенда мулоҳаза юритганимизда, радиоактив парчаланиш жараёни доимий тезлик билан ўтади, яъни муайян вақт бирлигида ҳамма вақт мавжуд атомларнинг аниқ бир қисми парчаланadi. Бу Ер пайдо бўлгандан буён ўтган вақт давомида радиоактив парчаланиш тезлиги назорат шароитларининг ўзгаришига боғлиқ бўлмаган, деган маънони билдиради. Турли омилларнинг радиоактив парчаланиш тезлигига таъсири аниқлаш юзасидан махсус ўтказилган тажрибалар бу мулоҳаза тўғрилигини кўрсатади. Бу тажрибаларда ҳарорат -190°C дан $+2500^{\circ}\text{C}$ гача ўзгартирилди, оғирлик кучи тезлиниши 20000 баравар оширилди, жуда кучли электр ва магнит майдонлари ҳамда кучли нурланиш манбаларининг таъсири ўрганилди. Тажрибалардан олинган далиллар асосида радиоактив парчаланиш тезлиги доимий бўлишиндан келиб чиққан ҳолда, радиоактив парчаланишга кетган вақтни аниқлаш мумкин, деган хулосага келинди. Юқори ҳароратда парчаланиш тезлиги ўзгариши ҳам мумкин, лекин Ер тарихида бундай юқори ҳарорат сира ҳам бўлмаган.

Радиоактив элементларнинг парчаланиши, яъни атомларнинг бошқа атомларга айланиш жараёни турли нурланиш шаклида қўп миқдорда энергия ажралиб чиққани аниқланди. Бу нурлар уч хил бўлиб, альфа-нурлар мусбат зарядланган гелий ядролари оқимидан иборат, бета-нурлар массаси водород атоми массасидан қарийб 2000 марта кам бўлган электронлар оқимидан иборат, гамма-нурлар рентген нурига ўхшайди, лекин тўлқинлари янада қисқа бўлганлиги туфайли моддаларга рентген нурларидан ҳам чуқурроқ ўтадиган нурлардир.

Тадиқотлар радиоактив парчаланиш тезлиги, шу билан бирга, ҳар бир радиоактив элементнинг ўртача "умри" ўзгармас миқдор эканлигини кўрсатди. Биз учун оддий гап бўлиб қолган кишининг ўртача умридек ҳар бир радиоактив элементнинг ҳам ўртача "умри" бор. Лекин улар ўртасидаги фарқ шундан иборатки, кишининг ўртача умри ҳаёт шароитига боғлиқ бўлса, радиоактив элементларнинг "умри", юқорида баён этиб ўтганимиздек, шароитнинг ўзгаришига боғлиқ эмас. Радиоактив элементларнинг парчаланиш тезлиги ярим парчаланиш даври билан, яъни муайян радиоактив элементнинг даврлаб мавжуд бўлган атомларнинг сони ярмигача камайтирилиши учун зарур бўлган вақт билан ифодаланади.

Табиатда ярим парчаланиш даври ғоят катта (бир неча миллиард йилларга тенг) бўлган радиоактив элементлар билан бир каторда ярим парчаланиш даври ниҳоятда кичик бўлган (секунднинг минг ва миллиондан бир улуши билан ўлчанадиган) радиоэлементлар ҳам топилади. Ёши Ернинг ёшига нисбатан юкори даражада кичик бўлган радиоактив элементлар ҳам борлигини Э.Резерфорд ва Ф.Содди тушунтириб беришган. Уларнинг фикрича, узок “умрли” уран ва торий элементларидан киска “умрли” элементлар доимо ҳосил бўлиб турганлиги туфайли табиатда киска “умрли” элементлар мавжуд. Табиатда учрайдиган радиоактив элементларнинг кўпчилиги учта радиоактив элементлар каторига мансуб.

Маълумки, табиий уран узок “умрли” иккита радиоактив изотоплардан – уран 238 ва уран 235 дан иборат. Биз фақат массаси билан бир-биридан фарк қиладиган, аммо тамомила бир хил кимёвий хоссаларга эга бўлган атом гуруҳларини изотоплар деб айтамыз. Уран изотопларидан ҳар бири ўзининг парчаланиш занжирига (каторига) эга. Масалан, уран 238 парчаланганда, даст-аввал 234 массали торий изотопи ҳосил бўлади. Ўз навбатида, торий изотопи ҳам парчаланadi. Уран 238 атоми узок ўзгаришлар занжиридан ўтиб, аста-секин 206 массали кўрғошинга айланади. Уран 238 парчаланганда альфа-заррачалар ажралади. Уран 238 ядролари кетма-кет парчланиб, барқарор кўрғошин ядросига айланганда 8 та альфа-заррача ажралади. Биз юкорида альфа-заррачалар гелийнинг мусбат зарядланган ядросидан иборат, деган эдик. Шундай қилиб, уран 238 нинг радиоактив парчаланиш жараёнини $U^{238} \rightarrow Pb^{206} + 8 \alpha$ схемаси билан ифодалаш мумкин.

Уран 235 нинг парчаланиши ҳам шу йўсинда рўй беради. Уран 235 кўпинча актиноуран деб аталади. Фарк шундаки, уран 235 нинг парчаланиш тезлиги уран 238 га нисбатан каттарок бўлиб, парчаланганда бошқа изотоплар катори ҳосил бўлади. Уран 235 нинг парчаланиш катори охирида ҳам кўрғошин изотопи туради, лекин бу изотопнинг массаси 207 га тенг. Уран 235 парчаланганда 7 та альфа-заррача ажралади.

Табиий торий 232 массали битта изотопдан иборат. Торий каторида парчаланишнинг охириги маҳсули 208 массали кўрғошин; торий атоми охириги парчаланиш маҳсулига айлангунча парчаланганда 6 та альфа-заррача ажралади. Шундай қилиб, кўриб турибмизки, уран, актиноуран ва торий радиоактив парчаланганда кўрғошиннинг ҳар хил изотоплари ва бир қанча гелий ҳосил бўлади.

Табиатда радиоактив каторлардан ташқари якка ҳолдаги радиоактив изотоплар ҳам учрайди. Бу изотоплар парчаланганда охириги барқарор маҳсулга айланади. Биз якка изотоплардан унинг парчаланишига қараб, турли табиий тизимларнинг ёзишини аниқлаш нишонини жиҳатидан қизиқтирадиган баъзи изотопларда тўхтаб ўтамиз. Калий-40 атомлари парчаланганда барқарор маҳсул - 40 массали аргон атомлари ҳосил бўлади. Рубидий-87 парчаланиши натижасида стронций-87 атомлари, рений-187 парчаланиши натижасида осмий-187 атомлари ҳосил бўлади.

Маълумки, табиатда таркибида анчагина микдорда уран ва торий бўлган радиоактив минерал ва кам актив минераллар учрайди. Тоғ жинслари таркибидаги радиоактив элементлар тақсимланиши бир хилмас. Нордон магматик жинсларда радиоактив элементлар кўп бўлиб, асос ва ўтаасос жинсларда жуда кам. Ер тузилмаларида радиоактив элементларнинг тарқалишини ўрганиш алоҳида аҳамиятга эга бўлиб, шу жумладан, абсолют геохронология максадлари учун, яъни минераллар ва тоғ жинсларининг мутлақ ёшини аниқлаш учун жуда муҳим.

Хўш, радиоактив парчаланишга қараб, вақтни қандай қилиб аниқлаш мумкин?

Қўлимизда таркибида уран бўлган минерал бор, деб фараз қилайлик. Бу минерал пайдо бўлган вақтда унинг таркибида ураннинг парчаланиши натижасида ҳосил бўладиган маҳсуллар бўлмаган. Вақт ўтиши билан ураннын парчаланиши маҳсуллари - кўрғошин изотоплари ва гелий тўплана бошлайди. Уларнинг парчаланиш тезлиги, демак, кўрғошиннинг тўпланиш тезлиги бизга яхши маълум. Демак, биз бир грамм урандан бир йилда неча атом кўрғошин тўпланишини била оламиз. Ҳозирги пайтда минерал таркибида қанча кўрғошин ва уран борлигини аниқласак, минерал ҳосил бўлгандан буён қанча вақт ўтганини ҳисоблаб аниқлашимиз мумкин. Бунинг учун минерал таркибидаги кўрғошин микдорини кўрғошин ҳосил бўлиш тезлигига, яъни бир йил ичида ҳосил бўладиган кўрғошин атомлари сонига бўлиш кифоя. Шу тарика минералнинг ёшини аниқлаш мумкин.

Ёшини аниқлашнинг кўрғошин усули

1907 йилда америкалик физик Бертрам Болтвуд радиоактив минералларда кўрғошиннинг уран ва торийга нисбатини ўлчашга асосланган биринчи геологик ёш жадвалини эълон қилди.

Б.Болтвуд ҳисоблаб чиқарган рақамлар унча аниқ бўлмаса ҳам, кўрғошиннинг уран ва торийга нисбати орқали тадқиқ этилган

минералларнинг ёши ифодаланганлигини кўрсатди. Шу билан бирга, кўпгина геологлар бу ҳисобга ишончсизлик билан қарадилар. Чунки анализ натижасида ҳисоб килинган ёшни кўрсатувчи 250 йилдан 1320 миллион йилгача бўлган ракамлар ўша даврдаги геологик тасаввурларга зид эди.

Кейинчалик бу усул пухта ишлаб чиқилди. Константалар (ўзгармас сонлар) ва парчаланиш схемалари аниқланди, элементларнинг оз миқдорини жуда аниқ ўлчаш имконини берадиган янги усуллар топилди.

Кўрғошин усулида минералларнинг ёшини аниқлаш учун таркибида уран ва торий бўлган минералларнинг ҳаммаси ҳам тўғри кела бермаганлиги аниқланди. Шундай минералларни танлаш керакки, минерал таркибига шу минерал дастлаб ҳосил бўлган эритмадан ўтган кўрғошин кирмаган бўлиши керак. Минерал ҳосил бўлган пайтда минералга кириб қоладиган бу кўрғошин оддий кўрғошин деб аталади. Бундан ташқари, кейинчалик олиб борилган тадқиқот ишлари бундай кўрғошиннинг минерал таркибидаги миқдорини ҳисобга олиш мумкинлигини кўрсатди. Минерал ҳосил бўлган пайтда унинг таркибига олдин кирган кўрғошин мавжудлиги сабабли тузатиш киритиш зарурати минераллардан ажралиб чиққан кўрғошиннинг изотоп таркибини билишни тақозо этди. Кўрғошиннинг изотоп таркиби махсус масспектрометр асбобида аниқланади. Бу асбоб кўрғошиннинг изотоп таркибини жуда аниқ ўрганиш имконини беради.

Тўғри хулосага келиш учун текшириладиган минерал ёки тоғ жинси намунаси яхши сақланган бўлиши керак. Чунки кўрғошин ёки ураннынг ташқаридан қўшилиши ва минераллардан ажралиб чиқишига олиб келадиган иккиламчи жараёнлар мавжуд. Булар таъсирида ўзгарган жинслар учун ҳисоблаб чиқилган ёш ҳақиқий ёшдан кам ёки ошиқ бўлади.

Ёшни аниқлашнинг гелий усули

Юқорида уран ва торий ядроларининг радиоактив парчаланиши натижасида гелий ядроси ҳосил бўлганини айтиб ўтган эдик. Кристаллик структурасига эга бўлган баъзи минералларда уран ва торийнинг парчаланиши натижасида тўпланган гелий яхши сақланади, яъни минерал ҳосил бўлгандан буён ўтган вақт ичида деярли йўқолмайди. Бундай минералларнинг ёшини гелийнинг тўпланишига қараб аниқлаш мумкин. Бунинг учун минерал ҳосил бўлгандан буён ўтган вақт ичида тўпланган гелий миқдорини урандан гелий ҳосил бўлиш тезлигига тақсимлаш кифоя. Бу гелий усули деб аталади.

Гелийни яхши сақлайдиган минераллар кам учраши сабабли бу усул кендан-кам қоллардагина қўлланилади.

Ёшни аниқлашнинг калий-аргон ва рубидий-стронций усуллари

Юқорида айтиб ўтилганидек, табиатда радиоактив каторларга мансуб бўлган радиоактив элементлардан ташқари яқка радиоактив элементлар ҳам бор. Калийли минералларда калий-40 изотопи парчаланиши натижасида радиоген аргон ҳосил бўлади. Минерал ҳосил бўлгандан буён ўтган вақт ичида радиоген аргон уни аниқ ўлчаш учун етарли миқдорда тўпланади. Агар минерал таркибида канча калий ва аргон изотоплари борлигини аниқласак, калийдан аргон ҳосил бўлиш тезлигини билган ҳолда, минерал ва тегишли тоғ жинсининг мутлақ ёшини аниқлаш мумкин.

Табиатда калийли минераллар таркибида уран ва торий бўлган минералларга нисбатан кўп учраганлиги боис бу усул алоҳида аҳамият касб этмокда. Бу жиҳатдан калий-аргон усули анча афзал-ликларга эга. Ёшни калий-аргон нисбати асосида аниқлаш учун олинладиган натижаларнинг аниқлигига ишонч ҳосил бўлиш зарур. Минерал ҳосил бўлгандан буён ўтган вақт давомида калийнинг парчаланиши натижасида ҳосил бўладиган аргон минералларда сақланиб қолавериб, деган савол туғилади. Тоғ жинслари ва маъданларни ташкил этган минераллар таркибидаги уран парчаланиши туфайли кўрғошин изотоплари тўпланганидек, калий-40 изотопи парчаланиши натижасида радиоген аргон ҳам минералда тўпланади. Ўтказилган текшириш ва тажрибалар шуни кўрсатадики, минералларда радиоген аргон нисбатан яхши сақланади. Шу сабабдан айнан минераллар бўйича мутлақ ёшни аниқлашда калий-аргон усули кенг қўлланилади.

Калий-аргон усулидан ташқари, рубидийнинг радиоактив изотопи (рубидий-87) парчаланишидан стронцийнинг радиоген (стронций-87) изотопи тўпланишига асосланган рубидий-стронций усули ишлаб чиқилган. Рубидийнинг парчаланиш тезлигини билсак, минерал таркибида канча рубидий ва стронций изотоплари борлигини аниқласак, шу миқдордаги стронцийнинг тўпланиши учун зарур бўлган вақтни ҳисоблаб чиқиш мумкин. Мутлақ ёшни рубидий-стронций усулида аниқлаш учун таркибида етарли даражада рубидий ва стронций бўлган тоғ жинсларидан олинган намуналар ишлатилади.

Турли хил тоғ жинсларининг ёшини радиоактив усуллар асосида аниқлаш борасида кўп йиллар давомида олиб борилган тадқиқотлар натижасида турли геологик даврларда пайдо бўлган тоғ жинсларининг абсолют (мутлақ) геохронологиясига оид кўп

маълумотлар тўпланган. Ҳозирги вақтда юқорида қайд этилган усуллардан ташқари яна қатор янги усуллар яратилган (радиоуглерод усули, аргон-аргон, рений, осмий, неодим-самарий усуллари ҳамда уран-кўрғошин усулининг такомиллаштирилган ва тезкор турлари).

Назорат саволлари

1. Атом-молекуляр таълимотининг моҳияти нимада? Атом ва унинг тузилишини таърифлаб беринг.
2. Кимёвий боғланиш турларини айтинг.
3. Изотоплар деб нимага айтилади?
4. Радиоактивлик ҳодисалари кашф этилиши геохимё фанининг ривожланишида қандай аҳамиятга эга эканлигини тушунтириб беринг.
5. Ядровий реакцияларнинг кимёвий реакциялардан фарқини айтинг.
6. Атомларнинг тузилишида иштирок этувчи қайси элементар заррачаларни биласиз? Уларнинг мавжудлиги қандай ва қачон исбот этилган?
7. Табиатда учрайдиган радиоактив элементлар неча радиоактив элементлар қаторини ҳосил қилади?
8. Радиоактив парчаланишга қараб, вақтни қандай қилиб аниқлаш мумкин?
9. Мутлақ ёшни аниқлашда қўлланиладиган усулларнинг турларини қисқача таърифлаб беринг. Бу усулларнинг моҳияти нимада?

10-БОБ. КИМЁВИЙ ЭЛЕМЕНТЛАР МИГРАЦИЯСИ. МИГРАЦИЯ ТУРЛАРИ ВА КЎРИНИШЛАРИ. ИЗОМОРФИЗМ

10.1. Табиатда кимёвий элементларнинг тарқалиши ва учраш шакллари

Кимёвий элементларнинг миграция турлари ва кўринишлари

Элементларнинг ҳаракатланиши уларнинг учраш шаклларига боғлиқ равишда 3 та миграция турига ажратилади.

Миграциянинг биринчи тури. У элементларнинг учраш шакллари ва унча қатта бўлмаган микдорда уларнинг кўчиши ҳисобига содир бўлади. Масалан, элементлар минерал шаклдан сувли эритмага ўтиши. Миграциянинг мазкур турини белгилаш учун элементларнинг бир шаклдан бошқа шаклга ўтиш коэффициентидан фойдаланилади. Биринчи бўлиб бундай коэффициент биоген шакллар учун Н.В.Полынов томонидан киритилган: $K = P/\Pi$,

Бу ерда:

K – биологик сингдириш коэффициенти;

P – элементнинг ўсимлик қули таркибидаги микдори;

Π – элементнинг ўсимлик ўсаётган тупроқ (жинслар) таркибидаги микдори.

Миграциянинг иккинчи тури. Миграциянинг мазкур тури элементларнинг учраш шакллариининг ўзгаришсиз содир бўлади. Бундай миграция турига мисол қилиб, ер усти ва ер ости сувларида минерал зарраларининг аралашган ҳолда ҳаракати – мазкур сувлар билан бир ердан бошқа ерга кўчишини айтиш мумкин.

Миграциянинг учинчи тури. Мазкур миграция тури ажратилишда олдинги иккитасининг биргаликда содир бўлиши назарда тутилади, яъни элементлар бир вақтда ҳам сувда эриган бирикма шаклида, ҳам минерал микроразрачалар кўринишида ҳаракатланади. Бундай ҳолларда элементларнинг учраш шакллариини ўзгаради. Масалан, элементлар ер ости сувларига ўтиши ва улар билан бўшқоқ чўккиди жинслар орқали ҳаракатланиши мобайнида элементларнинг минерал шаклдан биоген шаклга ўтишини кўриш мумкин.

10.1.1. Миграция кўринишлари (хиллари)

А.И.Перельман кимёвий элементлар миграциясининг ижтимоий жараёнларга боғлиқ ҳолда тўртта кўринишини (хилларини) ажратди: 1 – механик, 2 – физик-кимёвий, 3 – биоген, 4 – техноген.

Элементлар миграциясини ўрганиш жараёнида уларнинг ҳаракатланиш сабабларини аниқлаш талаб этилади. Чунки элементлар-

нинг кўчиш сабабларини билмасдан туриб, тоғ жинслари, тунроқ, сув, ўсимликлар таркибида уларнинг юқори миқдорлари нима сабабдан пайдо бўлганини тушунтириб бўлмайди. Элементлар миграцияси сабабларини билиш геохимий кидирув ишларини ўтказиш учун ҳам зарур. А.Е.Ферсман миграция сабабларини шартли равишда икки турга: атом ва унинг бирикмаларига боғлиқ ички ва ташқи омилларга ажратган³⁸.

10.2. Геологик жараёнларда кимёвий элементлар миграциясининг асосий омиллари

10.2.1. Миграциянинг ички омиллари

Ионларнинг электростатик (кристаллизация) хоссалари.

Омилларнинг мазкур гуруҳида элементлар ҳаракатланиши эркин ионлар кўринишида содир бўлади. Бундай миграция тури ҳар хил шаклда учровчи элементлар, типик сув эритмалари, магматик эритмалар, газ аралашмалари, тирик организмлар учун хусусиятлидир. Элементлар миграциясида ионлар радиусининг ўлчамлари, ион потенциаллари ва энергетик коэффициенти катта аҳамиятга эга.

Бирикмаларнинг боғланиш хусусиятлари. Бу омил бирикмалар ички тузилишининг хусусиятлари ва кристаллик панжарасининг энергиясига боғлиқ. Бирикмаларнинг кристаллик панжараси энергияси ва каттиқлиги канчалик юқори бўлса ҳамда ажралиш текисликлари мукамал бўлса, уларнинг механик чидамлилиги шунчалик катта бўлади. Бундан ташқари, бирикмадаги элементларнинг боғланиши муҳитнинг ҳароратига ҳам боғлиқ бўлиб, А.А.Сауков бўйича ҳамма элементлар термик хусусиятларига кўра 6 та гуруҳга бўлинди: учувчан, енгил кўчадиган газлар (He, Ar, O ва б.лар); ҳаракатланувчи металлоидлар (P, Cl, F, S, I); галогенли бирикмалар ва кийинчилик билан ҳаракатланадиган оксидлар биргалигида ишқорли ва ишқорли ер металллар; ҳаракатчан металллар (Hg, In, Tl, Bi); оддий металллар (Fe, Pb, Co, Ni ва бошқ.); эркин ҳолатда кийинчилик билан ҳаракатланадиган металллар (Pt, W гуруҳи).

Бирикмаларнинг кимёвий хусусиятлари. Элементлар миграциясига бирикмаларнинг кимёвий хусусиятларининг таъсири катта. Чунки миграция жараёнида уларга доимий равишда муҳитнинг геохимий ва термодинамик хусусиятлари таъсир кўрсатиб туради. Шунинг учун ер пўстининг юқори қисмларида кислородли бирикма-

лар (оксидлар, карбонатлар ва кўпгина сульфатлар) миқдори сульфидлар миқдорига қараганда кўпроқ.

Атомларнинг гравитацион хусусиятлари. Атомларнинг гравитацион хоссалари кристалланиш, нураш ва седиментация жараёнида элементларнинг ҳаракатига катта таъсир кўрсатади. Ҳар бир атом унинг массасига пропорционал куч билан тортилади.

Атом ядроларининг радиоактив емирилиши. Мазкур жараён янги элементнинг юзага келиши билан кечади. Бунда емирилаётган элемент миграция хусусиятларига кўра бир-биридан фаркланувчи янги элементларга ўтади. Масалан, ураннинг емирилиш жараёнида оқон миграция қиладиган гелий ва турғун кўрғошин элементлари юзага келади.

10.2.2. Миграциянинг ташқи омиллари

Миграциянинг ташқи омиллари атроф муҳитга боғлиқ ҳолда ўз таъсирини намоён қилади. Қуйида улардан асосийларини кўриб чиқамиз³⁹.

Ҳарорат. Ҳарорат кўтарилишига мувофиқ тарзда элементларнинг миграция қобиляти, кимёвий реакциялар тезлиги ҳам ошади. Аммо баъзи ҳолларда миграциянинг тезлашиши фақат маълум ҳарорат оралиғидагина содир бўлади. Биринчи навбатда, бундай ҳол биоген миграция жараёнида кузатилади.

Босим. Мазкур омил эритмалар, аралашма ва газлардаги элементларнинг миграциясига катта таъсир кўрсатиши кузатилади. Босимнинг ўзгариши билан ҳарорат ўзгармаган шароитда ҳам маҳсулот ўзининг фазовий ҳолатини ўзгартиради. Босим ўзгариши кимёвий реакцияларнинг тезлигига, ҳатто, йўналишга ҳам таъсир ўтказади. Босимнинг ошиши изоморф тузилишга эга минералларни бошқа кристаллик тузилишга ўтишига олиб келиши мумкин. Маълум тизимдаги босим ошиши билан у мувозанатда қолиши учун ҳажм камаяди. Биламизки, ер пўстининг юқори қисмларида босим нисбатан кам ўзгаради. Аммо гидротермал, магматик ва метаморфик ҳодисалар рўй бериши мобайнида кечадиган миграция жараёнларида босимнинг аҳамияти катта.

Электролиз диссоциация (ажралиш) даражаси. Кўп ҳолларда элементларнинг эритма ва аралашмаларда миграция қилиши маҳсулотнинг электролиз диссоциация даражаси ўзгариши натижа-
нда содир бўлади. У эритувчи ва эриган маҳсулотга, эритманинг

³⁸ В.А. Алексеевко. "Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых", -М.: "Логос", 2000. С.22-29

³⁹ В.А. Алексеевко. "Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых", -М.: "Логос", 2000. С.29-34.

харорати ва унинг концентрациясига боғлиқ. А.А.Сауков фикрича, ионлашиш даражаси маҳсулотнинг чўкмага ўтиш тезлиги билан аниқланади.

Водород иони концентрацияси. Мазкур фактор кислотали (ишкорли) муҳитлар учун хусусиятли бўлиб, кўп ҳолларда эритмалардан кимёвий бирикмалар ва коагуляция коллоидларининг чўкиши кузатилади. Гиперген зоналар учун рН кўрсаткичининг элементлар миграциясига таъсири батафсил ўрганилган. Гидротермал жараёнлар учун эса бу масала ҳали ўз ечимини тўлиқ топгани йўқ.

Муҳитнинг ишкорлилиқ даражаси ўзгариши элементларнинг ўсимликларга таъсири ва улар таркибидаги микдорига таъсир қилади. Водород иони микдори ортиши билан (нордон муҳит) катион алмашинув сиғими камаяди, анион алмашинув сиғими ортади. Муҳитнинг ишкорлилиги ўзгариши билан ўсимлик таркибидаги руҳнинг микдори икки барабаргача ўзгариши аниқланган.

Водород иони концентрациясининг ўзгариши кўп металлларнинг ҳаракатчанлигига таъсир қилади. Уларнинг кўпчилиги катион ҳолида нордон эритмаларга аралашган бўлади, аммо, одатда, рН киймати ошиши билан улар гидроксид ёки асосли тузлар шаклида чўкмага ўтади. Ишкорли муҳитда элементлар амфотер хусусиятга эга бўлиб, улар янгидан эритма ҳолига ўтиши ва анионлар мажмуасини ҳосил қилиши мумкин. рН кўрсаткичининг миграция жараёнидаги аҳамиятини кўрадиган бўлсак, табиий шароитда маълум элементларнинг эритмага ўтиши ёки чўкиши бир нечта ўзгарувчи омилларга боғлиқ деб ҳисобланади. Жадвалда рН кўрсаткичининг тахминий микдорлари келтирилган (10.1-жадвал).

10.1-жадвал
Баъзи элементлар гидроксидларининг суяк эритмалардан
чўкмага ўтишидаги рН кўрсаткичлари

Элемент	рН	Элемент	рН	Элемент	рН	Элемент	рН
Fe ³⁺	2.0	Al ³⁺	4.1	Cd ²⁺	6.7	Pr ³⁺	7.1
Zr ⁴⁺	2.0	U ⁶⁺	4.2	Ni ²⁺	6.7	Hg ²⁺	7.3
Sn ²⁺	2.0	Cr ³⁺	5.3	Co ²⁺	6.8	Ce ³⁺	7.4
Ce ⁴⁺	2.7	Cu ²⁺	5.3	Y ³⁺	6.8	La ³⁺	8.4
Hg ⁺	3.0	Fe ²⁺	5.5	Sm ³⁺	6.8	Ag ⁺	7.5-8.0
In ³⁺	3.4	Be ²⁺	5.7	Zn ²⁺	7.0	Mn ²⁺	8.5-8.8
Th ⁴⁺	3.5	Pb ²⁺	6.0	Nd ³⁺	7.0	Mg ²⁺	10.5

Оксидланиш-қайтарилиш потенциали. Барча оксидланиш-қайтарилиш реакциялари оксидланув-қайтарилувчи занжир потенциалининг турли хиллиги билан характерланади. Элементларнинг сув билан боғлиқ миграцияси масалаларини ечишда оксидланиш-қайтарилиш жараёнлари муҳим аҳамият касб этади.

М.Ф.Сташук фикрича, муайян шароитда ҳосил бўлган чўкинди жинсларда минералогик-петрографик тадқиқотлар ўтказиб, оксидланиш-қайтарилиш жараёнининг чўкмалар ҳосил бўлишидаги аҳамияти ҳақида батафсил маълумот олиш мумкин.

Тирик организмлар фаолияти. Гипергенез зонасидаги элементлар миграцияси тирик организмлар фаолияти билан узвий боғланган. Кўпгина ўсимликлар ўзида қатор элементларни тўплаш хусусиятига эга. Шунингдек, баъзи микроорганизмлар маълум элементлар билан озикланиб, уларнинг миграциясида катта роль ўйнайди.

Табиий коллоид тизимларнинг юзаки кучлари. Ушбу кучлар кимёвий элементларнинг сувли муҳитда кўчишида катта аҳамиятга эга. Чунки коллоид тизимлар юкори даражада сорбцион (ютиш) хусусиятига эга. Сорбция жараёнининг муҳим хусусиятларидан бири бу селекциялаш (танлаб ажратиб олиш), яъни айрим ион ва молекулаларнинг муайян коллоидлар билан боғлиқлиги.

Сув ва тупроқдаги ионлар ҳамда типоморф элементларнинг мажмуаси. А.И.Перельман фикрича, типоморф элементларга “ландшафтда кенг тарқалган, фаол кўчадиган ва йиғиладиган элементлар” қиради. Айрим типоморф элементлар тўпланиши кўчиш шароитлари билан боғлиқ ва қатор индикатор-элементлар концентрациясига таъсир қилади.

Геоморфологик хусусиятлари. Гипергенез зонасидаги элементларнинг миграциясида муҳим ташки омиллардан бири – ўрганилаётган ҳудудларнинг геоморфологик хусусиятлари ҳисобланади.

10.3. Геохимёвий барьерлар (тўсиклар)

“Геохимёвий барьер” тушунчаси А.И.Перельман томонидан таклиф қилинган. Кўпгина барьерлар атрофида кимёвий элементларнинг миграция турлари ўзгариши билан биргаликда миграциянинг жадаллиги кескин ўзгаради, айрим элементларнинг чўкиши ва йиғилиши содир бўлади. Биосферада мавжуд геохимёвий барьерлар иккита асосий тур – табиий ва техноген барьерларга ажратилади. Иккаласи ҳам миграция омилларининг ўзгариш участкаларида жойлашган, яъни геохимёвий муҳитлар ўзгарган жойларда намоён бўлади. Ўз навбатида, юкоридаги икки тур тўртта синфга бўлинади: физик-кимёвий, механик, биогеохимёвий ва социал (ижтимоий).

Бундан ташқари, барьерларнинг ўлчамларига караб А.И.Перельман уларни макро-, мезо- ва микробарьерларга ажратади⁴⁰.

Геохимёвий барьерларнинг микдорий тавсифи. Кимёвий элементлар ва уларнинг бирикмалари тўпланишининг жадаллиги геохимёвий барьерларнинг градиент кўрсаткичи ва контрастлиги (кескин фарқ қилишига) боғлиқ. Барьернинг градиент ўлчами ва контрастлиги ошиши билан элементларнинг тўпланиш жадаллиги ҳам ошиб боради.

Микдорий параметрлардан бири – барьер градиенти қуйидаги формула билан аникланади:

$$G = dm/dL \text{ ёки } G = (m_1 - m_2).$$

Бу ерда:

m_1 – барьер олдидаги геохимёвий муҳит ўзгаришининг сонли кўрсаткичи (масалан, рН, t, P, Eh кўрсаткичлари ва ҳоказо);

m_2 – барьердан кейинги геохимёвий муҳит ўзгаришининг сонли кўрсаткичи (масалан, рН, t, P, Eh кўрсаткичлари ва ҳоказо);

L – барьернинг каллилиги.

Шундай қилиб, барьер градиентларининг ўлчов бирликлари градус/м., рН/м., Eh/м. ва ҳ.к. билан ифодаланади.

Геохимёвий барьердаги кимёвий элементлар концентрациясини ушбу формула орқали аниқлаш мумкин:

$$h = K(C_1 - C_2)/(a_1 - a_2).$$

Бу ерда:

K – модда тўпланган инерт “масса” (тупрок, тирик моддалар, ёгинлар ва ҳ.к.)га боғлиқ коэффициент;

h – барьердаги элементлар концентрацияси;

C_1 – барьер олди миграцион окимдаги ўрганилаётган модданинг концентрацияси;

C_2 – барьердан кейинги миграцион окимдаги ўрганилаётган модданинг концентрацияси;

a_1 – барьер олди миграцион окимдаги модданинг умумий микдори;

a_2 – барьердан кейинги миграцион окимдаги модданинг умумий микдори.

10.4. Изоморфизм

Ҳозирги вақтда изоморфизм ҳақидаги тушунчалар кристалло-кимё фани ютуқлари асосида янада кенгайиб бормокда. Минерал-

⁴⁰ В.А. Алексеев. “Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых”. – М.: “Догос”, 2000. С.35-38.

ларнинг кристаллик панжарасида бир элементнинг атоми иккинчи элементнинг атоми билан алмашинув ҳодисасига *изоморфизм* дейилади. Бир хил турдаги структурага эга бўлган кристалл моддаларда изоморфизмнинг асосан икки ҳолати: изовалент ва гетеровалент ҳолати маълум.

Изовалент изоморфизм кристалл структурасидаги бир хил валентли ионларнинг ўрин алмашилиши билан характерланиб, ўзаро алмашинувчи ионларнинг катта-кичиклиги хусусиятлари бири-бирига яқин бўлган (ион радиусларининг фарқи кичик радиусдан 15% ортмаган) шароитда кенг тарқалган. Масалан, икки валентли катионлар (кавс ичида ион радиуслари кўрсатилган): Mg^{2+} (0,74), Fe^{2+} (0,80), Ni^{2+} (0,74), Zn^{2+} (0,83), Mn^{2+} (0,91); уч валентли катионлар – Fe^{3+} (0,64), Al^{3+} (0,57) ва бошқалар шулар жумласидан. Булар кристалл модда тузилишида иштирок этувчи анионлар S^{2-} (1,82), Se^{2-} (1,93) ва бошқаларга ҳам тааллуқли. Мукамал изоморфизм билан характерланувчи энг содда бирикмаларга мисол сифатида $MgCO_3$, $CuSe$ ва бошқа бирикмалар каторларини келтириш мумкин. Шунинг ҳам таъкидлаб ўтиш керакки, изовалент ўрин алмашишда кристалл структурасидаги структура бирликларининг сони ўзгармасдан қолаверади.

Гетеровалент изоморфизм шу билан фарқ қиладики, бунда кристалл структурасидаги бир ионнинг бошқа радиуси тахминан тенг бошқача валентли ион билан алмашади, бироқ бундай алмашилиш натижасида ҳосил бўлган ортиқча валентлик берилган бирикма кристалл тузилишида иштирок этувчи ион радиусига кўра аввалгилардан анча фарқ қиладиган бошқа жуфт анионлар билан мувозанатга келтирилган шароитдагина юзага келади. Масалан, плагиоклазлар каторида ($NaAlSi_3O_8$ – $CaAl_2Si_2O_8$) кенг тарқалган изоморфизмни кўрсатиш мумкин. Бунда Na^{+} (0,08), шу пайтнинг ўзида битта Si^{4+} (0,39) иони кичик валентли Al^{3+} (0,57) билан ўрин алмашганидагина, катта валентли Ca^{2+} (1,04) билан ўрин алмашади. Шундай ҳолатдагина бирикманинг умумий электростатик баланси сакланиб қолади.

Гетеровалент изоморфизмда зарядларнинг мувозанатда бўлишидан ташқари, бир-бирини алмаштирувчи структура бирликлари – катион ёки анионларнинг катта-кичиклиги ҳам ҳал қилувчи роль ўйнайди (уларнинг ион радиуси бир-бирига деярли тенг бўлиши керак). Бироқ алмашилиш пайтида структура бирликларининг сони сакланиб қолиши шарт эмас. Масалан, слюдалардаги учта икки валентли Mg катиони (олтинчи координацияда) ўрнига иккита уч валентли Al катионлари жойлашиши мумкин (Mg^{2+} – Al^{3+}).

Элементлар даврий системасидаги вертикал гуруҳларда элементларнинг тартиб рақами ортиши билан уларнинг ион радиуслари катталашиб боришини, горизонтал йўналишда эса гуруҳларнинг тартиб сони ортиши билан (яъни, валентликнинг ортиши билан) элементларнинг ион радиуслари кичрайиб боришини биламиз. Шунга асосан А.Е.Ферсман элементлар даврий системасида “ионлар изоморфизмининг диагональ каторлари” қонунини ишлаб чиқди; бу қонун жадвалнинг чап қисмига тааллуқли. Ионларнинг гетеровалент изоморфизм каторлари қуйидагича белгиланади (қавс ичида ион радиуслари ангстрем ($\text{\AA}$) ҳисобида кўрсатилган):

Li^{1+} (0,58) – Mg^{2+} (0,74) – Zr^{4+} (0,82).

Na^{1+} (0,98) – Ca^{2+} (1,04) – Y^{3+} (0,97).

K^{1+} (1,33) – Sr^{2+} (1,20).

Rb^{1+} (1,49) – Ba^{2+} (1,38).

Al^{3+} (0,57) – Ti^{4+} (0,64) – Nb^{5+} (0,66).

Ҳақиқатан ҳам табиий бирикмаларда, масалан, литийли минераллар таркибида магнийнинг изоморф аралашмалари, магнийли минераллар таркибида скандий аралашмалари, натрийли минералларда кальций, кальцийли минералларда – итрийли элементли аралашмалари борлигини кўрамиз.

Бундан ташқари, комплекс анионлардаги ионларнинг катта-кичиклиги тенг ёки бир-бирига яқин бўлганлиги сабабли $[\text{AlO}_4]^{5-}$, $[\text{PO}_4]^{3-}$ ва $[\text{SO}_4]^{2-}$ бир-бирини ўрнини эгаллаб туриши (алмашилиниши) мумкин.

Назорат саволлари

1. Изоморфизм нима? Изоморфизм турларини айтинг.
2. Изовалент изоморфизмни таърифлаб беринг.
3. Гетеровалент изоморфизмни таърифлаб беринг.
4. Элементлар миграциясининг асосий ташқи омилларини айтинг.
5. Элементлар миграциясининг асосий ички омилларини айтинг.
6. Валентлик нима?
7. Кимёвий элементларнинг миграция кўринишлари, учраш шакллари изоҳлаб беринг.
8. Кимёвий элементларнинг миграция турларини айтинг.
9. Миграция жараёнида геохимёвий барьерларнинг аҳамиятини тушунтириб беринг.
10. Геохимёвий барьер нима?
11. Геохимёвий барьерларнинг турлари аҳамиятини тушунтириб беринг.

11-БОБ. ЕРНИНГ ПАЙДО БЎЛИШИ, ТУЗИЛИШИ ВА КИМЁВИЙ ТАРКИБИ. ЕР ПЎСТИ (ЛИТОСФЕРА) ГЕОКИМЁСИ

11.1. Ернинг пайдо бўлиши, тузилиши ва кимёвий таркиби

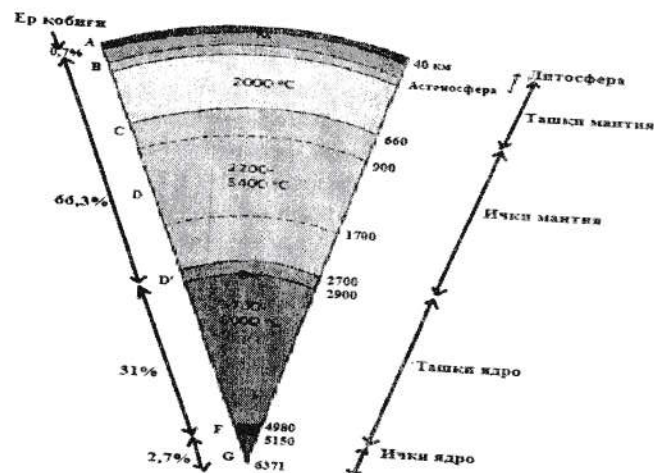
Ер пўсти – бевосита кузатиш мумкин бўлган Ернинг устки қавати. У юқоридан атмосфера ва гидросфера, пастдан Мохоровичич чегараси билан чегараланади. Ер пўстининг кимёвий ва минералогик таркиби ҳақидаги билимлар сайёра устки қисмларида олиб борилган кузатишларга асосланади.

Турли хил тоғ жинсларининг кимёвий ва минералогик таркиблари ҳамда физик хоссаларини биргаликда талкин қилиш ва мавжуд маълумотларни бошқа космик жисмлар билан таққослаш асосида, жумладан, метеоритларни ўрганиш далилларига таянган ҳолда Ернинг ички қисмлари, мантия ва марказининг тузилиши ҳамда таркиби ҳақидаги тасаввурлар шаклланган (11.1-жадвал, 11.1-расм).

11.1-жадвал

Ернинг геосфералари ҳақида маълумотлар

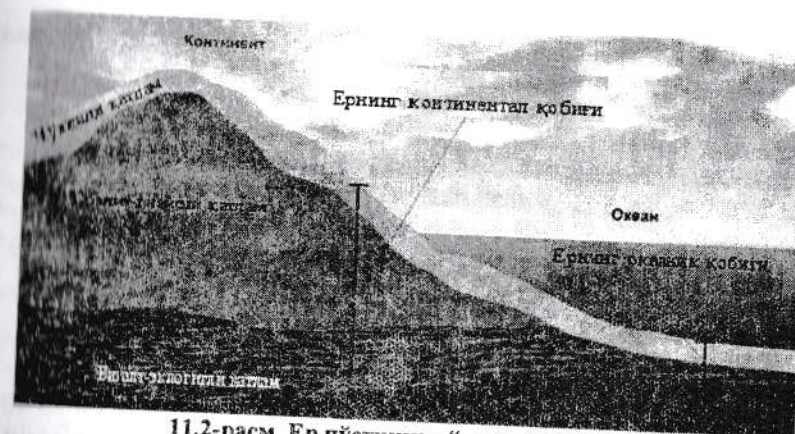
Геосфералар	Геосфераларнинг бўлимлари	Ҳарфий ишораси	Пастки чегарасининг чуқурлиги
Ер пўсти	1. Чўкинди-метаморфик жинслар “қатлами”	А	20 км. гача
	2. Гранит-гнейслар “қатлами”		40 км. гача
	3. Эклогит-базальт “қатлами”		70 км. гача
Мантия	1. Гутенберг “қатлами”	В	100-400 км. гача
	2. Астеносфера – Голицын “қатлами”	С	900 км. гача
	3. Қуйи мантия	Д	2900 км. гача
Марказ (ядро)	Ташқи ядро	Е	4800 км. гача
		Е'	5100 км. гача
	Ички ядро	Г	6371 км. гача



11.1-расм. Ернинг тузилиш схемаси

Кейинги 50 йиллик геофизика, петрология, геохимия ва бошқа фанларда амалга оширилган изланишларнинг натижаларига таянган ҳолда айтиш мумкинки, Ер уч қисмга бўлинади: Ер пўсти, мантия ва ядро (марказ)⁴¹. Ер пўсти ўз навбатида учга бўлинади: а) чўкинди-метаморфик жинслар; б) гранит-гнейслар; в) базальт қаватлари. Геофизикавий маълумотларга кўра, Ер пўстининг қалинлиги океанлар остида 5-10 км., континентал текисликларда 30-40 км. ва орогеник тоғли ўлкаларда 50-75 км. ни ташкил қилади. Ушбу қаватлар орқали ўтаётган сейсмик тўлкинларнинг тезлиги анча ўзгариб, чўкинди-метаморфик жинсларда 3-5 км/сек., гранит-гнейсларда 5,5-6,5 км/сек. ва “базальтларда” 6,6-7,2 км/сек. Маълум бўлишича, бу қаватларнинг қалинлиги ўзгариб. Булардан биринчиси – чўкинди жинслар қавати (катлами) қадимий қалқонларда (Алдан, Болтик) деярли йўқ ҳисоби, континентал текисликларда (платформаларда) 5 км. гача бўлса, ороген ўлкаларда 15 км. ни ташкил этади. Ер пўсти иккинчи қаватининг (гранит-гнейслар “катлами”нинг) қалинлиги платформаларда 15-20 км. атрофида бўлса, тоғли ўлкаларда 20-25 км. ни ташкил этади. Учинчи қават – “базальт қатлами”нинг қалинлиги платформаларда 15-20 км., орогеник ўлкаларда 25-35 км. орасида бўлади (11.2-расм.).

⁴¹ William M.White. Geochemistry, Wiley-Blackwell. 2005. Chapter 1.5. Page 14-19.



11.2-расм. Ер пўстининг “катламли” тузилиши

Ер пўстининг кимёвий таркиби (бирикмаларнинг оғирлиги бўйича, % ҳисобида) В.И.Вернадский, В.М.Гольдшмидт, И.В.Нодак, Г.Гевеши ва бошқалар маълумотлари асосида тузилган қуйидаги жадвалда келтирилган (11.2-жадвал).

1.2-жадвал
Ер пўстининг кимёвий таркиби (% ҳисобида)

Компонентлар	Ф.Кларк бўйича	В.Гольдшмидт бўйича	А.Беус бўйича	Б.Лутт бўйича	А.Ронов ва А.Ярошевский бўйича
SiO ₂	60,3	60,5	60,6	63,0	59,3
TiO ₂	1,0	0,7	1,0	0,6	0,7
Al ₂ O ₃	15,6	15,7	16,1	15,7	15,0
Fe ₂ O ₃	3,2	3,3	3,1	2,1	2,4
FeO	3,8	3,5	-	4,0	5,6
MnO	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
MgO	3,5	3,6	5,3	3,6	4,2
CaO	5,2	5,2	3,8	5,0	7,2
Na ₂ O	3,8	3,9	2,2	3,4	2,5
K ₂ O	3,2	3,2	2,0	2,5	2,1
P ₂ O ₅	0,3	0,3	0,2	-	0,2

Жадвалда келтирилган маълумотлар Ер пўстининг ўртача кимёвий таркиби деб қабул қилинган.

Ушбу масалани батафсил ёритиб берган А.П.Виноградов Ер пўстининг кимёвий таркибини қуйидагича таърифлайди (11.3-жадвал):

11.3-жадвал

Ер пўстининг кимёвий таркиби
(А.П.Виноградов бўйича, % ҳисобида)

I.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
O – 47,0	Mn – 0,09	Ni – 0,008	Th – $8 \cdot 10^{-4}$	Sc – $6 \cdot 10^{-5}$	Hg – $7 \cdot 10^{-6}$
Si – 27,5	S – 0,09	Li – 0,006	Cs – $7 \cdot 10^{-4}$	Cd – $5 \cdot 10^{-5}$	Os – $5 \cdot 10^{-6}$
	P – 0,08	Cl – 0,004	Be – $6 \cdot 10^{-4}$	Sb – $4 \cdot 10^{-5}$	Pd – $1 \cdot 10^{-6}$
	Ba – 0,05	Sn – 0,004	Sc – $6 \cdot 10^{-4}$	Bi – $2 \cdot 10^{-5}$	Te – $1 \cdot 10^{-6}$
	Cl – 0,01	Co – 0,003	As – $5 \cdot 10^{-4}$	Ag – $1 \cdot 10^{-5}$	
II.	Sr – 0,04	Y – 0,003	Hs – $3,2 \cdot 10^{-4}$		IX.
Al – 8,5	Rb – 0,03	La – 0,002	Mo – $3 \cdot 10^{-4}$		Au – $5 \cdot 10^{-7}$
Fe – 5,0	F – 0,03	Pb – 0,002	B – $3 \cdot 10^{-4}$		Pt – $5 \cdot 10^{-7}$
Ca – 3,5	Cr – 0,02	Ga – 0,001	U – $3 \cdot 10^{-4}$		Ru – $5 \cdot 10^{-7}$
Na – 2,5	Zr – 0,02	Nb – 0,001	Ti – $3 \cdot 10^{-4}$		Zr – $1 \cdot 10^{-7}$
K – 2,5	V – 0,01		W – $1 \cdot 10^{-4}$		Rh – $1 \cdot 10^{-7}$
Mg – 2,0	Cu – 0,01				Re – $1 \cdot 10^{-7}$
	Ni – 0,01				
III.					
Ti – 0,6					
H – 0,15					
C – 0,1					

Ер пўстининг минерал таркиби тўғрисида хилма-хил фикрлар мавжуд. Уларни текшириш ва аниқ маълумот олиш анча муаммо.

Ер пўстининг минерал таркиби Н.П.Юшкин (1975) фикрича қуйидагича (% ҳисобида): силикатлар – 75, оксидлар – 17, хроматлар – 3,5, карбонатлар – 1,7, сульфидлар – 1,15, фосфатлар – 0,7, сульфатлар – 0,5 ва бошқалар – 0,6.

Бошқа олимлардан У.Г.Брэгг ва А.Е.Ферсманлар фикрича Ер пўсти қуйидаги минераллардан ташкил топган (11.4-жадвал):

11.4-жадвал

Ер пўстининг минерал таркиби (% ҳисобида)

Минераллар	У.Г.Брэгг бўйича	А.Е.Ферсман бўйича
Плаггиоклаз	40,2	55
Ортоклаз	17,7	
Орто- ва метасиликатлар	16,3	15
Кварц ва унинг турлари	12,6	12
Магнетит ва гематит	3,7	3,0
Слюда	3,5	3,0
Кальцит	1,5	1,5
Гилли минераллар	1,0	1,5
Лимонит ва гидроперит	0,3	0,3
Доломит	0,1	0,1
Фосфатлар	-	0,75
Сульфидлар	-	0,3
Фторидлар		0,2
Аксессуар минераллар	2,5	-

Ернинг ички тузилиши ва минерал таркиби ҳақида А.Е.Рингвуд қуйидаги рақамларни келтиради (11.5-, 11.6- ва 11.7-жадваллар).

11.5-жадвал

Гранит-гнейс қатламининг (4-15 км.) минерал таркиби

Минераллар	Микдори (% ҳисобида)
Калийли дала шпати	31
Плаггиоклазлар	29,2
Кварц	12,4
Пироксенлар	12,0
Маъдан минераллари	4
Биотит	3,8
Оливин	2,6
Роговая обманка	1,7
Мусковит	0,6

11.6-жадвал

Базальт қаватининг минерал таркиби
(китъаларда 30-50 км. ва 10-12 км. океан остида)

Минераллар	Микдори (% ҳисобида)
Шох алдамчиси	33
Моноклин пироксен	20,6
Дала шпатлари	14
Кварц	11,9
Гранатлар	9,5
Эпидот	5,8
Кианит	4,4
Маъдан минераллари	0,4

11.7-жадвал

Юқори мантия таркиби (400 км. гача)

Минераллар	Микдори, (% ҳисобида)
Оливин (форстерит)	57
Ромбик пироксен	17
Омфацит	12
Гранат	14

Б.Полдервард фикрича, Ер пўстининг тузилишида қуйдаги жинслар катнашади: гранодиоритлар – 70,8%, диорит ва андезитлар – 10,3%, базальтлар – 48,9%.

А.В.Ронов ва А.А.Ярошевскийлар фикрича, ер пўстини ташкил этувчи тоғ жинсларининг улушлари қуйдагича тақсимланган (11.8-жадвал):

11.8-жадвал

Ер пўстини ташкил қилувчи тоғ жинсларининг турлари

(А.В.Ронов ва А.А.Ярошевскийлар бўйича)

Жинслар	Ер пўстини ташкил этишдаги ҳажми (% ҳисобида)
Кум ва кумтошлар	1,83
Гиллар ва гилли сланецлар	4,48
Карбонатлар	2,79
Тузли катламлар	0,09
Гранитоидлар ва нордон эффузивлар	9,5
Габбро ва базальтлар	50,34
Дунитлар ва перидотитлар	0,07
Сиенит, нефелинли сиенитлар	0,04
Кристаллик сланецлар	06,91
Метаморфлашган карбонат жинслар	0,69
Темирли жинслар	0,17
Жами:	100

Мантия

Мантия – Ер пўсти билан ер ядроси орасида жойлашган қават бўлиб, қуйи чегараси ер юзасидан тахминан 2900 км. чуқурликгача боради. Мантия асосан магний ва темир бирикмаларидан иборат оғир минераллардан ташкил топган. Ер пўстида рўй берадиган нафакат тектоник ҳаракатлар, балки вулкон жараёнлари ҳам мантия билан узвий боғлиқ. Юқори мантиянинг ўзига хос хусусиятларидан энг муҳими – Ер пўстида жойлашган ўтаасос ва базальт таркибли магмаларни ҳосил қилиши. Юқори мантиянинг бирламчи кимёвий таркиби Д.Х.Грин ва А.Е.Рингвудлар фикрича, пиролиз таркибига жуда яқин туради (11.9-жадвал).

11.9-жадвал

Юқори мантиянинг кимёвий таркиби
(Д.Х.Грин ва А.Е.Рингвудлар бўйича, % ҳисобида)

Компонентлар	Пиролит	Пироксенли пиролит	Гранатли пиролит
	пироксен + оливин	оливин+пироксен+шпинель	Оливин+пироксен+гранат (пироп)
SiO ₂	43,06	44,69	45,58
MgO	39,32	39,8	39,72
FeO	6,66	9,54	6,41
Fe ₂ O ₃	1,66	0,09	0,27
Al ₂ O ₃	3,99	3,19	2,41
CaO	2,65	2,42	2,10
Na ₂ O	0,61	0,18	0,24
K ₂ O	0,22	0,05	-
Cr ₂ O ₃	0,42	0,45	-
NiO	0,39	0,26	-
CoO	0,02	-	-
TiO ₂	0,58	0,08	0,12
MnO	0,13	0,14	0,12
P ₂ O ₅	0,08	0,04	0,03
H ₂ O	0,21	0,43	-

Д.Х.Грин ва А.Е.Рингвудлар томонидан тахмин қилинган пиролизнинг таркиби бир қисм базальт ва уч қисм перидотитдан ташкил топган жинс таркибига тўғри келади. Юқори мантия шароитида – пиролит таркибли муҳитда вужудга келган магмадан юқори босим ва катта ҳароратнинг ўзгариши билан боғлиқ равишда минерал таркиби турлича бўлган жинслар кристалланиши мумкин. Жумладан: плагиоклазли пиролит (оливин + ромбик пироксен + плагиоклаз), пироксенли пиролит (оливин + пироксен + шпинель) ва гранатли пиролит (оливин + пироксен + гранат) каби жинслар ҳосил бўлади. Гранатли пиролитлар шпинелли

пиролитларнинг юкори хароратда юзага келган турлари. Мантияда минералларнинг бир неча ассоциацияларда иштирок этиши, уларнинг босим ва хароратда барқарорлик даражаси юкори эканлигидан хабар беради. Геофизика ва петрология маълумотларига биноан, Ер мантиясининг юкори кисмидаги моддалар таркибига кўра дунит, перидотит ва эклогитлар таркибига мос келади, деган тасаввурлар кенг тарқалган. Юкори мантиянинг минералогик таркиби ҳақидаги мавжуд фикрлар қуйидаги маълумотларга асосланади:

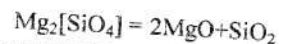
1. Континентларда кенг майдонларни эгаллаб ётган дунит, перидотит таркибли интрузивларнинг мавжудлиги.
2. Базальт таркибли вулкон жинсларида тез-тез учраб турадиган дунит ва перидотитлар ксенолитларининг (бегона бўлаклари) мавжудлиги.
3. Океан тубидан олинган жинсларнинг кимёвий таркиби баъзи ҳолларда ўта асос тоғ жинсларига якин бўлиши.
4. Кимберлитларнинг ўтаасос таркиблилиги.
5. Метеорит жисмлари таркибига кўра ўтаасос жинсларга ўхшашлиги, кейинги йилларда лаборатория усулида юкори харорат ва катта босим остида олиб борилган тажрибаларнинг натижалари юкорида билдирилган назарияларнинг тўғрилигига ишонч ҳосил қилади.

П.Гаррис юкори мантиянинг минерал таркибини қуйидагича ифодалайди (11.10-жадвал):

11.10-жадвал

Мантиянинг минерал таркиби (% ҳисобида)		
Минераллар	Юкори мантия	Қуйи мантия
Оливин	65,3	67,0
Ромбик пироксен	21,8	12
Моноклин пироксен	11,3	11,0
Пироп ва шпинель	1,5	10,0

Мантиянинг қуйи кисмида 400-500 км. чуқурликда 160-180 кбар босим таъсирида оливин ва пироксенлар кристалл панжараси зичроқ тузилишга эга бўлган бирикма – оксидларга айланади, деган фикр мавжуд⁴².



Шундай қилиб, силикатлар парчаланиши натижасида оксидларга ажралиши мумкин (MgO – пироклаз, SiO_2 – стишовит, Al_2O_3 – корунд, TiO_2 – рутил ва бошқалар).

Назорат саволлари

1. Ернинг геосфераларга бўлиниши ҳақидаги ҳозирги замон маълумотларни изоҳлаб беринг.
2. Ер пўстининг кимёвий ва минералогик таркибини таърифлаб беринг.
3. Ер пўстининг “гранит-гнейс” қатламининг минералогик таркибини изоҳлаб беринг.
4. Ер пўстининг “базальт қавати”нинг минерал таркиби ҳақида маълумот беринг.
5. Мантия моддаси қайси минераллардан ташкил топган?
6. Мантиянинг минералогияси ва геохимиясини таърифлашда қандай маълумотларга асосланилади?
7. Мантиянинг кимёвий таркиби қандай?

⁴² William M. White. Geochemistry. Wiley-Blackwell. 2005. Chapter 1.5. Page 14-19.

12-боб. АТМОСФЕРА, БИОСФЕРА ВА ГИДРОСФЕРА ГЕОКИМЁСИ

12.1. Атмосфера геохимёси

Атмосфера (юнонча *atmos* – буг, ҳаво) Ер пўстини ўраб олган газ ҳолатидаги ҳаво қобиғи. Атмосфера қобиғининг зичлиги баландликка кўтарилган сари камайиб боради. Атмосферанинг умумий қалинлиги бир неча минг километр бўлишига қарамай, унинг асосий қисми (массаси) Ер сиртига ёндашган юпка қатламда жойлашган. Унинг бутун массасининг қарийб 50% Ер сиртидан 5 км. баландликгача бўлган қатламда бўлса, қолган 50% эса ер юзасидан 30-35 км. масофада бўлган баландликда жойлашган.

Ер сиртида атмосферанинг зичлиги 10^{-3} г/см. га тенг бўлса, 700 км. баландликда тахминан 10^{-5} г/см. га тенг бўлади. Атмосферанинг энг юқори қатламларининг зичлиги планеталараро муҳитдаги газлар зичлигига тенглашади. Шунинг учун атмосферанинг кескин чегараси йўқ, у аста-секин сайёралараро фазога ўтади.

Атмосферанинг юқори қисмини мунтазам равишда ўрганиш 1957 йилдан бошланди. Бундай ўрганишда ер атрофида айланиб юрган сунъий йўлдошлар кечаю-кундуз ер юзига об-ҳаво ҳамда бошқа маълумотларни етказиб беради. Олинаётган маълумотлар инсоният (халқ хўжалиги ва ҳ.к.) учун муҳим.

Атмосфера, асосан, азот, кислород ва аргон газларининг аралашмасидан иборат бўлиб, қолган қисмини карбон ангидрит, водород, гелий, неон, криптон, ксенон ва бошқа газлар ҳамда бирикмалар ташкил этади (12.1-жадвал)⁴³.

Атмосферанинг ўртача таркиби			
Газ	Ўртача таркиби		Умумий масса $m \cdot 10^{-20}$, г
	ҳажми бўйича, %	масса бўйича, г/г	
N ₂	78,09	755 100	38,648
O ₂	20,95	231 500	11,841
Ar	0,93	12 800	0,655
CO ₂	0,03	460	0,0233
Ne	0,0018	12,5	0,000636
He	0,00052	0,72	0,000037
CH ₄	0,00015	0,94	0,000043
Kr	0,0001	2,9	0,000146
N ₂ O	0,00005	0,8	0,000040
H ₂	0,00005	0,035	0,000002
He	0,000008	0,36	0,000018
O ₃	0,000001	0,07	0,000035

⁴³ Г.Б.Наумов. Геохимия биосферы. –М.: Академия, 2010. С.107.

Ҳавода, турли баландликларда, доимо чанг заррачалари мавжуд. Уларнинг манбаси Ер ва космик фазо ҳисобланади. Ер юзидан 90-95 км. баландликда атмосферанинг асосий газлари – азот ва кислороднинг нисбий таркиби ўзгармайди, бу газ қатлами *гомосфера* (бир таркибли) қатлам деб аталади. Ундан баландроқда азот ва кислород молекулалари зарядли атомларга ажралади, атом оғирлиги бўйича тақсимланади. Бу қатлам – *гетеросфера* деб дейилади. Ушбу қатламлар билан бир қаторда “*озоносфера*” (икки валентлик кислороддан ташқари уч валентлик кислород – O₃ учрайдиган) қатлам ажратилади. Озоносфера 90-100 км. гача баландликда бўлиб, қалинлиги 20 км. гача тарқалган бўлади. Озоносфера қатлами туфайли Ер юзида ҳаёт мавжуд, чунки бу қатлам қуёшдан чиқаётган ультрабинафша нурларни ушлайди. Атмосферанинг юқори қисмида – *ионосфера*да ионлар тақсимланиши бўйича 60-90 км. да “Д”, 90-120 км. да “Е”, 130-140 км. юқорида “F” қатламлари ажратилади.

Умуман олганда, атмосферанинг тузилишида қуйидаги сфералар (қатламлар) ажратилган (12.2-жадвал).

12.2-жадвал

Атмосферанинг тузилиши

Қатлам (сфера)	Пастки ва юқори чегараларнинг баландлиги; км.
Тропосфера	0-18
Стратосфера	11-50
Мезосфера	50-90
Термосфера	90-800
Экзосфера	800 дан юқори

Атмосферада тропосфера қатламининг ер юзасидан баландлиги қуйи кенгликларда 10-11 км., тропик ўлкаларда 14-18 км. Тропосфера қатламида ҳар 100 м. баландликда ҳарорат 0,6°C га пасайиб боради. Тропосферанинг юқори чегарасида ҳавонинг ўртача ҳарорати ўрта кенглик устида –35-60°C, экватор устида –70°C гача бўлади. Бу қатламда Ер сиртининг турли жисмлари туфайли ҳаво массасининг физик хоссалари ҳар хил бўлади. Атмосферанинг умумий ҳаракати ва гирдоблари – антициклон ва циклонлар ҳаракати натижасида турли кенгликларда ҳаво массаларининг ҳаракати юзага келади.

Атмосферада ҳаво вертикал ва горизонтал йўналишларда аралашиб туради. Тропосферада сув буғлари ва чанг заррачалари кўп бўлганлиги учун булутлар ҳосил бўлади, ёғин ёғади, момақалдирик ва турли-туман об-ҳаво ходисалари рўй беради. Шамол тезлиги

баландлик бўйича ҳар километрда 2 м/сек. га ортиб боради ва йўналиши ўнгга бурила бошлайди. Тропопауза остида шамолнинг юқори тезлиги секундида 15-20 м. га, баъзан эса соатига 500-600 км. гача етади. Тропосферада ер юзаси билан ишқаланадиган катламнинг калинлиги 1-1,5 км. Бу катламда метеорологик элементлар кеча-кундуз давомида кўп маротаба ўзгаради. Бу катламнинг 50-100 м. баландликгача бўлган пастки қисмида иссиқликнинг турбулент оқимлари, сув буғи ва ҳавонинг турбулент ҳаракатланиши ўзгармас ҳисобланади.

Тропосферадан стратосфера катламига ўтишдаги оралик катлам тропопауза деб аталади. Тропопауза баландлиги 17 км. дан (экватор устида) 9 км. гача (кўтб устида) ўзгаради. Тропопаузадан юқорида, деярли доимо булутсиз ва нисбатан тинч бўлган стратосфера катлами бўлиб, баъзи вақтларда 20-22 км. баландликда муз кристалларидан ташкил топган садафсимон булутлар кузатилади. Стратосферанинг пастки катламларида ҳарорат баландлик бўйича деярли ўзгармайди. 30 км. баландликдан бошлаб ҳаво ҳарорати ошиб боради, 50-60 км. баландликда -30°C , ҳатто 0°C гача етади.

Маълумки, океан ва денгизларнинг сувлари буғ ҳолатда атмосферага учadi, натижада ҳаво катлами сув буғларига тўйинади. Уларнинг таркиби хилма-хил. Сув буғлари кам минераллашган – 0-25 мг/л, ўрта миқдорда минераллашган – 25-50 мг/л, баъзан юқори даражада минераллашган 50-100 мг/л (эритма тузлар) турларга бўлинади. Ер юзиди тоза ҳолдаги сув буғлари Шимолий муз океани устида ва атрофида ҳамда баланд тоғларда учрайди. Айрим ўлкаларда (Орол денгизи атрофида ва бошқ.) булар юқори даражада минераллашган бўлади. Атмосфера буғларида элементлар катионлари – Na, Mg, Ca ҳамда анионлар – гидрокарбонат, сульфат ва хлор ионлари кенг тарқалган. Ушбу элементлар манбалари қуйидагилар:

1) океан ва денгизларда юзага келадиган тўфонлар туфайли сув заррачалари ҳавога кўтарилиши натижасида Na^+ , Cl^- , Mg^+ ионлари билан ҳаво бироз тўйинади;

2) эол тузларининг осмонга учиши натижасида NaCl , CaCO_3 ва бошқалар кўпаяди;

3) вулкон портлаши туфайли юзага келадиган CO_2 , SO_3 , NH_3 , Cl ва бошқалар;

4) антропоген омиллар – турли-туман бомбаларнинг портлаши оқибатида табиий чанглар ҳавода тарқалиши, завод ва фабрикалардан ажралиб чиқаётган зарарли кимёвий моддалар ва бошқалар.

12.2. Гидросфера геохимияси

Ерда сувнинг тарқалиши ва сувнинг хусусиятлари

Сайёрамизда сувнинг роли жуда катта. Ер юзидидаги сувлар сув қобитини (гидросферани) ташкил этади. Гидросферанинг асосий қисмини океан, денгиз сувлари ташкил қилса, нисбатан камроғини куруқлик ва ер ости (грунт) сувлари ташкил қилади. Гидросферада сув миқдори қуйидагича тақсимланган (12.3-жадвал). Океанларда эса сув қуйидагича тақсимланган (12.4-жадвал).

12.3-жадвал

Гидросферада сув тақсимланиши

Гидросфера қисмлари	Умумий ҳажми, $\text{п} \cdot 10^6 \text{ км}^3$	Умумий массаси, 10^{15} т	Гидросферада эгаллаган ҳажми, %
Океан ва денгизлар	1370	1420	86,98
Дарё ва кўллар	0,281	0,5	0,03
Музликлар	24	22	1,33
Атмосфера	0,014	-	0,013

12.4-жадвал

Океанларда сувнинг тарқалиши

Океанлар	Юзасининг майдони		Чуқурликлари (метр)		Сув ҳажми	
	млн. км. ²	%	ўртача	энг катта чуқурлиги	млн. км. ³	%
Тинч океан	179,68	50	3984	11,022	724	52,85
Атлантика океани	93,36	25	3926	8,428	337	24,6
Ҳинд океани	74,92	21	3897	7,130	292	21,31
Шимолий муз океани	13,10	4	1205	5440	17	1,24
Ҷами:	361	100	3795	11,022	1370	100

Гидросферанинг ўртача минераллашуви – 1,03%. Дунё океанларининг минераллашуви – 3,5%. Бу кўрсаткич барча денгизларда бир хил эмас, масалан, Ўрта ер денгизидида – 3,9%. Денгиз сувларида эритмалар ҳолида кўп тузлар учрайди; уларнинг нисбий тақсимланиши қуйидагича (% ҳисобида):

1) натрий, магний, хлор тузлари – 88,7 (NaCl – 78,7; MgCl_2 – 10);

2) магний, кальций ва калийларнинг олтингугуртли тузлари – 10,8 (MgSO_4 – 4,7; CaSO_4 – 3,6; K_2SO_4 – 2,5);

3) магний ва кальцийларнинг карбонат тузлари – 0,3 (CaCO_3 , MgCO_3).

Қолган эритмалар микдори – 0,2%. Булар – Fe, Si, Al, P, F, хатто Au ва бошқалар. Денгиз сувларида газ ҳолида O_2 , N_2 бўлади. Дунё океанларидаги тузли бирикмалар анионларининг ўзаро нисбати куйидагича: $\text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{HCO}_3$.

Континент сувларидаги минераллашиш анча кам микдорда бўлади. Уларда карбонатлар – 60,1%, фосфатлар – 24,8%, сульфатлар – 9,9%, хлоридлар – 5,2% ни ташкил этади. Булардаги анионларнинг ўзаро нисбати куйидагича: $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$.

Океан сувларида эриган тузлар микдори 22 млн. м^3 , агарда уларни курук туз ҳолида ажратса, бу тузлар китъаларни 50-60 м. калинликда қоплаган бўлар эди. Океанлардаги туз эритмаларининг микдори атмосфера босимида, шамол йўналишига, ҳароратга, атмосферадан тушадиган ёмғир, қор ҳамда куруқликдан денгизларга қўйиладиган дарёлар суви микдорига боғлиқ. Океан сувларининг ҳарорати уларнинг ер юзида жойлашишига боғлиқ (жойнинг кутбга нисбатан): энг паст ҳарорат 3°C , юқори ҳарорат 31°C ; Қизил денгиз ва Форс кўрфазидagi айрим жойларда 40°C атрофида. Чуқурлашган сари ҳарорат пасаяди; сув ҳароратининг ўзгариши дастлаб 200 метргача нисбатан тез юз беради, кейин секинлашади.

Ер пўсти ривожланишида океан ва денгизлар катта роль ўйнайди. Океанлар суви таркибидаги тузлар эритмалари океан суви шўрлигидан хабар беради. Сувнинг шўрлилиги 1000 г. сувда қанча туз эриганлиги билан белгиланади. Шўрлилик ортиши билан сувнинг зичлиги ҳам ошади. Океан сувларида шўрлилик – 33-36 г/л (3,3% дан 3,6% оралиғида) бўлади, тропикда – 35,5 г/л., экваторда эса 34,5 г/л. гача камаёди. Ўртача шўрлилик океанларда 3,5% ни ташкил этади (яъни 1 литр сувда 35 г. тузлар эриганлигини билдиради).

Денгиз суви таркибидаги ионларнинг улушлари куйидагича (% ҳисобида): Cl – 19,36, SO_4 – 2,7, Br – 0,066, CO_2 – 0,001, H_2BO_3 – 0,022, Na – 10,8, Mg – 1,3, Ca – 0,4, K – 0,39, Sr – 0,01.

Гидросферадаги азот микдорини у атмосферадан океан ва денгиз сувларига ўтиши таъминлайди. Бундан ташқари, азот дарёлар ва ҳайвонот дунёси ҳисобига ҳам кўпаяди. Кислород, одатда, атмосфера эвазига ва ҳайвонот дунёси билан таъминланади. Океан юзаларидан чуқурлашган сари сувдаги кислороднинг микдори камайиб боради. Кислород микдори океан сувларининг шўрлиги ва босимида боғлиқ. Арктикада 4-5 мл.л, тропик зоналарда 8 мл.л. Денгиз тубларида кислород оксидлантиришда сарфланади.

Материк сувлари туркумига музликларда мужассамланган сув, қўллар ва дарёларнинг сувлари ҳамда вулконлар фаолияти билан боғлиқ термал сувлар киради. Куруқликдаги сувлар қор ва ёмғир эвазига кўпаяди. Бу сувлар денгизларни тўлдириш билан бирга ер ости сувлари захираларини ҳам ташкил этади. Бу сувлар ер юзидан чуқурлашган сари тоғ жинслари ва минералларни эритиб, уларнинг минераллашиш даражаси ортиб боради. Ер ости сувларининг минераллашиши физик-географик ва физик-кимёвий шароитларга боғлиқ.

Қитъалардаги сувларнинг минераллашиш даражаси куйидагича:

1. Кам минераллашган сув – 200 мг/л.
 2. Ўртача минераллашган сув – 200-500 мг/л.
 3. Юқори даражада минераллашган сув – 1000 мг/л. дан юқори.
- Куруқликдаги сувлар кам минераллашган ҳисобланади.

Денгиз сувларида учрайдиган эритмалар микдорининг кетма-кетлиги – Mg, Na, Ca $\text{Cl} < \text{SO}_4 < \text{HCO}_3$. Қўллардаги сувларнинг минераллашуви даражаси географик шароитларга боғлиқ; масалан, мўътадил гумид климми минтақалардаги қўлларнинг (Ладожское, Онежское, Мичиган ва бошқа қўллар) сувлари кам минераллашган бўлади.

Аридли (иссик) клим зоналарида сув фаол буғланиши сабабли бу ердаги қўлларнинг сувларида минераллашиш анча юқори бўлади. Минераллашуви бўйича Орол ва Каспий денгизлари алоҳида ўрин тутаяди. Буларнинг сувлари юқори даражада минераллашганлиги, натрий ва магний ионлари кўплиги билан ажралиб туради.

Грунт сувларининг минераллашиш даражаси, мазкур сувлар тоғ жинслари қатламларида жойлашганлиги учун, шу жойнинг минералогик таркибига боғлиқ. Сувнинг физик ва кимёвий хоссалари ҳақида бироз тўхталамиз.

12.3. Биосфера геокимёси

Биосфера (юнон. bios – ҳаёт, sphaira – шар) – Ернинг тирик организмлар тарқалган қобиғи. Биосферанинг таркиби ва энергетикаси ундаги тирик организмларнинг фаолияти билан боғлиқ. Биосферани “ҳаёт соҳаси”, Ернинг сиртки қобиғи каби дастлабки фикрни Ламарк билдирган. “Биосфера” атамасини эса фанга 1875 йилда австралиялик геолог Э.Зюсс киритган. Биосфера ҳақидаги таълимотни рус олими В.И.Вернадский 1926 йилда ишлаб чиққан.

Биосфера атмосферанинг озон экранигача бўлган баландликдаги қисмини (20-25 км.), литосферанинг ташқи қисмини ва гидро-

сферани тўлиқ ўз ичига олади. Биосферанинг қуйи чегараси қуруқликда 2-3 км., океан остида 1-2 км. чуқурликкача боради.

Ердаги ҳаёт мураккаб ва хилма-хил организмлар комплексидан иборат. Тирик организмлар ва улар яшайдиган муҳит ўзаро ҳамбарчас боғланган яхлит динамик система – биогеоценозларни ҳосил қилади.

Ерда ҳаётнинг ривожланиши давомида организмларнинг бир гуруҳи бошқасининг ўрнини эгаллаб турган бўлсада, у ёки бу геокимёвий функцияларни бажариб турадиган организмлар нисбати ўзгармасдан қолган. Шу туфайли турли геологик даврларда моддалар муайян тезликда Ер пўстида тўпланиб борган. Шундай қилиб, тирик организмлар ҳаётнинг муҳим шарти бўлган анорганик муҳитнинг доимийлиги (гомеостаз ҳолати)ни сақлаб туради.

Инсон фаолияти Ер юзини тубдан ўзгартиришга қодир бўлган ҳозирги даврда биосферанинг ривожланиши янги поғонага кўтарилди. Сўнгги йилларда инсоннинг биосферага биокимёвий таъсири бошқа барча тирик организмларга нисбатан жуда катта кучга айланди. Лекин табиий ресурслардан фойдаланишни биосферанинг ривожланиши ва турли жонзотлар фаолиятидаги қонуниятларни инобатга олмасдан амалга оширилиши (масалан, ўрмонларнинг кесилиши, ерларнинг ўзлаштирилиши, шаҳарлар, завод-фабрикалар қурилиши, сунъий сув ҳавзалари барпо этилиши ва ҳ.к.) биосферадаги биокимёвий жараёнларга катта таъсир ўтказмоқда. Ер ости бойликларини казиб олиб, жуда қўп миқдорда ёқилғи ёқилиши табиатда моддалар алмашинуви тизлаштириб, биосфера таркиби ва унинг гомеостаз ҳолатига таъсир кўрсатади. Шу сабабдан биосферани яхлит, муайян даражада тартибга солинган мураккаб динамик система деб қаралиши, унда кечадиган жараёнларни тўғри тушуниб олишга ёрдам беради. Биосфера ҳақидаги таълимот экология, биоценология ва бошқа фанларнинг ривожланишида, табиат ва жамиятнинг ривожланиши билан боғлиқ бўлган жуда қўп ўта мураккаб муаммоларни ҳал этишда катта аҳамиятга эга.

12.3.1. “Тирик модда” тушунчаси

Биологияда тирик организмлар, уларнинг шаклланиши, кўпайиши, эволюцион тарзда ўзгаришлари ўрганилади. Уларнинг симбиозлари ҳақида камроқ, уларнинг яшаш муҳити ҳақида эса янада кам гапирилади. Биогеохимёда эса ўзгача ёндашув талаб этилади. Бу ерда, биринчи навбатда, организм, унинг морфологияси ва таснифий белгилари алоҳида-алоҳида эмас, балки барчаси биргаликда ўрганилади.

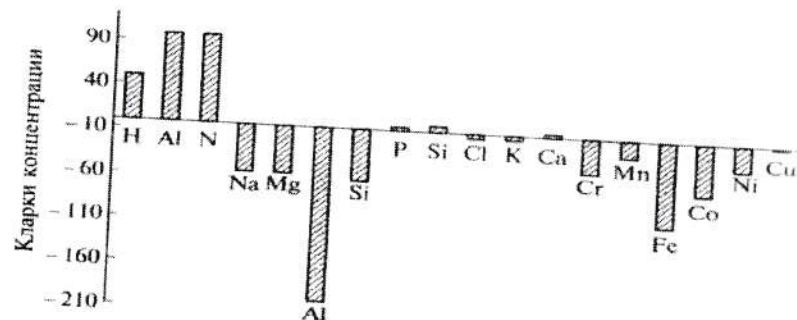
Умуман организмлар, уларнинг гуруҳлари, турлари ўз ҳолича мавжуд бўла олмайди. Ҳамма жойларда алоҳида организмлар эмас, балки турли гуруҳлар ва турларга мансуб ҳар хил шакллардаги организмларнинг тўплами – симбиозлари яшайди, атроф муҳитга таъсир кўрсатади. Ҳайвонлар ҳам бошқа организмларсиз, масалан, ўсимликларсиз яшай олмайдиган ҳайвонлар, ўсимликлар эса тупроқдаги микроорганизмларсиз мавжуд бўла олмайди. Барча организмлар “озикланиш занжири” билан боғланган. Озуқавий (trofik; грек тилида *trophe* – озиқланиш) занжир бир неча турдаги организмларни ўз ичига олади. Бундан келиб чиқиб, барча мавжудотларнинг, шу жумладан, тирик организмларнинг табиатга бўлган геологик таъсирини айрим индивидлар мисолида ёки турлар доирасидан чиқмаган ҳолда тушунишнинг иложи йўқ.

Шундай қилиб, *тирик моддалар* – биосфера билан узвий боғланган тирик организмлар тўплами. Тирик моддалардан фарқли ўлароқ, *жонсиз моддалар* – сайёра ва коинотнинг жонсиз моддалари. Биосферанинг жонсиз муҳитида қайтарилувчи айланма физик-кимёвий ва геокимёвий жараёнлар содир бўлиши мумкин. Физикавий-кимёвий жиҳатдан тирик моддалар кескин фарқ қилади. Тирик организм мувозанат ҳолатга келиши мазкур организмнинг ўлимига олиб келади. Бунда барча моддалар ҳаракатланиши тўхтабди.

Вакт нуқтаи назаридан қаралганда, тирик (жонли) моддалардаги жараёнлар жонсиз моддалардагига нисбатан кескин фарқ қилади. Тирик моддаларда бўлиб ўтадиган барча жараёнлар тарихий вақт микёсида ўлчанади, яъни организмнинг умри давомида содир бўлади; жонсиз моддаларда эса жараёнлар давомийлиги геологик даврлар ўлчамида баҳоланади. Натижада, тирик моддалар биосферада содир бўладиган барча модда алмашинуви жараёнларини юқори даражада тезлаштиради.

Тирик модданинг ўртача кимёвий таркиби ер қобиғининг ўртача таркибидан анча фарқланади (12.1-расм)⁴⁴. Умуман, бу ерда кислороддан ташқари, атиги 3 та элемент устунлик қилади: водород, углерод ва азот. Улар тирик организм органларини ташкил этади. Организмлар таркибида нисбатан камроқ миқдорда алюминий, темир ва кремний ҳам бор.

⁴⁴ Г. В. Наумов. Геохимия биосферы. – М.: Академия, 2010. С. 143.



12.1-расм. Тирик моддадаги баъзи элементларнинг кларк концентрациялари

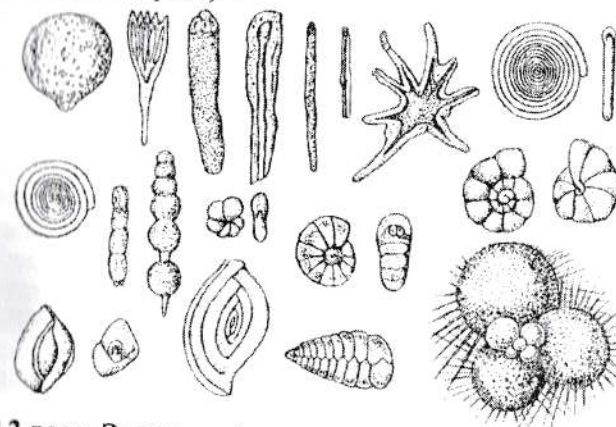
Шу билан бирга, тирик организмларда баъзи нодир элементлар тўпланиши мумкин, масалан, йод, ванадий, селен ва бошқалар. Умуман олганда, жонсиз моддаларга нисбатан тирик моддалар таркибидаги кимёвий элементларнинг хилма-хиллиги анча чекланган десак бўлади.

12.4. Биосферанинг пайдо бўлиши

Яқин кунларгача протерозой ва архей эралари бирлаштирилган ҳолда криптозой (грекча *kryptos* – махфий, беркитилган) ёки токембрий деб номланиб, “коронги асрлар” сифатида таърифланар эди. Чунки бу вақтга тегишли органик дунё шаклланиши ҳақида ҳеч қандай “ёзма манбалар” бўлмаган. Бу давр (бизнинг сайёрамиз пайдо бўлганидан то ҳозиргача бўлган вақтнинг 7/8 қисми) ҳақидаги барча маълумотлар гипотезалар бўлиб, уларни текшириш иложи йўқдек туюлар эди. Биологлар қуйидаги тасаввурларга келишган. Ер тарихининг биринчи, энг узоқ давом этган кесимида ноорганик моддалардан дастлабки ўта содда тирик жонзодлар пайдо бўлиш жараёнлари содир бўлган. Биринчи хужайралар пайдо бўлиши учун камроқ вақт керак бўлган; фақат шундан сўнг вақт ўтган сари тезлашиб борган биологик ривожланиш жараёни бошланган. Шаклланаётган тирик микроорганизмлар ўша пайтдаги бирламчи атмосфера ва гидросфера таркибидаги моддалар билан озикланган.

Бирок, XX асрнинг иккинчи ярмига келиб, биота (органик дунё) эволюциясига оид қатор янги далиллар пайдо бўлди. Янги маълумотлар асосида биота эволюцияси бошланишини белгиловчи

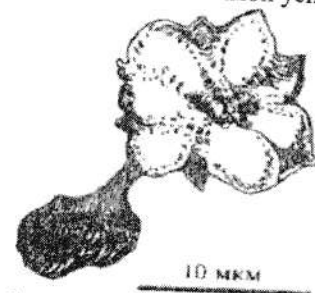
чегара вақт кесмасида янада пастга сурилди. 1947 йилда Жанубий Австралиянинг Эдиакара деган ерида тадқиқотчиларни хайратлантирган, кейинчалик “эдиакара фаунаси” деб ном олган, скелетсиз организмларнинг кўп сонли тошқотган қолдиқлари топилди ва таърифланди (12.2-расм)⁴⁵.



12.2-расм. Эдиакара фаунасининг турли хил вакиллари

Шунга ўхшаш топилмалар бошқа жойларда ҳам аниқланди. Ҳозирги кунда эдиакара фаунасини турли вакиллари минглаб нусхалари маълум. 1984 йилда бундай жонзотлар учун “вендобрионлар” деган умумий ном берилди.

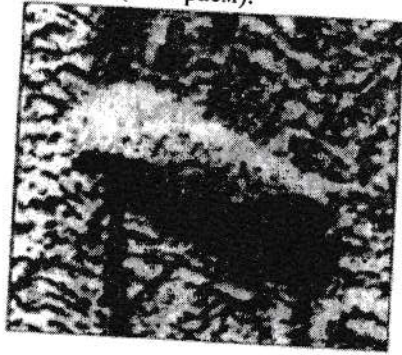
Айрим топилмалар биота ривожланишидаги пастки чегарани янада пастроққа тушурди. “Соябонли қақабекия” деб аталган жонзотларнинг қолдиқлари жуда қизиқарли. Булар жуда кичик, кўндаланг ўлчами 30 мкм. атрофидаги пуфакчалар кўринишида бўлиб, ҳар бири узун оёқчасининг учидан соябонсимон ўсимтага эга (12.3-расм).



12.3-расм. Соябонли қақабекия (ёши 2 млрд. йил)

⁴⁵ Г.В. Наумов. Геохимия биосферы. –М.: Академия, 2010. С.145.

Фиг-Три (Жанубий Африка) формацияси қатламларида ҳозирги кунгача маълум бўлган бактерияларнинг энг қадимийси деб ҳисобланган бактерия топилган (12.4-расм).



12.4-расм. Ҳозиргача маълум бўлган бактериялардан энг қадимгисининг электрон микрофотосурати (3,2 млрд. йил; Фиг-Три ётқизиклари, Жанубий Африка)

Вақт ўтган сари Ердаги биота вужудга келишининг қуйи чегараси янада пастга сурилиб борди. Даниялик олимлар Гренландиядаги Исуа формацияси таркибида, ёши 3760 млн. йил деб аниқланган углеводородли тоғ жинслари қатламларида фотосинтез белгилари мавжудлигини аниқлашган. Ушбу тоғ жинслари Ер юзидаги энг қадимги чўкинди ҳосилалар ҳисобланади.

Сўнгги пайтларда кўп олимлар (Г.А.Заварзин ва бошқалар) энг содда тирик жонотлар пайдо бўлиши сайёрамиз аккрецияси яқунланиши биланок бошланган, деган ғояни олдинга суришмоқда. Бу ерда, сўз, нафақат алоҳида организм турлари, балки, тирик организмлар симбиози ва уларнинг яшаш муҳитини ўз ичига олувчи бутун бир экотизим ҳақида бормоқда.

Шундай қилиб, биосфера эволюцияси сукцессия (лотинча, *successio* – қабул қилиш, ворислик) хусусиятига эга, яъни, бу жараёнлар мобайнида муҳитнинг аниқ бир қисмида муайян фито-, биогеоценозлар кетма-кетлик билан бошқа бирига алмашилиб боради.

Биз “биосфера қайси вақтда пайдо бўлган” деган саволга бир неча сабабларга кўра батафсил тўхталиб ўтдик. Биринчидан, келтирилган маълумотларнинг кўпчилиги сўнгги йилларда олинган бўлиб, ҳали геохимё дарсликларида киритилмаган. Иккинчидан, фақат сўнгги йиллардан бошлаб, геология ва биологиянинг табиий-

ишмий билимлари орасидаги чегаралар олиб ташланмоқда. Лекин энг асосийси – биосфера пайдо бўлишининг биринчи босқичларидаёқ, геологик тарихнинг кейинги даврларида яққол намоён бўлган механизм – сайёрамизнинг жонли ва жонсиз элементлари орасидаги боғланишларнинг асосий механизми “яратила бошланган”. Айнан биосферавий “жонли-жонсиз экотизим”, яхлит тизим сифатида, ер пустининг геологик геологик ривожланиш тарихига кучли таъсир кўрсатиб келмоқда.

12.5. Биокос жисмлар

Биосферада, жонли ва жонсиз табиий жисмлардан ташқари, уларнинг, мажмуалари ҳам, яъни турли жисмларни, масалан, тупроқ, гил, оқар сувлар, биосферанинг ўзи ва ҳ.к.ларни ўз ичига олувчи тузулмалар ҳам катта аҳамият касб этади. Улар бир вақтда мавжуд бўлган жонли ва жонсиз табиий ҳосилалардан ташкил топган мураккаб тузилишли тузилмалардир. Ушбу мураккаб табиий жисмлар мажмуаси *биокос табиий жисмлар* деб аталади.

“Биокос табиий жисмлар биосфера учун характерлидир. Бир вақтнинг ўзида ҳам жонли, ҳам жонсиз жисмлардан ташкил топган бундай тузилмаларни (масалан, тупроқ) ўрганиш пайтида уларнинг таркибида жонли моддалар борлиги ҳисобга олинмаса, уларнинг барча физикавий-кимёвий хоссаларини аниқлаш учун баъзан жуда катта тузатишлар киритиш талаб қилинади”, деб ёзган В.И.Вернадский. Номини ўзи ҳам бу жонли ва жонсиз моддаларнинг узвийлигини, бир-бирига мослашиши ва ўзаро таъсирини кузатиш мумкин бўлган табиий тизим эканлигини айтиб турибди.

Жонсиз моддаларни тирик организмлар билан боғлаб турувчи табиий ҳосилалардан энг аҳамиятлилари – микроблардир. Янада кучлироқ “боғловчи восита” сифатида биосферанинг бир қисми ҳисобланган, бироқ бир вақтнинг ўзида ҳам жонли, ҳам жонсиз жисмларга ҳос белгиларни ўзида мужассамлаган *вирусларни* мисол келтириш мумкин. Жонли моддада вируслар кўпайишади, жонсиз муҳитда эса кристалл ҳолатига ўтади. Ядросиз содда организмлар ҳисобланувчи *прокариотлар* (юнон. *pro* – олдинда, ўрнига; *karyon* – ядро) ва шакланган ядролар хужайраларга эга организмлар туркумига кирувчи *эукариотлар* (грекча *eu* – бутунлай, тўлиғича) биосферанинг барча жисмларига сингиб боради, жуда катта ҳажмдаги биогеохимёвий ишни бажаради. Биргаликда қаралганда, ушбу микродунё жуда ҳам улкан. У бутун биосферани қамраб олган бўлиб, жонли ва жонсиз материя ўртасидаги мураккаб боғланишларни ташкил этади, бу

моддаларнинг ўзаро таъсирини таъминлайди. Микроорганизмлардан ҳолис тупроқ – тупроқ эмас, балки, жонсиз субстратдир.

Ер юзасидаги сувларнинг ҳаммаси ва ер ости сувларининг аксарият қисми биокос жисмлар тоифасига киради, чунки улар ҳар доим муайян даражада минераллашган (эриган тузлар ҳисобига) ва биотик (микроорганизмлар) моддалардан иборат бўлади. Бундай сувлар юпка плёнкалар сифатида барча каттик жисмларнинг минерал заррачаларини ўраб туради, жинсларни намлантиради, ёриқлар орқали тоғ жинсларига кириб боради, қояларни бузади, уларни қоплаб олувчи тубан организмлар (кўзикорин ва ҳ.к.) ва анча мураккаб ўсимликлар ривожланиши учун шароитлар яратиб беради. Биосферанинг ўзи мураккаб тузилишга эга планетар миқёсдаги биокос табиий ҳосилдир.

Биосферанинг жонли ва жонсиз моддаларининг ўзаро таъсири кимёвий элементлар алоҳида жисмлар орасида тақсимланишига олиб келади. Тирик организмлар озикланиш жараёнида муайян элементни ютиб, бошқа бир элементни чиқариши кимёвий элементлар дифференциациясига олиб келади.

Бу жараён шу даражада нозикки, нафақат элементларни, балки уларнинг изотопларини ҳам мазкур ҳаракатланишга жалб қилади. Биологик жараёнларда изотопларнинг бўлиниши (муайян тарзда тақсимланиши) жонсиз моддаларда ҳам мустақкам сакланиб қолади, бу эса изотоплар нисбатига кўра қачонлардир содир бўлган геологик жараёнлар ҳосилаларининг табиатини (органик ёки ноорганик эканлигини) ойдинлаштириш учун фойдаланиш имконини беради. Бунда келиб чиқиши, ҳосил бўлиш шароитлари ҳар хил бўлган минерал моддаларда тегишли изотопларнинг нисбати аниқланади, масалан карбонатларда $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, сульфидларда – $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$; турли жисмлардаги кислород изотоплари концентратцияси нисбатидаги $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ фарқни таҳлил қилиш орқали, ҳатто, қадимги сув ҳавзаларининг палеохароратини тиклаш мумкин.

12.6. Жонли ва жонсиз моддалар орасидаги фарқ

Жонли моддалар жонсиз моддаларнинг таъсирисиз мавжуд бўла олмаса ҳам, улар орасида бир қатор фарқлар бор. В.И.Вернадский бу каби 12 та фарқни изоҳлаб берган⁴⁶.

1. Жонсиз модда биосфера ва унинг чегарасидан ташқарида, жонли моддалар “босим ортиши туфайли йўқ қилинадиган” сайёрамизнинг анча чуқур қисмларида бўлади. Жонли табиий моддалар эса

фақат биосфера ва дисперс шаклда, жонли организм ва уларнинг мажмуалари кўринишида бўлади.

2. Жонсиз табиий жисмларда каттик жисмлар симметрияси қонуниятига бўйсунмайдиган ўнг ёки чап шакл устунлиги йўқ. Жонли организмлар учун – борлик фазовий жиҳатдан ўзгача ҳолатда бўлиши ва Пастер диссимметриясига (ўнглик-чаплик) асосланганлиги туфайли – изомерларнинг сараланиши хос.

3. Янги жонсиз табиий жисм физик-кимёвий ва геологик жараёнлар оқибатида пайдо бўлади, илгари жонли ёки жонсиз табиий жисмлар мавжуд бўлганлиги ёки бўлмаганлигидан қатъи назар, бу ерда физик-кимёвий параметрлар (ҳарорат, босим, концентрация) биринчи ўринга чиқади.

Янги жонли табиий жисм – тирик организм эса фақат бошқа тирик организмдангина туғилади. Биосферада абиогенез мавжуд эмас.

4. Жонсиз табиий жисмларни ҳосил этувчи жараёнлар орқага қайтиши мумкин. Жонли табиий жисмларни вужудга келтирувчи жараёнлар эса вакт бўйича орқага қайтарила олмайди.

5. Жонсиз жисмлар ўз-ўзидан кўпайиша олмайди. Жонли табиий жисмлар эса кўпайиш орқали пайдо бўлади – аввалги жонли табиий жисмлардан янги жонли табиий жисм вужудга келади; бирин-кетин унинг авлодлари шаклланади. Бу мураккаб биокимёвий жараёнлар орқали амалга оширилади.

6. Жонсиз табиий жисмлар сони сайёранинг ўлчамига боғлиқ эмас, балки сайёранинг материя-энергия хусусиятлари билан аниқланади. Жонли табиий жисмлар сони эса Ернинг аниқ бир қобиғи – биосферанинг ўлчамлари билан миқдорий боғланган.

7. Жонсиз табиий жисмлар намоён бўлиш майдони ва ҳажми бўйича сайёра доирасида чексиз бўлиб, уларнинг массаси геологик вакт мобайнида ўзгариб туради. Жонли жисмлар массаси (жонли табиий жисмлар тўплами) муайян даражада чекланган бўлиб, геологик даврлар мобайнида деярли ўзгармайди ёки тор доирада ўзгаради. Бу биосферани камраб олган нурли қуёш энергиясининг миқдори тебраниши билан боғлиқ.

8. Жонсиз табиий жисмларнинг энг кичик ўлчами материя-энергия (модда-энергия)нинг дисперсия даражасига боғлиқ, яъни модда қай даражада “майдаланиши” атом, электрон, корпускула, нейтрон ва ҳ.к.лар ҳолатида намоён бўлиши билан белгиланади. Жонсиз табиий жисмларнинг энг катта ўлчами эса сайёра ўлчами билан чекланади.

⁴⁶ Г.Б.Наумов. Геохимия биосферы. –М.: Академия, 2010. С.148.

Жонли табиий жисмнинг энг кичик ўлчами нафас олиш шароити билан, асосан, атомларнинг газли биоген миграцияси билан белгиланади.

9. Жонсиз табиий жисмларнинг кимёвий таркиби улар пайдо бўлган атроф мухит таркибининг функциясидир.

Жонли табиий жисмлар кимёвий таркибини уларнинг ўзи атроф мухитдан яратади, нафас олиш ва озикланиш орқали яшаш ва кўпайиши учун (яъни, янги жонли табиий жисмлар яратиши учун) зарур бўлган кимёвий элементларни саралаб олиб ўзлаштиради. Бунда улар кимёвий элементларнинг изотоп таркибини ўзгартириши, шу орқали атомларининг хоссаларини ўзгартира олиши мумкин.

10. Ер пўсти ва биосферанинг жонсиз табиий жисмларидаги кимёвий бирикмалар – молекула ва кристалллар сони чексиз эмас.

Атиги бир неча мингта “ерлик” ва эҳтимол “космик фазода” вужудга келган табиий кимёвий бирикмалар – молекула ва кристалл панжаралар мавжуд.

Жонли табиий жисмлардаги кимёвий бирикмалар миқдори ва улардан ташкил топган табиий жонли жисмлар сони чексиз. Бизга миллионлаб турли хил организмлар ва улар таркибидаги миллион-миллионлаб молекула ва кристалл панжаралари маълум.

11. Табиий жонсиз жисмлар доирасидаги барча жараёнлар, радиоактивлик ҳодисаларидан ташқари, мухитнинг эркин энергиясини камайтиради. Жонли жисмлар билан боғлиқ биосферада акс эттирилган табиий жараёнлар биосферанинг эркин энергиясини оширади.

12. Изотопли аралашмалар (ердаги кимёвий элементлар) биосферанинг жонсиз табиий жисмларида ўзгармайди (радиоактив емирилишдан ташқари). Жонли табиий жисмлар учун эса изотопли аралашмалар ўзгариши характерли.

Юқорида баён этилган жонсиз ва тирик табиий жисмлар фарқини таърифловчи фикрлар ичида энг эътиборлиси жонли организмларнинг кўпайиш қобилияти, деб айтиш мумкин.

Жонли моддалар ўз массасини кўпайиш йўли билан орттириб боришга интилиши, фақат яшаш шароити учун керакли маҳсулотлар – моддалар ва энергия билан таъминланганлигига боғлиқ. Бир диатомея (диатомея сув ўтлари – хужайраси кремнийли қобиқ билан ўралган бир хужайрали организмлар) қулай шароитда кўпайиш йўли билан 8 сутка мобайнида сайёрамизнинг массасига тенг ўлчамдаги модда массасини яратиши, кейинги 1 соат ичида эса ушбу массани икки баробар кўпайтириши мумкин.

Назорат саволлари

1. Атмосферанинг таркибини таърифлаб беринг.
2. Тропосфера газ таркибини таърифлаб беринг.
3. Атмосферани ўрганишнинг аҳамиятини тушунтириб беринг.
4. Атмосферанинг тузилишини таърифланг.
5. Гидросфера таърифини айтинг.
6. Ер юзидаги сувлар турларини таърифлаб беринг.
7. Океан сувлари тарқалишини мисоллар билан тушунтиринг.
8. Океан ва денгиз сувларидаги эритмаларни таърифланг.
9. Океан ва денгиз сувларида эриган тузлар миқдорини таърифланг.
10. Қитъалардаги сувнинг минералланиш даражасини таърифлаб беринг.
11. “Биосфера” тушунчасини таърифланг.
12. Жонли ва жонсиз моддалар нимаси билан фарқланади?

ГЛОССАРИЙ

Аномал физик майдон – кузатилган майдон микдорларининг нормал физик майдон микдоридан фаркланиши. Улар геологик муҳитнинг бир жинсли эмаслигидан ҳосил бўлади. Геофизика геологик жисмларнинг физик хоссалари ва геометрик ўлчамлари ўзгариши натижасида ҳосил бўлган аномал физик майдонларни аниқлаш учун хизмат қилади.

Астеносфера – юқори мантиянинг пластик қатлами.

Атмосфера – (юнон. *atmos* – буг, ҳаво) Ер пўстини ўраб олган газ ҳолатидаги ҳаво қобиғи. Атмосфера қобиғининг зичлиги баландликка кўтарилган сари камайиб боради.

Биосфера – Ернинг тирик организмлар тарқалган қобиғи. Биосферанинг таркиби ва энергетикаси ундаги тирик организмларнинг фаолияти билан боғлиқ.

Буге редукцияси – бўш ҳаво учун (Фая) тузатмаси ва оралик қатлам учун тузатмалар йиғиндисидан иборат тузатма.

Геокимёвий барьер – элементлар миграциясининг тезлиги кескин камайиб кетадиган ҳудуд.

Гетеровалент изоморфизм – ҳар хил валентли элемент атомларининг иккинчи элемент атомлари билан алмашинуви.

Гидросфера – Ернинг сувли қобиғи. Гидросферанинг асосий қисмини океан, денгиз сувлари ташкил қилса, нисбатан камроғини қуруқлик ва ер ости (грунт) сувлари ташкил қилади.

Гравиметр – оғирлик кучи майдонини ўлчаш асбоби.

Гравиразведка – ер пўстининг геологик тузилиши ва фойдали қазилмаларни кидиришнинг геофизик усули. Оғирлик кучи майдонининг Ер юзасида тақсимланишини ўрганишга асосланган.

Ер мантияси – литосфера билан ядро орасидаги геосфера. Уни ташкил этган жинсларнинг зичлиги $3,3-5,5 \text{ г/см}^3$. Мантия юқори ва қуйи қисмларга ажратилади.

Изоаномал – оғирлик кучи аномалияларининг қийматлари тенг бўлган нукталарни бирлаштирувчи чизик.

Изовалентли изоморфизм – бир хил валентли элемент атомларининг иккинчи элемент атомлари билан алмашинуви.

Изоморфизм – бир кимёвий элемент атомларининг иккинчи кимёвий элемент атомлари билан алмашинув ҳодисаси.

Индикатор элементлар – муайян ҳудудда маълум турдаги фойдали қазилма конлари учраши мумкинлигидан далолат берувчи хусусиятли элементлар. Мазкур элементларнинг мавжудлиги фойдали қазилмаларни излашда муҳим мезон ҳисобланади.

Кларк сони – ер пўсти таркибига кирадиган айрим элементларнинг ўртача фоз микдори (оғирлиги бўйича).

Литосфера – Ер шарининг қаттиқ сиртки қобиғи, у икки қисмга ажратилган (ер пўсти ва юқори мантиянинг астеносфера қатламидан

юқорида жойлашган қисми). Унинг қалинлиги тахминан 40-100 км. (тоғли ўлкаларда – 200-250 км., океанларда – 2-5 км.).

Магнитланиш – тоғ жинсларининг магнит майдонини ҳосил қилиш хусусияти.

Миграция – элементларнинг геокимёвий муҳитда кўчиши (ҳаракатланиши).

Минерал – (лотин. “минера”, яъни маъданли тош, маъданнинг парчаси). Тоғ жинсларининг бир-биридан кимёвий таркиби ва физик хоссалари билан ажралиб турадиган таркибий қисми. Генезис жиҳатидан минераллар турли физик-кимёвий жараёнларнинг табиий маҳсулотлари.

Мохоровичич чегараси – литосфера билан мантияни ажратиб турадиган чегара. Океан остида 7 км., тоғли ўлкалар остида 70 км. чуқурликда жойлашган.

Нормал физик майдон – бир жинсли муҳит устида ҳосил бўлган майдон, регионал геофизик текширишларда Ернинг табиий магнит ва гравитация майдонлари. Нормал физик майдон, одатда, ўлчанган микдорларни силликлаштириш – ўртача қийматга келтириш йўли билан олинади.

Оғирлик кучи – лотин. “гравитас” – оғирлик. Оғирлик кучи Ернинг тортишиш кучи (F) ва Ернинг ўз ўқи атрофида айланиши натижасида ҳосил бўлган марказдан қочма (P) қучларнинг тенг таъсир этувчиси ҳисобланади.

Оғирлик кучининг нормал қиймати – Ернинг бир жинсли, зичлиги доимий бўлган концентрик қатламлардан ташкил топган деб ҳисобланган ва оғирлик кучининг геоид юзаси учун ҳисобланган назарий қиймати.

Радиоактивлик – кимёвий элемент беқарор изотопининг элементлар зарра ёки ядролар чиқариб, ўз-ўзидан бошқа элемент изотопига айланиш қобилияти.

Тирик моддалар – биосфера билан узвий боғланган тирик организмлар тўплами.

Трансформация – гравитация аномалияларни ажратиш.

Фая редукцияси – бу тузатишни киритганда ўлчаш нуктасини океан сатҳига нисбатан баландлиги ортгани ҳисобга олиниб, океан сатҳи ва ўлчаш нуктаси ораллиғида тортувчи массалар йўқ деб фараз қилинади.

Ферромагнетизм – магнит майдонида магнитланиш хоссасига эга ва бу хусусиятни магнитловчи майдон йўқолганидан кейин ҳам сақлаб қолувчи материалларнинг хусусияти.

Эпигенез – (келиб чиқиш, юзага келиш, пайдо бўлиш, деган маънони англатади) иккиламчи жараён; ер юзасида мавжуд тоғ жинсларидаги ҳар қандай янги ўзгаришларни ўз ичига олади.

Ядро – Ер шарининг марказий қисми; зичлиги $9,4 \text{ г/см}^3$.

Говаклилик – тоғ жинсларининг ичида жойлашган нотўғри ёки юмалоқ шаклда бўлган говаклар ва ҳар хил бўшлиқлар микдори.

Фойдаланилган адабиётлар

1. A.A.Abidov, D.X.Atabayev, D.D.Xusanbayev va boshqalar. "Yer fizikasi". –T.: Fan va texnologiya, 2014.
2. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. –М.: Логос, 2000.
3. Алексеенко В.А. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. –М: Логос, 2000.
4. Вернадский В.И. Очерки геохимии. –М.: Наука, 1983.
5. Вернадский В.И. Биосфера. Мысли и наброски. –М.: Ноосфера, 2001.
6. Воскресенский Ю.Н. Полевая геофизика. –М.: Недра, 2010.
7. Короновский Н.В. Общая геология. –М.: КДУ, 2006.
8. Наумов Г.Б. Геохимия биосферы. –М.: Академия, 2010.
9. Перельман А.И. Геохимия. –М: Высшая школа, 1989.
10. Сауков А.А. Геохимия. –М.: Наука, 1966.
11. Ферсман А.Е. Миграция химических элементов. Геохимия. –Л.: ОНТИ, 1934.
12. William M.White. Geochemistry. Wiley-Blackwell, 2005.
13. John A.Tossell, David J.Vaughan. Theoretical Geochemistry: Applications of Quantum Mechanics in the Earth and Minerals Sciences, Oxford University Press, 2005.
14. R.E.Sheriff L.P.Geldart. Exploration seismology / -2nded.p.cm. Includes bibliographical references. ISBN 0-521-46282-7. –ISBN 0-521-46826-a(pbk) @ Cambridge University Press. 1982, 1995.

Мундарижа

Кириш

1-боб	Геофизика фани: унинг йўналишлари, вазифалари, мавзулари тўғрисида умумий тушунча	3
1.1.	Геофизика фани ҳақида тушунча	4
1.2.	Ернинг магнит майдони	7
1.3.	Нормал ва аномал геомагнит майдонлар	10
1.4.	Магнит майдоннинг вариациялари	10
1.5.	Ер магнит майдонининг табиати	12
1.6.	Ер магнит майдони инверсияси	14
2-боб	Ернинг гравитация майдони	
2.1.	"Оғирлик кучи майдони" тушунчаси ва моҳияти	19
2.2.	Оғирлик кучининг потенциали	20
2.3.	Оғирлик кучининг абсолют (тўлиқ) ва нисбий ўлчовлари	22
2.4.	Оғирлик кучининг нормал қиймати	23
2.5.	Оғирлик кучи аномалиялари	24
2.6.	Изоастазия	25
3-боб	Ернинг электр майдони	
3.1.	Электромагнит майдонлар	31
3.2.	Тоғ жинсларининг електромагнит хоссалари	33
4-боб	Сейсмологик маълумотлар бўйича ернинг ички тузилиши	
4.1.	Кучланиш модуллари ва уларнинг ўзаро боғлиқлиги	39
4.2.	Сейсмик тўлқинлар тарқалишининг ўзига хос хусусиятлари	41
4.3.	Ер радиуси бўйлаб қўндаланг ва бўйлама тўлқинларнинг тарқалиши	44
4.4.	Ернинг ички ва ташқи ядросида ҳажм тўлқинларининг тарқалиши	47
4.5.	Сейсмологик маълумотлар бўйича Ер геосфераларини ажратиш	48
4.6.	Зилзилалар ва уларнинг физик хусусиятлари	52
4.7.	Ер ички тузилишининг ҳозирги замон моделлари. PREM	63
5-боб	Ернинг иссиқлик майдони	
5.1.	Ернинг иссиқлик майдони	66
5.2.	Иссиқлик оқимининг манбалари	66
5.3.	Иссиқлик оқими ҳодисаси ва унинг ўлчов бирликлари	70
5.4.	Иссиқлик оқимининг кўринишлари	71
5.5.	Океан тубидаги гидротермалар – "қора кашандалар"	72
5.6.	Плюм-тектоника ёки иссиқлик нукталари	76
6-боб	Атмосфера, гидросфера ва литосферанинг бирлиги	
6.1.	Ер геосфералари. Ер қобиғи (литосфера)	81
6.2.	Ер мантияси	82
6.3.	Ер ядроси	83

6.4.	Астеносфера	84
6.5.	Атмосфера, гидросфера ва литосферанинг бирлиги	85
6.6.	Гидросфера	86
7-боб	Геологик ишларни бажаришда геофизикавий усулларнинг қўлланилиши	
7.1.	Геологик ишларни бажаришда геофизикавий усуллар	88
7.2.	Мажмуали геофизик далилларни геологик изоҳлаш услубининг умумий асослари	91
7.3.	Худудий (регионал) геофизикавий тадқиқотлар	94
7.4.	Ўрта масштабни геологик хариталаш	97
7.5.	Йирик масштабни геологик хариталаш (кидирув хариталаш)	100
7.6.	Фойдали қазилма конларини кидириш	107
7.7.	Маъдан конларини кидириш ва разведка ишлари	110
7.8.	Маъдан конларини кидириш усуллари	114
7.9.	Гидрогеологик ва муҳандислик геологияси масалаларини ечиш	115
7.10.	Муҳандислик-геологик тадқиқотлар	120
7.11.	Карстларни ўрганиш	122
7.12.	Жинсларнинг физик-механик хоссаларини ўрганиш	123
8-боб	Назарий геохимия	
8.1.	Геохимия фанининг тарихи, мақсади ва вазифалари	125
8.2.	Геохимиявий аналитик (лаборатория) усуллари	127
8.3.	Геохимиявий кидирув тадқиқот усуллари	130
8.4.	Бирламчи ва иккиламчи ореоллар бўйича литохимиявий суратга олиш	137
8.5.	Кимёвий элементларнинг геохимиявий таснифлари	139
9-боб	Атом ва унинг тузилиши. Атом-молекуляр таълимоти. Радиоактивлик. Изотоплар	
9.1.	Атом ва унинг тузилиши. Атом-молекуляр таълимоти	141
9.2.	Радиоактивлик. Радиоактив изотоплар	144
9.3.	Радиоактив элементларнинг тоғ жинслари ва маъданларнинг ёшини аниқлашдаги аҳамияти	147
10-боб	Кимёвий элементлар миграцияси. Миграция турлари ва кўринишлари. Изоморфизм	
10.1.	Табиатда кимёвий элементларнинг тарқалиши ва учраш шакллари	153
10.2.	Геологик жараёнларда кимёвий элементлар миграциясининг асосий омиллари	154
10.3.	Геохимиявий барьерлар (тўсиклар)	157
10.4.	Изоморфизм	158
11-боб	Ернинг пайдо бўлиши, тузилиши ва кимёвий таркиби. Ер пўсти (литосфера) геохимияси	

11.1.	Ернинг пайдо бўлиши, тузилиши ва кимёвий таркиби	161
12-боб	Атмосфера, биосфера ва гидросфера геохимияси	
12.1.	Атмосфера геохимияси	170
12.2.	Гидросфера геохимияси	173
12.3.	Биосфера геохимияси	175
12.4.	Биосферанинг пайдо бўлиши	178
12.5.	Биокос жисмлар	181
12.6.	Жонли ва жонсиз моддалар орасидаги фарқ	182
Глоссарий		186
Фойдаланилган адабиётлар		188

ЎЗБЕКИСТОН RESPUBLIKASI OLIY TA'LIM,
FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
CHIRCHIQ DAVLAT PEDAGOGIKA UNIVERSITETI
AXBOROT RESURS MARKAZI
1-FILIALI

ЎЗБЕКИСТОН RESPUBLIKASI OLIY TA'LIM,
FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
CHIRCHIQ DAVLAT PEDAGOGIKA UNIVERSITETI
AXBOROT RESURS MARKAZI

Д.Х.Атабаев, Н.Э.Атабаева

ГЕОФИЗИКА ВА ГЕОКИМЁ АСОСЛАРИ

(Ўқув қўлланма)

Мухаррир М.А.Хакимов

Босишга рухсат этилди 04.12.2017 й. Бичими 60X84 ¹/₁₆.
Босма табағи 12,0. Шартли босма табағи 15,0. Адади 100 нусха.
Буюртма № 37.

“Университет” нашриёти. Тошкент, Талабалар шаҳарчаси, ЎзМУ
маъмурий биноси.
Ўзбекистон Миллий университети босмахонасида босилди. Тошкент,
Талабалар шаҳарчаси, ЎзМУ.

- 5153-2

