

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

ОЛИЙ ТАЪЛИМ ТИЗИМИ ПЕДАГОГ ВА РАЎБАР КАДРЛАРИНИ
ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШНИ
ТАШКИЛ ЭТИШ БОШ ИЛМИЙ - МЕТОДИК МАРКАЗИ

МИРЗО УЛУҒБЕК НОМИДАГИ ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ПЕДАГОГ КАДРЛАРНИ ҚАЙТА
ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШ ТАРМОҚ
(МИНТАҚА) МАРКАЗИ

«ЕР ФИЗИКАСИ»

МОДУЛИ БЎЙИЧА

Ў Қ У В – У С Л У Б И Й М А Ж М У А

Тошкент 2021

Модулнинг ўқув-услубий мажмуаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2020 йил 7 декабрдаги 648-сонли буйруғи билан тасдиқланган ўқув дастури ва ўқув режасига мувофиқ ишлаб чиқилган.

Тузувчи: **Д.Х. Атабаев** – геология ва минералогия фанлари доктори, доцент

Такризчи: **Катцухиро Накамуро** ЎзМУнинг физика факультети ҳамда Осака шаҳар университетининг нафақадаги профессори (**Япония**).

Ишчи ўқув дастури Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий Университети Кенгашида тавсия қилинган (2021 йил “24” августдаги 1-сонли баённома)

МУНДАРИЖА

I. ИШЧИ ДАСТУР	3
II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ.....	3
III. НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ	11
IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ	149
V. ГЛОССАРИЙ	156
VI. АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ	160

I. ИШЧИ ДАСТУР

Кириш.

Дастур Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 12 июндаги “Олий таълим муассасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чоратadbирлари тўғрисида”ги ПФ-4732-сонли, 2017 йил 7 февралдаги “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги ПФ-4947-сонли Фармонлари, шунингдек 2017 йил 20 апрелдаги “Олий таълим тизимини янада ривожлантириш чоратadbирлари тўғрисида”ги ПҚ-2909-сонли қарорида белгиланган устивор вазифалар мазмунидан келиб чиққан ҳолда тузилган бўлиб, у замонавий талаблар асосида қайта тайёрлаш ва малака ошириш жараёнларининг мазмунини такомиллаштириш ҳамда олий таълим муассасалари педагог кадрларининг касбий компетентлигини мунтазам ошириб боришни мақсад қилади.

Жамият тараққиёти нафақат мамлакат иқтисодий салоҳиятининг юксаклиги билан, балки бу салоҳият ҳар бир инсоннинг камол топиши ва уйғун ривожланишига қанчалик йўналтирилганлиги, инновацияларни тадбиқ этилганлиги билан ҳам ўлчанади. Демак, таълим тизими самарадорлигини ошириш, педагогларни замонавий билим ҳамда амалий кўникма ва малакалар билан қуроллантириш, чет эл илғор тажрибаларини ўрганиш ва таълим амалиётига тадбиқ этиш бугунги куннинг долзарб вазифасидир. “Нефт ва газни геофизик усуллар билан қидириш” модули айнан мана шу йўналишдаги масалаларни ҳал этишга қаратилган.

Модулнинг мақсади ва вазифалари

“Ер физикаси” модулининг мақсади: педагог кадрларни қайта тайёрлаш ва малака ошириш курси тингловчиларининг регионал сейсморазведка ва сейсмология маълумотларидан фойдаланиб, Ернинг тезлик, зичлик, магнит ва термик моделларини қуриш, Ер физикаси маълумотларидан регионал геофизиканинг амалий масалаларини ечиш бўйича билим, кўникма ва компетенцияларини ривожлантириш.

“Ер физикаси” модулининг вазифалари:

- Ернинг асосий қатламларини ётиш чуқурликларини сейсмик тўлқинлар тезликларини таҳлил қилиш орқали аниқлаш;
- Ернинг зичлик, магнит ва термик параметрларини ҳисоблаш;
- регионал сейсморазведка ва сейсмология маълумотларидан фойдаланиб, Ернинг тезлик моделларини қуриш;

Ернинг зичлик, магнит ва термик моделларини қуриш;

Ер физикаси маълумотларидан регионал геофизиканинг амалий масалаларини ечиш ҳақида назарий ва амалий билимларни, кўникма ва малакаларни шакллантиришдан иборат.

Модул бўйича тингловчиларнинг билими, кўникмаси, малакаси ва компетенцияларига қўйиладиган талаблар

“Ер физикаси” модулини ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида:

Тингловчи

- Олам, Қуёш системаси ва Ернинг ҳосил бўлиши гипотезаларини;
- Ернинг шакли, геоид тушунчаларини;
- Сейсмологик маълумотлар бўйича Ернинг ички тузилиши ва тоғ жинсларнинг ҳолатини;
- Ер ва Ер пўстининг тузилиши ва уни ўрганиш усулларини;
- Зилзилалар физикасини;
- Ернинг гравитация майдонини;
- Ер қатламларининг зичликлари, оғирлик кучи майдони ва босимини;
- Ернинг гравитация майдони вариацияларини;
- Ернинг магнит майдони, уни ҳосил бўлиши гипотезаларини;
- Геомагнит майдони вариацияларини;
- Ернинг иссиқлик майдони манбаларини;
- Ерда иссиқлик ўтказиш усулларини;
- Ернинг иссиқлик моделларини;
- Ер қатламларининг реологияси ва ундаги чегараларнинг табиатини;
- Ернинг физик майдонлари ва уларнинг геодинамик жараёнлар билан боғлиқлигини билиши керак.

Тингловчи:

- Ернинг асосий қатламларини ётиш чуқурликларини сейсмик тўлқинлар тезликларини таҳлил қилиш орқали аниқлаш;
- Ернинг зичлик, магнит ва термик параметрларини ҳисоблаш;
- регионал сейсморазведка ва сейсмология маълумотларидан фойдаланиб, Ернинг тезлик моделларини қуриш;
- Ернинг зичлик, магнит ва термик моделларини қуриш **кўникма** ва **малакаларига** эга бўлиши лозим;

Тингловчи:

- Фойдали қазилма конлари билан боғлиқ геофизик майдонларнинг параметрлари, хусусиятлари ва уларнинг Ер ҳақида фанлар билан ўзаро боғлиқ ҳолда инетпретациялаш ва геологик талқин қилиш;
- Ер пўстининг геологик тектоник ривожланиши бўйича мураккаб тузилиши ўрганишда геофизик усулларининг мақбул комплексини қўллаш ва уларни геологик инетпретациялаш;
- Ер физикаси маълумотларидан регионал геофизиканинг амалий масалаларини ечиш **компетенцияларни эгаллаши лозим.**

Модулни ташкил этиш ва ўтказиш бўйича тавсиялар

“Ер физикаси” модули маъруза ва амалий машғулотлар шаклида олиб борилади.

Модулни ўқитиш жараёнида таълимнинг замонавий методлари, педагогик технологиялар ва ахборот-коммуникация технологиялари қўлланилиши назарда тутилган:

- маъруза дарсларида замонавий компьютер технологиялари ёрдамида презентацион ва электрон-дидактик технологиялардан;

- ўтказиладиган амалий машғулотларда техник воситалардан, экспресс-сўровлар, тест сўровлари, ақлий ҳужум, гуруҳли фикрлаш, кичик гуруҳлар билан ишлаш, коллоквиум ўтказиш, ва бошқа интерактив таълим усуллари қўллаш назарда тутилади.

Модулнинг ўқув режадаги бошқа модуллар билан боғлиқлиги ва узвийлиги

“Ер физикаси” модули мазмуни ўқув режадаги “Қудуқлардаги геофизик ва геологик-технологик тадқиқотлар” ва “Геофизикадаги замонавий қайта ишлаш ва интерпретациялаш комплекслари”, “Нефть ва газ конларини қидириш ва разведка қилишнинг геофизик усуллари” ўқув модуллари билан узвий боғланган ҳолда педагогларнинг нефть ва газни геофизик усуллар билан қидириш бўйича касбий педагогик тайёргарлик даражасини оширишга хизмат қилади.

Модулнинг олий таълимдаги ўрни

Модулни ўзлаштириш орқали тингловчиларнинг касбий-педагогик компетенцияларини такомлаштириш таълим сифатини оширишга ёрдам беради.

“Ер физикаси”” модул бўйича соатлар тақсимооти

№	Модул мавзулари	Тингловчининг ўқув юкلامаси, соат				
		Ҳаммаси	Аудитория ўқув юкلامаси			Мустақил таълим
			Жами	жумладан		
				Назарий	Амалий машғулот	
1.	Ернинг ички тузилиши ва чуқурликдаги геодинамикаси муаммолари	4	4	2	2	

2.	Ернинг гравитацион ва магнит майдонлари	8	8	4	4	
3.	Ернинг иссиқлик майдони	6	6	2	4	
	Жами:	18	18	8	10	

НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

1 - Мавзу: Ернинг ички тузилиши ва чуқурликдаги геодинамикаси

Ернинг ички тузилиши ва чуқурликдаги геодинамикаси муаммолари. Олам, Қуёш системаси ва Ернинг ҳосил бўлиши гипотезалари. Ернинг шакли, геоид ҳақида тушунча. Сейсмологик маълумотлар бўйича Ернинг ички тузилиши ва тоғ жинсларнинг ҳолати.

2 - Мавзу: Ернинг гравитацион ва магнит майдонлари.

Зилзилалар физикаси. Ернинг гравитация майдони. Ер қатламларининг зичликлари, оғирлик кучи майдони ва босим. Ернинг гравитация майдони вариациялари. Ернинг магнит майдони, уни ҳосил бўлиши гипотезалари.

3 - Мавзу: Геомагнит майдони вариациялари

Ернинг иссиқлик майдони манбалари. Ерда иссиқлик ўтказиш усуллари. Ернинг иссиқлик моделлари. Ер қатламларининг реологияси ва ундаги чегараларнинг табиати. Асосий геодинамика концепциялари.

АМАЛИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

1-амалий машғулот

Мавзу: Ернинг ички тузилиши ва чуқурликдаги геодинамикаси

Ернинг ички тузилиши ва чуқурликдаги геодинамикаси муаммолари. Олам, Қуёш системаси ва Ернинг ҳосил бўлиши гипотезалари. Ернинг шакли, геоид ҳақида тушунча. Сейсмологик маълумотлар бўйича Ернинг ички тузилиши ва тоғ жинсларнинг ҳолати.

2-амалий машғулот

Мавзу: Ернинг гравитацион ва магнит майдонлари.

Зилзилалар физикаси. Ернинг гравитация майдони. Ер қатламларининг зичликлари, оғирлик кучи майдони ва босим. Ернинг гравитация майдони вариациялари. Ернинг магнит майдони, уни ҳосил бўлиши гипотезалари.

3-амалий машғулот

Мавзу: Геомагнит майдони вариациялари

Ернинг иссиқлик майдони манбалари. Ерда иссиқлик ўтказиш усуллари. Ернинг иссиқлик моделлари. Ер қатламларининг реологияси ва ундаги чегараларнинг табиати. Асосий геодинамика концепциялари.

ЎҚИТИШ ШАКЛЛАРИ

Мазкур модулни ўқитиш жараёнида таълимнинг замонавий методлари, педагогик технологиялар ва ахборот-коммуникация технологиялари қўлланилиши назарда тутилган:

- маъруза дарсларида замонавий компьютер технологиялари ёрдамида презентацион ва интерфаол педагогик (Ақлий ҳужим, Венн диаграммаси, концептуал жадвал) усул ва технологиялардан фойдаланилади;

II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТРЕФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ.

“SWOT-таҳлил” методи.

Методнинг мақсади: мавжуд назарий билимлар ва амалий тажрибаларни таҳлил қилиш, таққослаш орқали муаммони ҳал этиш йўлларни топишга, билимларни мустаҳкамлаш, такрорлаш, баҳолашга, мустақил, танқидий фикрлашни, ностандарт тафаккурни шакллантиришга хизмат қилади.

Нефть ва газни геофизик усуллар билан қидириш фанининг SWOT таҳлилини ушбу жадвалга туширинг.

“Кейс-стади” методи

«Кейс-стади» - инглизча сўз бўлиб, («case» – аниқ вазият, ҳодиса, «stadi» – ўрганмоқ, таҳлил қилмоқ) аниқ вазиятларни ўрганиш, таҳлил қилиш асосида ўқитишни амалга оширишга қаратилган метод ҳисобланади. Мазкур метод дастлаб 1921 йил Гарвард университетида амалий вазиятлардан иқтисодий бошқарув фанларини ўрганишда фойдаланиш тартибида қўлланилган. Кейсда очиқ ахборотлардан ёки аниқ воқеа-ҳодисадан вазият сифатида таҳлил учун фойдаланиш мумкин. Кейс ҳаракатлари ўз ичига қуйидагиларни қамраб олади: Ким (Who), Қачон (When), Қаерда (Where), Нима учун (Why), Қандай/ Қанақа (How), Нима-натижа (What).

“Кейс методи” ни амалга ошириш босқичлари

Иш босқичлари	Фаолият шакли ва мазмуни
1-босқич: Кейс ва унинг ахборот таъминоти билан таништириш	<ul style="list-style-type: none"> ✓ якка тартибдаги аудио-визуал иш; ✓ кейс билан танишиш(матнли, аудио ёки медиа шаклда); ✓ ахборотни умумлаштириш; ✓ ахборот таҳлили; ✓ муаммоларни аниқлаш
2-босқич: Кейсни аниқлаштириш ва ўқув топшириғни белгилаш	<ul style="list-style-type: none"> ✓ индивидуал ва гуруҳда ишлаш; ✓ муаммоларни долзарблик иерархиясини аниқлаш; ✓ асосий муаммоли вазиятни белгилаш
3-босқич: Кейсдаги асосий муаммони таҳлил этиш орқали ўқув топшириғининг ечимини излаш, ҳал этиш йўллари ишлаб чиқиш	<ul style="list-style-type: none"> ✓ индивидуал ва гуруҳда ишлаш; ✓ муқобил ечим йўллари ишлаб чиқиш; ✓ ҳар бир ечимнинг имкониятлари ва тўсиқларни таҳлил қилиш; ✓ муқобил ечимларни танлаш
4-босқич: Кейс ечимини ечимини шакллантириш ва асослаш, тақдимот.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ якка ва гуруҳда ишлаш; ✓ муқобил вариантларни амалда қўллаш имкониятларини асослаш; ✓ ижодий-лойиҳа тақдимотини тайёрлаш; ✓ якуний хулоса ва вазият ечимининг амалий аспектларини ёритиш

Венн Диаграммаси методи

Методнинг мақсади: Бу метод график тасвир орқали ўқитишни ташкил этиш шакли бўлиб, у иккита ўзаро кесишган айлана тасвири орқали ифодаланади. Мазкур метод турли тушунчалар, асослар, тасавурларнинг анализ ва синтезини икки аспект орқали кўриб чиқиш, уларнинг умумий ва фарқловчи жиҳатларини аниқлаш, таққослаш имконини беради.

Методни амалга ошириш тартиби:

- иштирокчилар икки кишидан иборат жуфтликларга бирлаштириладилар ва уларга кўриб чиқиладиган тушунча ёки асоснинг ўзига хос, фарқли жиҳатларини (ёки акси) доиралар ичига ёзиб чиқиш таклиф этилади;

- навбатдаги босқичда иштирокчилар тўрт кишидан иборат кичик гуруҳларга бирлаштирилади ва ҳар бир жуфтлик ўз таҳлили билан гуруҳ аъзоларини таништирадилар;

- жуфтликларнинг таҳлили эшитилгач, улар биргалашиб, кўриб чиқиладиган муаммо ёхуд тушунчаларнинг умумий жиҳатларини (ёки фарқли) излаб топадилар, умумлаштирадилар ва доирачаларнинг кесишган қисмига ёзадилар.

“Брифинг” методи

“Брифинг”- (инг. briefing-қисқа) бирор-бир масала ёки саволнинг муҳокамасига бағишланган қисқа пресс-конференция.

Ўтказиш босқичлари:

1. Тақдимот қисми.
2. Муҳокама жараёни (савол-жавоблар асосида).

Брифинглардан тренинг яқунларини таҳлил қилишда фойдаланиш мумкин. Шунингдек, амалий ўйинларнинг бир шакли сифатида қатнашчилар билан бирга долзарб мавзу ёки муаммо муҳокамасига бағишланган брифинглар ташкил этиш мумкин бўлади. Талабалар ёки тингловчилар томонидан яратилган мобил иловаларнинг тақдимотини ўтказишда ҳам фойдаланиш мумкин.

III. НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ

1-МАВЗУ: Ернинг ички тузилиши ва чуқурликдаги геодинамикаси.

Режа

1. Ернинг ички тузилиши ва чуқурликдаги геодинамикаси муаммолари.
2. Олам, Қуёш системаси ва Ернинг ҳосил бўлиши гипотезалари.
3. Сейсмологик маълумотлар бўйича Ернинг ички тузилиши ва тоғ жинсларининг ҳолати.

Таянч иборалар: Сейсмология, гипоцентр, эпицентр, балл, магнитуда, прогноз, Мохо чегараси, Конрад чегараси, Рихтер шкаласи, PREM модели. Гипотеза, нептунист, плутонист, геодезия, геотектоника, эволюционизм, контракция, фиксизм, мобилизм, неомобилизм.

ЕР — Қуёш системасидаги Қуёшдан узоқлиги жихатдан учинчи (Меркурий, Венера сайёраларидан кейин) сайёра. У ўз ўқи атрофида ва айланага жуда яқин бўлган эллиптик орбита бўйича Қуёш атрофида айланиб туради. Ҳажми ва массаси жихатидан Ер катта сайёралар ичида (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептундан кейин) бешинчи ўринда. Ерда хаёт борлиги билан у Қуёш системасидаги бошқа сайёралардан фарқ қилади. Бирок хаёт материя тараққиётининг табиий босқичи бўлганлиги сабабли Ерни коинотнинг хаёт мавжуд бўлган ягона. космик жисми, хаётнинг Ер даги шакллари эса мавжудотнинг ягона шакллари деб бўлмайди (қ. Ердан ташқаридаги цивилизациялар). Ҳозирги замон космогония назарияларига кўра, Е. Қуёш атрофидаги фазода газчанг ҳолатда бўлган кимёвий элементларнинг гравитацион конденсатланиши (бирбирига қўшилиши) йўли билан 4,7 млрд. йил муқаддам пайдо бўлган. Ер таркиб топиб бораётган вақтда радиоактив элементларнинг парчаланиши натижасида ажралиб чиқадиган иссиқлик ҳисобига Ернинг ички қисми аста-секин қизиб, Ер моддасининг дифференцияланишига олиб келган, оқибатда Ернинг

концентрик жойлашган турли қатламлари — кимёвий таркиби, агрегат ҳолати ва физик хоссалари жиҳатидан бир-биридан фарк қиладиган геосфералари ҳосил бўлган. Ер ички қисмининг тузилиши, сейсмик тўлқинларнинг ер сирти ва бутун ҳажми бўйича тарқалишини тадқиқ этиш асосида аниқланган. Бу тўлқинлар бўйлама ва кўндаланг тўлқинлар бўлиб, уларнинг Ер ички қисмини ташкил этган қаттиқ, суюқ қатламларида тарқалиши турлича қўриниш касб этади. Бу замонавий методлар асосида Ер ички қатламларини ўрганиш қуйидаги натижаларни берди. Ер пўсти деб аталувчи қатлам ўртача 30 км қалинликка эга бўлиб, унинг остидаги Ер мантияси 2900 км чуқурликкача боради. Ундан пастда — 5500 км ли чуқурликкача суюқ ташқи ядро жойлашган бўлиб, марказда диаметри 1500 км чамасидаги қаттиқ субъядро ётади. Ердан ташқарида ташқи геосфералар — сув сфераси (гидросфера) ва ҳаво сфераси (атмосфера) жойлашган. Ер юзасининг катта қисмини Дунё океани эгаллайди (361,1 млн. км² ёки 70,8%), қуруқлик 149,1 млн. км² (29,2%) ни ташкил этади (қуруқлик олти катта материк ва кўпдан-кўп ороллардан иборат). Евросиё материги икки қитъага: Европа ва Осиёга бўлинади, Шим. ва Жан. Америка материклари эса бир қитъа ҳисобланади, баъзан Тинч океан ороллари Океания деб аталади ва одатда унинг майдони Австралия билан қўшиб қисобланади. Материклар Дунё океанини Тинч, Атлантика, Ҳинд ва Шим. Муз океанларига ажратиб юборган, баъзи тадқиқотчилар Атлантика, Тинч ва Ҳинд океанларининг Антарктида ёнидаги қисмларини Жан. океан деб алоҳида ажратадилар. Ернинг Шим. ярим шари, асосан, қитъалардан (қуруқлик 39%), Жан. ярим шари — океанлардан (қуруқлик атиги 19%) иборат. Ғарбий ярим шарнинг кўп қисми сув, Шарқий ярим шарнинг кўп қисми эса қуруқликдир. Ернинг энг баланд нуқтаси билан энг паст нуқтаси орасидаги фарқ қарийб 20 км га етади, дунёдаги энг баланд Жомолунгма (Эверест) чўққиси (Ҳи-молай тоғларида) 8848 м бўлса, энг чуқур Мариана сув ости ботиғи (Тинч океанда) 11022 м дир.

Ер гравитацион (тортиш), иссиклик, магнит ва электр майдонларига эга. Ернинг гравитацион кучи Ой ва сунъий йўлдошларни Ер орбитасида тутиб туради. Ернинг сферик (думалок) шаклда бўлиши, Ер усти рельефининг кўп хусусиятлари, дарёлар оқими, музликлар силжиши ва б. жараёнлар ҳам гравитацион майдон оқибатидир. Магнит майдони Ер ядроси ва мантиядаги турли жараёнлардан келиб чиқади (қ. Ер магнетизми). Ернинг электр майдони ҳам магнит майдони билан чамбарчас боғлиқ (қ. Атмосфера электри). Атмосфера ва магнитосферада бирламчи космик омиллар катта ўзгаришга учрайди. Космик нурлар, қуёш шамоли, қуёшнинг рентген, ультрабинафша, оптик ва радио нурлари ютилади ва б. ўзгаришларга учрайди, бу эса Ер юзасидаги жараёнлар учун муҳим аҳамиятга эга. Магнитосфера, хусусан, атмосфера электромагнит ва корпускуляр радиациянинг кўп қисмини тутиб қолиб, тирик организмларни унинг ҳалокатли таъсиридан сақлайди. Ер Қуёшдан 1,7-10¹⁷ Ж/с микдорида нур энергияси олади, лекин унинг атиги 50% Е. юзасигача етиб келади ва Ер юзасидаги кўп жараёнларнинг энергия манбаи булиб хизмат қилади. Ер юзаси, гидросфера, шунингдек, атмосфера ва Ер пўстининг ер юзасига яқин қатламлари географик қобик ёки ландшафт қобиғи деган умумий ном билан аталади. Ҳаёт географик қобикқа пайдо булган. Тирик модда айна пайтда геологик куч ҳам бўлиб, географик қобикни тубдан ўзгартириб юборган. Ернинг ҳаёт ва био-ген маҳсулотлар тарқалган соҳаси биосфера деб аталадиган бўлди. Ер, унинг шакли, тузилиши ва Коинотда тутган ўрни тўғрисидаги ҳоз. билимлар узоқ даврлар давомидаги изланишлар жараёнида таркиб топди. Қадимда (мил. ав. 7-аср Фалес) Е. ни — сув билан ўралган ясси жисм деб, кейинроқ (мил. ав. 6-аср Анаксимандр) цилиндрик шаклда деб ва, ниҳоят, мил. ав. 6-аср 2-ярмида (Пифагор) шар шаклида деб тасаввур қилдилар. Мил. ав. 4-аср да Аристотель Ойнинг Ер соясига кириш (Ой тутилиши) ҳодисасини ўрганиб, Ернинг шар шаклдалигини биринчи бўлиб исбот қилди. Ернинг диаметрини мил. ав. 3-асрда александриялик Эратосфен етарлича катта

аниқликда ўлчади. 9-асрда Хоразмий ва Аҳмад ал-Фарғоний Е. меридиани ёйини ўлчаш асосида Ер диаметрини янада аниқроқ ўлчашга эришдилар. Ер радиуси узунлигини ва Г узунликни қиялик бурчагининг пасайиши ёрдамида оддий усулда ўлчаган олим Абу Райҳон Беруний ҳисобланади. Узок йиллар Ер— Коинот маркази деб қаралди. Фақат 16-асрга келиб, сайёраларнинг юлдузлар фонидаги сиртмоқсимон ҳаракатларини тушунтириш асосида поляк астрономи Н. Коперник Ер Қуёш атрофида айланувчи оддий сайёралардан бири эканлигини исбот қилди.

17-аср бошларида немис астрономи И. Кеплер томонидан сайёралар қаракати қонуни кашф этилиб, 1687 йилда И. Ньютон томонидан Бутун олам тортишиш қонуни исбот қилинганидан сўнг гелиоцентрик система назарияси узил-кесил қарор топди. «Қаттиқ» Ер тузилиши, асосан, 20-асрда сейсмология ютуқлари туфайли аниқланди. Элементларнинг радиоактив парчаланиши ҳодисаси кашф этилгач, кўпгина фундаментал концепцияларни қайта кўриб чиқишга тўғри келди. Жумладан, Ер энг аввал суюқ олов эди, деган тушунча ўрнига Ер қаттиқ совуқ зарралардан вужудга келган деган назария пайдо бўлди (қ. Шмидт гипотезаси). Тоғ жинсларининг мутлақ ёшини аниқлашнинг радиоактив методлари ишлаб чиқилди. Бу эса Ер тарихи қанча давом этганини, ер юзаси ва бағридаги жараёнларнинг тезлигини аниқлашга имкон берди. 20-асрнинг 2-чи ярмида ракета ва сунъий йўлдошлардан фойдаланиб, атмосферанинг юқори қатламлари ва магнитосфера ҳақида тасаввурлар шаклланди. Ернинг массаси 5976-6021 кг, бу эса Қуёш массасининг 1/330000 қисмига тенг. Қуёшнинг тортиш қучи таъсирида Е. Қуёш системасидаги бошқа сайёралар каби, Қуёш атрофида доирадан жуда оз фарқ қиладиган эллиптик орбита бўйлаб айланади. Қуёш Ернинг эллиптик орбитаси фокусларидан бирида туради. Шунинг учун ҳам Ер билан Қуёш орасидаги масофа йил давомида 147,117 млн. км дан (перигелийла) 152,083 млн. км гача (афелийла) ўзгариб туради. Ер орбитасининг 149,6 млн. км га тенг катта ярим ўқи Қуёш системаси доирасида масофаларни ўлчашда бирлик деб қабул қилинади

(қ. Астрономик бирлик). Е. нинг орбита бўйлаб қиладиган ҳаракат тезлиги, ўрта ҳисобда, 29,765 км/с бўлиб, 30,27 км/с дан (перигелийда) 29,27 км/с гача (афелийда) ўзгариб туради. Е. Қуёш билан бирга Галактика маркази атрофида ҳам айланади, галактик айланиш даври 200 млн. йилга яқин вақтга тенг, ҳаракатнинг ўртача тезлиги 250 км/с. Энг яқин юлдузларга нисбатан Қуёш Ер билан бир-галикда Геркулес юлдузлар туркумига томон ~ 19,5 км/с тезликда ҳаракат қилади. Ернинг Қуёш атрофида айланиш даври йил деб аталади ва Ер ҳаракати осмон жисмларининг қайси бирига ва осмон гумбазининг қайси нуқтасига нисбатан олиншига қараб йил ҳар хил аталади. Қуёш марказининг баҳорги тенгкунлик нуқтасидан икки марта кет-ма-кет ўтиши учун кетган вақтга тропик йил деб аталади. Тропик йил Қуёш тақвимлари учун асос қилиб олинган ва у 365,2422 ўртача қуёш суткасига тенг (қ. Тақвим).

Бошқа сайёраларнинг тортиши таъсирида эклиптика текислигининг ҳолати ва Ер орбитасининг шакли млн. йиллар мобайнида секин ўзгаради. Бунда эклиптиканинг Лаплас текислигига оғишганлиги 0° дан $2,9^\circ$ гача, Ер орбитаси эксцентриситети эса 0 дан 0,067 гача ўзгаради. Ҳоз. эксцентриситет 0,0167 га тенг булиб, йилига 4-10~7 дан камая боради. Олам Шим. Қутбидан туриб Ер шарига қаралса, Ернинг орбита бўйлаб соат милага тескари йуналишда айланаётганини қўриш мумкин бўлар эди. Гравитация, Ернинг ўз ўқи атрофида айланиши натижасида юзага келадиган марказдан қочма куч, шунингдек, рельеф ҳосил қилувчи ички ва ташқи кучлар таъсирида Ер мураккаб шаклга кирган. Гравитацион потенциалнинг сатҳ юзаси (яъни ҳамма нуқталарда шокул йўналишига перпендикуляр (тик) бўлган ва океан сатҳига тўғри келадиган юза) тақрибан Ер шакли деб қабул қилинган (бунда океанларда тўлқин, сув кўтарилиши, оқим ва атмосфера босими таъсирида сув сатҳининг ўзгариб туриши эътиборга олинмайди). Бу геоид шакл деб аталади. Ана шу юза билан чегараланган қажм Ер қажми деб ҳ. исобланади (қитъаларнинг денгиз сатҳидан юқори жойлашган қисмлари ҳажми бунга

кирмайди). Геодезия, харитаграфия ва б. да бир қанча илмий ва амалий масалаларни ҳал қилиш учун Ер шаклининг эллипсоид юзасини Ер шакли деб қабул қилинади. Ер эллипсоиди параметрларини, Ер даги ҳолатини, шунингдек, Ернинг гравитацион майдонини билиш, сунъий космик жисмларнинг ҳаракат қонунларини ўрганадиган астродинамикада катта аҳамиятга эга (қ. Геодезия, Гравиметрия). Ер шар шаклида деб ҳисобланса, экватордаги ҳар бир нуқта 462 м/с, ср кенгликдаги нуқталар эса $463 \cos \phi$ (м/с) тезлик билан ҳаракатланади. Айланиш чизикли тезлигининг, бинобарин марказдан қочма кучнинг кенликка боғлиқлиги турли кенликларда оғирлик кучи тезланишининг турлича бўлишига олиб келади. Ернинг айланиш ўқи эклиптика текислигига туширилган перпендикулярдан $23^{\circ}26,5'$ оғишгандир (20-а. урталарида); ҳозир бу бурчак йилига $0,47''$ дан кичрайиб бормоқда. Е. Қуёш атрофида орбита бўйлаб ҳаракат қилганда айланиш ўқи фазода доимий йўналишини деярли сакдайдди. Бу эса пил фасллари ҳосил қилади. Ернинг ўз ўқи атрофида айланиши натижасида қун ва тун ҳосил бўлади. Ернинг ўз ўқи атрофида бир марта айланиш даври сутка дейилади. Ой, Қуёш ва б. сайёраларнинг гравитацион таъсирида Ер ўқи қиялиги ва орбитаси эксцентриситетининг узок, давом этадиган даврий ўзгаришлари юзага келади, бу эса, ўз навбатида, иклимнинг кўп асрлар давомида қисман ўзгариб боришига сабаб бўлади.

Ой ва Қуёшнинг тортиши таъсирида Ернинг айланиш даври мунтазам равишда ортиб бормоқда. Ойнинг тортиши атмосфера, сув қобиғи ва «қаттиқ» Е. да ҳам деформацияланишни юзага келтиради. Ой тортиши натижасида Ер пўстидаги кўтарилиш-пасайиш амплитудаси 43 см га, очик океанда кўпи билан 2 м га етади; атмосферада эса босим бир неча юз Н/ м² (бир неча мм смм. уст.)гача ўзгаради. Кўтарилиш-пасайиш ҳаракатида рўй берадиган ишқаланиш таъсирида Е.-Ой системаси энергия йўқотади ва ҳаракат миқдори моменти Ердан Ойга ўтади. Оқибатда Ернинг айланиши секинлашади, Ой эса Ердан узокдашади. Ернинг ўз ўқи атрофида айланиш даври бир асрда ўртача бир неча м/с га ортиб бормоқда (500 млн. йил олдин

сутка 20,8 соат бўлган). Ернинг айланиш тезлиги ҳаво массалари ва намликнинг мавсумий алмашилиб туриши натижасида ҳам йил давомида ўзгариб туради. Ер қутблари ботиқ (экватор атрофи массаси каттароқ) булганлиги ва Ой орбитаси Ер экватори текислигида ётмаганлигидан Ойнинг тортиши прецессиями вужудга келтиради, яъни Ер ўқи фазода эклиптика ўқи атрофида секин бурилиб боради ва 26 минг йил деганда бир марта тўлиқ конус сирт чизади. Бу ҳаракатга ўқ йўналишининг даврий тебранишлари — нутация ҳам қушилиб кетади (асосий даври 18,6 йил). Айланиш уқининг Ер танасига нисбатан ҳолати даврий равишда ҳам (бунда қутблар уртача ҳолатдан 10—15 м оғади), асрлар давомида ҳам ўзгариб туради, Шим. қутбнинг Уртача ҳолати Шим. Америка томонга йилига – 11 см дан сурилиб боради (қ. Географик қутблар). Ернинг тузилиши. Магнитосфера. Ернинг энг ташқи ва энг калин пўсти Ерга энг яқин фазо — магнитосфера, унинг физик хоссалари Ер магнит майдонида ва бу майдоннинг космик зарралар оқими б-н ўзаро таъсирлашувига боғлиқ. Космик зондлар ва Ер сунъий йўлдошлари ёрдамида олиб борилган текширишлар Ер доимо Қуёшдан келадиган корпускуляр заррачалар оқими (куёш шамоли)да туришини кўрсатади. Ер орбитаси яқинида бу зарралар оқимининг тезлиги 300 дан 800 км/с гача етади. Қуёш плазмасида кучланганлиги ўртача 4,8-10~3 а/м (6 – 10~5)га тенг магнит майдони мавжуд. Қуёш плазмаси оқими Ер магнит майдони билан тукнашганда зарба тўлқини пайдо бўлади, унинг Ер марказидан узоклиги 13—14 R_{eff} га тенг (R_{eff} — Ер радиуси), шу тўлқиндан кейин 20 минг км қалинликдаги қатлам (оралиқ соҳа) келади. Қуёш плазмасидаги магнит майдонида зарралар тартибсиз ҳаракатланади. Бу майдонда плазма т-раси 200 минг даражадан 10 млн. даражагача кўтарилади. Магнитосферага куёш шамоли оралиқ соҳа орқали утади. Оралиқ соҳа б-н магнитосфера чегараси — магнитопауза куёш шамолининг динамик босими Ер магнит майдони босими мувозанатлаб турадиган жойдан утади. У Е. марказидан 10—12 R_{eff} (70—80 минг км), қалинлиги 100 км; магнитопауза атрофида магнит майдони кучланганлиги 8-

10 2 а/м (10~3). Қуёш фаоллиги пайдо бўлиши натижасида магнитосфера ўзгаради. Қуёш фаоллиги туфайли қуёш шамоли ва унинг магнит майдонида сезиларли ўзгариш юз беради, яъни магнит бўрони пайдо бўлади. Магнит бўрони туфайли атмосферанинг юқори қатлами қизийди, зарралар ионланиши ортади, тезлашади, қутб ёғдусининг ёрқинлиги кучаяди, электромагнит шовқинлари ҳосил бўлади, қисқа тўлқинли радиоалоқа бузилади ва ҳ. к. Геомагнит майдон Ернинг радиация минтақасини ҳосил қилади, бу эса космик кемаларнинг учиши учун хавфлидир. Атмосфера. Атмосфера ёки Ернинг ҳаво қобиғи деганда «қаттиқ» Ерни ўраб олган ва у билан бирга айланадиган газ мухити тушунилади. Атмосферанинг массаси, зичлиги, қатлами тузилиши, атмосферадаги диссоциланиш, ионланиш ва б. ҳақида атмосфера мақоласида ёритилган. Ернинг географик пўстида юз берадиган физик, кимёвий ва биологик жараёнлар учун асосий энергия манбаи, яъни Қуёшдан тарқаладиган электромагнит нурлар Ер сиртига атмосфера орқали ўтади. Атмосфера рентген ва гамма-нурлар (қисқа тўлқинли нурлар) ни ютиб, биосферани зарарли таъсирлардан сақлайди. Атмосферада карбонат ангидрид ва сув буғлари бўлгани учун Қуёш нурланиши энергиясининг 48% Е. сиртига етиб келади. Атмосферада буғ, томчи ва муз кристаллари кўринишида (1,3—1,5)10¹⁶ кг сув бор. Атмосфера бўлмаганда Ер сиртининг йиллик ўртача т-раси — 23° бўлар эди (аслида бу т-ра 14,8° га тенг). Атмосфера космик нурларнинг маълум қисмини ҳам ушлаб қолиб, Ерни метеоритлар зарбасидан сақлайди. Қуруқлик ва денгиз устида, турли баландлик ва турли кенгликларда атмосфера турлича қизигани учун атмосфера босими ҳам турлича тақсимланади. Шу сабабли умумий атмосфера циркуляцияси вужудга келади. Сувнинг айланиб юриши, ёғин-сочин ва уларнинг оқиши атмосфера циркуляцияси билан боғлиқ. Иссиқлик алмашинуви, сувнинг айланиб юриши ва атмосфера циркуляцияси иқлимни вужудга келтирадиган асосий омиллардир. Қуруқлик сиртида ва сув ҳавзаларининг юқори қатламларида юз берадиган турли жараёнларда

атмосфера муҳим роль ўйнайди. Ерда ҳаётнинг ривожланишида атмосферанинг ўрни бекиёс. Гидросфера. Сув қобиғи Ер шари юзасини сидирғасига қоплаган эмас. Гидросфера умумий ҳажмининг қарийб 94% океан ва денгизлардир; 4% ер ости сувларига, 2% муз ва қорларга (асосан, Арктика, Антарктика ва Гренландияда), 0,4% қуруқликдаги сувларга (дарёлар, кўллар, ботқоқликларга) тўғри келади. Атмосфера ва организмларда ҳам сув бор. Ер юзасига бир йилда ёғадиган ёғин миқдори қуруқлик ва океанлар юзасидан бўғланадиган сув миқдорига тенг (қ. Гидросфера). «Қаттиқ» Ер. «Қаттиқ» Е. нинг тузилиши, таркиби ва хусусиятлари ҳақида, асосан, тахм. маълумотларгина мавжуд, чунки Ер пўстининг фақат энг устки қисминигина бевосита кузатиш имконияти бор. Ер қаърининг энг чуқур қатламлари тўғрисидаги маълумотлар эса турли хил билвосита (асосан, сейсмология, гравиметрия, геотермия, магнитометрия, геофизика, Ер тебраниши частотасини ўлчаш ва б.) тадқиқот усуллари б-н олинган. Булардан энг ишончлиси — зилзила тўлқинларининг Ерда тарқалиш йўллари ва тезлигини ўрганишга асосланган сейсмик усулдир. Бу тадқиқотлар асосида Ер 3 геосфера: Ер пўсти, мантия ва ядродан тузилганлиги исботланди. «Қаттиқ» Е. нинг устки қисми — Ер пўсти таркиби ниҳоятда хилма-хил ва энг мураккаб сферадир. Олимларнинг фикрига кўра, Ер пўстининг қалинлиги қуруқликда 20—80 км, океанлар тубида 5—10 км. Ўрта Осиёда Ер пўстининг қалинлиги текисликларда 35 км, тоғлик жойларда 50—80 км. Ер пўсти бир неча типга бўлинади; улардан кўп тарқалганлари материк ва океан ости Ер пўстидир. Материк Ер пўсти 3 қатламдан иборат: устки — чуқинди қатлам (10 км дан 20 км гача), ўрта — шартли равишда «гранит» қатлам деб аталадиган қатлам (10 км дан 40 км гача) ва қуйи — «базальт» қатлами (10 км дан 80 км гача). Океанларда чўқинди қатламнинг қалинлиги аксари бир неча юз м ни ташкил этади. «Гранит» қатлами жуда юққа ёки бутунлай булмайдди. Унинг урнида қалинлиги 1—2,5 км ча булган ва табиати аниқланмаган «иккинчи» қатлам учрайди. «Базальт» қатламининг қалинлиги 5 км чамасида. Ер пўстининг асосий

типларидан ташқари яна «оралик» тузилишига эга бир неча типлари учрайди. Субконтиненталь (баъзи бир архипелаглар тагида) ва субъокеан типлари (қитъа ичкарасида ва чекка денгизларнинг чуқур сувли ботиқларида) шулар жумласидандир. Субконтиненталь пўстда «гранит» ва «базальт» қатламлари бир-биридан унчалик аниқ ажралмаган ва умумлаштирилиб гранит-базальт қатлами деб юритилади. Субъокеан пўсти океан ости Ер пўстига яқин, аммо ундан умумий қалинлиги, шу жумладан чуқинди қатламининг қалинлиги билан фарқ қилади. Ер пўсти 95% отқинди, 5% чўқинди ва метаморфик жинслардан тузилган. Аксарият фойдали қазилма конлар Ер пўстига жойлашган. Ер пўстининг остида Ернинг мантия қобиғи бошланади. Мантиядан Ер пўсти Мохоровичич юзаси билан ажралган.

Мантия 3 қатламдан иборат бўлиб, 2900 км чуқурликкача чўзилиб, уша ерда Ернинг ядроси билан чегараланади. Икки қатлами ю қори мантия (қалинлиги 850—900 км)ни ва 3-қатлам қуйи мантия (қалинлиги 2000 км ча)ни ташкил этади. 1-қатламнинг бевосита Ер пўсти тагидаги устки қисми субстрат дейилади. Ер пўсти субстрат билан биргаликда литосферами ҳосил қилади. Юқори мантиянинг қуйи қисми унинг хоссаларини кашф этган сейсмолог номи билан Гутенберг қатлами (астеносфера) деб аталади. Гутенберг қатламида сейсмик тўлқинларнинг тарқалиш тезлиги ундан юқори ва қуйидаги қатламлардагидан кичикроқ. Астеносфера қуйи мантиядан Голицин қатлами билан ажралган. Голицин қатламида сейсмик тўлқинларнинг тезлиги қуйига томон орта боради (бўйлама тўлқинлар 8—11,3 км/сек, кўндаланг тўлқинлар 4,9—6,3 км/сек га етади) (қ. Ер мантияси). Ҳоз. замо-навий тасаввурларга кура мантиянинг таркиби тош метеоритига яқин. Мантияда кислород, кремний, магний, темир кўп. Ер ядроси (уртача радиуси 3,5 минг км ча) ташқи ядро ҳамда 1,3 минг км радиусли ички ёки субъядрога булинади. Субъядрода сейсмик тўлқинлар деярли бир хил тезликда тарқалади. Уларни бир-биридан қалинлиги 300 км га яқин оралик зона ажратиб туради. «Қаттиқ» Ернинг физик хоссалари ва кимёвий таркиби. Ер ичига чуқур кирган сари зичлик, босим, оғирлик кучи, модданинг

эластиклиги, қайишқоқлиги ва т-ра ўзгариб боради. Е. Пўстининг ўртача зичлиги 2,8, чўкинди қатламники 2,4— 2,5, «гранит» қатламники 2,7, «базальт» қатламники 2,9 т/м³. Е. пўсти билан мантия чегарасида (Мохоровичич юзасида) зичлик 2,9—3,0 дан 3,1—3,5 т/м³ гача етади. Шундан сўнг зичлик аста-секин орта боради ва ядрога бирданига 10,0 т/м³ га етади, кейин яна аста-секин орта бориб, Ер марказида 12,5 т/м³ га тенг бўлади. Ер пўсти ва юқори мантияда т-ра чуқурликка томон кўтарила боради. Мантиядан «қаттиқ» Е. устига томон иссиқ оқим келади; бу оқим Куёшдан келадиган иссиқликдан бир неча минг марта кам. Мантиянинг ҳамма жойида т-ра унинг таркибидаги материалнинг тўла эриш т-расидан паст. Материк Ер пўсти тагида т-ра 600—700° га яқин, Гутенберг қатламида эса эриш нуқтасига яқин (1500—1800°) бўлса керак. Мантиянинг янада чуқур қатламлари ва ядро ҳақида тахм. фикр юритилади. Ядрога т-ра 4000—5000° дан ошмаса керак, кўпчилик тадқиқотчилар фикрича ядро таркибида темир ва никель металлари кўпроқ, бошқалар фикрича мантия ва ядронинг таркиби бир хил, аммо улар хоссаларининг турлилиги катта босимда бўладиган фазали ўтишларга боғлиқ.

Юқори мантиянинг 700 км чуқурликкача бўлган қисмида зилзила ўчоқлари мавжудлиги аниқланган. Бу эса мантияни ташкил этадиган материалнинг мустаҳкамлигидан далолат беради; бундан ҳам чуқурроқ зилзила ўчоқларининг йўқлиги бу ерда модданинг у қадар мустаҳкам эмаслигидан ёки етарли даражада механик кучланиш йўқлигидан дарак беради. Субстратнинг электр ўтказувчанлиги жуда суст; Гутенберг (астеносфера) қатламники эса кучли, бу т-ранинг юқори бўлиши билан боғлиқ бўлса керак деб ҳисоблайдилар, қуйи мантияники, эҳтимол, бундан ҳам кучлироқ. Ер ядросида ўтказувчанлик жуда кучли, бу эса ядрогаги модданинг металллик хоссаларидан дарак беради. Ҳозирги космогоник фаразлар сайёралар, уларнинг йўлдошлари ва метеоритларнинг кимёвий таркиби Куёш таркибига яқин бўлиши кераклигини кўрсатади (қ. Геохимё).

Ер пўстининг деярли ярми кислороддан, тўртдан бирдан кўпроги эса кремнийдан таркиб топган. Алюминий, магний, кальций, натрий ва калий ҳам анчагина. Кислород, кремний, алюминий Е. пўстида энг кўп таркалган бирикмалар — силикат ангидрид (SiO_2) ва алюминий оксид (Al_2O_3)ни ҳосил қилган. Мантия асосан магний ва темирга бой оғир минераллардан иборат. Улардан SiO_2 билан бирикмалар вужудга келган. Субстратда, форстерит (Mg_2SiO_4) энг кўп, ундан чуқурда фаялит (Fe_2SiO_4) улуши орта боради. Қуйи мантияда юқори босим таъсирида бу минераллар оксидлар (SiO_2 , MgO , FeO)га парчаланиб кетган деб тахмин қилинади. Ер ички қисмларидаги моддаларнинг агрегат ҳолати Ер қаъридаги юксак т-ра ва босимга боғлиқ; агарда юқори босим бўлмаганда мантия эриб кетарди, шу сабабли бутун мантия қаттиқ кристалл ҳолатдадир; фақат Гутенберг қатламида т-ранинг таъсири босимдан кучли бўлганлиги сабабли уни аморф ёки қисман эриган ҳолатда деб ҳисоблайдилар. Ташқи ядро суюқ (эриган) ҳолатда бўлса керак, чунки суюқликда тарқала олмайдиган кўндаланг сейсмик тўлқинлар ташқи ядродан ўтмай қолади. Ер магнит майдонининг пайдо бўлиши суюқ ташқи ядро мавжудлигига боғлиқ деб фараз қилинади. Субъядро ҳар ҳолда қаттиқ бўлса керак (узунасига тарқаладиган тўлқинлар субъядро чегарасига яқинлашганда унда кўндаланг тўлқинлар ҳосил қилади). Геодинамик жараёнлар. Ер геосфераларининг моддаси доимий ҳаракатда ва ўзгаришда. Суюқ ва газсимон қобикда бу жараёнлар тез ўтади. Аммо Ер куррасининг ривожланиш тарихининг асосий мағзини деярли қаттиқ моддадан тузилган ички геосфераларнинг анча секин ҳаракатлари ташкил этади. Ер ичида ва юзасида содир бўлаётган жараёнлар 2 асосий гуруҳга ажратилади: ички энергия (асосан, радиоактив пар-чаланиш) таъсирида вужудга келадиган эндоген жараёнлар ва Ерга тушадиган куёш нури энергияси вужудга келтирадиган экзоген жараёнлар. Эндоген жараёнлар, асосан, чуқур геосфералар учун хос. Ер пўстининг қуйи қисмларида, юқори мантия ва янада чуқурроқца жуда катта ҳажмдаги жисмларнинг кўчиши, кенгайиши, сиқилиши, бир фазадан иккинчи фазага

ўтиши, кимёвий элементларнинг кўчиши (миграцияси), иссиқлик ва электр тоқларининг циркуляцияси ва б. содир бўлиб туради. Ана шу жараёнлар таъсирида энгил компонентлар устки геосфераларда, оғир компонентлар чуқур геосфераларда тўплана борган. Эндоген жараёнлар Ер пўстига таъсир этиши натижасида унинг баъзан қисмлари вертикал ҳамда горизонтал йўналишда силжийди, Ер пўстининг ички тузилиши деформацияланади ва ўзгаради. Буларнинг ҳаммаси тектоник жараёнлар бўлиб, бу жараёнлар намоён бўлган жой тектоносфера деб аталади. Тектоник жараёнлар билан ўзаро боғланган ҳолда магматик жараёнлар ҳам содир бўлиб туради, бу жараёнлар натижасида магма пастдан юқорига кўтарилади ва лава хрлатида ёриқлардан Ер юзасига оқиб чиқади (вулканизм). Тектоник деформациялар (дислокациялар) ва магманинг сингиши натижасида тоғ жинслари метаморфизм жараёнига учрайди — юқори босим ва т-ра таъсирида минерал очик таркиби ва структураси ўзгаради.

Ер юзаси ва пўстининг юқори қатламларига экзоген жараёнлар ҳам таъсир этади. Тоғ жинсларнинг нураши, емирилган тоғ жинсларини шамол ва оқар сувлар олиб кетиши, ер юзасининг дарё-сойлар, ер ости сувлари, музликлар томонидан ўзгартириб юборилиши, қуруқликдаги пастликларда, денгиз ва кўлларда тўпланиб қолиб, кейинчалик чўкинди тоғ жинсларига айланиши экзоген жараёнлардир. Эндоген ва экзоген жараёнларнинг ер юзасига таъсири бир-бирига қарама-қарши. Эндоген жараёнлар (асосан, тектоник ҳаракатлар) катта пастбаландликлар ҳрсил қилади, экзоген жараёнлар эса кўтарилган жойларни парчалайди, бўлиб-бўлиб юборади, емирилган маҳсулотларни пастқам жойларга элтади, яъни ер юзасини текислаб, мувозанатни сақлашга интилади. Ички ва ташқи жараёнларнинг ўзаро таъсири натижасида ер юзасида турли хил нотекисликлар пайдо бўлади, натижада ер юзасининг рельефи таркиб топади. Ички ва ташқи кучлар нисбатининг турлича бўлишига қараб тоғлар, адирлар ёки текисликлар ҳосил бўлади.

Эндоген жараёнлар таъсирида Ер ичидаги жинслар унинг юзасига чиқиб қолиб, денудация ва аккумуляцияга учрайди ва чўкинди жинслар ҳосил қиладиган асосий манбалардан бирига айланади. Ер пўсти чўкканда чўкинди жинслар Ер ичига кириб, эндоген жараёнлар таъсирига тортилади, баъзан эриб магмага айланади ва яна тектоник ҳаракатлар таъсирида Ер юзасига чиқиб қолади. Ер пўсти структурасининг асосий хусусиятлари. Ер пўсти — ички геосфералар ичида бевосита ўрганиш имконияти бўлган ягона геосфера. Шунинг учун ҳам Ер пўстининг структурасини ўрганиш фақат Ер пўстини эмас, балки умуман Ернинг ривожланиши тарихи тўғрисида фикр юритиш учун муҳимдир. Ер пўсти 2 асосий қисм — материк Ер пўсти ва океан ости Ер пўстидан иборат, шулардан материклар Ер пўсти яхшироқ ўрганилган. Материкдаги Ер пўстининг энг қад. таркибий унсурлари қад. (токембрий) платформалар — тектоник жиҳатдан кам ҳаракат қиладиган (барқарор) кенг куруқликлардир. Платформа ҳудудларининг анчагина қисми геологик тарих давомида деярли горизонтал ётган чўкинди жинслар билан қопланган плиталарга айланган. Уларнинг остида қад. бурмаланган фундамент жойлашган. Бундай фундамент чўкинди жинслар бўлмаган қалқонларда ер юзасига чиқиб қолган ва бурмаланган метаморфик жинслардан ташкил топган, буларни асосан гранит таркибли чуқур магматик интрузиялар ёриб чиққан. Қад. платформалар бир-биридан фаол геосинклиналь минтақалар билан ажралган; геосинклиналь минтақалар бир қанча геосинклиналь системалардан иборат. Геосинклиналь минтақалар узунасига ўнларча минг км га чўзилган, уларда Ер пўсти қалин, катта амплитудали вертикал қаракатлар содир бўлган, тоғ жинслари кучли бурмаланган, вулкан ҳаракатлари фаоллашган ва сейсмик ҳаракатлар шиддатли тус олган. Океан ости Ер пўсти кам ўрганилган ва бу соҳада кўпроқ фараз қилинади. Кенг ва нисбатан текис бўлган океан тубида вулканизм кам, сейсмик ҳаракатлар суст, Ер пўстининг вертикал ҳаракатлари секин ўтади. Бундай майдонлар океан платформалари деб аталади. Айни вақтда океан остида тектоник ҳаракатлар бўлиб турадиган зоналар ҳам бор,

улар океан рифт минтақалари деб аталади ва бутун океанлар бўйлаб ўрталик тоғ тизмалари шаклида чўзилиб ётади. Уларда вулканизм, кучли сейсмиклик ва Ер қаъридан келадиган иссиқлик оқими катта. Тизмалари бўйлама кетган ер ёриқлари билан мураккаблашган шундай жойларда қатор чуқур рифт ботиклари пайдо бўлган. Материк ва океан ости Ер пўстларининг ўзаро структуравий нисбатига кўра уларнинг бир-биридан принципал фарк қиладиган 2 типини ажратиш мумкин. Атлантика типи деб аталувчи биринчиси, асосан Атлантика, Ҳинд ва Шим. Муз океанларига хос. Бу ерда материк ва океан чегараси материк пўсти структураларини кўндалангига кесиб ўтади, ундан океан ости Ер пўстига ўтиши эса кескин бўлиб «гранит» қатламини материк ён бағрига кириб йўқолишидан амалга ошади. Иккинчи, ёки тинч океан типи Тинч океан чеккалари, Атлантика океанининг Кариб денгизи ва ороллари, Жан. Гебрид о. лари ва Ҳинд океанининг Индонезия қирғоқларига тегишлидир. Бунга мезозой ва кайнозой бурмали системалари ва ҳоз. замон геосин-клиналлариининг континент четига параллел ётиши хосдир. Ўтиш зонаси таркибида геоантиклиналь кўтарилмалар мавжуд. Ҳоз. рельефда булар ороллар ёйининг тоғлик архипелаги кўринишида намоён бўлган. Булар билан чекка денгизларнинг чуқур сув ости ботиклари ва камбар узун океан новлари кўринишидаги геосинклиналь букилмалар ёнма ён жойлашган.

Тинч океан қирғоқларининг бундай хусусиятларини кўпинча унинг кадимийлигидан деб изохлайдилар. Айти пайтда атлантика типидagi океанларнинг нисбатан ёш эканлигига шубҳа йўқ. Тарихий геол. маълумотларига кўра палеозой эрасининг охирида Жан. Америка, Африка, Австралия ва Антарктида материклари, Мадагаскар о. ва қад. Ҳинд платформаси билан биргаликда Гондвана деб аталмиш ягона континентал массивни ташкил этган. Фақат мезозой давомида у бўлақларга ажралган, натижада ҳозирги Ҳинд ва Атлантика океанлари ботиклари пайдо бўлган. Бу фактни ҳамма томонидан яқдил таң олиними уни турлича талқин этилишини инкор қилмайди. Баъзи бир олимлар бу ҳодисани

«океанланиш» натижаси, яъни материк Ер пўстини океан ости Ер пўстига айланиши деб ҳисоблайдилар. Айни вақтда океанлар материк Ер пўсти блокларининг сурилиши ва тағ субстратнинг очилиб қолишидан ҳосил булади деган фикрлар кенг тарқалмоқда. Материклар дрейфи тўғрисидаги бундай фикрлар палеогеография маълумотлари асосида тасдиқланган.

20-асрнинг 60-йилларида олға сурилган мобилистик гипотезалардан «янги глобал тектоника» ёки «плиталар тектоникаси» деб аталмиш гипотеза кенг тарқалди. Бу гипотезалар океанларда олиб борилган геофизик тадқиқотларга аосланган. Унда океан ости Ер пўстининг океан ўрталиқ тизмаларидан икки томонга қараб «оқиши» ва бунинг натижасида океан чўкмаларининг кенгайиши тахмин қилинади.

Ер рельефи. Ернинг энг йирик (сайёравий кўламдаги) рельеф шакллари Ер пўстининг энг улкан структурали унсурларига мувофиқ келади. Уларнинг морфологик тафовутлари Ер пўсти айрим қисмларининг тузилиши ва тарихидаги фарққа ҳамда тектоник ҳаракатларнинг йуналишига қараб белгиланади. Ер юзи рельефининг асосан ички (эндоген) жараёнлар таъсирида пайдо бўладиган бу шакллари морфоструктуралар деб аталади.

Сайёра масштабидаги морфоструктуралар нисбатан кичикроқ, лекин бари бир йирик морфоструктуралар — айрим қирлар, тоғ тизмалари, платолар, ботиклар ва б. рельеф шаклларига ажралади. Бу морфоструктуралар устида морфоскульптуралар деб аталадиган ва аксари ташқи кучлар таъсирида вужудга келган хилма-хил майда рельеф шакллари жойлашган.

Морфоструктуралар Ер юзасидаги йирик паст-баландликлар, материк дўнгликлари ва океан ботикларини ҳосил қилади. Қуруқлик рельефининг энг йирик унсурлари — текислик-платформа ва тоғ (ороген) областлари.

Текислик-платформа областлари кад. ва ёш платформаларнинг текислик қисмларини ўз ичига олади ва қуруқликнинг қарийб 64%ини эгаллаган. Дастлабки текислик юзалари аксари майдонни эгаллаган, улар деярли горизонтал ётувчи чўкинди жинслар қатламларидан

иборат. Бу областларнинг жойланишида симметриялик кузатилади: Шим. ярим шарда Шим. Америка, Шарқий Европа ва Сибирь текисликлари, Жан. ярим шарда Жан. Америка (Бразилия), АфрикаАрабистон ва Австралия текисликлари жойлашган. Платформа текисликларида алоҳида пасттекисликлар ва қирлар, плато, ясситоғликлар ва анча баланд тоғ массивлари бор. Текислик-платформа областлари мутлак, бал. 100—300 м ли паст областлар (Шарқий Европа, Ғарбий Сибирь, Турон, Шим. Америка) ва Ер пўстининг энг янги ҳаракатлари натижасида кўтарилган (400—1000 м) баланд областларга (Ўрта Сибирь ясситоғлиги, Африка-Арабистон, Ҳиндистон текисликлари ҳамда Австралия ва Жан. Америка текисликларининг анча қисми) бўлинади. Куруклик рельефида баланд текисликлар аксариятни ташкил этади. Тоғли (ороген) областлар курукликнинг 36% га яқинини эгаллайди. Булар икки типга бўлинади: дастлаб кайнозой геосинклиналь системалари ривожланишининг ороген босқичида пайдо бўлган ёш ёки эпиге-осинклиналь (Евросиё жан. даги, Шим. ва Жан. Американинг ғарбидаги) тоғлар ва қайтадан вужудга келган ёки эпиплатформа тоғлари; улар Ер пўстидаги қад. бурмали областларнинг текисланган ёки ярим емирилган жойларида кейинги ҳаракатлар натижасида ёшариши ва қайтадан пайдо бўлишидан бунёдга келган (мас, Тяньшан, Куньлун, Жан. Сибирь ва Монголия шим. даги тоғлар, Шим. Америкадаги Қояли тоғлар ва б.). Океанларнинг туби қуйидаги қисмларга ажралади: материкларнинг сув ости чеккалари, орол ёйлари зонаси (ёки оралиқ зона), океан туби ва океан ўрталиқ тизмалари. Материкнинг сув ости чеккаси (Ер юзасининг 14% часи) материк саёзлиги минтақасининг текис қисми (шельф), материк ён бағри ва 2500 дан 6000 м гача чуқурликда жойлашган материк этагиниш ўз ичига олади. Материк ён бағри ва материк этагини океан қаъри деб аталадиган океан тубининг аеосий қисмидан куруклик ва шельфдан ташкил топган материк дўнгликлари ажратиб туради. Ороллар ёйи зонаси. Океан қаъри Ер куррасининг ҳамма областларида ҳам материк этаклари билан чегарадош бўлавермайди. Геосинклиналь режими

ҳо-зиргача сақланган Тинч океан ғарбий чеккалари, Малай архипелаги области, Антил о. лари, Скоша денгизи ва б. худудларда материк билан океан қаъри оралиғида ўтувчи зона жойлашган. Бу зона океан туби қисмларининг кенглиги ва кўтарилган ҳамда чуқур чўккан жойларининг кескин алмашиши билан фарқ қилади. Бу худудларда ороллар ёйи архипелаглари, чекка денгизлар ҳавзалари (мас, Беринг, Охота ва б. денгизлар), улар худудида тоғлар ва кутарилмалар, шунингдек, чуқур сув ости новлари жойлашган. Ороллар ёйлари (Курил, Зонд, Антил о. лари ва б.) катор ороллар кўринишида сув сатҳидан кўтарилган; чуқур сув ости новлари — океан тубининг 7—11 км чуқурликдаги узун ва камбар ботикларидан иборат. Асл океан қаъри нинг кўп қисми (Е. юзасининг 40% гача) океан платформалари (талассократон)га тўғри келадиган чуқур сув ости (ўртача чуқ. 3—4 минг м) текисликлари билан банд. Ясси (субгоризонтал), кия ва бал. 1000 м гача бўлган дўнг текисликлар мавжуд. Океан қаъридаги текисликлар ораларидан ало-ҳида жойлашган кўп сонли сув ости тоғликлари (вулканлар) кўтарилиб туради. Сув ости рельефининг энг йирик унсури океан ўрталиқ тизмалари дир (Е. юзасининг 10% гача). Уларнинг умумий уз. 60 минг км дан кўпроқ. Улар нишабли баландликлар бўлиб, кенглиги бир неча ўн км дан минг км гача, қўшни ҳавзалар тубидан 2—3 км кўтарилиб туради. Тизмаларнинг айрим чўққилари океан сатҳидан вулкан ороллари шаклида кўтарилган (Тристан-да-Кунья, Буве, Санта-Елена ва б.). Ер юзасининг тузилишида Ер пўстини бутунлай кесиб ўтадиган ва кўпинча мантиягача борадиган чуқур Ер ёриқлари муҳим роль ўйнайди. Улар Ер пўстини рельефда яхши ифодаланиб турадиган катта бўлақларга ажратиб туради. Йирик Ер ёриқлари океанлар тубида кенглик ва субкенглик бўйича 1000 км гача чўзилган. Бундай Е ёриқлари океан ўрталиқ тизмаларини кесиб ўтган, уларни бири иккинчисига нисбатан 10—100 км га силжиган сегментларга ажратиб юборган ва рельефда тепалик, камбар ботиклар ва улар устидан кўтарилган тоғ тизмалари шаклида намоён бўлган. Морфоскульптуралар. Морфоскульптураларнинг шаклланишида даре ва вақтинча оқар сувларнинг

роли катта. Сув кенг тарқалган флювиал (эрозион ва аккумулятив) шаклларни (дарё водийлари, сойликлар, жарлар ва б.) ҳосил қилган. Музлик шакллари ҳам кўп. Улар хоз. ва кад. музликлар фаолияти билан боғлиқ. Осиё ва Шим. Америкада кўп йиллик музлок қатламли жинслар тарқалган жойларда турли шаклдаги музлаган ерлар (криоген) рельефи ривожланган. Чўл ва чала чўл ўлкаларда физик нураш, шамол ва вақ-тинча оқар сув оқимлари туфайли юзага келган арид рельеф шакллари кенг тарқалган. Биосфера. Таркиби, тузилиши, энергетикаси тирик организмлар фаолияти б-н чамбарчас боғланган биологик қобик, яъни биосферанинг мавжудлиги Ернинг сайёра сифатидаги ўзига хос энг муҳим хусусиятидир. Биосферага Ернинг фақат хоз. ҳаёт тарқалган устки қисмигина эмас, балки бошқа геосфераларнинг тирик модда кириб борадиган ҳамда унинг фаолияти таъсирида қачонлардир қайтадан ўзгарган қисмлари ҳам киради. Шу сабабдан биосфера тирик организмларнинг фақат хоз. яшаш муҳитини эмас, балки кад. муҳитини ҳам ўз ичига олади. Турли маълумотларга кўра, Ерда 2,5 млн. турга яқин тирик организмлар тарқалган. Шундан фақат 1/5 қисмини ўсимликлар ташкил қилади. Ҳайвонлар орасида турлар сони жиҳатидан бўғимоёқлилар биринчи (1500000 турдан ортиқ), моллюскалар — иккинчи (130000 тур), хордалилар (40000 тур) учинчи, ўсимликлардан ёпик _____ уруғлилар биринчи (350000 тур), замбуруғлар (100000 тур) иккинчи ўринда туради. Бироқ турлар сони индивидлар сонига ҳар доим мос келавермайди, чунки ўсимлик ва ҳайвонлар айрим систематик гуруҳларининг турлари кам бўлгани ҳолда индивидлар сони ҳаддан ташқари кўп булиши мумкин. Шу сабабдан ўсимликлар ва ҳайвонот дунёсини таърифлашда биомасса ва биологик маҳсулдорлик тушунчаларидан фойдаланилади. Таркиби жиҳатидан биосфера моддаси тирик (организмлар), биоген (тирик организмлар барпо этган маҳсулотлар), биокос (биологик ва анорганик жараёнларнинг биргаликдаги таъсири натижасида ҳам ҳосил бўлган) ва кос (анорганик) моддаларга бўлинади (қ. Биосфера).

Географик қобиқ (ландшафт қобиғи) қиёсан қалин бўлмаса ҳам, Ернинг ўзига хос хусусиятларини мужассамлаштирган. Бу сферада 3 геосфера атмосферанинг қисмлари, гидросфера ва Ер пўсти бир-бири билан туташади ва ўзаро муносабатда бўлади. Ландшафт сфераси Қуёш нури энергиясининг асосий қисмини ютади ва б. космик таъсирларни қабул қилади. Унда Ер ичидаги радиоактив парчаланиш ва б. жараёнлар таъсирида пайдо бўладиган тектоник ҳаракатлар рўй беради, минераллар қайта кристалланади ва ҳ. к.

Турли хил манба (асосан, Қуёш) энергиялари ландшафт сферасида иссиқлик, молекуляр, кимёвий, кинетик, потенциал, электр энергияга айланади ва натижада бу ерда Қуёшдан келадиган иссиқлик тўпланиб, тирик организмлар учун хилма-хил шароит яратилади (қ. Географик қобиқ).

Геологик тарих ва ердаги ҳаёт эволюцияси. Ернинг геологик тарихи Ер пўстининг геологик тузилиши ва тоғ жинслари мажмуасини ўрганиш асосида аниқланган. Ер даги энг қад. тоғ жинсларининг мутлақ ёши 4,5 млрд. йилдан кўпроқ, сайёра шаклидаги Ернинг ёши эса қарийб 4,7 млрд. йилга тенг. Ернинг пайдо бўлиши ва дастлабки ривожланиши унинг геологик тарихидан олдиноқ кечган. Ернинг геологик тарихи бир-бирига тенг бўлмаган 2 босқичга бўлинади: Ер тарихининг тахм. 5/6 қисмини ўз ичига олган токембрий (3 млрд. й. дан ортиқ) ва сўнгги 570 млн. йилни ўз ичига олган фанерозой (қ. Фанерозой эони). Токембрий архей ва протерозойга бўлинади. Фанерозой эса палеозой, мезозой ва кайнозой эраларини ўз ичига олади (қ. Геохронология).

Ер пўсти материк қисмининг тарихи яхшироқ ўрганилган, ана шу қисмда қад. (токембрий) платформалар бундан 1500—1600 млн. йилча олдин таркиб топган; булар Европадаги Шарқий Европа, Сибирь (Россия); Хитой-Корея, Жан. Хитой ва Ҳиндистон, Африка, Австралия, Жан. Америка ва Шим. Америка (Канада), шунингдек, Антарктида платформаларидир. Материклар Ер пўсти тарихи геосинклиналь системалардан иборат геосинклиналь минтақаларнинг таркиб топиш тарихидан иборат (қ. Геосинклиналь).

Фанерозой геосинклиналь системаларининг кўпчилиги тектоник цикллар давомида вужудга келган. Тектоник цикллардан ҳар бирининг бошланиши ва охири турли ҳолларда ўнларча млн. йил фарқ қилса ҳам, бу цикллар материк Ер пўсти структураси умумий эволюциясининг табиий босқичлари ҳисобланади. Булардан иккитаси — каледон ва герцин цикли палеозой эрасига тўғри келади (бундан 570—248 млн. йил олдин ўтган). Мана шу цикллар охирида тугаган каледон ва герцин бурмаланиши энг катта эпипалеозой ёш платформаларининг фундаментларини ҳосил қилган. Бундан кейинги тектоник тарих кўпинча ягона альп цикли деб қаралади (қ. Альп бурмаланиши). Бирок, бу цикл ҳам Ер шарининг муайян қисмлари тараққиётида мустақил ахамиятга эга бўлган бир қанча кичик циклларга ажралади (мезозой цикли, ҳақиқий альп цикли, кайнозой цикли).

Бутун тектоник цикл давомида вертикал ҳаракатларнинг даврий такрорланиб туриши (цикл бошида ернинг кўпроқ чўкиши ва цикл охирида кўпроқ кўтарилиши) ҳар сафар Ер юзаси рельефининг ўзгаришига, трансгрессия ва регрессия бўлиб туришига олиб келган. Бу даврий ҳаракатлар чўкинди жинслар табиатига, шунингдек, иклимга таъсир этган, оқибатда иклим даврий равишда ўзгариб турган. Палеозойда Бразилия, Жан. Африка, Ҳиндистон ва Австралияни вақти-вақти билан муз босган. Шим. ярим шарнинг бир қанча жойларини охирги марта антропогенда муз қоплаган.

Ҳар бир тектоник циклнинг биринчи ярмида материкларни кўпроқ денгиз босган — платформалар ва геосин-клиналларнинг кўпроқ қисми сув остида қолган. Денгизларда дастлаб кўпроқ қумгиллар чўккан, денгизлар майдони кенгайган сари оҳактошлар тўпланиши кўпая борган. Цикл ўрталарига келиб Ер пўсти тобора кўтарила боргач денгиз чекинган, қуруқлик ва геосинклиналларда тоғлар пайдо бўлган. Тектоник цикл охирларида деярли ҳамма жойда материклар денгиз ҳавзаларидан холи бўлган. Ботикларда пайдо бўладиган чўкинди жинслар ҳам ўзгарган. Дастлаб денгиз

чўкиндилари кум, гиллардан иборат бўлган, саёз ва берк денгиз ҳавзаларида эса сувнинг буғланиб кетишидан хемоген лагуна ётқизиқлари (туз, гипс) ҳосил бўлган. Чўкинди ҳосил бўлиш шароити даврий ўзгариб турганидан, турли тектоник цикллarning бир хил босқичларида ҳосил бўлган чўкинди формациялари бир-бирига ўхшайди. Бу эса бир қанча ҳолларда чўкинди фойдали қазилма конларининг ҳосил бўлишига олиб келган. Мас, энг катта тошкўмир конлари герцин ва альп циклларининг эндигина Ер пўсти кўтарила бошлаган босқичларида вужудга келган. Тектоник цикллarning охирларида ош ва калий тузининг йирик конлари ҳосил бўлган.

Платформаларда геологик тарих давомида тектоник ҳаракатлар бир неча бор кучайган. Бу неоген охирида айниқса яққол намоён бўлган — каледон ёки герцин цикллари охирларида пайдо булган ва текисланиб қолган тоғлар (мас, Тяньшан, Олтой, Саян тоғлари ва б.) бу пайтда платформаларда яна баланд кўтарилиб қолган; худди ана шу даврда йирик грабенлар — рифт системалари (Байкал рифтлари, Шаркий Африка грабенлари) вужудга келган. Ташқи ва ички кучларнинг ўзаро таъсиридан Ер юзасининг табиати бутун геологик тарих давомида ўзгариб турган. Рельеф, материк ва океанларнинг қиёфаси, иқлими, ўсимлик ва ҳайвонот дунёси бир неча бор ўзгарган. Органик дунё тараққиёти Ер тараққиётининг асосий босқичлари билан чамбарчас боғлиқдир; ана шу босқичлар орасида нисбатан тинч давом этган узок, даврлар билан бирга Ер пўсти ҳамда юзасидаги табиий шароит қисқа вақт давомида узгариб кетган даврлар ҳам бўлган.

Органик дунёнинг ривожланиш тарихи. Ерда ҳаётнинг пайдо бўлиши ва унинг дастлабки тараққиёт даври тўғрисида турли гипотезалар мавжуд. Кўпчилик олимларнинг фикрига кўра, биологик эволюциядан олдин сув ҳавзаларида аминокислоталар, оқсиллар ва б. органик бирикмалар пайдо бўлиши билан боғлиқ, узок давом этган кимёвий эволюция бўлиб ўтган. Дастлабки атмосфера таркибида кислород бўлмаган. Атмосфера, асосан, метан, карбонат ангидрид, сув буғи ва водороддан ташкил топган бўлиб, кислород бириккан ҳолда бўлган. Эволюция туфайли дастлабки мураккаб

органик бирикмалардан аста-секин ибтидоий организмлар вужудга келган. Улар оксил ва нуклеин кислотадан таркиб топган ва ирсий ўзгариш қобилятига эга бўлган (қ. Мутация). Табиий танланиш таъсирида кўпроқ такомиллашган ва органик моддалар билан озикланган ибтидоий организмларгина яшаб қолган (қ. Гетеротроф организмлар). Кейинроқ анорганик моддалардан кимёвий синтез ва фотосинтез йўли билан органик моддаларни синтез қила оладиган организмлар пайдо бўлган (қ. Автотроф организмлар). Фотосинтез туфайли ҳосил бўладиган эркин кислород атмосферада тўплана борган. Автотроф организмлар келиб чиқиши билан ўсимлик ва ҳайвонлар эволюцияси учун кенг имконият туғилган.

Ҳаёт тарихи тоғ жинсларида сақланиб қолган ҳайвон ва ўсимликларнинг тош қотган қолдиқлари ва улар фаолиятининг изларига қараб ўрганилади. Пекин бу маълумотлар тўла эмас, чунки кўпгина организмлар, хусусан скелетсиз организмлар бутунлай йўқолиб кетган.

Организмлар ҳаёт фаолиятининг энг қад. излари бундан 2,6—3,2 млрд. йил ва ундан ҳам олдинроқ пайдо бўлган архей жинсларида сақланган; улар бактерия ва кўк-яшил сувўтлар қолдиқларидан иборат. Протерозой жинсларида то-пилган органик моддалар анча хилма-хилдир. Қуйи протерозойдан аксари сувўтлар (строматолитлар) ва бактериялар (жумладан, темир рудаси конлари ҳосил қилган темир бактериялари) ҳаёт фаолияти маҳсулотлари топилган. Протерозойда дастлабки кўп ҳужайрали ҳайвонлар пайдо булган, чунки протерозой охиридаги ётқизикларда скелетсиз бир қанча ҳайвонлар — булутлар, медузалар, маржонлар, чувалчанг ва б. баъзи организмларнинг излари ва ядролари аниқланган. Медузалар қолдиғи кўп топилганидан протерозой охирини «медузалар асри» деб аташади. Протерозойда бошқа организмлар ҳам бўлган, чунки илк палеозой ётқизикларидан бутун ҳайвонот оламининг деярли барча типлари вакилларининг қолдиқлари ва излари топилган.

Илк кембрий ва фанерозой чегарасида органик ёки минерал скелетли организмларнинг дунёга келиши органик дунё таракқиётида жуда муҳим

воқеа бўлди. Фанерозой ётқизикларидаги кўпдан-кўп органик қолдиқлар органик дунё таракқиёт тарихининг қандай кечганини билиб олиш билан бир қаторда уни муайян босқичларга (эралар, даврлар ва б.) бўлишга, палеогеографик реконструкция қилишга (денгиз ва континентларнинг, иклим зоналарининг чегараларини аниқлашга, денгиз ҳавзалари ва матери қлар тарихини билиб олишга, ўтмишда организмларнинг қандай қилиб ва қайси шароитда яшаганини аниқлашга) имкон беради.

Эволюция муҳитга мослашиш жараёни тарзида борган ва ирсий ўзгарувчанлик, яшаш учун кураш, табиий танланиш унинг асосий омили бўлган. Баъзан организмлар жуда катта сифат ўзгаришларига учраган (мас, иссиқ қонли организмлар пайдо бўлган). Эволюция, одатда, оддий шаклдан мураккаб шаклга ўтишдан иборат бўлган; бир хил организмларнинг ривожланиши муҳитга унча мослашмаган иккинчи бир хил организмларнинг ҳалок бўлиб йўқ бўлишига олиб келган.

Органик дунёга қараб айтиладиган бўлса, палеозой эраси икки босқичга ажратилади. Биринчи босқич (кембрий, ордовик ва силур)да денгиз организмлари устун турган. Ордовикда дастлабки умуртқалилар пайдо бўлган. Силур охирида жағ суякли чинакам балиқлар вужудга келган. Иккинчи босқич — ўрта палеозойда қуруқликда яшайдиган ўсимлик ва ҳайвонлар пайдо бўлиб, кенг тарқалган. Девон бошида биринчи ҳашаротлар ва қуруқликда яшайдиган хелицералилар (чаёнлар, ургимчаклар ва каналар) пайдо бўлган. Девонда, айниқса, балиқлар тез таракқий этган, шунинг учун баъзан девон даврини «балиқлар асри» деб аташади.

Палеозой охирида (карбон ва пермь) турли организмлар, аввало усимликлар қуруқликни ҳам эгаллай бошлаган. Дарахтлар пайдо бўлиб кўпайган. Ўрта ва кечки карбонда 3 ботаник-географик область: тропик, шим. (Ангара) ва жан. (Гондвана) областлари пайдо бўлган. Ўсимликлар билан бир қаторда қуруқликда яшайдиган кўпгина ҳайвонлар, биринчи навбатда бўғимоёқлилар (ҳашаротлар) кўпайган, дастлабки судралувчилар вужудга келган. Пермь

даврининг ўрталарида денгизларнинг ҳажми кичрайган, материклар майдони кенгайган. Очик уруғлилар — игнабарглилар кенг тарқалган.

Мезозой эрасининг бошларида сувда яшовчи судралувчилар — тошбақалар, тимсоҳлар, ихтиозаврлар; куруклик ҳайвонлари — биринчи динозаврлар, ибтидоий сут эмизувчилар (трико-нодонтлар) пайдо бўлган. Триас даври охирида қирққулоқлар, игнабарглилар ва б. кўпайган. Юра даври охирида судралувчилардан кад. қушлар (археоптерикс) келиб чиққан.

Бўр даврида тишли қушлар тарқалиб, баҳайбат динозаврлар пайдо бўлган. Бўр даври охирида кўп организм гуруҳлари қирилиб кетган ва ўзгарган.

Кайнозой эрасининг бошига келганда органик дунё янада мураккаблашган. Бир қанча қушлар ва сут эмизувчилар пайдо булган; мияси мураккаб иссиқ қонли қушлар ташқи муҳитга нисбатан анча мустақил бўлиб, ҳаётга кўпроқ мослашган. Баъзи сут эмизувчилар курукликда, бошқалари денгизда яшашга, бир хиллари учишга мослашган. Тропик, субтропик ва муътадил ботаник-географик областлар яққол ажралган; тропик ва субтропик областларда доимий яшил пальма ва дарахтсимон қирққулоқ (папоротник) кўпчиликни ташкил этган. Муътадил областда игнабаргли ва кенгбаргли ўрмонлар тарқалган.

Палеогеннинг охири ва неогеннинг бошида ҳоз. ҳайвонларга ўхшаб кетадиган умуртқасизлар ривожланишда давом этган. Амфибиялар ва судралиб юрувчилар янада тараққий этган; қушлар кенгроқ ҳудудларга тарқалган. Неоген бошида уч панжали отлар, каркидонлар, мастодонтлар, жирафалар, буғулар, йиртқичлар (қилич тишли йўлбарслар, сиртлонлар), Фарбий Европада тундра, тайга ўсимликлари таркиб топган. Европа ва Шим. Америкада ўтлоқ ўсимликли текисликлар пайдо бўлган. Антропоген даврида ҳоз. флора ва фауна ривожланишда давом этган. Шим. ярим шарнинг ҳайвонот ва ўсимлик дунёси катта музликлар босган даврда жуда ҳам ўзгариб кетган. Ўзига хос баъзи ҳайвонлар (мамонт, узун жунли каркидонлар) пай-до бўлиб, яна қирилиб кетган. Одамнинг пайдо бўлиши бу даврдаги энг муҳим воқеа эди.

2. Олам, Қуёш системаси ва Ернинг ҳосил бўлиши гипотезалари

Сўнги 20 йил ичида Олам ҳақидаги бизнинг тасаввурларимиз анча ўзгарди. Физика, кимё ва геология фанларининг ривожланиши, ҳозирги кунда Оламнинг пайдо бўлиши ҳақида бир неча хил фаразларни илм доирасига олиб кирди. Ҳар қандай фараз Оламнинг пайдо бўлиши, Қуёш системаси ва сайёраларнинг вужудга келиши ҳақидаги тасаввурларимизни бойитишга хизмат қилади. Аммо шу билан бирга бундай фаразларнинг кучли тарафларидан ташқари уларнинг илмий тарафдан исботланмаган камчиликлари ҳам мавжуд.

Оламнинг пайдо бўлиши ҳақидаги кенг тарқалган ва кўпчилик тан олган фаразлардан бири - “Катта портлаш” ҳақидаги тасаввурларни кўриб чиқамиз.

Катта портлашнинг ўзи нима?

Астрофизикларнинг тахминига кўра, катта портлашдан кейинги уч минут ичида ҳарорат шу даражада юқори бўлганки, модда фақат электрон, протон ва нейтронлардан иборат бўлган. Модданинг ҳарорати ва зичлиги тез суратлар билан камайиб борган, натижада фақат енгил элементлар – водород (75%) ва ундан гелий (25%) синтез бўлган. Катта портлашдан сўнг тахминан 20 минутлар ўтиб, юлдузларда қолган элементлар синтез бўла бошлаган ва ҳозирги Оламнинг таркиби ҳосил бўлган. Оламнинг бирламчи моддаси сочилиши туфайли коинот кенгайиб борган, кўплаб тўпламлар ҳосил бўлган ва улар охир-оқибат галактикаларни ташкил этган.

Шундай фараз ҳам мавжудки, унга кўра Катта портлаш “қора туйнук” (“черная дыра”) куртагидан рўй берган ва натижада янги Олам туғилган, ҳамда у ўзининг мустақил ривожланишини бошлаган. Бизнинг Олам учун $3 \cdot 10^{39}$ с вақт ўтгач, барча галактикалар “қора туйнукка” мужассамланиб, барча протон ва нейтронларнинг фотонларга, нейтрино ва электрон-позитрон параларга парчаланиши рўй беради. “Қора туйнукнинг” гравитация майдонида янги квант нурланиши шаклидаги заррачалар туғилади ва қора туйнуқларнинг массалари буғланади. Миллиард йиллар ўтиб, Оламнинг

“коллапси” (яъни зичлашиш, мужассамланиш маъносида) бошланади, унинг ўлчамлари кичрайиб, қизий бошлайди ва у “қора туйнукка” айланади. Сўнг яна ҳаммаси бошқатдан бошланади (Дарвин бўйича).

Бошқа фаразга кўра (А.М.Черепашук, А.Д.Чернин, 2003), Оламнинг кенгайиши, унинг кичрайиши билан алмашмайди, балки тортишиш кучи унга қарши бўлган кучга тенглашиб, Оламнинг фазовий - вақт каркаси (структураси) қотиб ўзгармас бўлиб қолади.

Юқорида таъкидлаб ўтилган фаразлардан мураккаброқ бўлган ғоя Фридман ва кейинчалик акад. М.А.Марков томонидан илгари сурилади. Ушбу фаразга кўра, бутун улкан Олам ёпиқ системада бўлиб (яъни, Эйнштейн назарияси бўйича бу ёпиқ системадаги барча жисмларнинг ўзаро тортишиш энергияси уларнинг умумий массаларига тенг: $E=mc^2$) ва бу системанинг ўлчамлари ташқи кузатувчи нуқтаи назаридан микроскопик бўлиши мумкин. Шундай қилиб, ҳар қандай объектни ёки “фридман-микродунёси” ёки “макросистема” сифатида талқин қилиш мумкин деб ҳулоса ясалган.

Маълумки, агар барча физик майдонлар ва заррачалар олиб ташланса вакуум ҳосил бўлади. Аммо бунда бўшлиқнинг квант “қайнаши” – “вакуум кўпиги” сақланиб қолади. Олам шу “вакуум кўпигидан” ҳар хил физик хоссаларга эга бўлган “сохта вакуумни”, ҳар хил зичликдаги материя ва антиматерияни, ўз-ўзини ҳосил қилади. Вакуум микродунёнинг заррачалари билан “қайнаб” ётибди. Бу заррачаларнинг ўзаро таъсири энергияси жуда кичик бўлсада, лекин нолдан фарқли. Қаерда энергия бўлса, шу ерда албатта тортишиш ва итаришиш кучлари мавжуд бўлади, яъни вакуумда ҳам гравитация кучлари мавжуддир. Агар гравитация бутун Олам материясининг ҳаракатини бошқарувчи куч бўлса, нейтрино бу Оламнинг энг асосий заррачасидир. У электрондан 20 минг баробар, протондан эса 40 миллион баробар енгил.

Астрофизиклар (И.Д.Новиков, 1985,1988) кузатишлари нейтринонинг галактикалардаги массасидан унинг галактикалар тўпламларидаги яширин

массаси 20 марта ортиқлигини кўрсатди. Вакуумнинг зичлиги $5 \cdot 10^{-30} \text{г/см}^3$, нурланаётган модданинг ўртача зичлиги $2 \cdot 10^{-31} \text{г/см}^3$, қора материянинг ўртача зичлиги (нейтрино бўлиши мумкин) $2 \cdot 10^{-30} \text{г/см}^3$, яъни Олам энергиясининг 67% вакуумга, 30% нейтринога, моддаларга (барионлар) 3% ва нурланишга 0,03% тегишли.

Олам туғилишининг биринчи сониялари қандай бўлган? Катта портлашнинг биринчи сонияларида 10^{13}К ҳароратда бир вақтнинг ўзида жуда кўп миқдорда зарра – “антизарра парлари” вужудга келган. Уларнинг ичида электрон ва позитрон, протон ва антипротон, нейтрон ва антинейтронлар бўлган. Бу юқори ҳароратли плазмада пар заррачалардан ташқари пари бўлмаган заррачалар ҳам мавжуд бўлган. Тахминан ҳар бир миллиард пар заррачаларга битта пари йўқ заррача тўғри келган. Ҳароратнинг пасайиши натижасида пар заррачалар ўзаро йўқолиб, реликт фотонларга айланган. Ортиқча пари йўқ заррачалардан эса бизни ўраб турган дунё, юлдузлар, сайёралар ва юлдузлараро газлар ҳосил бўлган. Бунинг сабаби зарра ва антизарра реакцияларининг тезлиги ҳар хиллигида бўлган. Ҳароратнинг пасайиши ва моддаларнинг сочилиши аннигиляция жараёнини секинлаштиради ва зарралар қуюқлиги ўзгармас бўлиб қолади, оддий материянинг зичлиги камаяди ва катта портлашдан кейинги 10^{-34} секундда унинг зичлиги “сохта вакуум” зичлигига тенглашиб, унинг гравитацияси бир–биридан итарилиш кучини ҳосил қилади. 10^{-34} с дан 10^{-32} с вақтда Олам ўлчамлари 10^{50} марта катталашди. Лекин бу кенгайиб бораётган Оламнинг ҳолати омонатдир. Оддий материянинг зичлиги “сохта вакуум” зичлигидан ниҳоятда йўқ даражада камайиб кетади. Шу вақтда зичлиги катта “сохта вакуум” ҳолатидан оддий қайноқ материяга ўтиш бошланади. Бунда катта энергия ва зарра – антизарралар ҳосил бўлади, Олам яна қизий бошлайди. Бу ходиса худди муздек суёқликда ҳар хил тарафга тарқалган биринчи муз кристаллари пайдо бўлаётган шароитга ўхшайди.

Катта портлашнинг бошланғич нуқтаси.Олам аввало ўлчами 10^{-33} см, зичлиги 10^{93} г/см³ ва ҳарорати 10^{33}К дан юқори бўлган квазинуқтада

муҳассамлашган. Бу заррача суперадрон номини олган. Бундан тахминан 15 млрд. йил олдин бу заррача портлаган ва Олам кенгайишни бошлаган. Олам кенгайиши эволюциясини астрофизиклар 4 эрага бўладилар:

- Адрон эраси – Портлаш ҳосил бўлган лаҳзадан бошланган. Унинг давом этиш вақти 10^{-44} с дан 10^{-4} с гача давом этган. Бу вақтда Оламнинг ўлчамлари 10^{-33} см дан 10^9 км гача кенгайган, муҳитнинг зичлиги 10^{93} г/см³ дан 10^{15} г/см³ гача камайган, ҳарорат 10^{33} К дан 10^{12} К пасайган. Адрон эрасида барионлар, мезонлар мавжуд бўлган.

- Лептон эраси – 10^{-4} с дан бошлаб 10с бўлган вақтни ўз ичига олади. Бу эрада Оламнинг кенгайиши давом этиб, унинг ўлчамлари 10^9 км дан $3 \cdot 10^{12}$ км гача катталашган, зичлик 10^{15} г/см³ дан $1,5 \cdot 10^5$ г/см³ гача, ҳарорат эса 10^{12} К дан 10^{10} К гача камайган. Бу эрада мюонлар, электронлар, позитронлар, нейтрино, антинейтрино, фотонлар ҳосил бўлган.

- Нурланиш эраси – портлашдан кейинги 10-секунддан бошлаб 10^6 йилгача давом этган. Бунда Оламнинг ўлчамлари янада кенгайиб $6 \cdot 10^{20}$ км гача етган, зичлик $1,5 \cdot 10^5$ г/см³ дан 10^{-20} г/см³ гача, ҳарорат эса 10^{10} К дан $3 \cdot 10^3$ К гача камайган. Бу эранинг таркибини электронлар, протонлар, гелий ядролари, фотонлар ташкил этган.

- Моддалар эраси – 10^6 йилдан $2 \cdot 10^{10}$ йил, ҳозиргача давом этиб келмоқда, Оламнинг ўлчамлари $2 \cdot 10^{23}$ км гача кенгайган, зичлик 10^{-20} г/см³ дан $3 \cdot 10^{-29}$ г/см³, ҳарорат эса $3 \cdot 10^3$ К гача камайган. Бу эрада атомлар, квазарлар, “қора туйнуклар”, галактикалар, юлдузлар, сайёралар ва бошқалар ҳосил бўлган.

Галактикаларнинг вужудга келиши. Галактикалар Олам кенгайиши бошлангандан сўнг 3 млрд йил ўтиб нейтрин газлар булутлари тўпланган жойларда ташкил топа бошлаган. Бу тўпламларда 10^{40} т модда йиғилганда моддаларнинг иккита қарама-қарши томонга сиқилиши бошланган. Астрономлар галактикаларнинг эллипсимон, спиралсимон, линзасимон,

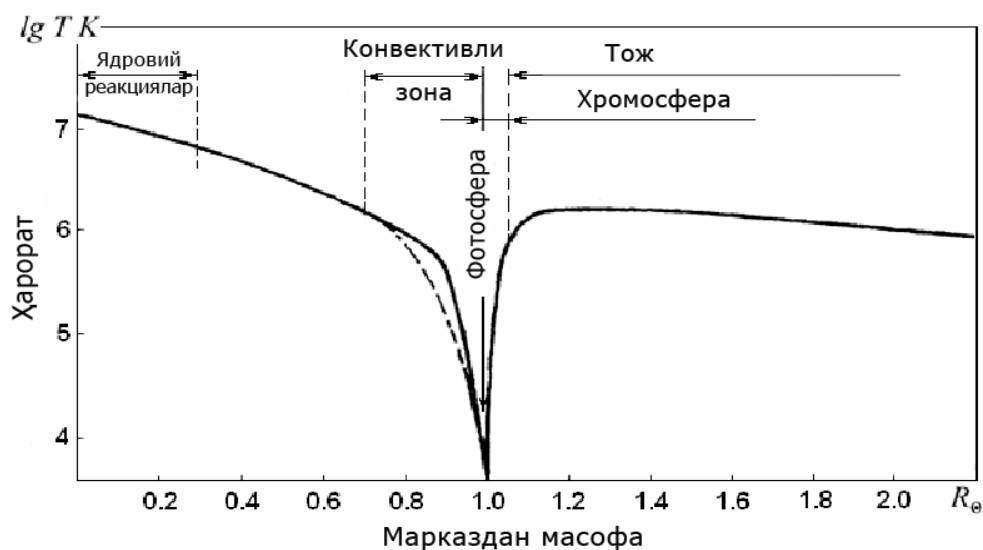
нотўғри шаклдаги турларини ажратишади. Оламда ҳозирги кунда 10^{14} Галактика мавжуд. Бизнинг галактика Сомон йўли спиралсимон кўринишга эга. Унинг таркибида 200 миллиард юлдуз мавжуд. Уларнинг умумий массаси $3 \cdot 10^{38}$ т.

Фазодаги метеоритларни кимёвий тахлилининг натижаларига асосан уран, торий изотоплари ва уларнинг парчаланишидан ҳосил бўлган маҳсулотлар у ерда кенг тарқалган. Бу ҳол Галактикамиз Қуёш системасидан камида 5 миллиард йил аввал пайдо бўлганлигидан далолат беради. Галактика газсимон турбулент булутнинг гравитацион коллапси натижасида пайдо бўлган, деган ғояга асосланган фараз ҳам мавжуд.

Астрономларнинг фикрича Қуёшга ўхшаш юлдузлар Галактикада ҳозирги вақтда ҳам пайдо бўлаяпти. Улар юлдузлараро газсимон чангликларнинг зичлиги ортиб гравитацион турғун бўлмаган ҳолга етганда ҳосил бўла бошлайди. Юлдузлараро модда асосан, Галактика ҳосил бўлган вақтдан бошлаб водород ва қисман гелийдан иборат. Ўзаро тортишиш кучлари таъсиридаги сиқилиш аввал протоюлдузларнинг тўпламини ҳосил қилади, сўнгра бу юлдузлар зичлашиб ёш юлдузлар таркиб топади. Ажралиб чиққан гравитацион энергия юлдузни қиздиради, натижада у нурлана ва порлай бошлайди. Бу жараён давом этиб, юлдузнинг ички ҳарорати термоядро реакцияси бошланиш даражасига етади.

Қуёш системаси ва Ернинг вужудга келиши. Ҳозирги астрофизик ва космогоник маълумотларга асосан, Қуёш тизими 4,7-5,0 миллиард йил аввал пайдо бўлган. Қуёш тизимининг пайдо бўлиши қуйидаги жараёнлардан бошланган деб таъкидланади. Юлдузлараро модданинг қуюқлашиши ва совуқ сайёра туманлигидаги ўта янги юлдузни портлаши натижасида ҳосил бўлган тўлқиннинг таъсири остида, ушбу модда сиқилиб ниҳоятда катта диск шаклини олган. Бу дискнинг жуда катта қисми (99,2%) унинг марказига тўғри келган. Бу марказдаги бирламчи модда кейинчалик ёш юлдуз - Қуёшнинг пайдо бўлишига олиб келган. Қуёш плазмали шар бўлиб, G2V туридаги спектрли юлдуздир. Қуёшнинг массаси $M_{\text{к}} = 2 \cdot 10^{33}$ г,

радиуси $R_{\kappa} = 6,96 \cdot 10^{10}$ см бўлиб, у Ер радиусидан 109 марта катта. Қуёш 68% водород ва 30% гелийдан таркиб топган. Барча қолган элементлар Қуёш массасининг 2% ташкил этади. Қуёш марказида ҳарорат 16 миллион градус. Қуёш энергиясининг манбаи водороднинг термоядровий парчаланиши натижасида гелий синтез бўлиши жараёни ҳисобланади. Қуёшнинг марказида моддалар зичлиги 160 г/см^3 . Марказдан узоқлашган сари газнинг (плазманинг) зичлиги камаяди ва ҳарорати пасаяди. Қуёш марказидан $4,87 - 5,57 \cdot 10^{10}$ см узоқлашганда нейтрал атомлар мавжуд бўлиб, улар Қуёш марказидан унинг юзасига иссиқлик узатиш жараёнига таъсир қилади (1.1- расм).



1.1- расм. Қуёш радиуси ва яқин атрофида ҳароратнинг тақсимланиши

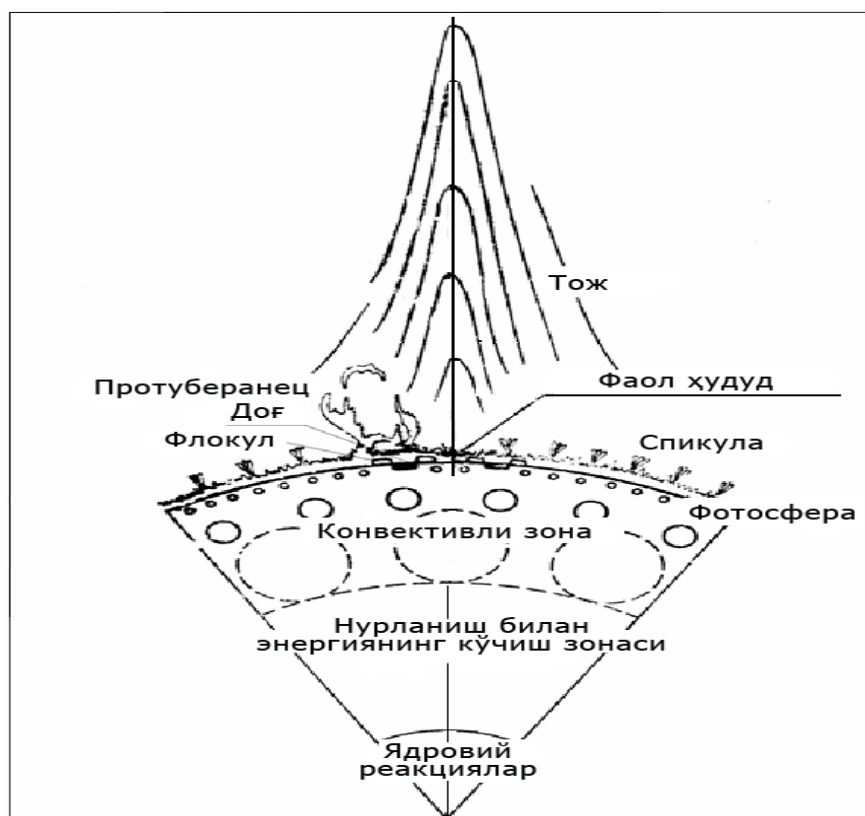
1.1- расмдан кўришиб турибдики, Қуёшнинг ичида ҳарорат чуқурлик сари ортиб боради. Фақатгина фотосферада жадал нурланиш натижасида ҳарорат паст. Фотосферанинг юқори қисми хромосферада газ Қуёш нурланиши натижасида қизийди ва Қуёш тожида аста совушни бошлайди. Қуёш тожи 5 АБ (астрономик бирлик – Қуёшдан Ергача бўлган масофа), яъни Юпитер сайёрасининг орбитасигача тарқалади.

Қуёш тожи – Қуёш атмосферасининг энг иссиқ ва сийраклашган қисми.

Унинг ҳарорати Қуёш яқинида 2 миллион градус, Ер орбитаси яқинида 100000°K градусни ташкил этади. Қуёш тожининг плазмаси бутунлай ионлашган, унинг кимёвий таркиби худди фотосферадагидек. Қуёш тожи плазмасининг концентрацияси жуда кичик, шунинг учун у нурланишда роль ўйнамайди, ҳарорати юқори. Қуёш тожининг энг фаол қисмларида чакнашлар, флокул, спикул, протуберанецлар ҳосил бўлади (1.2- расм).

Қуёш системаси юлдузнинг ўзи ва унинг атрофида айланма ҳаракат қилувчи тўққизта катта сайёрадан, астероидлар камаридан иборат, баъзи сайёраларнинг йўлдошлари бор. Моддаларнинг асосий улуши Қуёшда мужассамлашган, фақатгина 1/1000 қисми сайёраларга тегишли. Бу ҳол сайёралар ҳаракатини бир–биридан мустақил равишда амалга ошиб, Кеплер қонунларига бўйсунушига мажбур қилади:

- Ҳар бир сайёранинг орбитаси қўзғалмас текисликдаги эллипс бўлиб, унинг фокусларидан бирида Қуёш жойлашган;
- Қуёш билан сайёрани боғлаб турувчи радиус вектор, бир ҳил вақт оралиғида бир хил майдонни ҳосил қилади;
- Сайёраларнинг Қуёшгача бўлган масофалари кубининг уларнинг Қуёш атрофида айланиши даврининг квадратига нисбати ўзгармас катталиқдир, яъни $R^3/T^2 = \text{const}$.



1.2- расм. Қуёш хромосферасидаги фаол ходисалар

Қуёш системасининг пайдо бўлиши. Қуёшнинг термик таъсири, тизимнинг айланиши, Қуёш шамолининг ҳаракати натижасида қисқа (100 млн й.) вақт ичида газ ва чангдан иборат бирламчи, ибтидоий модда парчаланган ва Қуёш атрофида ҳалқасимон йўналиш бўйича ҳаракат қила бошлаган (Сатурн атрофидаги ҳалқаларни эсланг!). Айтиб ўтиш керакки, айни бир пайтда ҳалқаларда планетозималлар шакллана бошлаган ва улар ҳисобига Қуёш атрофидаги сайёралар ташкил топган. Бирламчи модданинг парчаланиши ва сараланиши, унинг вақт ўтган сари сиқилиши икки гуруҳ сайёраларни пайдо бўлишига олиб келган.

Биринчи гуруҳ сайёралари - Меркурий, Венера, Ер, Марс каби сайёралар. Улар Қуёшга яқин ёки “Ер гуруҳи сайёралари” номини олган ва ўз таркибида кислород ва темир-магнийли силикат моддаларни мужассамлаштирган.

Иккинчи гуруҳ - Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон каби сайёралар бўлиб, улар Қуёш тизимининг четида жойлашган. Уларнинг

таркибида, асосан, газлар ва нисбатан енгил моддалар (водород, гелий, CO₂, метан) тарқалган. Темир-магнийли силикатларни бу сайёраларда ҳажми унча кўп эмас.

Марс ва Юпитер каби сайёралар оралиғида астероидлар минтақаси шаклланади. Астероидлар таркиби темир, тоштемир метеоритлардан иборат. Тадқиқотчиларнинг фикрича, юқорида кўрсатилган ички ва ташқи сайёраларнинг келиб чиқиши ҳар ҳил сабабларга боғлиқ. Ички сайёралар планетазималларнинг қуюқлашиши, бир-бири билан уйғунлашиб кетишидан, ташқи сайёралар эса – бирламчи, ибтидоий модданинг сиқилиши (коллапс) натижасида ҳосил бўлган. Шунини ҳам айтиш керакки, Қуёш тизимидаги сайёраларнинг барчаси ҳозирги вақтда қатламланган ҳолатда учрайди. Масалан, Ерда ядро, мантия, ер қобиғи ажратилади. Бошқа сайёралар ҳам шунга ўхшаш сфералардан иборат. Сайёраларнинг бундай тузилишига нима сабаб бўлган, қандай кучлар қатламланиш жараёнларини бошқариб борган? – деган саволлар табиий. Жавоб тариқасида қуйидаги фарзани келтириш мумкин. Бунга асосан, сайёраларни ҳосил қилган ибтидоий модда жуда мукамал ўзаро аралашган ва кейинчалик гравитация кучлари ёрдамида (оғирлигига қараб) геосфералар шаклланиган масалан, Ер ядроси, мантия, ер қобиғи, атмосфера, гидросфера ва б.). Ўз навбатида ҳар бир геосфера ичида ҳам таркибан сараланиш жараёнлари ривожланиши мумкин. 4-4,5 млрд йиллик Ер эволюцияси натижасида геосфералар замонвайи кўринишга эга бўлган. Ҳозирги вақтда бу соҳадаги тўпланган маълумотлар Ер геосфераларининг таркиби, пайдо бўлиши, уларга таъсир қилган кучлар ва сараланиш механизмларини тиклаш имкониятини беради. Шу билан бир қаторда тўпланган геологик, астрофизик маълумотлар Ернинг келажакдаги ҳолати, уни нима кутиши тўғрисидаги прогнозларни амалга оширишга имкон беради.

Ернинг шаклланиши. Ерни сайёра сифатида шаклланишининг бир неча сценарийлари мавжуд. Масалан, В.С.Сафонов Ерни шаклланишида уч босқични ажратади. Биринчи (4,56-4,44 млрд йил) босқичда ер моддасининг

93-95% газ-чангдан иборат бирламчи моддаси қуюқлашади. Иккинчи босқич, тахминан 0,2 млрд йил давом этган бўлиб, сайёранинг ўсиши секинлашган. Учинчи босқичда Ер билан астероидларни тўқнашуви бироз камайган ва у ҳозирги шаклига эга бўла бошлаган. Ушбу жараёнлар 3,8-3,9 млрд йил аввал тамом бўлган.

Ернинг дастлабки тарихидаги содир бўлган жараёнлар ҳақида ягона фикр мавжуд эмас. Айниқса, Ер моддасининг сараланиши ва аккрецияси муаммо бўлиб қолмоқда. Ҳозирги кунда бу соҳада икки, бир-биридан анча фарқланувчи моделлар мавжуд.

Биринчи, гомоген аккреция моделига биноан, аккреция жараёнлари тамом бўлгандан сўнг Ер совуқ, тектоник жиҳатдан суств, сайёра сифатида шаклланган. Унинг таркиби деярли сараланмаган, дифференциацияга учрамаган метеоритларга яқин моддалардан иборат бўлган. Ёш сайёрани на гидросфераси, на атмосфераси бўлган. Агарда Ерда учувчан компонентлар учраса, улар бошқа элементлар билан боғлиқ ҳолатда бўлган (масалан, CO_2 карбонатлар билан, OH гидроксидлар билан, азот нитрат ва нитридлар билан бирга бўлган). Ердаги магматик дифференциация анча кеч бошланган (3,5-4 млрд йил).

Иккинчи, гетероген аккреция моделига биноан, Ер моддасининг сараланиши, таркиб бўйича геосфераларга ажралиши деярли у ҳосил бўлган даврданоқ бошланган. Бу жараёнлар натижасида Ернинг марказида уни темир силикатларидан иборат бўлган ядроси ҳосил бўлган. Таркибан ядро моддалари темирли метеоритларга мос келади. Бу даврдаги Ерни термик ҳолати ҳақида ҳам бир-бирини инкор этувчи, икки хил фикрлар мавжуд. О.Г.Сорохтин ва С.А.Ушаков Ерни илк совуқ ҳолатда бўлганлигини исботлашга ҳаракат қиладилар. Уларнинг фикрича, Ернинг ибтидоий моддаси ҳеч эримаган, ядро эса аста-секин унинг ривожланиши натижасида ўсиб бориб, ҳозирги ҳажмга эга бўлган Ер моддасининг биринчи эритмалари 4,0 млрд йил аввал пайдо бўла бошлаган. Унгача Ер суств ва совуқ ҳолатда бўлган. Ушбу моделдан фарқли, баъзи тадқиқотчилар Ерни иссиқ модели

ҳақидаги ғояни ривожлантирадидлар. Уларнинг фикрича, энг қадимги (4,6-4,8 млрд йил) метеоритлар ҳам, Ойни ташкил қилган жинслар ҳам, магмадан ҳосил бўлган ва 1000^0 - 1300^0 С да кристалланган. Агар бу фикрлар тўғри бўлса, ер гуруҳига мансуб бўлган сайёралар магматик жараён натижасида ҳосил бўлган бўлиши керак. Айни шу даврда, Ерда магматик дифференциация мавжудлигини исботловчи далиллар сифатида архей гнейслари таркибида топилган цирконларни кўрсатиш мумкин (4,3-4,4 млрд йил аввал ҳосил бўлган). Бундай цирконлар фақат Ер ибтидоий моддасини эриши натижасида ҳосил бўлиши мумкин. Ер 4,55 млрд й аввал пайдо бўлгандан сўнг, унинг юзасига тушган улкан астероидлар унинг хароратини оширган ва натижада бирламчи магматик ҳавза («магматик океан») пайдо бўлган деб тахмин қилинади (С.Маруяма). Ушбу «океан» фаолияти натижасида ер атмосфераси ва бирламчи перидотитдан иборат бўлган ер қобиғи ҳосил бўлган. Айни шу даврдан бошлаб суяқ темир фазаси ядрони ташқи қисмида шаклланган. Ернинг улкан астероид билан тўқнашуви натижасида унинг орбитасига жуда катта ҳажмдаги ибтидоий модда чиқарилган ва унинг ҳисобига Ой ҳосил бўлган (1.3- бобни қ.). Умуман олганда, Ерни улкан астероидлар томонидан «бомбардимон» қилиниши 4,3-4,2 млрд йилларга тўғри келади. Бу жараён адабиётда «импакт» жараёни номини олган ва мантияни эритиб юборишга, магматик океанни шаклланишига ва, пировардида, коматит-перидотит қобикни ҳосил бўлишига сабаб бўлган. Фақат 200 млн йилдан сўнг (4,0 млрд й) мантияда нотартибли конвектив оқимлар пайдо бўла бошлаган. Конвектив оқимлар “Литосфера плиталари тектоникаси” назарияси бошлаб берган ягона механизм сирасига киради.

Ой ва бошқа сайёралардагидек, Ерда ҳам аввал базальт ва ўтаасосли жинслардан ташкил топган бирламчи қобик ҳосил бўлган. Бу даврда икки турдаги тектоник тизимлар ҳосил бўлганини тасаввур қилиш қийин эмас. Биринчиси кўтарилган қитъалар (Ой, Марс, Меркурийдаги қитъалар). Иккинчиси – нисбатан ёш, ҳалқасимон чўкмалар (Марс, Ойдаги

«денгизлар»). Ерда бу жараёнлар бошқа тарзда ривожланган дейишга ҳеч қандай асос йўқ. Шунини ҳам алоҳида таъкидлаш зарурки, айти шу даврда Ер мантиясида конвекция оқимлари шакллана бошлаган ва ибтидоий ер қобиғи эриш жараёнларини бошидан кечирган.

Ернинг илк тарихини ўрганишда Ойдан олинган маълумотлар алоҳида аҳамиятга эга. Маълумки, «Луна-16», «Луна-17» космик кемалари, «Аполлон» экспедициялари келтирган маълумотлар Ойни анча қадимги сайёра эканлигини тасдиқлади.

Ой, асосан, асосли жинслардан габбро, базальт, анортозитлардан ташкил топган. Масалан, Ойдаги анортозитларнинг ёши 4,09-3,85 млрд йилдан, то 3,8-3,2 млрд йилгача. Ойдаги баландликларда анортозит ва базальтлар ёши 4,09-3,85 млрд йилга тенг, чўкмаларда эса 3,8-3,2 млрд йилни ташкил қилади. Бу рақамларга асосланиб Ойда дифференциация мавжуд бўлган деган хулосага келинган. Анортозитлар ва базальтлар таркибини қиёсий таҳлил қилар эканмиз глинозем, титан, темирни миқдорлари қонуний равишда ўзгариб боради ва (масалан, анортозитларда Al_2O_3 -18-23% гача) ўз навбатида юқорида тахмин қилинган дифференциация жараёнларида кўрсатувчи далил бўла олади.

Маълумки, Ойдаги тектоник ҳаракатлар 3,8-4,0 млрд йил атрофида сўнган. Айти шу даврда Ерда жуда катта ҳажмдаги «кулранг гнейслар» пайдо бўла бошлаган.

Шундай қилиб, Ер ривожланишидаги ушбу ибтидоий давр тўғрисида олимлар арсеналида маълумотлар анча танқис бўлса ҳам, Ерни фаол ривожланаётган сайёра эканлиги исбот қилиб берилди. Унинг бирламчи қобиғи асосли жинслардан иборат. Энг қадимги гнейслардаги ксенолитлар буни исбот қилади. Ушбу даврдаги Ерни астероидлар билан тўқнашувлари, метеоритлар томонидан амалга оширилган «бомбардимонлар», магматик океанни вужудга келтиради ва мантиядаги анча нотартиб (хаотик) конвекция оқимларини шакллантиради.

Ернинг пайдо бўлиши ҳақида яна бир неча замонавий фаразлар

мавжуд. *Кант-Лаплас фарази*. Унга асосан, аввал бирор бир ядро атрофида айланаётган газ–тумандан иборат булут мавжуд бўлган. Ўзаро тортишиш натижасида булутлик дисксимон шаклини олган ва у газлардаги зичликнинг фарқи туфайли кутбларда сиқила бошлаган. Бундан сўнг диск аста секин халқалар шаклини ола бошлаган, газ булутларнинг совиши натижасида сайёралар ва уларнинг йўлдошлари ташкил топган. Бу туманликнинг марказида ҳозирги кунда ҳам совимаган булутлик мавжуд бўлиб бу бизнинг Қуёшдир.

О.Ю.Шмидт фаразига кўра асосан Қуёш системаси пайдо бўлишидан олдинроқ, Қуёш галактикадаги чанглик ва газ булутларни ўз майдонига тортиши натижасида, бу жисмлар бир-бирларига ёпишиб олдин совук сайёралар пайдо бўлган. Қуёшнинг фаоллиги натижасида ва гравитация таъсирида сайёралар қизий бошлаган, уларда вулқонлар ва лавалар отила бошлаган. Лавалар Ернинг биринчи қобиғини ташкил этган бўлса, улар билан отилиб чиққан газлар Ернинг биринчи атмосферасига асос солган. Бу атмосферада 100 градусли ҳарорат таъсирида сув буғлари ҳосил бўлиб, улар бирламчи океанларни пайдо қилган.

Ж.Бюффон фарази бўйича аввал Қуёш бир ўзи фазода учиб юрган, лекин унга яқин жойдан учиб ўтаётган бошқа юлдузнинг таъсирида чўзилиб кетган галактикани ташкил қилган. Сўнгра бу юлдуз парчаланиб Қуёшнинг магнит майдони таъсирида унинг орбитасига чиқиб олган. Шу юлдузнинг зарраларидан сайёралар пайдо бўлган.

Хойль фикрича Қуёшнинг ўзига ўхшаган “эгизаги” бўлган. Ҳар хил кучларнинг таъсирида у портлаган, унинг зарралари эса Қуёшнинг таъсирида унинг орбитасига тушган. Шундай қилиб, сайёралар пайдо бўлган.

Ер ривожланишини белгиловчи асосий омил иссиқлик энергиясининг ҳосил бўлиши ва шу туфайли шаклланган гравитацион майдонда моддаларнинг дифференциацияси ҳисобланади. Бу мураккаб жараёнлар натижасида Ернинг темир-никелли ядро, магнезиал-силикатли мантия (сима) ва алюмосиликатли ер қобиғи (сиал) сфералари вужудга келган.

Дифференциация жараёнлари натижасида гидросфера ва атмосфера ҳам ҳосил бўлган. Ернинг геосфераларга ажралиш сабаби сифатида икки асосий жараён илгари сурилган. Улардан бири Ернинг турли сатҳларида магматик жараён ўчоқларини пайдо бўлиши ва бу ўчоқларда магматик эритманинг дифференциация жараёнларининг ривожланиши. Бу жараён моддаларнинг таркибига, солиштирма оғирлигига қараб ажралиши ҳамда кимёвий ва минерал таркиби бўйича турли магматик жинсларнинг ҳосил бўлишига олиб келган. Бундай дифференциациянинг асосий сатҳлари ядро ва мантия чегарасида, D^II қатламида ва ер қобиғига етказиб бериладиган магма ва флюидларнинг асосий массаси ҳосил бўладиган астеносферада кечади. Магма ҳосил қилувчи ўчоғлар ер қобиғининг турли сатҳларида ҳам шаклланади. Ерни геосфераларга ажралишидаги иккинчи сабаб - тоғ жинсларидаги турли минералларнинг бир турдан иккинчисига ўтиши, таркибини ўзгариши ҳисобланади. Бунда уларни ташкил этувчи кимёвий элементларнинг умумий миқдори сақланиб қолади.

Ер моддасининг муҳим элементлари бўлиб O, Fe, Si, Mg саналади. Булар умумий массанинг 91% ташкил этади. Ni, S, Ca, Al эса камроқ тарқалган элементлар гуруҳини ташкил этади. Менделеев даврий жадвалидаги бошқа элементлар тарқалиши иккинчи даражали аҳамиятга эга. Аммо, ер қобиғида уларнинг юқори миқдорда тўпланган жойлари, шу жумладан кўплаб маъданли конларда уларнинг аҳамияти кескин ошади.

Ер моддасининг темир-никелли ядрога, магнезиал-силикатли мантияга (сима) ва алюмосиликатли ер қобиғига бўлиниши жараёнлари асосан икки сатҳда – мантия ва ядро чегарасидаги D^II қатлами ҳамда ядрога, астеносфера ва литосферада амалга ошади. Ер моддасининг ички дифференциацияси қаторида кимёвий элементлар ўзини турлича тутди. Масалан, марказга интилувчи элементлар, энг аввал темир, никель, хром, кобальт ядрога, магний эса мантияда тўпланади. Марказдан қочувчи элементлар мантиядан ер қобиғига сиқиб чиқарилади. Бундай элементлар қаторига алюминий, ишқорий ва ишқорий-ер ва бошқа элементлар киради. Улар учун

ионизациянинг юқори потенциали ва кичик атом ҳажми характерлидир. Масалан, континентал қобикда никель ва хром миқдори метеоритлардагига нисбатан 500 марта кам. Ва, аксинча, ионизациянинг паст потенциали паст ва юқори атом радиусига эга элементлар мантиядан ядрога ўтади. Дифференциация пайдар-пайлиги Ер геосфералари кимёвий таркибининг ўзгариши билан ифодаланган.

3. Сейсмологик маълумотлар бўйича ернинг ички тузилиши ва ҳолати

Эластиклик назариясининг асосий тенгламалари О.Л. Коши ва С.Д. Пуассонлар томонидан XIX асрнинг 20 - йилларида аниқланган. Таъсир этувчи кучларнинг 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:

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

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

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

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

θ - дилатация.

Ҳар хил масалалар ечилаётганда λ ва μ билан биргаликда изотроп муҳитни қуйидаги эластиклик модулларининг бештаси ифодалайди:

1. Юнг модули (E), (бўйлама чўзилиш модули) - жисмнинг чўзилиши ёки

бўйлама сиқилишига қаршилигини кўрсатади.

2. Пуассон коэффициенти (σ) – ўзак (стержень) чўзилиши ёки сиқилиши

натijasида 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 кучи таъсирида жисмнинг шакли ва тўғри бурчаклари ўзгаради, ҳажми эса ўзгармайди.

5. λ модули – сиқилиш – кенгайиш деформациялари ва нормал кучланишларни ифодаловчи тенгламаларда дилатация коэффиценти. 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 юқоридаги 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 қўзғаган dV ҳажмнинг оғирлик маркази тезланишининг координата ўқлари бўйича проекцияси бўлсин. Даламбер принципига асосан, таъсир этувчи кучлар тезланишга пропорционалдир.

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

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

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

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

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

Ташқи 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) тўлқинларининг 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 муҳитларда, $\frac{v_s}{v_p}$

$\frac{1}{\sqrt{2}} (\sigma \geq 0)$ дан катта бўла олмайди.

Инерция кучлари натижасида ҳосил бўлган, кўндаланг ва бўйлама тўлқинлар ҳажмий тўлқинлар дейилади.

Сейсмик тўлқинларнинг тоғ жинсларида тарқалиш қонунлари геометрик оптиканинг Гюйгенс, Ферма, Снеллиус нуқтаи назарларига

асосланган.

Гюйгенс нуқтаи назарига биноан тўлқин фронтининг ҳар бир нуқтасини мустақил тебраниш манбаси, яъни иккиламчи тўлқин манбаи деб ҳисоблаш мумкин: бунга асосан берилган тўлқин фронтининг айрим ҳолатларига қараб, бошқа ҳолатдаги тўлқин фронтини белгилаш мумкин.

Ферма нуқтаи назарига биноан иккита нуқта орасида тўлқин энг кичик қаршилиқ этувчи йўл бўйлаб тарқалади, яъни энг қисқа вақт сарф қиладиган йўлни босиб ўтади. Унинг фикрига асосан (изотроп) муҳитларда сейсмик нур тўғри чизикдан иборат, чунки уларда тезлик доимо бир хил. Градиентли муҳитларда (тезлик аста – секин узлуксиз ўзгариб турганда) сейсмик нур эгри чизик ҳолига келади.

Суперпозиция нуқтаи назари. Муҳитда бир неча тўлқин бир вақтнинг ўзида тарқалганда уларнинг ҳар бири ҳудди бошқалари йўқдек ҳаракат қилади. Лекин тўлқинлар муҳитнинг бирор нуқтасига бир вақтда етиб келганда, зарраларнинг тебранишлари тўлқинларнинг бир-бирига устма-уст тушиш натижасидек намоён бўлади (интерференция кузатилади).

Ўзаро боғлиқлик нуқтаи назари. Агар сейсмик тебранишни қўзғатувчи ва қабул қилувчи манбаларнинг жойларини ўзаро алмаштирилса, унда шу нуқталарда кузатиш вақти, тўлқиннинг шакли ва зарраларнинг тебраниш сифати ўзгармайди.

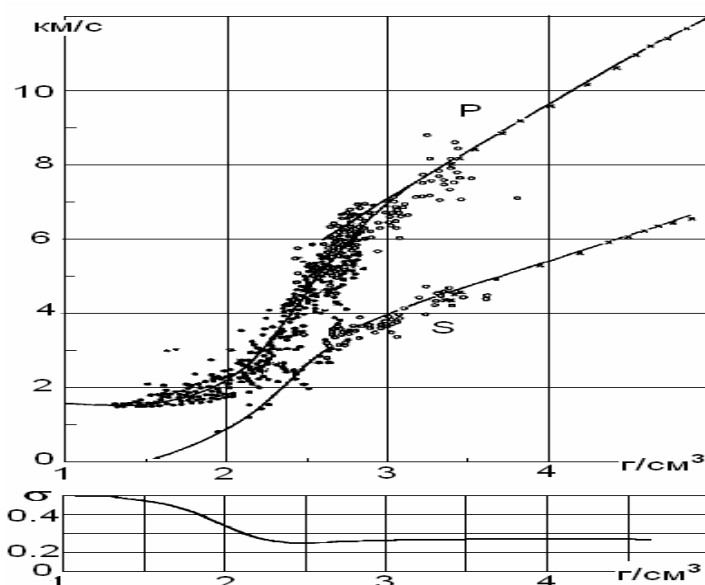
Сейсмик тўлқинларнинг тоғ жинсларида тарқалиши мураккаб жараён бўлиб, кинематик ва динамик параметрларга боғлиқ. Кинематик параметрларга тўлқин тарқалиш вақтини, унинг фронтлари ва нурларини ўрганиш киради. Динамик параметрларга эса тўлқин амплитудаси ва энергияси, импульсларнинг шакли ва спектрал хоссаларини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

Тоғ жинслари зичликларининг ошиб бориши билан тезликлар ошади. (3.1 расм). Бунинг сабаби, тоғ босими таъсирида жинсларнинг зичлашуви ва эластиклик модулларининг (E , K , μ) сезиларли даражада ошиши кузатилади.

Реал геологик муҳитда, ҳар қандай қаттиқ жисмдаги каби, тўлқинларнинг амплитудаси масофанинг узоқлашишига қараб камаяди.

Бунда юқори частотали компонентлар тўлқинлар дисперсияси туфайли, паст частотали компоненталарга нисбатан кучлироқ ютилади. Шунинг учун манбадан узоқлашган сари паст частотали импульслар сейсмограммаларда кўпая бошлайди.

Сейсмик тўлқинларнинг масофа бўйича сўниши сейсмик чегараларда тўлқинларнинг синиши ёки қайтиши билан боғлиқ бўлмаган холда, 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.

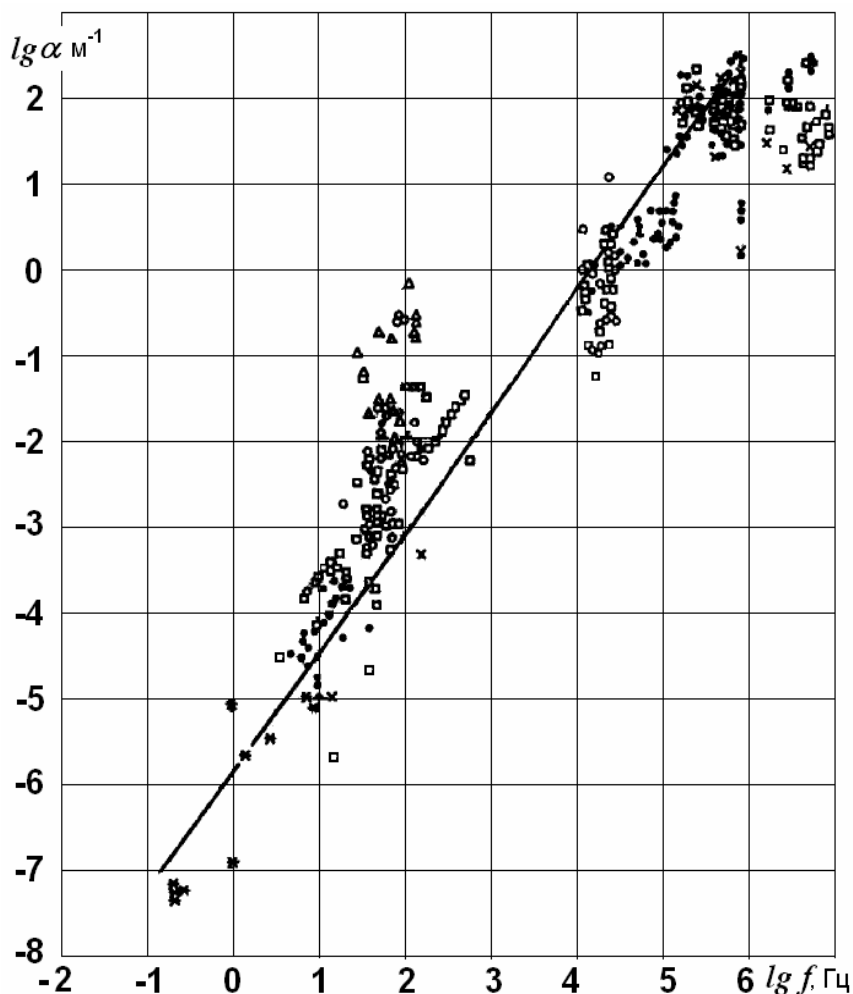


3.1 – расм. Ҳар хил тоғ жинслари учун V_p ва V_s тезликларнинг зичликка ва Пуассон коэффициенти (σ) боғлиқлиги (Пузырев, 1997)

Тажрибаларнинг кўрсатишича, кенг диапазонда ютилиш коэффициенти тўлқиннинг частотаси билан чизиқли боғлиқ (3.2 - расмда бўйлама тўлқинларнинг тоғ жинсларида ютилишининг сейсмологик (-2 - -1), сейсморазведка (0 - 2), акустик каротаж ва лаборатория маълумотлари(4 - 7) бўйича натижалари кўрсатилган).

Ютилиш коэффициенти α билан (ўлчами m^{-1}) бирга, сейсмикада ўлчамсиз ютилиш параметри Q (добротность – сифатлилик, мустаҳкамлик)

киритилган. α билан Q орсида куйидагича боғлиқлик бор: $Q = \pi f/V\alpha = \pi/\lambda\alpha$.

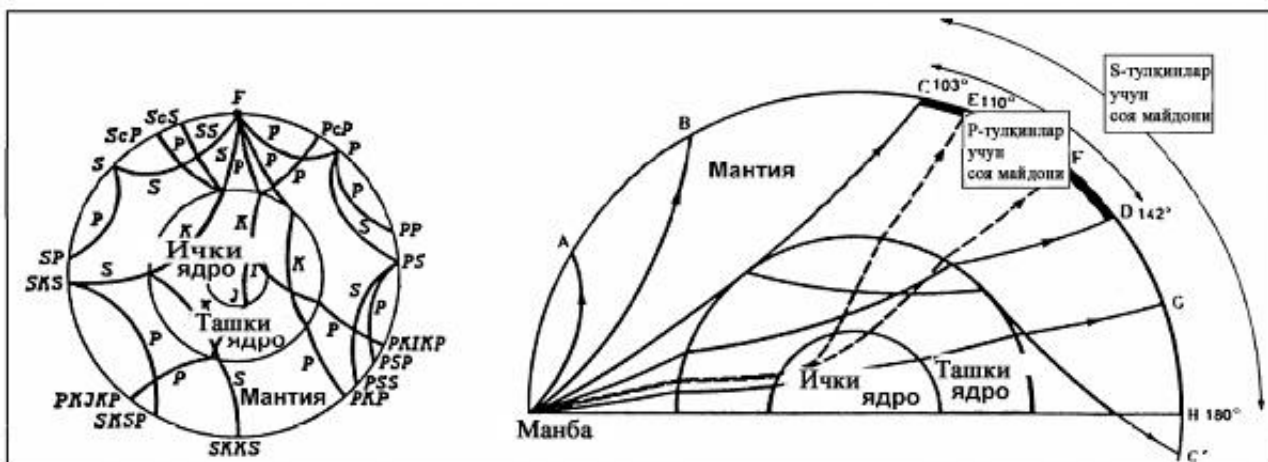


3.2 – расм. Ҳар хил литологик таркибга эга тоғ жинсларининг ютилиш коэффициентининг тўлқин частотасига боғлиқлиги (Пузырев, 1997)

Ер радиуси бўйлаб кўндаланг ва бўйлама тўлқинларнинг тарқалиши. Кучли зилзила натижасида ҳосил бўлган ҳажм тўлқинлари Ерни ҳудди ичидан ёритгандек барча қатламларидан кесиб ўтади ва қайтарилади. Лекин, геометрик оптика қонунларидан фарқли ўлароқ, Ер моддасининг таркиби ва ундаги тезликларнинг ҳар хиллиги сабабли бу тўлқинлар эгри чизиқ бўйлаб тарқалади (3.3 – расм).

Бу тўлқинларни бир-биридан ажратиш учун куйидаги белгилашлар қабул қилинган:

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



3.3 – расм. F манбадан тарқалган сейсмик тўлқинларнинг Ер ичида тарқалиши

Масалан, PKiKP белги бўйлама тўлқиннинг ташқи суяқ ядродан ўтиб, ички ядродан қайтиб, яна ташқи ядродан ўтиб бўйлама тўлқин сифатида Ер юзасига етиб келганини билдиради. Ердаги чегаралардан ўтганда тўлқинлар турини ўзгартириши мумкин, яъни бўйлама тўлқин кўндаланг тўлқинга алмашилиши ва ҳоказо (SP, PS, PcS) .

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

Ташқи ядро чегарасида бўйлама тўлқиннинг тезлиги 13,6 км/с дан кескинлик билан 8,1 км/с гача пасаяди. Кўндаланг тўлқин эса ташқи ядрога умуман тарқалмайди. Бундай ҳолат эса ташқи ядронинг суяқ ҳолда

эканлигидан далолат беради.

1936 йилда Даниялик олима Леман қаттиқ ички ядрони ажратади. Леман ҳисоби бўйича ички ядронинг чуқурлиги 5000 км атрофида.

1909 йилда югослав олими Мохоровичич сейсмик тўлқинларнинг 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 районларда эса унинг чуқурлиги 50–80 км ни ташкил этади.

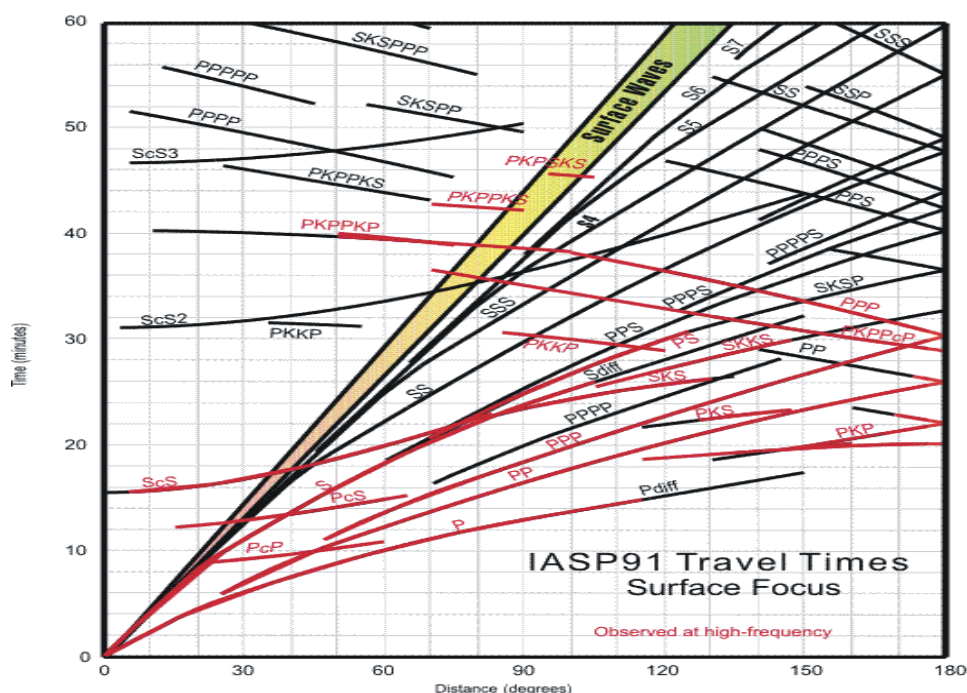
Ҳозирги тасаввурлар бўйича Ер жуда мураккаб кўп сферали объект. Ҳар бир геосфера ўзига яраша мураккаб структурага ва геофизик майдонларнинг кўрсаткичига эга.

Бўйлама ва кўндаланг тўлқинларнинг Ер шаридан ўтиб сейсмик станцияларга келиш вақтлари ҳақидаги маълумотларни йиғиш 1908-1911 йилларда Цепринц ва Э.Вихертлар томонидан биринчи годографларнинг (тўлқинни кузатиш вақтининг қўзғатиш манбаи ва кузатиш нуқталари оралиғидаги масофа билан боғлиқлиги) тузилишига олиб келди. Бу годографдан 1930-1940 йилларгача зилзилалар эпицентри ва эпицентрал масофаларни аниқлашда фойдаланилган.

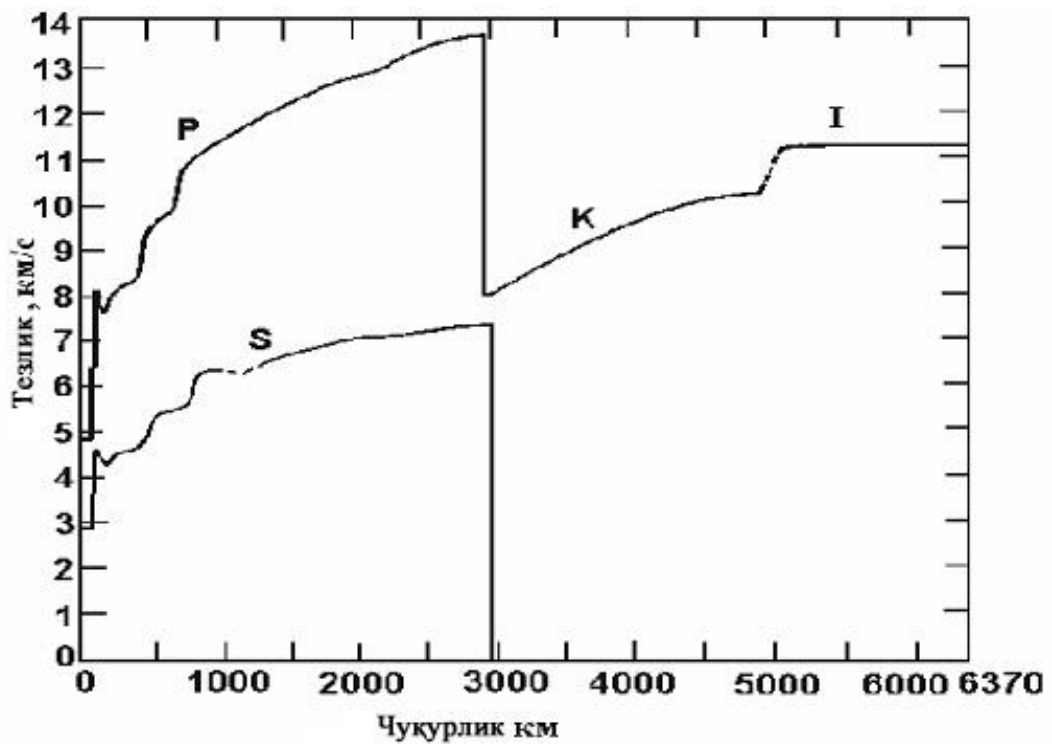
Б.Б.Голицин (1960) сейсмик нурларни Ер юзига чиқиш бурчагини ўлчаш орқали уларнинг етиб келиш вақтини аниқлаш методини ишлаб чиқди. Бўйлама тўлқинлар годографи бунда нурнинг Ер юзига чиқиши туюлувчи бурчаги ва кўндаланг тўлқинлар тарқалиш тезлигига боғлиқ. Кўндаланг тўлқинлар тезлигини Б.Б.Голицин кузатувлардан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

1950 йилларнинг бошида К.Буллен ва Г.Джеффрислар 0° дан 180° масофа ва 700 км чуқурликкача бўлган P ва S тўлқинларнинг келиш вақтлари жадвалларини тузишган (Рихтер, 1963). Джеффрис-Буллен годографи ҳозирги кунгача жаҳон сейсмик станциялари томонидан ишлатилиб келинади (3.4– расм).

Олинган годографлар асосида P ва S тўлқинлар тезлигининг чуқурлик бўйича ўзгариши графиклари тузилади (3.5–расм). Бу расмдаги маълумотлар Ерни асосий геосфераларини ажратиш имконини беради (3.6–расм): *A* – ер қобиғи, 30 – 40 км гача чуқурликда ажратилади ва унга тезликларнинг биринчи максимумлари тўғри келади; мантия - *B*, *C* ва *D* қатлар, 2900 км чуқурликкача; ядро - *E*, *F* ва *G* қатлар. Ер қобиғи, мантия ва ички ядро чегараларига бўйлама ва кўндаланг тўлқинлар тезлигининг кескин ўзгаришлари тўғри келади.

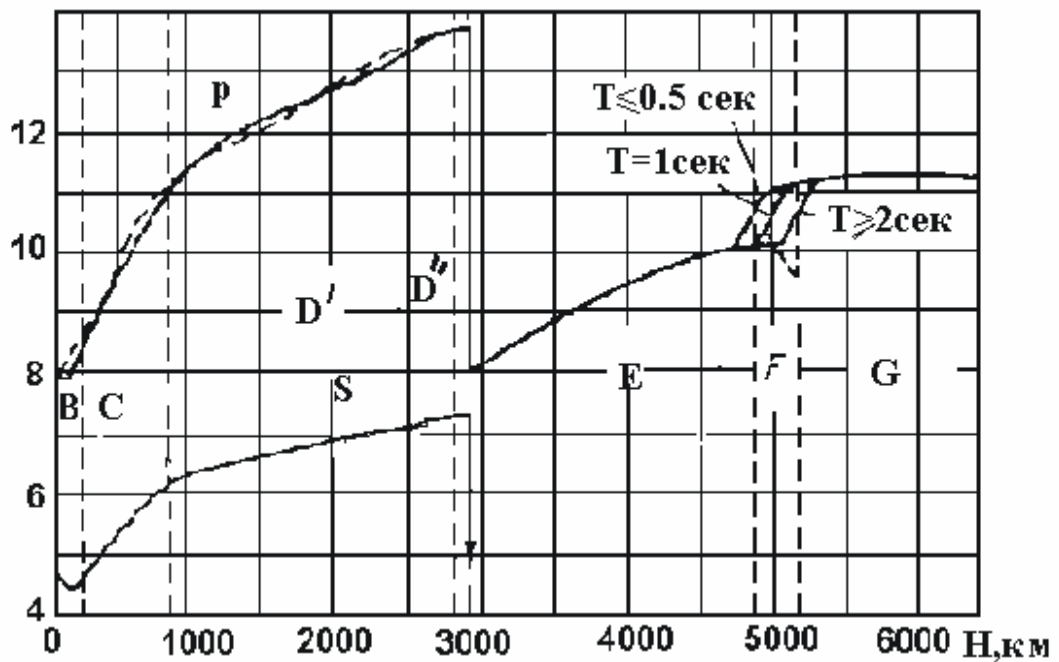


3.4 – расм. Джеффрис – Буллен годографи



3.5 – расм. Бўйлама ва кўндаланг тўлқинларнинг Ерда тарқалиши

V_s, V_p , км/сек



3.6 – расм. Ернинг асосий қатлари

В қат ўз таркибига тезликлари минимум бўлган 200 км чуқурликкача

чўзилган зонани камраб олади. С қатида тезликлар 900 км чуқурликкача тез ортиб бориб, шу ердан унинг графиги бурилади ва тезликни ошиши градиенти камаяди.

Ернинг ички ва ташқи ядросида ҳажм тўлқинларининг тарқалиши

Ер ядроси ва мантияси орасидаги чегара аниқ чегара ҳисобланади ва бу чегаранинг аниқлиги 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 қатламининг қалинлиги, ΔV - муҳитлардаги тезликлар фарқи, T - тебранишлар даври. Масалан, ядро чегараси ва бўйлама тўлқинлар учун $\Delta V = 5,5$ км/сек, $T \approx 10$ сек. Демак, ўтиш қатламининг қалинлиги $\delta \ll 10$ км бўлади.

Сейсмологик маълумотлар бўйича Ер геосфераларини ажратиш

Юқорида берилган маълумотлар бўйича, Ер асосий сфераларининг ҳолати ҳақида баъзи бир хулосаларни шакллантириш мумкин. B , C ва D қатларда кўндаланг тўлқинларнинг ўтиши уларнинг қаттиқ ҳолатда эканлигини кўрсатади. Бу тўлқинларнинг ташқи ядрога кузатилмагани (E қат), бу қатнинг суяқ ҳолатдалигини ёки у ерда жуда кучли тўлқин ютилиши жараёни мавжудлигини тахмин қилса бўлади. Лекин, бу ютилиш жинсларнинг ички ишқалинишидан 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 кенгроқ ёритилган.

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

Зилзила ва портлашлардан ҳосил бўлган тўлқинларнинг тарқалиши сўнгги йилларда жадал ўрганилмоқда. Бунда синган (“переломленных волн”) ва қайтган («отраженных волн») тўлқинлар методлари 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 қатнинг ўзида баъзи бир ҳудудларда тўлқинларнинг тезликлари 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 областлар учун бўйлама тўлқинлар тезликлари 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 районларда эса 50 км ва ундан юқори. Тоғли районларда Мохо чегараси чуқурроқ жойлашган (тоғ илдизлари). Бу тоғ илдизлари биринчи бор гравитацион маълумотлар асосида аниқланган.

Ер қобиғи қобиқ ости жинсларидан тузилиши ва кимёвий таркиби билан фарқланади. Ер қобиғи мантия литосферасидан Мохо чегараси билан ажралиб туради. Бу ерда сейсмик тезликлар сақраб, 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 чўкинди йиғилиши ҳисобига ўзгариб туради. Натижада доимо шаклланаётган ва текисланаётган ер қобиғининг юзаси жуда мураккаб. Рельефнинг максимал фарқлари 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) минтақаларида бу фарқ 7 – 8 км ни ташкил этади.

Океан туридаги ер қобиғининг таркиби соддароқ тузилишга эга. Унинг кесимида учта асосий қат ажратилади. Улардан биринчиси, чўкинди қат. Бу қат асосан карбонат чўкиндилардан таркиб топиб, 4,0 – 4,5 км чуқурликкача тарқалган. Бундан чуқурроқда карбонатсиз чуқур сувларда ҳосил бўлган қизил гиллар ва кремнийли иллар тарқалган.

Иккинчи базальт қати, толеит таркибли базальт лавалардан таркиб топган. Сейсмик маълумотлар бўйича океан қобиғининг базальт қати 1,5 – 2 км ни ташкил этади. Океан қобиғининг габбро серпентинит қати 4,5 – 5 км га

этади. Шундай қилиб, океан қобиғи 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 км³ базальт эритмалари қуйилиб, океаннинг иккинчи қобиғини ташкил этади. Бу улкан тектономагматик жараёнлар, ўрта океан тизмаларида доимий равишда кечиб, юқори сейсмикликни келтириб чиқаради. Континентларда бундай ҳолатлар мавжуд эмас.

Континентал турдаги ер қобиғининг таркиби ва тузилиши океан қобиғидан тубдан фарқ қилади. Унинг қалинлиги ороллар ёйида ва ўтиш зоналарида 20 – 25 км дан Ернинг ёш бурмачан ўлкалари Андлар, Альп – Ҳимолай неотетис минтақаларида 80 км гача этади. Қадимги платформаларда ер қобиғининг қалинлиги ўртача 40 км ни ташкил этади.

Континентал қобиқнинг тузилиши бир жинсли эмас, айниқса платформаларда учта асосий қат ажратилади: юқори чўкинди қолам ва гранит ва базальт қатлари. Чўкинди қатнинг қалинлиги қадимги платформаларнинг қалқон қисмларида (шитларда) 0 км дан континентларнинг суст чеккаларида 10 – 12км ва ҳатто 15км гача етиши мумкин. Протерозой платформаларида чўкиндиларнинг ўртача қалинлиги 2 – 3 км ни ташкил этиб, уларнинг таркиби гилсимон ётқизиқлар 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 устиворлиги таъкидланади.

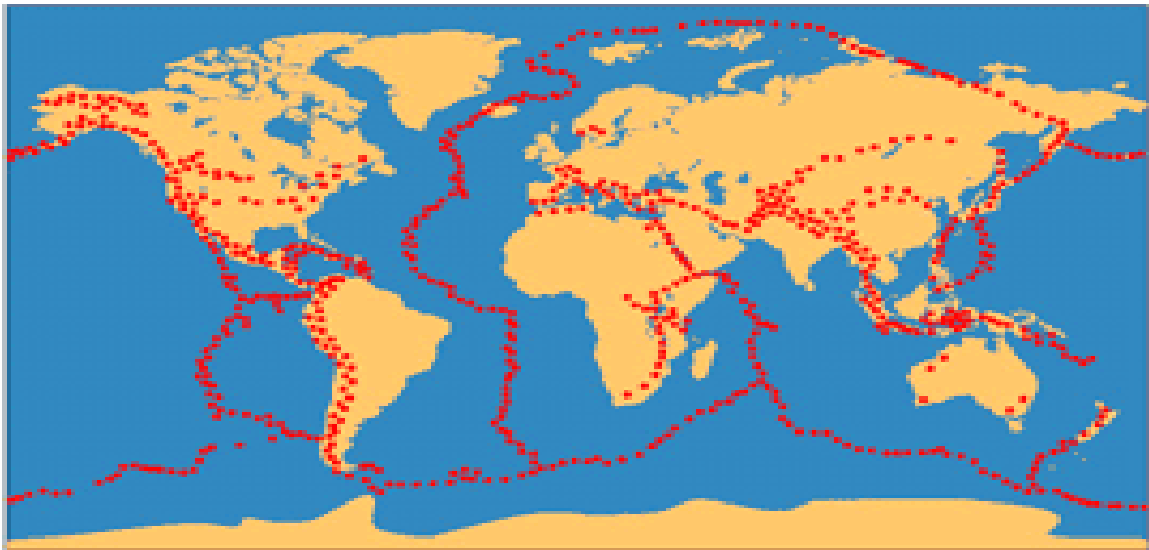
Ер қобиғининг янада чуқурроқ қисмида (15 – 20 км атрофида) кўп

ҳолларда 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 тезликлари кескин ошмайди.

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

Литосферадан чуқурроқда паст тезликли зона мавжуд. Бу зона литосферанинг қуйи чегарасидан 300 – 400 км гача тарқалиб астеносфера қати номини олган. Астеносфера моддалари силжиш кучланишлари таъсирида қайишқоқлиги туфайли енгил деформацияланади. Модданинг ўзини бундай тутиши астеносферада тоғ жинслари бир мунча эригани сабабдир. Астеносфера қатидан кўндаланг тўлқинларнинг ўтиши бу ердаги моддаларнинг эриши қисманлигини ва модданинг ўзи деярли қаттиқ ҳолатда эканини кўрсатади. Эриш проценти баъзи маълумотлар бўйича 20% гача етиши мумкин. Астеносферанинг бу ҳолати кўндаланг тўлқинларнинг кучли ютилишига олиб келади.

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



3.7 – расм. Ер шарида сейсмик фаолликнинг тарқалганлиги (сейсмик фаол минтақалар қизил нуқталар билан кўрсатилган)

Агар, Ер шарини сув қатламисиз тасаввур қилинса, океан тубида тоғ тизмалари ва кенг текисликларни кўриш мумкин. Ўрта-океан тизмалари ва чуқур океан новлари кўп жойларида 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 (3.7 – расм).

Зилзилалар физикаси

Ҳар йили Ерда сейсмографлар юз мингдан ортиқ зилзилаларни 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 прогноз қилишдир. Бу ўта

мураккаб масаланинг ечими аҳолини зилзила офатидан муҳофаза қилиш ва қурбонларни камайтиришда ўта муҳим аҳамият касб этади. Қуйида яқин II минг йилликда содир бўлган энг талофатли зилзилалар ҳақидаги маълумотлар келтирилган.

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

1755 йил 1 ноябрда Португалиянинг пойтахти Лиссабонда жуда кучли зилзила рўй берган. Палеосейсмодислокациялар ва тарихий манбалардан фойдаланиб ҳозирги замон сейсмологлари бу зилзила магнитудаси тахминан 8,6 га тенг бўлганлиги ҳақида хулоса чиқаришган. 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 қирғоқбўйи иншоотларини ва шаҳарнинг бир қисмини, аҳолиси билан бирга умуман ювиб кетган. Бу зилзилада 50 000 киши қурбон бўлган.

1906 йил 19 апрелда Калифорнияда магнитудаси 8,3 бўлган кучли зилзила оқибатида, Ер юзида кенглиги 6 метр, узунлиги эса 450 км бўлган ер ёриғи ҳосил бўлган (Сан – Андреас ер ёриғи). Зилзила учта асосий силкинишдан иборат бўлиб, бир минутдан узоқ давом этган. Газ узатгич қувурлар ёрилиб, ёнғин чиққан ва Сан – Франциско шаҳарини кўп қисми вайрон бўлган. Қурбонлар сони 700 кишидан ортган.

1939 йил Туркиянинг Эринжан шаҳри яқинида магнитудаси 7,9 зилзила

оқибатида 40 000 киши ҳалок бўлган. Шу вақтдан бери Туркияда 20 тача ҳалокатли зилзила рўй бериб, унда 20 000 ортиқ киши қурбон бўлган.

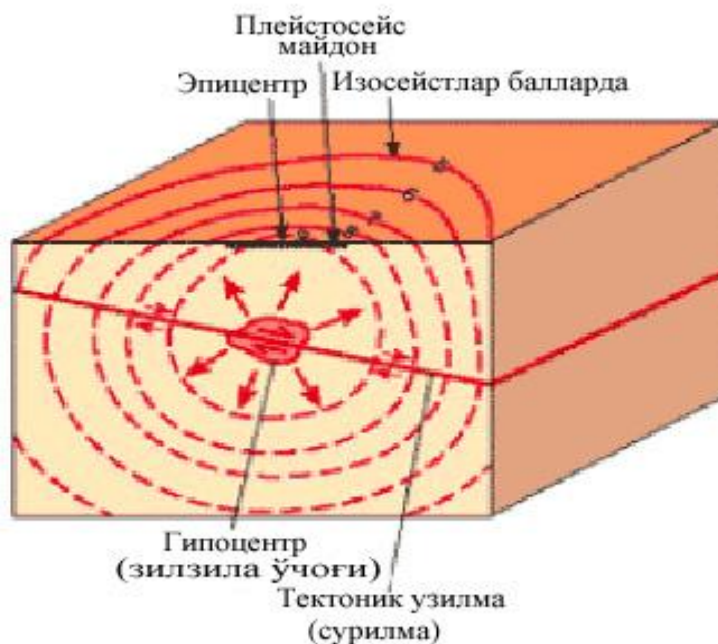
1960 йил 22 майда Чилида жуда кучли зилзила рўй бериб, у Консепсьон шаҳарини вайрон қилган, кўплаб саноат марказлари Пуэрто – Монт, Валдивия ва Осорно шаҳарларида миллионлаб чилиликлар бошпанасиз қолганлар. Зилзила оқибатидаги цунами Япониягача етиб бориб, у ерда 120 киши ҳалок бўлган.

1972 йилда Эронда магнитудаси 7,1 бўлган зилзила содир бўлган. Бунда Кир шаҳри бутунлай вайронага айлани, 5400 киши ҳалок бўлган. Эрон ўта сейсмик фаол минтақада жойлашганлиги сабабли, у ерда тез – тез зилзилалар рўй бериб туради. 1978 йилда Тебес шаҳри яқинида магнитудаси 7,7 бўлган зилзила 15 000 кишини умрига завоқ 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 баллни, Бам яқинидаги Барават шаҳрида 8 баллни ташкил этган. Зилзила ўчоғининг чуқурлиги - 10 км бўлган.

2003 йил 27 сентябрда Россиянинг Монголия билан чегараси яқинида Олтойда магнитудаси 7,3 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, қисқа 1-3 минут оралиғида ернинг бирор ҳажмида ер моддасининг емирилиши (ёрилиши) тушунилади. Амалда шу ёриқ бўйлаб ер моддаси бир–бирига нисбатан ҳаракатга келади. Ушбу ҳаракат рўй берган жой *гипоцентр* деб аталади.*

Айнан мана шу жойда, яъни *гипоцентр*да - зилзила ўчоғидан анча узоқларда вайронагарчиликларга сабаб бўлувчи сейсмик тўлқинлар генерацияси (ҳосил бўлиши) бошланади. *Гипоцентр*нинг Ер юзига проекцияси *зилзила эпицентри* деб аталади (3.8 – расм).



3.8 – расм. Сейсмик ўчоқ параметрлари

Ўчоқнинг ўлчамлари ва эластик кучланишларнинг миқдори сейсмик тўлқиннинг энергияси ва зилзила магнитудасини белгилайди. Масалан, магнитудаси 7,0 бўлган зилзила ўчоғининг узунлиги 50 км дан ошади. Ўчоқнинг катталигини кўрсатувчи параметрлардан бири *сейсмик момент* – тоғ жинслари силжиш модулининг ёриқ майдони ва силжиш амплитудасига кўпайтмасига тенг.

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

Сейсмик ўчоқлар чуқурлиги бўйича зилзилалар қуйидагича бўлинади:

кичик фокусли – ер қобиғи ичидаги, 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 кириши) 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 (блоклари) - *литосфера плиталари* ташкил қилади. Ер литосфера плиталари астеносферадаги конвектив оқимлар натижасида доимий горизонтал ҳаракатда бўлади. Литосфера плиталари бир-бирига нисбатан яқинлашиб, тўқнашиши натижасида (коллизия) тоғ ҳосил бўлиш жараёнлари рўй беради. Масалан, Ҳинд–Австралия литосфера плитасининг Евросиё литосфера плитаси билан тўқнашиши натижасида Ҳиндикуш - Ҳимолай тоғлари ҳосил бўлган ва бу жараён ҳануз давом этмоқда. Бу жараёнлар эса ушбу тоғликларнинг ниҳоятда сейсмик фаоллигини белгилайди. Бу ерда чуқурлиги 300 км гача бўлган зилзила ўчоқлари мавжуд. Бошқа ҳолларда литосфера плиталари бир–биридан узоқлашиши (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 кучи суст бўлган зилзилаларга олиб келувчи тузилмалар ҳисобланади. Вулқонли тоғлар ичидаги ниҳоятда қизиган газ ва лавалар Ернинг устки қисмидаги қатламларга юқори босим бериб туради. Шу вулқон ичидаги лаваларнинг ҳаракатлари натижасида кичик кучга эга бўлган зилзилалар сериялари бўлиб туради. Булар сейсмология фанида – “вулқонли тремор” (“вулқонли титрашлар”) номини олган. Вулқоннинг тайёрланиши ва отилиши жараёнлари 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.

Исландияда, Италияда, Японияда ва дунёнинг бошқа жойларида ҳозирги кунда ҳам ҳаракатдаги вулқонлар мавжуд.

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

1974 йилда Перудаги Анд тоғ тизмаларининг Викунаек тоғида икки километр баландликдан 1,5 миллиард куб метр тоғ жинслари Минтаро дарёси водийсига кўчиб тушиб, 400 кишилик қишлоқни кўмиб юборган. Кўчки натижасида ҳосил бўлган сейсмик тўлқинлар 3000 км узоқликдаги 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 газларни қазиб олиш, катта сув омборларига сув йиғиш каби ер қатламларидаги мувозанатни бузувчи фаолиятдир.

Мисол тариқасида Газли кони, Токтогул сув омбори ва бошқаларни келтириш мумкин.

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

Метеоритлар космосдан Ерга келиб тушиши оқибатида ҳам зилзилалар ҳосил бўлади. Бундай ходисаларнинг катастрофик оқибатларга сабаб бўлганлигини Ер геологик тарихини реконструкцияси натижасида

кўриш мумкин. Кишилик 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 Уралск шахрига тушиши натижасида ҳам сейсмик тебранишлар ҳосил бўлган.

Зилзилаларнинг таснифи қуйидаги жадвалда келтирилган.

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 кўриқдан ўтказиш, аҳоли билан зилзилани қандай хис қилганлиги ҳақида сўровномалар ўтказиш ёки шу район 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.

Оммавий ахборот воситаларида зилзила ҳақида хабар берилаётганда кўпинча Рихтер магнитудалар шкаласи жадаллик шкаласи билан чалкаштирилади. Натижада “Рихтер шкаласи бўйича ... 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 аниқланади. 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 баробарга ўсишига, яъни тебраниш амплитудасининг ўсишига олиб келади. Энергиянинг ўсиши тахминан 30 мартага ошади. Яъни магнитудаси 6 га тенг zilzila натижасидаги силжиш, магнитудаси 5 бўлган zilzila натижасида ҳосил бўлган силжишдан 10 баробар катта, энергияси эса - 30 баробар. Қуйида Рихтер шкаласи бўйича zilzilалар таснифи келтирилган, магнитудалар:

Т.р.	Магнитуда	Zilzila 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

Zilzila магнитудаси сейсмик тўлқиннинг максимал амплитудасининг (A) бошқа стандарт zilzilанинг шу тўлқинларининг амплитудасига (A_x) нисбатининг ўнли логарифми орқали аниқланади:

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

Магнитудаларнинг турли хил шкалалари мавжуд, локал магнитуда (ML), юза тўлқинлар орқали ҳисобланган магнитудалар шкаласи (MS), ҳажм тўлқинлари орқали топилган магнитуда шкаласи (mb), сейсмик момент бўйича (MW). Ҳозирги пайтда MW шкаласи қўлланилади.

1960 йил 22 майда содир бўлган Чили zilzila инструментал аниқланган энг кучли zilzila ҳисобланади. Унинг магнитудаси $MW=9.5$ ни ташкил этган. (Рихтер шкаласи бўйича 8,3 га тенг).

Энг кучли магнитудага эга zilzilалар 1906 йил Колумбияда ($M=8,9$), 1923 йил Японияда ($M=8,9$) аниқланган. Максимал амплитудаси 1 мкм

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

Зилзила энергияси 100кт атом бомбасининг энергиясидан ($1000 \cdot 10^{18}$ эрг) бир неча миллион баробар катта. Масалан, Ашхабод (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 ўртача зилзилалардан $\approx 0,5 \cdot 10^{26}$ 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 узунлигининг ва ўчоқ кенглигининг ўзгариши келтирилган.

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

Сейсмик жадалликни баҳолашда Ўзбекистонда ва бошқа кўпчилик мамлакатларда Медведев-Шпонхойер-Карник (MSK-64) томонидан тузилган 12 балли шкала қўлланилади. Бу шкала оддий (зилзилабардошлигини ошириш учун конструкциялари кучайтирилмаган) иншоотлар учун таалукли.

1 балл. Сезилмас зилзила. Тебранишлар жадаллиги паст, тупрок тебраниши фақат сейсмографлар орқали қайд қилинади.

2 балл. Кучсиз зилзила. Тебранишларни фақат бино ичидаги айниқса юқори қаватлардаги айрим кишилар сезади.

3 балл. Кучсиз зилзила. Бино ичидаги айрим кишилар сезади. Очик

майдонда сезиларли эмас. Тебранишлар худди енгил юк машинаси ўтганда ҳосил бўладиган тебранишга ўхшайди. Баъзи осилган жисмларнинг тебраниши кузатилади.

4 балл. Сезиларли тебраниш. Бино ичидаги кўп кишилар учун сезиларли, кўчада айрим кишилар сезади. Баъзи ҳолатларда уйқудан уйғотади. Тебранишлар худди оғир юк машинаси ўтганда ҳосил бўладиган тебранишларга ўхшайди. Дераза ойналари ва идиш-товоқлар зириллайди. Деворларнинг ва полларнинг ғижирлаши, мебелларнинг қалтираши кузатилади. Осилган жисмлар тебранади. Идиш ичидаги суюқликлар тўлқинланади. Бир жойда турган автомобилда туртки сезилади.

5 балл (100 йилда 15 – 25 марта бўлади). Деярли ҳамма ухлаётган кишилар уйғонади, идишлардаги суюқликлар тўлқинланади, баъзи енгил жисмлар ағдарилиши, идишлар синиши мумкин. Биноларга шикаст етмайди.

6 балл (100 йилда 10 – 15 марта бўлади). Кишиларда қўрқув пайдо бўлади, тебранишлар юришга халақит беради. Бинолар чайқалади, осилган жисмлар кучли тебранади. Идиш товоқлар ағдарилади ва синади, полкалардаги жисмлар тушиб кетади. Мебеллар силжиши мумкин. Шифтдан чанглар тушади, девор сувоқларида майда ёриқлар пайдо бўлади.

7 балл (100 йилда 4 – 6 марта бўлади). Кучли қўрқув пайдо бўлади. Тебранишлар оёқда туришга халақит беради. Мебеллар силжиши ва кулаши мумкин. Ҳар қандай биноларда ёриқлар пайдо бўлади, сувоқларда ёриқлар пайдо бўлиб тушиб кетиши мумкин, блоклар ва пардеворларнинг уланган жойларидаги сувоқлар кўчади.

8 балл (100 йилда 1 – 3 марта). Турган кишиларни йиқитади. Ерда ва қияликларда ёриқлар пайдо бўлади. Ҳар қандай биноларга шикаст етади, пардеворлар кулаши мумкин. Асосий деворларда ёриқлар пайдо бўлиши, сувоқларнинг сочилиб кетиши, блокларнинг силжиши ва уларда ёриқлар пайдо бўлиши кузатилади.

9 балл (таҳминан 300 йилда 1 марта). Ернинг кўп жойларида ёриқлар пайдо бўлади. Қияликларда кўчкилар содир бўлади. Барча биноларда

пардеворлар қулайди. Асосий деворларнинг бир қисми бузилиши, баъзи бир панелларнинг силжиши мумкин.

10 балл. Вайрон қилувчи зилзила. Кўпчилик бинолар ва кўприклар қулайди, ўпирилиш ва кўчкилар ҳосил бўлади.

11 балл. Катастрофик зилзила. Барча бинолар қулайди, ландшафтда ўзгаришлар рўй беради.

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

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

Сейсмиклик – бу бирор худуддаги зилзилаларнинг статистик далилликдир. У зилзила ўчоқларининг мавжудлиги, уларнинг маълум даврда қайтарилиб 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 худуднинг сейсмодектоник потенциалини 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 бўлиши жойи ва унинг максимал кучи эҳтимолини аниқлаш борасида геологик, тектоник, тектонофизик, сейсмодектоник методлар мавжуд. Улар сейсмикликнинг турли хил мезонлари ёки белгиларини ўрганишга асосланган. Сўнгги йилларда турли геофизик ва геологик кўрсаткичларнинг ўзаро боғлиқликларига асосланган формаллашган методлар яхши натижалар бермоқда. Бунда сейсмиклик билан боғлиқ бир қанча кўрсаткичлар ЭҲМларда турли хил дастурлар (программалар) ёрдамида ер қобиғининг бир–бирига яқин бўлган турларини ажратиб беради ва уларни сейсмиклик билан биргаликда қилинадиган

тахлили ёрдамида хариталар тузилади. Юқоридаги методларнинг ривожланиши ҳозирги вақтда зилзила жойини ва берилган ҳудудда максимал кучини прогноз қилиш учун анча ишончли асос деб қаралмоқда.

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

1. Зилзиланинг мукамал назарияси бугунги кунда ишлаб чиқилмаган;
2. Зилзилаларнинг асосан катта чуқурликларда рўй бериши ва шу сабабли уларни тўғридан тўғри турли асбоблар ёрдамида кузатиб ёки ўлчаб бўлмаслигида;
2. Зилзилалар билан илмий тажрибалар ўтказиш мумкин эмас, чунки ҳар бир сейсмик ходиса ўзига хослиги билан ажралиб туради;
3. Зилзила натижасида ҳосил бўлган ёриқларни компьютерда ёки лабораторияда моделлаштириш ишлари бошланғич босқичда, булардан олинган натижаларни реал табиий зилзилаларга тадбиқ этиш мумкинлиги ноаниқ;
4. Зилзила содир бўлиши фавқулодда тасодифий ходиса, унинг бу табиатидан қанча кўп зилзилалар ўрганилаётган бўлса ҳам аниқ бир мезони топилмаётир. Зилзиланинг тасодифийлик даражаси, масалан, атмосфера турбулентлигидан кўп марта катта, яъни биз атмосферани ўрганишда кузатувларимиз аниқлигини ошириб, об-ҳавони прогноз қила олсак, зилзилани вақтини қанча аниқ ва кўп кузатсак ҳам прогноз қила олмаймиз.

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

Ой ва Марсдаги зилзилалар. Қуёш системасидаги сайёраларнинг ва уларнинг йўлдошларининг сейсмиклиги ҳақида маълумотлар кўпайиб бормоқда. Масалан, Венера (Зухро) сайёрасида вулқонлар фаолиятининг кучлилиги, Венера силкинишларининг мавжудлиги аниқланди. Юпитернинг

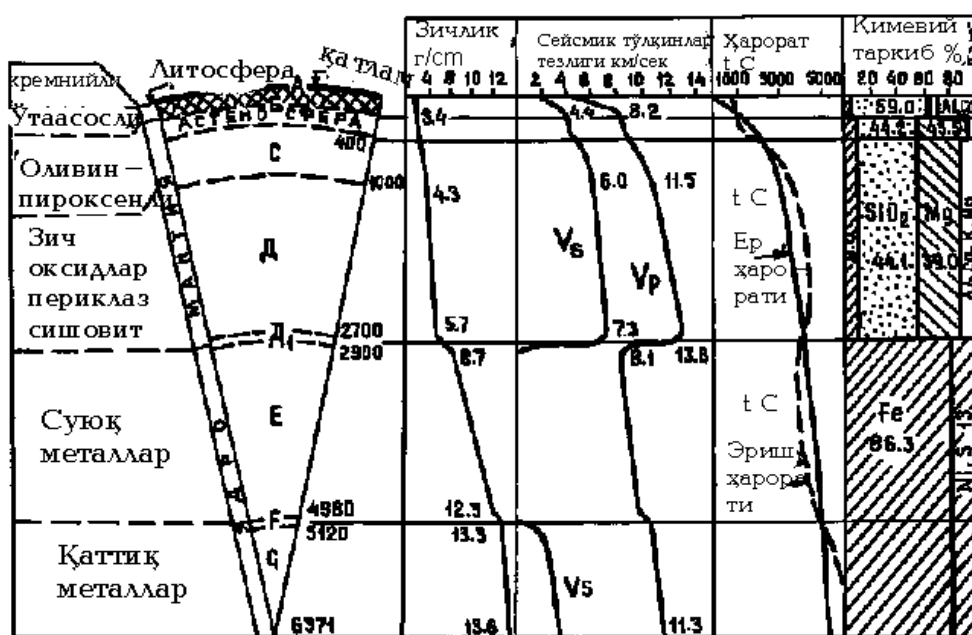
йўлдоши Иода ҳам катта вулқонлар борлигини АҚШнинг “Ганимед” сунъий йўлдоши тасвирга туширган. Умуман вулқон фаолияти Қуёш системасининг чекка гигант сайёралари ва уларнинг йўлдошларида кучлироқ эканлиги аниқланган.

Ойда биринчи сейсмографлар 1969 йилда АҚШнинг “Аполлон” космик кемалари томонидан ўрнатилган. Бир–биридан 1000 км гача масофада жойлаштирилган 5 та паст частотали (2,2 – 15с. даврли) сейсмографлар йилига 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: Ернинг ва Қуёшнинг тортиш кучлари таъсиридаги (“прилив”) зилзилалари, уларнинг чуқурлиги 800 – 1000 км; тектоник зилзилалар – чуқурликлари ўртача 25 – 200 км; метеорит ва бошқа космик жисмларнинг тушишидан ҳосил бўлган зилзилалар.

Ой сейсмограммалари бир–бирига ўхшаш. Уларнинг асосий хусусиятлари шундан иборатки, улар Ердагидан кўра узоқ вақтли ёзувга ва тебранишларнинг жуда кичик бўлган сўниш коэффициентига эга. Баъзи сейсмограммаларнинг нисбатан юқорида 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 қолди. Уларни Марснинг грунтга ўрнатиш имконияти бўлмади. Марсда жуда кучли шамоллар эсиши туфайли олинган сейсмограммаларда ҳалақит берувчи тебранишлар кўп бўлди. Бу сейсмограммаларни селекция қилиш натижасида жуда катта эҳтимоллик билан битта магнитудаси 3 га тенг бўлган Марс зилзиласи ажратилди. Кўндаланг ва бўйлама тўлқинлар ажратилиб, эпицентрал масофа 110 км эканлиги аниқланди. Бу зилзила тектоник зилзила деб тахмин қилинмоқда.

Ер ички тузилишининг ҳозирги замон моделлари. PREM. Яқин вақтларгача Ернинг энг тан олинган сейсмик моделларидан бири К.Е.Буллен (1963) модели бўлиб келган. Бу моделда қуйидаги геосфералар ажратилган. А – ер қобиғи (33 км гача); В – мантия (33-413 км); С -(413-984 км); Д – (984-2898 км) ва ер ядроси Е – 2898-4982 км); F – 4982-5121 км; G – 5121-6371 км. Кейинчалик К.Буллен Д қатни D^I (0,84-2700) ва D^{II} (2700-2900 км) қатларга ажратган (3.9-расм). Ҳозирги вақтда бир мунча 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



3.9 – расм. Ер тузилишининг анъанавий модели (К.Е.Буллен, бўйича)

гравиметрик параметрлар: Ернинг массаси, айланиш ўқиға нисбатан инерция моменти ва ҳоказолар ҳисобға олинади.

PREM моделида қуйидаги геосфералар ажратилган:

1. Ер қобиғи (EC); океан остида – 11 км, қитъаларда - 35 км; ўртача – 25км.
2. Литосферали мантия (LM) – 80 км гача.
3. Кичик тезликли зона (LVZ) – 80 км дан 220км гача.
4. UM' (220 км) зона ва 400 км чуқурлидаги чегара орасидаги зона.
5. Фазавий-ўтишлар зонаси (TZ) 400кмдан 670 кмгача.
6. Қуйи мантия D' – 670 км дан 2890 км гача, унинг асосида D'' қат 150 км қалинликда.
7. Ташқи ядро OC – 2890 км дан 5150 км гача.
8. Ички ядро IC – 1220 км радиусли

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

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

PREM моделидаги Ернинг физик хусусиятлари

Қатлам	H, км	ρ , г/см ³	V_p , км/с	V_s , км/с	Q_s	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
TZ	400	3,72	9,13	4,93	143	1,9	0,91	7,26
	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
D'	670	4,38	10,75	5,95	312	3	1,55	3,04
	2740	5,49	13,68	7,27	312	6,41	2,9	3,33
D''	2740	5,49	13,68	7,27	312	6,41	2,9	1,64
	2890	5,57	13,72	7,27	312	6,55	2,84	1,64
OC	2890	9,9	8,06	0	0	6,44	0	3,58
	5150	12,17	10,36	0	0	13,05	0	3,76
IC	5150	12,76	11,03	3,5	85	13,43	1,58	2,32
	6370	13,09	11,26	3,67	85	14,25	1,76	2,34

Ушбу жадвалдан Ер геосфералари қуйидаги физик хусусиятлар бўйича ажратилгани кўриниб турибди:

а) ер қобиғи: зичлик ва эластиклик параметрларининг юқори мантиядаги шу кўрсаткичлардан анча кичиклиги;

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

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

г) ташқи ядро: кўндаланг тўлқинлар тезлиги ва силжиш модули кўрсаткичларининг нолга тенглиги, бу ҳол муҳитнинг суяқ ҳолда

эканлигини кўрсатади. Пуассон коэффиценти 0,5 ва кўндаланг тўлқинлар бўйича мустақамлик кўрсаткичи нолга тенглиги ҳам юқоридагиларни тасдиқлайди;

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

Мантияда g кам ўзгаради: у 670 км гача ортиб боради ($10,014\text{м/с}^2$), 1470 км чуқурликда эса минимумга етиб ($9,93\text{м/с}^2$), яна максимумга ядронинг чегарасида етади ($10,68\text{м/с}^2$).

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

$$\Phi = V_p^2 - \left(\frac{4}{3}\right)V_s^2 = \frac{K}{\rho}; \quad (3.22)$$

Бу формула қатлар орасидаги зичликларни тақсимланишини баҳолаш учун ишлатилади.

Назорат саволлари.

1. Қандай эластиклик модулларини биласиз?
2. Геометрик сейсмиканинг қандай принциплари мавжуд?
3. Нептунистлар ва Плутонистлар фарзлари нималардан иборат?
4. Ер ҳақидаги фанлар билан шуғулланган қандай Ўрта Осиё олимларини биласиз?

Адабиётлар:

1. Абидов А.А., Атабаев Д.Х., Хусанбаев Д.Д. Ер физикаси. Тошкент, «Фан ватехнологиялар», 2014.
2. СтейсиФ. Физика Земли. М., Мир, 1972.
3. Жарков В.Н. Внутреннее строение Земли и планет. М., Наука, 1983.

2-МАВЗУ: ЕРНИНГ ГРАВИТАЦИЯОН ВА МАГНИТ МАЙДОНЛАРИ

Режа

1. Ернинг гравитация майдони
2. Ер қатламларининг зичликлари, оғирлик кучи майдони ва босим.
3. Ернинг магнит майдони, уни ҳосил бўлиши гипотезалари.
4. Геомагнит майдон вариациялари.

Таянч иборалар: Магнитосфера, ионосфера, магнит моменти, магнит индукцияси, изогон, изоклин, изодинам, геодинамо, миграция, инверсия, магнитостратиграфия, вариация, палеомагнетизм, теллурик тоқлар, импеданс.

1. Ернинг гравитация майдони

Ер шаклини билиш ва уни тушуниш қадимдан инсониятни қизиқтириб келган энг катта муаммолардан бири. Бу ҳақдаги биринчи маълумотлар қадимги қўлёзмаларда ифодаланган. Ернинг сферик шаклда эканлиги эрамиздан олдинги 6 асрда қадимги Грецияда яшаган Анаксимандрнинг фикрларида бор. Пифагор эса (эрамиздан аввалги 4 аср) Ерни шар шаклида деб ҳисоблаган, Гераклит эса уни ўз ўқи атрофида айланма ҳаракат қилиши мумкинлигини тахмин қилган.

Ернинг айлана узунлигини Аристотель (эрамиздан аввалги 4 аср) “Осмон ҳақида” номли асарида биринчи бўлиб аниқлаган. У ҳақиқий кўрсаткичдан икки баробар узун бўлган. Ернинг радиусини эрамиздан аввалги 2 – асрда яшаган Эратосфен 25% аниқликда ўлчаган. Янги эра бошида қадимги грек географи Стратон ўзининг 14 томлик “География” асарида, Ер ўз ўқи атрофида айланиши натижасида экваторда қаппайиш ҳосил бўлишини кўрсатган.

723 йилда хитойлик астроном И-Синь ҳар хил предметларнинг

Қуёшдан ҳосил бўлган сояларини ва Қутб юлдузининг баландликларини ўлчаш натижасида, бир градусли ёйнинг узунлиги 132,3 км га тенглигини ҳисоблаган. Бу ҳақиқийдан 20% ортиқ эди.

783 – 850 йилларда математик, астроном, географ, тарихчи юртдошимиз Муҳаммад Хоразмий яшаб ижод этди. У алгебрага асос солди ва араб рақамлари билан ёзув тизимини ишлаб чиқди. Унинг номи кейинчалик ўрта асрларда Европада латин тилида “алгоритм” терминига айланиб кетди. Унинг сақланиб қолган қўлёзмалари ичида – Қуёш ва Ойнинг ҳаракатлари жадвали, Ердаги 2402 та пунктнинг астрономик координатлари, Нил дарёси харитаси, қуёш соати ҳақида асари, астроләбийнинг тузилиши ва унинг ёдамида азимутларни ўлчаш кабиларни кўрсатиш мумкин. 814 йилда халиф ал –Маъмун даврида араблар бир градусли ёйнинг 90 км га тенглигини ҳисоблашган. Бу кўрсаткич ҳақиқийсидан тахминан 20% кам бўлган.

Буюк ўзбек олими Абу Райҳон Беруний (973 – 1048 йй) 170 дан ортиқ илмий асар яратиб, шулардан 31 таси сақланиб қолган. Унинг энг кўп асарлари астрономия ва математикага бағишланган эди. “Шаҳарлар орасидаги масофаларни аниқлаштиришда чегараларни белгилаш” (бир қанча тилларда “Геодезия” номи билан чоп этилган) асарида, у астрономик координатларни аниқлаш, Ер меридианининг бир градуси узунлигини ўлчаш, астроләбияларни ва квадрантларни яшаш, Ер глобусини яратиш каби масалаларни ёритган.

“Геодезия” (грекча geodaisia – ерни бўлиш, гео – Ер ва daizo – бўламан сўзлардан тузилган) – Ернинг шаклини, ўлчамларини гравитация майдонини аниқлаш; инсон фаолияти учун ер юзасини хариталарда, планларда кўрсатиш кабиларни ўрганувчи фан.

1424 йилда ўша вақтдаги катта империянинг ҳукмдори ва бир вақтнинг ўзида атоқли астроном ва математик олим Муҳаммад Тарағай Улуғбек мирзо (1394 - 1449) бошчилигида Самарқандда мисли кўрилмаган астрономик обсерватория барпо этилди. Унинг мармардан ишланган лимбининг (бурчак ўлчаш асбоби) бир қисми сақланиб қолган. Лимбнинг радиуси 40,04 метр

бўлган, ёйи 32^0 бўлиб, у осмон жисмларининг вертикал бурчакларини секундгача аниқликда ўлчаш имконини берган.

Ўрта асрларда қадимги хитойликлар ва Европада умумлаштириб араблар деб аталган юртдошларимизнинг эришган ютуқлари европаликлар томонидан қайтадан “кашфиёт” қилинди. Фақатгина XIV асрга келиб Оксфорд университети доктори У.Оккам Ерни айланиши мумкинлигини эътироф этди. Шундан сўнг европаликларнинг қарашлари Н.Коперник, Д.Бруно, Г.Галилей, И.Кеплер ва Н.Кузанскийларнинг илмий ишлари натижасида кескин ўзгарди. XVII асрнинг бошига келиб гелиоцентрик система фанда тўла - тўқис тан олинди.

Ер шакли ва унинг айланма ҳаракати назарияси ишлаб чиқилиши бир неча босқичлардан иборат бўлган. Шулардан биринчи босқич И.Ньютон номи билан боғлиқ. И.Ньютон ўзи яратган бутун олам тортишиш қонуни орқали нафақат осмон жисмларининг ҳаракати, балки уларнинг шаклини ҳам ўрганиш мумкинлигини тушиниб етган. У ўз ўқи атрофида айланма ҳаракат қилаётган оғирлик кучига эга бўлган суюқ массанинг мувозанат ҳолати ҳақидаги масалани қўйди. Бу масала мувозанат ҳолатдаги шакллар назариясига асос солди. Ньютон биринчи бўлиб бир жинсли Ернинг сиқилишини аниқлади:

$$\varepsilon = \frac{5}{4} q = 229^{-1},$$

бу ерда q – марказдан қочма кучнинг экватордаги тортишиш кучига нисбати.

Иккинчи босқич – Якоби босқичи деб юритилади. Бунда А. Лежандр, П. Лаплас, С. Пуассон, Л. Эйлер, Ж. Лагранж каби олимлар Ерни сфероид, эллипсоид ва ҳоказо шаклларини ҳисоблаганлар. Натижада, Клеро сфероиди, уч ўқли эллипсоид каби шакллар таҳлил қилинди.

Учинчи босқич, Дирихле босқичида оғирлик кучига эга бир жинсли сиқилмайдиган суюқлик ҳақидаги тасаввурларга асосланади. Гидродинамика қонунлари бундай суюқликнинг ҳаракати натижасида унинг шакли ҳар доим эллипсоид бўлиб қолавериши, тезликлар майдони эса координаталар бўйича

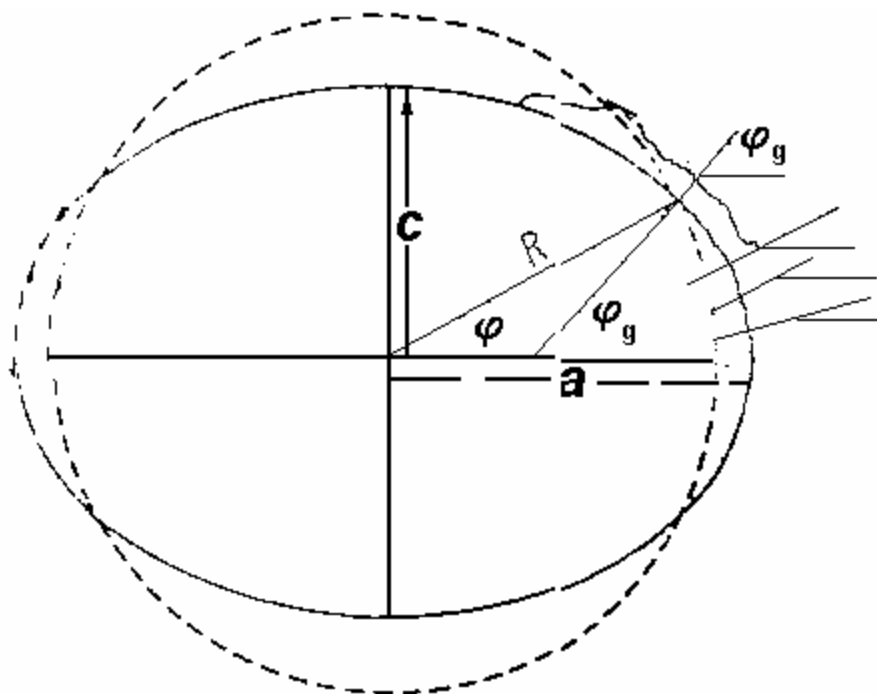
чизиқли бўлиши мумкинми? деган масалани қўйиб уни ечган ва тенгламасини тузган.

Тўртинчи – замонавий босқичда барча космик жисмлар оғирлик кучига эга суёқликлар деб олинади ва уларнинг шакли ва ҳаракатлари мувозанатлари тенгламалари тузилади.

Ернинг ҳақиқий шакли – геоид ҳақида тасаввур.

Ер шакли деганда албатта сайёрамизнинг қаттиқ юзасининг шакли тушунилади. Лекин, бу қаттиқ юзанинг жуда мураккаб эканлигини тушунтириш учун, оддийроқ равонроқ, силлиқроқ, қитъалар остида тахминий давом этган океан юзаси шакли асос қилиб олинган. Бундай яқинлаштириш учун, сайёрамизнинг $\frac{3}{4}$ қисми океанлардан иборат эканлиги етарли даражада асос бўла олади. Мана шу “денгиз сатҳидан” Ер юзасининг шакли ва рельефини ўрганишда ҳисоб боши олинади.

Ернинг ўз ўқи атрофида айланиши марказдан қочма кучларни улар эса, экваторда қаппайиш ҳосил қилади. Шунинг учун Ер шакли сферадан анчагина фарқ қилади (4.1 – расм).



4.1.– расм. Геоидни (туташ чизиқ) худди шундай ҳажмдаги шар (пунктир чизиқ) билан солиштириш. Геоиднинг сиқилиши тахминан 50 баробар

каталаштирилган. Шар радиуси $R = \sqrt{(a^2c)^3}$, бу ерда a ва c – катта (экваториал) ва кичик (кутбий) ярим ўқлар. Координата φ - нуқтанинг географик кенглиги, φ_g – кузатиш нуқтасида геоид юзасига ўтказилган нормал билан экваториал текислик орасидаги бурчак.

Агар, Ер юзаси бутунлай сув билан қопланган бўлса эди, унда Ернинг шакли фақат оғирлик кучи таъсири остида айланма ҳаракат қилаётган сувнинг гидростатик мувозанати билан аниқланарди. Мана шу гравитацион потенциал доимо ўзгармас бўлиб қолувчи, денгиз сатҳига тўғри келувчи эквипотенциал юза **геоид** деб аталади ва Ернинг шаклини белгилайди. Геоиднинг геометрик маъносини тушуниш учун, қитъалардан океанлар билан боғланган каналлар ўтказилганини фараз қилишимиз керак. Мана шу каналлардаги сув сатҳи тахминан геоид юзасига тўғри келади.

Геоид юзаси қитъалардаги бир неча ёйлар бўйлаб ўтказилган астрономик – геодезик кузатувлар ва сунъий йўлдошларнинг маълумотлари натижалари бўйича, геоиднинг экваториал радиуси $a = 6378245$ м, кутбий радиуси $c = 6356863$ м, ўртача радиуси (тенг ўлчамли шар радиуси) $R_0 = \sqrt[3]{a^2c} = 6371032$ м, Ер юзаси майдони – $5,1 \cdot 10^8$ км (шундан 29,2% қуруқликка, 70,8 океанларга тўғри келади), ҳажми $V = \frac{4}{3} \pi a^2c = 1,1 \cdot 10^{12}$ км³, массаси $M = 6 \cdot 10^{27}$ г, ўртача зичлиги $\rho = \frac{3M}{4\pi a^2c} = 5,5$ г/см³ каби катталиқлар аниқланди.

Экваториал ва кутбий радиусларнинг фарқи $a - c = 21,4$ км ни ташкил этади, кутблардаги сиқилиши эса:

$$\varepsilon = \frac{a-c}{a} = \frac{1}{298,255} = 0,00335 \quad (4.1)$$

га тенг.

Геоидни геофизик асослаш. Клеро сфероиди.

Геоиднинг физик маъносини аниқлаш учун, гравитацион тортилиш V ва марказдан қочма U кучлар потенциалларининг йиғиндиси бўлган оғирлик кучи потенциали W тушунчаси киритилган.

$$W = V+U = V - \frac{1}{2} \omega^2(x^2+y^2) = V - \frac{1}{2} \omega^2 r^2 \cos^2 \varphi \quad (4.2)$$

бу ерда, ω – Ер айланишининг бурчак тезлиги, x, y ёки r, φ (кенглик) – ер юзасидаги нуқталарнинг координталари. Ер ичидаги нуқталарда, тўлиқ потенциалнинг яна бир босим P билан боғлиқ ҳади бор. Ер юзасида эркин тушиш тезланиши вектори геоидга нормал йўналган бўлади. Геоид шаклини ҳисоблаш формуласи V тортишиш потенциални ифодалашдан келиб чиқади.

Бу ифода Ньютоннинг бутун олам тортишиш қонунидан келиб чиқади, бунга кўра тортишиш кучи F , элементларнинг ($m_i = 1$ бирлик масса, dm элементар масса) массаларига тўғри ва улар орасидаги масофа квадратига r^2 тескари пропорционал:

$$F = G \frac{m_1 dm}{r^2} = G \frac{dm}{r^2} \quad (4.3)$$

бу ерда, $G = 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ c}^{-1} \text{ cm}^3 \text{ c}^{-2}$ гравитацион доимий. Ердан ташқаридаги r масофадаги нуқтанинг тортишиш потенциали:

$$V = G \int \frac{dm}{r} \quad (4.4)$$

бу ерда интеграллаш бутун Ер ҳажми бўйича олиб борилади. Агар Еримиз радиуси R_0 бўлган аниқ сфера бўлиб, ундаги зичликлар сферик – симметрик тақсимланган бўлганда эди, у ҳолда Ер юзидаги гравитацион потенциал куйдагича бўлар эди:

$$V = \frac{GM}{R_0} \quad (4.5)$$

бу ерда, M – Ер массаси.

Ернинг реал шакли (4.1) да кўрганимиздек, сферадан тахминан 1/300 га оғган. Шунинг учун, (4.5) формулага Лежандр полиномлари - сферик функциялари тузатиш ҳади киритиш кифоя. Ер маркази ва унинг ўқи билан боғлиқ координатлар системасида, Лежандрнинг биринчи полиноми $P_1 = 0$ бўлса, иккинчи ҳаднинг ёйилиши, Лежандрнинг иккинчи полиноми P_2 кўшилганда:

$$V = \frac{GM}{r} \left[1 - \left(\frac{R_0}{r} \right)^2 I_2 P_2 (\cos \theta) \right] \quad (4.6)$$

ҳосил бўлади, бу ерда

$P_2(\cos\theta) = \frac{2}{3} \cos^2\theta - \frac{1}{2}$ - Лежандрнинг иккинчи полиноми.

$$\Theta = \frac{\pi}{2} - \phi$$

$$I_2 = \frac{C-A}{MR_0^2} \approx 0,0012 \sim \varepsilon \quad (4.7)$$

A ва C Ернинг экваториал ва қутбий инерция моментлари.

Биринчи яқинлаштиришда, сферик функцияларнинг нолга тенг бўлмаган ҳадини ҳисобга олган ҳолда геопотенциалнинг формуласини оламиз:

$$W = \left\{ \frac{GM}{r} \left[1 - I_2 \left(\frac{R_0}{r} \right)^2 \left(\frac{2}{3} \sin^2\varphi - \frac{1}{2} \right) \right] + \frac{1}{2} \omega^2 r^2 \sin^2\varphi \right\} \quad (4.8)$$

(4.7) формуладан кўришиб турибдики, I_2 қиймати кичик. Демак, Ер юзасининг ҳар бир нуқтасида “яқинлаштирилган” геоид радиуси r ва сфероид радиуслари R_0 орасидаги фарқ жуда кичик. Шунинг учун, (4.8) геопотенциални келтириб чиқараётган жисмни Клеро сфероиди ёки оддий килиб сфероид деб аталади.

Геопотенциал (4.8) ва I_2 коэффиценти (4.7) формулалари яна кўпинча қуйидаги қулайроқ кўринишда ишлатилади:

$$I_2 = \frac{C-A}{Ma^2} \sim \varepsilon \quad (4.7.1)$$

$$W = \left\{ \frac{GM}{r} \left[1 - I_2 \left(\frac{a}{r} \right)^2 \left(\frac{2}{3} \sin^2\varphi - \frac{1}{2} \right) \right] + \frac{1}{2} \omega^2 r^2 \sin^2\varphi \right\} \quad (4.8.1)$$

Охириги формулада, геопотенциал кўрсаткичларини экватордаги эркин тушиш тезланишига тенг деб олиб, бу тенгламадан радиусни ҳисобласак, Клеро сфероиди тенгламасини оламиз:

$$r = a(1 - \varepsilon \sin^2\varphi) \quad (4.9)$$

$$\text{бу ерда, } \varepsilon = \frac{3}{2} \frac{C-A}{Ma^2} + \frac{1}{2} \frac{\omega^2 a^3}{GM}$$

Ер шакли ва унда массаларнинг тақсимланиши.

Ернинг ички тузилишини ўрганишда ўртача инерция моменти катталиги муҳим роль ўйнайди:

$$I = \frac{C+2A}{3} \quad (4.10)$$

Бу катталиқ, ўртача зичликни ва Ернинг тузилиши ҳақидаги сейсмологик маълумотларни ҳисобга олган ҳолда, зичликнинг чуқурлик бўйича тақсимланишини кўрсатади. Агар Ер зичлигини ўзгармас деб олсак, унинг ўлчамсиз инерция моменти Γ^* :

$$\Gamma^* = \frac{I}{MR_0^2} = 0,4 \quad (4.11)$$

Агар чуқурлик бўйича зичлик ортиб борса, у ҳолда $\Gamma < I_0^*$, агар камайса $\Gamma > I_0^*$.

Ер учун $\Gamma^* = 0,3315$ (4.12), яъни чуқурлик бўйича зичлик жиддий равишда ошади.

Эркин тушиш тезланиши g қуйидагидан топилади:

$$g = - \text{grad}W \quad (4.13)$$

Унинг азимутал таркиби формулалари: $g_\varphi = \frac{\partial W}{r\partial\varphi}$, $g_r = - \frac{\partial W}{\partial r}$ кўринишда бўлади.

$$g = \sqrt{\left(\frac{\partial W}{r\partial\varphi}\right)^2 + \left(\frac{\partial W}{\partial r}\right)^2} \quad (4.14)$$

бундан, (4.8), (4.8.1) и (4.14) ёрдамида g ва Ернинг сиқилиши ε орасидаги боғлиқликни аниқлаш мумкин:

$$g = g_a \left[1 + \left(\frac{5\omega^2 a^3}{2GM} - \varepsilon \right) \sin^2\varphi \right] \quad (4.15) \quad \text{бу ерда,}$$

$$g_a = \frac{GM}{a^2} \left(1 + \frac{3}{2} I_2 \frac{\omega^2 a^3}{GM} \right) \quad (4.16)$$

(4.15) формула 1743 йилда Клеро (Клеронинг оғирлик кучи ҳақидаги теоремаси) томонидан олинган, унинг оддийроқ кўриниши қуйидагича:

$$g = g_a (1 + \beta \sin^2\varphi) \quad (4.17) \quad \text{бу ерда,}$$

$$\beta = \frac{5}{2} q - \varepsilon; \quad q = \frac{\omega^2 a^3}{GM}$$

Шундай қилиб, Ер шарининг исталган нуқтасида оғирлик кучи – Сфероиднинг тортишиш кучи (4.16) ва марказдан қочма куч (4.17), жой рельефининг таъсири, массаларнинг ҳар хил тақсимланиши кабилар билан боғлиқ.

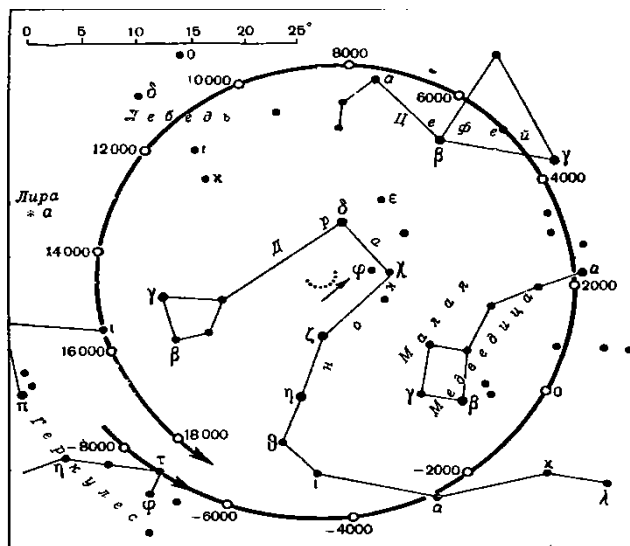
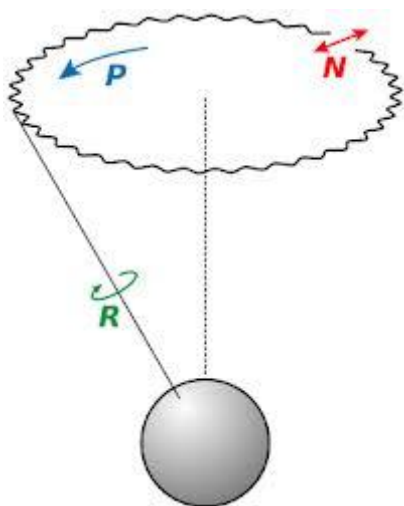
Прецессия ва нутация.

Ерни айланишини секинлаштирувчи жараёнларга Ер ўқининг прецессияси, нутацияси, қуйилиш (прилив) ва қутбларнинг тебраниши киради.

Эрамиздан аввалги II асрда грек астрономи Гиппарх баҳорги тенгкунлик нуқтасини аста секин самодаги юлдузларга нисбатан Қуёшнинг йиллик ҳаракати томонга силжишини, яъни тенгкунлик Қуёш эклиптика бўйлаб тўлиқ айланишидан бирмунча олдинроқ келишини кузатди. Бу ходиса олдиндан рўй бериш ёки грекчасига прецессия номини олди.

Экватордаги “қаппайишга” бўлган Қуёш ва ойнинг таъсири натижасидаги ҳаракат миқдори моменти прецессияни ташкил қилади. Маълумки, Ер ўқи эклиптикага нисбатан $23,5^0$ оған. Ер ўқининг эклиптикага нормал ҳолда аста секин айланиши прецессия номини олган. Ер ўқининг қутбдан маълум бир баландликда фараз қилинган юзада қолдирган чизиғи конуснинг асосини ташкил қилади (4.2 - а ва 4.2 - б расмлар). Бу конуснинг айланиши 47^0 бурчакни ташкил этади. Ер ўқи тахминан 25800 йилда бир марта тўлиқ айланиб чиқиб, илгариги нуқтасига етиб келади.

Прецессиянинг ўртача тезлиги йилига $50,2''$ ни ташкил этади.



4.2 – расм. а) Ер ўқи прецессияси ва нутацияси. б) Осмон сферасида прецессиянинг кузатилиши.

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

$$\omega_{pk} = -\frac{3G}{2\omega_p} \frac{(C-A)}{C} \frac{M_K}{R^3} \cos\theta$$

$$\omega_{\text{рой}} = - \frac{3G}{2\omega_p} \frac{(C-A)}{C} \frac{M_{\text{ой}}}{R^3} \cos\theta$$

ω_p - Ер айланишининг бурчак тезлиги,

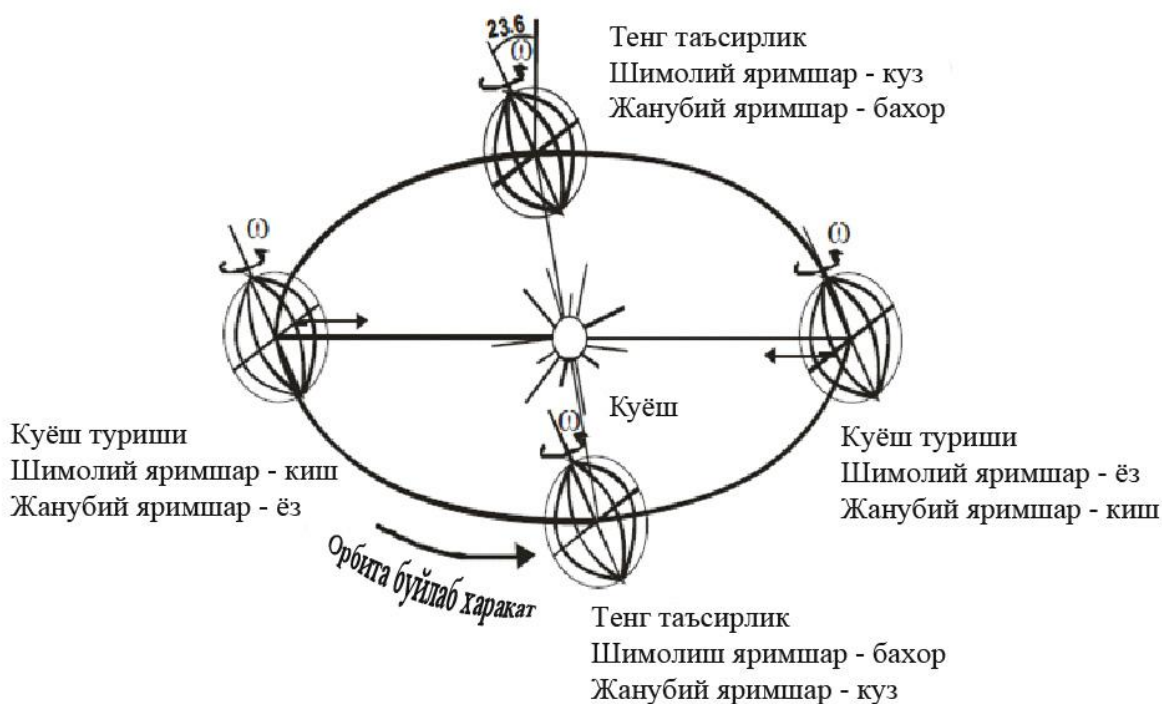
C, A – Ернинг қутбий ва экваториал инерция моменти,

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 ҳил сатҳларда жойдашганлиги сабабли ҳосил бўладиган тебранишлар қўшилади. Бу тебранишларни нутациялар дейилади. Нутациялар амплитудаси 18,4” даври – 306 суткани ташкил этади. Ер-Ой системасининг орбитаси юзи эклиптика чизиғи томонга оған ва бу оғиш 18,6 йилда $+5^0$ дан -5^0 гача ўзгаради. Системанинг умумий массалар маркази (барицентр) Ер марказидан Ер радиусининг 0,8 қисмига узоқлашган, лекин у планетанинг ичида жойлашган (4.4 – расм).



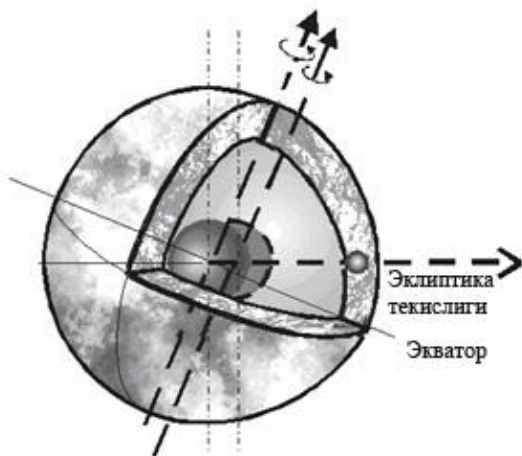
4.3 – расм. Ер ўқи прецессияси сабаби. Қуёшнинг Ер экваторидаги

“қаппайишга” бўлган гравитацион таъсири иккала “Қуёш туришида” бир хил

момент ҳосил қилади ва иккала “Қуёш тенгкунликларида” ҳеч қандай момент ҳосил қилмайди.



4.4 – расм. Ер – Ой – Қуёш системасидаги орбитал ҳаракатлар схемаси.



4.5. - расм. Ер ички ядроси, оғирлик маркази ва ўкининг кўчиши схемаси.

1973 йилда Ю.Н.Авсюков томонидан Ер қутбларининг тебранишларини тушунтирувчи гипотеза ўртага ташланди. Қутбларнинг Чандлер тебраниши номини олган тебранишларга – барицентр силжиши натижасида Ер ички ядросининг суяқ ташқи ядрогаги ҳаракати олиб келади.

Ядронинг силжиши 100 м ни ташкил этади. Ер юзидаги катастрофик вулқонлар ва zilzilалар 6-7 йиллик даврда, яъни Чандлер тебранишлари даврида қайтарилиб турилиши маълум (4.5 – расм).

Ер ўқи фазода кўзғалмас ва қутбларнинг Чандлер тебранишлари шимолий кенгликнинг даврий вариацияларида кўринади. Чандлер

тебранишлари амплитудаси ўзгарувчан бўлиб ($0,14 \text{ }^\circ$), даври $T_{ch} = 430 - 435$ суткани ташкил этади. Сейсмотектоник жараён ва Чандлер тебранишлари ўзаро боғлиқлигини ифодаловчи қуйидаги маълумотлар олинган: 1) Литосферанинг юқори қисмида сейсмотектоник жараён ҳосил қилаётган тебранишлар ўқларнинг Чандлер тебранишига олиб келади; 2) Чандлер тебранишлари частотаси иккига бўлинади, яъни меридионал $f_{ch1} = 0,835 \text{ йил}^{-1}$ ($T_{ch1} = 437$ кун) (тинч океан) ва кенглик бўйича йўналган $f_{ch2} = 0,860 \text{ йил}^{-1}$ ($T_{ch2} = 425$ кун) (альп - ҳимолай) сейсмик минтақа; 3) Ўқлар ҳаракати траекторияси радиуслари тахминан $0,05$ ни ташкил этади, энергияси эса кучли zilzila ҳосил қилган сейсмотектоник энергияга тенг.

Шундан келиб чиқиб, куёш фаоллиги, сейсмотектоник жараёнлар, f_{ch1} ва f_{ch2} Чандлер частоталари йиллик компонентларининг ўзаро боғлиқлиги ҳақида фараз илгари сурилмоқда.

Ернинг хусусий тебранишлари.

Ҳар қандай жисмга куч таъсир қилганда унда тебраниш ҳосил бўлади. 1911 йилда Ляв Ер шари билан тенг пўлат шарнинг хусусий тебранишларини ҳисоблаб чиқди. У бир соатга тенг чиқди. Ер хусусий тебранишларини 1952 йил Камчаткадаги кучли zilzila натижасида Беньофф кузатди. Унинг даври 57 минутни ташкил этди. 1960 йилдаги Чили zilzilасидан олинган сейсмограммаларни талқин қилиш, бу даврни 54 минут эканлигини кўрсатди. Ернинг хусусий тебранишлари икки турда бўлади. Уларни модалар деб аталади. Сферик тебранишлар S – модани, бурама тебранишлар – T модани ҳосил қилади. Ҳар бир мода ўз конфигурациясига эга.

Бурама тебранишининг асосий модасига фақатгина битта юза Ерни экватор бўйлаб кесувчи юза киради. Бу ҳолда шимолий ва жанубий ярим шардаги заррачалар бир – бирига қарама қарши томонга силжийди, яъни шимолий ярим шардаги заррачалар кенглик бўйича бир бирига параллель ҳолда бир томонга силжиса, жанубий ярим шардаги зарралар бир бирига параллель ҳолда бошқа томонга силжийди.

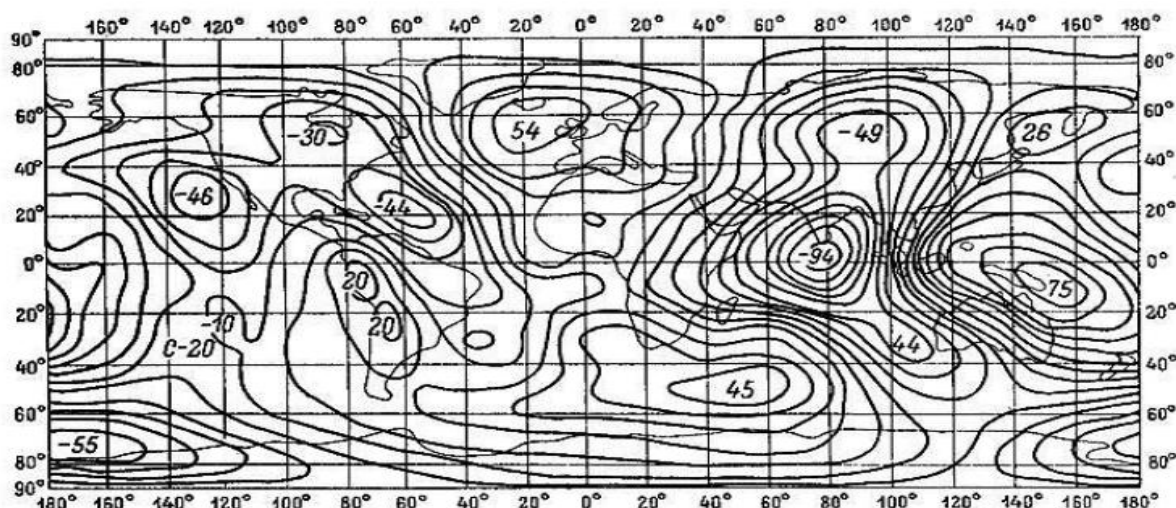
Сферик тебранишларнинг асосий модаси тўпнинг эластик

деформацияси каби. Бунда Ер шарининг галма гал сиқилиши ва кенгайиши рўй беради.

Ер хусусий тебранишларининг сўниши муҳитнинг механик мустаҳкамлиги Q билан аниқланади. У ҳар бир мода учун ҳар хил. Механик мустаҳкамлик кузатишларнинг кўрсатишича чуқурлик билан ортиб боради. Унинг кўрсаткичлари қуйи мантияда юқори мантиядагидан каттароқ. Энг катта механик мустаҳкамлик σ_{S_0} радиал мода учун олинган бўлиб, кўрсаткичи 25000 ташкил этади. Бу моданинг даври 25,5 минутни ташкил этади. Умуман, эластик тўлқинлар энергиясининг ютилиши, асосан силжиш деформациялари билан боғлиқ. Ернинг хусусий тебранишлари бир неча кунда сўнади.

Сунъий йўлдошлар маълумотлари бўйича геоид.

Юқорида Ернинг экваториал қаппайишига Қуёш ва Ойнинг куч моментлари сабабчи эканлиги кўрсатилган эди (4.3 - расм). Албатта, Ер ҳам Қуёш ва Ойга нисбатан худди шундай момент ҳосил қилади. Ойга қаратилган момент унинг орбитасига сезиларли даражада таъсир этади. Бу момент Ер атрофидаги сунъий йўлдошлар ҳаракатига ҳам таъсир кўрсатади. Ернинг сунъий йўлдошлари массалари Ерга нисбатан жуда кичик бўлганлиги учун улар Ернинг ҳаракатига деярли таъсир этмайди. Лекин Ернинг моменти таъсири натижасида сунъий йўлдошлар орбиталари ўзгаради ва бу ўзгариш Ернинг сферик симметриядан оғишини кўрсатади. Сунъий йўлдошлар маълумотлари бўйича тузилган геоид (4.6 – расм), шакли бўйича эллипсоиддан кам фарқ қилади. Оғишлар эса эллипсоид сиқилишидан 1000 ва ундан кўп марта кичикроқ.



4.6. - расм. Сунъий йўлдошлар маълумотлари бўйича Геоид баландликлари харитаси.

Геоид юзасидаги ботиқлик ва баландликларнинг ер қобиғи тузилишига боғлиқ эмаслиги (қитъалар ва океанлар жойлашишига) қизиқарли. Бу қитъалар масштабида массаларнинг компенсацияси (изостазия) мавжудигини кўрсатувчи ажойиб натижадир. Агар қитъалар идеал қатламли Ер эллипсоиди устига туширилган бўлганда, қитъалар чегаралари билан геоид шаклининг бир – бирига боғлиқлиги аниқ кўринар эди. Бунда геоид юзасидаги ботиқлик ва баландликлар фарқи 10 баробар катта бўларди. Геоид шаклининг ўзига хослигини ёки мантиянинг чуқур қатламларидаги зичликлар фарқи билан (юқори мантиядаги пластик қатламдан пастроқда, изостатик компенсация сатҳида) ёки конвекция туфайли ҳосил бўлаётган зичликлар фарқи билан боғлиқлигини фарз қилиб тушунтирса бўлади.

Ернинг сунъий йўлдошларини кузатиш натижалари Ернинг сиқилишини $1/298,25$ эканлигини $1/30000$ аниқликда бериб, Ернинг ўртача экваториал радиуси $a = 6378,160$ км ва кутбларда $c = 6356,775$ км эканлигини кўрсатади.

Ернинг эластиклиги ва зичлиги. Ерда зичликларнинг тақсимланишини ифодаловчи барча назариялардан, фақатгина сферик симметрия ва бутун олам тортишиш қонунларига асосланганларигина бирмунча аниқ ўрганилган:

$$g = \frac{GM}{R^2}, \quad dm = 4\pi r^2 \rho dr \quad (4.19)$$

бу ерда, g – эркин тушиш тезланиши, G – гравитацион доимий, M – Ер массаси, R – унинг радиуси ва ρ – унинг зичлиги. Гидростатик нисбат ҳолати бажарилса:

$$\frac{dP}{dz} = - \frac{dP}{dr} = g\rho \quad (4.20)$$

С.Лаплас, Ер радиуси бўйлаб зичлик ва босимнинг Ер ичидаги ўзгаришлари тенгламасини топди:

$$\frac{dP}{dr} = -4\pi G\rho r^{-2} \int_0^r \rho q^2 dq \quad (4.21)$$

бу ерда, P – босим, q – шарсимон қатламнинг радиус-вектори $r < q \leq 0$. Бу тенгламалар, модданинг ҳолатини ҳисобга олган ҳолда, Ер ва бошқа сайёраларда моддалар зичлиги моделларини яратишга асос бўлиб хизмат қилди. Бу моделлар Эмдем, Роша, Дарвин, Лежандр – Лаплас, Вильямсон – Адамс, М.С.Молоденский, В.Н.Жарков ва бошқаларнинг моделлари.

Ернинг эластиклиги ва зичлиги. Сейсмологияда аниқланган сейсмик тўлқинлар тезликлари ҳақидаги маълумотлар (3.5, 3.6 – расмлар), зичлик $\rho(r)$, сиқилиш модули $K(r)$ ва силжиш модули $\mu(r)$ ларни, r – радиус функцияси сифатида аниқлаш имконини бермайди. Юқорида олинган (3.19) формула бўйича эса бу катталикларнинг фақатгина нисбатларини ҳисоблаш мумкин. Бу катталикларни алоҳида топиш учун, Ер массаси M , унинг инерция моменти C ёки u билан боғлиқ $I_2 = \frac{\varepsilon_H C}{Ma^2}$ катталигини киритиш керак. Охириги формулада, ε_H – динамик сиқилиш, a – Ернинг экваториал радиуси. Булардан ташқари яна, Ернинг энг юқори қатламларидаги ρ_0 зичликни чегаравий шарт сифатида киритиш лозим. Маълумки, Ер қобиғидаги жинсларнинг зичликлари кенг кўламда ўзгаради, шунинг учун ρ_0 ни Мохоровичич чегарасидан пастда, яъни юқори мантиядаги бир жинсли моддалар бошланган жойдан олинади.

Ер қаъридаги зичликни аниқлашнинг Буллен, Радо, Адамс- Вильямсон, Гутенберг ҳисоблаш схемалари ва зичлик моделлари мавжуд.

Буллен схемаси. Ер қаърини бевосита ўрганиш мушкул бўлса-да, мантия ва ядродаги зичликнинг тақсимланишини уларда сейсмик тўлқинларнинг тарқалиши тезликлари орқали баҳолаш мумкин. 1950 йилда К.Буллен томонидан ишлаб чиқилган усул кейинчалик унинг ўзи ва бошқа тадқиқотчилар томонидан, Ернинг инерция моменти ва унинг хусусий тебранишларини ҳисобга олган ҳолда тўлдирилиб, такомиллаштирилди.

Ерда зичликнинг тақсимланишини аниқлашнинг бу усули асосида гидростатика (4.19 – 4.21) ва термодинамиканинг тенгламалари ётади. Улар зичликнинг радиал градиентларини муҳитнинг сейсмик параметрлари билан боғлайди. Сейсмик тўлқинларнинг тезликлари чуқурлик сари одатда ортиб боради (3.5, 3.6 – расмлар). Сейсмик годографларни (3.4 – расм) қайта ишлаш (интерпретация), сейсморазведкадан маълум Герглоц – Вихерт усули бўйича олиб борилиб, бунда тезликларнинг чуқурлик бўйича ўзгариб бориши аниқланади. Тўлқинлар тезлигининг муҳит параметрлари билан боғлиқлиги тенгламаларидан, модда зичлиги эмас, фақатгина зичликнинг шу муҳитдаги градиентлари баҳоланади. Шунинг учун, зичликнинг чуқурликдан боғлиқлиги графигини тузиш учун, чегаравий шарт сифатида ρ_0 кўрсаткич киритилиши лозим. Бунда, алоҳида геосфералар учун олинган натижаларни бир – бирига боғлаш учун (масалан, ядро ва қуйи мантия учун), зичлик босимнинг шу икки чегара орасида узлусиз эканлигидан келтириб чиқарилади, ва унинг кўрсаткичлари Ер массаси $M = 5,98 \cdot 10^{27} \text{ г}$, инерция моменти $C = 8,038 \cdot 10^{44} \text{ г} \cdot \text{см}^2$, Ернинг ўртача радиуси $R_0 = 6371 \text{ км}$ ларга зид бўлмаслиги керак. Зичликнинг чуқурлик бўйича тақсимланишига янада аниқлик киритиш учун Ернинг хусусий тебранишларининг частоталари ҳақидаги маълумотлар ҳам қўшилади.

Шундай қилиб, зичликнинг чуқурлик бўйича ўзгаришининг ҳар қандай қонуниятлари, қуйидаги учта шартни бажариши керак:

$$(4.22) \quad \begin{cases} \rho_0 = 3,3 - 3,5 \text{ г/см}^3 \\ M = 4\pi \int_0^{R_0} \rho r^2 dr \\ C = \frac{8\pi}{3} \int_0^{R_0} \rho r^4 dr \end{cases}$$

Тадқиқотчи Радо томонидан, зичликнинг чуқурлик бўйича камаймаслиги шарти киритилди:

$$\frac{d\rho}{dr} \geq 0 \quad (4.23)$$

Масаланинг бундай қўйилиши (4.22, 4.23) Радога, ҳар бир берилган чуқурлик учун зичликни ҳисоблаш имконини берди. Бунинг учун у қуйидаги оддий схемани ишлатди.

Айтайлик, ρ – зичлик ўзгаришининг ҳақиқий қонуни бўлсин, δ – эса бошқа қонуният, лекин у ҳам (4.22) қонуниятга бўйсинади. У ҳолда:

$$(4.24) \quad \begin{cases} M = 4\pi \int_0^{R_0} \delta r^2 dr \\ C = \frac{8\pi}{3} \int_0^{R_0} \delta r^4 dr \end{cases}$$

(4.22) тенгламанинг биринчисидан (4.24) тенгламанинг биринчисини айирсак,

$$\int_0^{R_0} (\rho - \delta) r^2 dr = 0 \quad (4.25)$$

ни топамиз. Бу ерда r^2 ўз ишорасини ўзгартирмаслигидан, δ қонуниятнинг ўзгариши қандай бўлишидан қатъий назар, $(\rho - \delta)$ ўз ишорасини ўзгартирадиган, $r = r_1$ бўлган камида битта қиймат мавжуд.

(4.22) даги учинчи тенгликдан (4.24) даги иккинчи тенгликни айириб:

$$\int_0^{R_0} (\rho - \delta) (r^4 - r^2 r_1^2) dr = 0 \quad (4.26)$$

ни ҳосил қиламиз. $R = r_1$ да $(\rho - \delta)$ ишорасини ўзгартиради, лекин худди шу нуқтада $(r^4 - r^2 r_1^2)$ ҳам ўз ишорасини ўзгартиради, бундан эса, интеграл остидаги (4.26) ифода $r = r_1$ бўлганда ишорасини ўзгартирмаслиги келиб чиқади. Шундай қилиб, яна бир $r = r_2$ бор-ки, унда $(\rho - \delta)$ ўз ишорасини ўзгартиради.

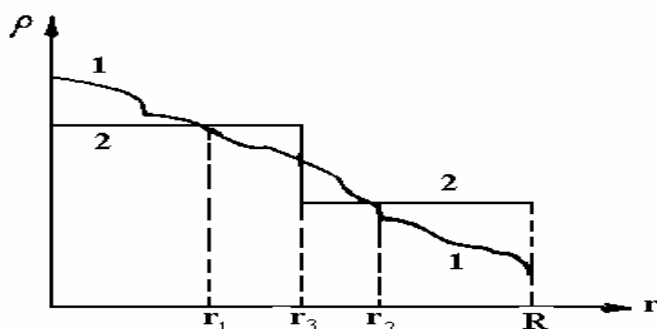
Δ га, δ сакраб ўзгарадиган қандайдир r_3 нуқтадан бошқа ҳамма жойда, Радо (4.23) шартини $\frac{d\rho}{dr} \geq 0$ кўринишда қўямиз. Бунда қуйидаги қонуниятни топамиз:

$$\delta = \delta_1 \text{ при } r \leq r_3,$$

$$\delta = \delta_2 \text{ при } r \geq r_3.$$

Δ_1 ва δ_2 кўрсаткичлари (4.24) дан аниқланиши қийин эмас.

4.7 – расмдаги синиқ чизиқ 2-2 δ ўзгаришини, 1-1 чизиқ – δ нинг чуқурлик бўйича хақиқий йўналишини кўрсатади. 4.7 – расмдаги ва (4.23) шартдан кўриниб турибди-ки, $r = r_3$ бўлганда, δ эгри чизиғи албатта $\delta = \delta_1$ ва $\delta = \delta_2$ лар орасидан ўтади. Бундан, δ_1 ва δ_2 кўрсаткичлар Ернинг марказидан r_3 масофадаги зичликларнинг чегараси эканлиги келиб чиқади. Лекин, Радонинг чегаралари жуда кенг ва шунинг учун улар Ердаги зичликлар хақида тўлиқ маълумот бера олмайди.



4.7 – расм. Радо шarti бўйича зичликнинг Ер радиусига боғлиқлиги графиги.

Адамс – Вильямсон модели. Бу модель Ернинг кимёвий таркибининг бир жинслилиги ва гидростатик босимнинг қуйидаги шартни бажаришига асосланган:

$$dp = -\rho g dr,$$

бу ерда, ρ ва g радиус r га тенг бўлгандаги зичлик ва эркин тушиш тезланиши. Сиқилиш модули K босим орттирмасининг унинг натижасида ҳосил бўлган сиқилиш орттирмасига нисбати билан белгиланади (иссиқлик миқдори ва модда массаси ўзгармасдан қолади деб олинади), яъни

$$K = \rho \frac{dp}{d\rho}$$

$$V_S^2 = \frac{\mu}{\rho}; \quad \frac{K}{\rho} = V_P^2 - \left(\frac{4}{3}\right) V_S^2 = \Phi$$

ларни эътиборга олсак, Адамс – Вильямсон тенгламасини топамиз:

бу ерда Φ – сейсмик параметр.

$$\frac{d\rho}{dr} = -\frac{\rho g}{\Phi} \quad (4.27)$$

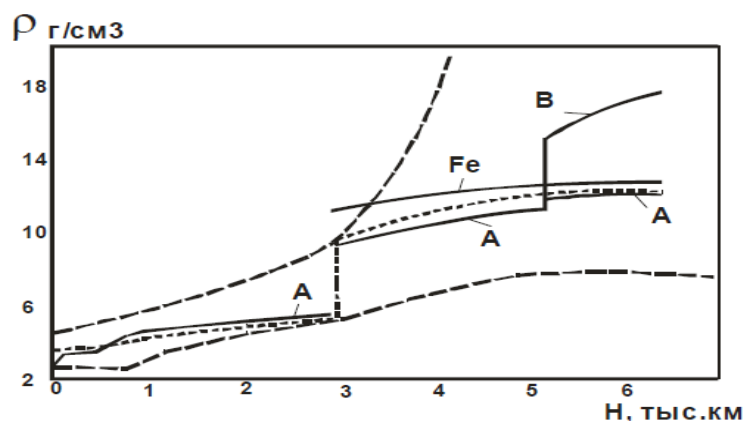
Бу тенгламани $g = \frac{GM}{r^2}$ билан биргаликда ечсак ва сейсмик параметр маълум бўлса, зичликни Ер радиуси бўйича тақсимланишини аниқлаймиз (G –

гравитацион доимий). S тўлқинларнинг ички ядродаги тезлигини билган холда, Пуассон коэффициентининг катталигини баҳолаш мумкин бўлди. Пуассон коэффициенти Ер ядроси темир деб фараз қилингандаги коэффициентдан юқори эканлиги маълум бўлди.

Гуттенберг – Буллен зичлик модели. 4.8 – расмда узлуксиз чизиқ «А» билан зичликнинг ўзгариши берилган. Бунда 500 км чуқурликдаги зичликнинг сакраб ўзгариши иккинчи даражали полином билан алмаштирилиб интерполяция қилинган. Бу моделда «С» қатлам ва ядродан бошқа Ернинг қатламлари бир жинсли деб олинган. Ядронинг инерция моменти $C_1 = 0,387m_1r_1^2$ га тенг. Бунинг натижасида олинган зичлик модели «А» Булленнинг модели номини олган. Бу модель билан Гуттенбергнинг модели ҳам бир – бирига тўғри келади. Уларнинг асосий фарқи шундаки, Гуттенберг модели унинг ўзининг годографлари асосида тузилган, Буллен моделида эса зичликлар Джеффрис – Буллен сейсмик кесимлари бўйича ҳисобланган.

Буллен зичлик модели. 4.8 – расмдаги зичликнинг «В» модели шу расмдаги пунктир чизиқ билан берилган Молоденский моделига айнан ўхшаш. Фақат ички ядрога «В» моделида зичлик ошиқ кўрсатилган.

4.9 – расмдаги маълумотлардан, ядрога ўтишда K сиқилиш коэффициенти, зичлик сакраб ўзгаришига қарамай, узлуксиз аста ўзгариб боради. Шунга қарамай, K_S узлуксиз ўзгариб бориши ҳақида постулатга асосланиб, Ернинг зичлик модели таклиф этилди. Натижада Ернинг «В» Буллен модели пайдо бўлди (4.8 – расм).

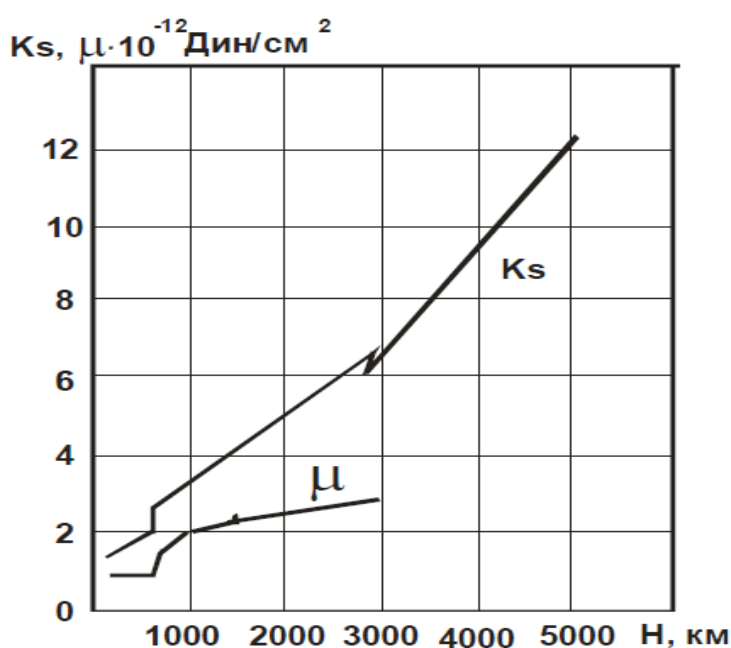


4.8 – расм. Зичликнинг чуқурлик бўйича ўзгаришининг «А» ва «В» Гуттенберг - Буллен ва Буллен моделлари. Пунктир билан Молоденский чегараси.

Эластиклик модулларининг чуқурлик бўйича тақсимланишини (4.9 - расм) даги боғлиқлик ва (3.19) формулалар орқали топиш мумкин. 4.9 – расмда K_s ва μ ларнинг Гуттенберг – Буллен «А» модели учун кўрсаткичлари берилган.

Агар зичликнинг чуқурлик бўйича ўзгариши қонуниятлари маълум бўлса, босим ва эркин тушиш тезланишларининг чуқурлик бўйича ўзгаришини ҳам ҳисоблаш мумкин. 4.8 – расмдаги 1 ва 2 чизиқлар g ва p ларнинг Ер ичида зичликка қараб ўзгаришини кўрсатади (Гуттенберг – Буллен модели «А»). Расмдан g нинг мантияда деярли ўзгармаслигини кўрса бўлади.

Ер мантиясидаги зичликлар. Мантияни сейсмологик маълумотлар бўйича, одатда 400 км чуқурликкача бўлган юқори (В қатлам), 400 – 1000 км ораликдаги ўтиш (С қатлам) ва 2900 км чуқурликкача етиб борувчи қуйи мантия (D) ларга ажратишади. Ораликдаги ўтиш қатламини Голицин қатлами деб ҳам аташади, бу ерда тезликлар градиенти кескин ошади.



4.9 – расм. Эластиклик параметрларининг чуқурлик бўйича тақсимланиши.

Океанлар остида юқори мантияда сейсмик тезликлар пасайган қатлам – Гуттенберг қатламини ажратишади, у астеносфера билан боғлиқ деб фарз қилинади. Қитъалар остида тезликлар пасайган зона одатда кузатилмайди, ёки суст ажратилади. Юқори мантия таркибига литосферанинг қобиқости қисми ҳам киритилади. Юқори мантиянинг литосфера таркибига кирувчи бу қисми совиб, кристаллашган мантия моддасидир. Океан остида литосфера қалинлиги рифт зоналарида нолдан, океанларнинг абиссал чуқурликларида 60 – 70 км гача етади. Қитъалар остида литосфера қалинлиги 200 – 300 км гача етади. 4.8 - расмдан, юқори мантия (В қатлам) зичлиги Мохо чегарасидан пастда $3,3 - 3,32 \text{ г/см}^3$ дан 400 км чуқурликда $3,63 - 3,7 \text{ г/см}^3$ гача ошиб боради. Сўнг оралиқ мантия ёки ўтиш (С Голицин қатламида) зичлик градиенти кескин ошиб, 1000 км чуқурликда $4,55 - 4,65 \text{ г/см}^3$ гача етади. Голицин қатлами секин аста қуйи мантияга ўтади, у чизиқли функция равишда ядро томон ортиб $5,53 - 5,66 \text{ г/см}^3$ гача етади.

Мантия зичлигининг чуқурлик бўйича ортиб боришининг асосий сабаби, босимнинг ортиб бориши. Мантия қуйи чегарасида босим $1,35 - 1,40 \text{ Мбар}$ ни ташкил этади. Айниқса, мантиянинг силикат моддаси 400 – 1000 км интервалда сезиларли даражада зичлашади. А.Рингвуднинг кўрсатишича, худди мана шу чуқурликларда кўпчилик минераллар полиморф ўзгаришларга учрайди. Мантияда конвектив оқимларнинг мавжудлигидан бу зоналарда ҳарорат адиабатик даражага яқинлиги келиб чиқади, яъни мантиянинг қўшни ҳажмлари билан ўзаро иссиқлик ўтказувчанликка асосланган иссиқлик алмашилиш йўқолади. Бундай ҳолда мантиянинг иссиқлик йўқотиши фақатгина унинг юқори қатлами, литосфера орқали амалга ошиши мумкин.

Мантия моддаси зичлигининг тақсимланишини билган ҳолда, унинг массасини ҳисоблаш мумкин. У $4 \cdot 10^{27} \text{ г}$ ни ташкил қилиб, Ернинг умумий массасининг 67% ташкил этади. Қуйи мантиянинг остки чегарасида қалинлиги 200 км бўлган D'' қатлам жойлашган. Унда сейсмик тўлқинлар градиенти пасаяди ва кўндаланг тўлқинларнинг сўниши кучаяди. Ер

ядросининг юзасидан қайтган тўлқинларнинг динамик хусусиятларини таҳлил қилиб И.С.Берзон мантия ва ядро орасида ингичка қалинлиги тахминан 20 км бўлган ўтиш қатламини ажратган. Бу қатламда кўндаланг тўлқинлар тезлиги 7,3 км/с дан, нолгача камаяди, қатламга кейинчалик Берзон қатлами номи берилган.

Қуйида И.Г.Сорохтиннинг ҳозирги Ерда зичлик, ҳарорат, босим ва эркин тушиш тезланишларининг тақсимланиши жадвали берилган.

Замонавий Ерда зичлик, ҳарорат, босим ва оғирлик кучи тезланишининг тақсимланиши
[Сорохтин, Ушаков, 2002, с. 70]

Чуқурлик км	Зичлик $\rho/\text{см}^3$	Ҳарорат К	Босим, <i>кбар</i>	Оғирлик кучининг тезланиши, $\text{см}/\text{с}^2$
0	2,85	288	0	981
200	3,30	1770	65,5	990
430	3,60	1940	138	997
430	3,82	2010	--	--
600	4,09	2130	218,6	1000
670	4,16	2170	247,2	1001
670	4,37	2110	--	--
800	4,49	2170	305,7	1000
1000	4,61	2260	397,7	996
1200	4,72	2360	491	994
1400	4,83	2450	587,8	993
1600	4,94	2540	686	993
1800	5,04	2640	786,3	995
2200	5,25	2820	994,9	1006
2600	5,45	3010	1216,2	1033
2886	5,60	3130	1384	1067
2886	9,92	--	--	--
3000	10,06	3310	1503	1041
3400	10,60	3880	1909	945
3800	11,06	4400	22,87	841
4200	11,43	4870	2628	732
4600	11,72	5280	2926	622
5000	11,97	5620	3175	517
5120	12,04	5710	3242	490
5120	13,00	--	--	--
5400	13,10	5890	3382	386
5800	13,23	6060	3518	227
6000	13,27	6110	3559	155
6200	13,29	6140	3580	68
6371	13,29	6140	3583	0

4.3. Ернинг гравитация майдони. Оғирлик кучи аномалиялари.

Ер шаклини айланма ҳаракат қилаётган эллипсоид деб фараз қилинади ва геоид тушунчаси киритилади, ҳамда Ер массаси зичлиги бир жинсли моддалардан тузилган деб қабул қилинади. Бунда, Ер юзасидаги оғирлик кучининг ўзгариши асосан турли кенгликларда марказдан қочма кучнинг потенциалига ва Ернинг экваториал ва қутбий радиусларига боғлиқ бўлади.

Бироқ, реал шароитларда оғирлик кучи ўзгаришининг характери, нормал назарий ҳисобдан фарқ қилади. Бу нормалдан оғиш Ердаги, айниқса унинг юқори қатламларида зичликларнинг турлича бўлишига боғлиқ. Кузатилган эркин тушиш тезланишининг g ва оғирлик кучининг γ_0 нормал қийматининг фарқи оғирлик кучи аномалияси дейилади ва қуйидаги (4.28) формула орқали аниқланади:

$$\Delta g = g - \gamma_0. (4.28)$$

Оғирлик кучининг нормал қиймати халқаро формула орқали топилган ва 1971 йилда Москва шаҳарида қабул қилинган:

$$\gamma_0 = 978,0318(1 + 0,0053024\sin^2\varphi - 0,0000059\sin^2 2\varphi),$$

бу ерда, φ – кенглик.

Оғирлик кучи аномалиялари асосан ер қобиғи ва юқори мантиядаги зичликларнинг турлича тақсимланиши билан боғлиқ. Бундан ташқари, географик кенглик ва жойнинг денгиз сатҳидан баландлиги, жойнинг рельефи каби омиллар ҳам ўз ролини ўйнайди. Бу омилларнинг кузатилаётган Δg га таъсирини йўқотиш учун, тузатмалар киритилади ёки буни бошқача айтганда редукция деб аталади. Редукция аномалияни белгилаб беради.

Баландлик учун тузатма. Фая (бўш ҳаво учун) аномалияси. Одатда гравиметрик кузатиш нуқталари денгиз сатҳидан баландда жойлашган. Кузатилган кўрсаткичларни бир – бири билан таққослаш учун, уларни денгиз сатҳига келтирилади, яъни “баландлик”учун тузатма киритилади. Бунда, денгиз сатҳи билан кузатиш нуқтаси орасидаги массалар таъсири ҳисобга олинмайди.

$$\delta g_1 = 0,3086Н$$

бу тузатмани ҳисобга олган ҳолда, оғирлик кучининг Фая аномалиясини Δg_1 ни ҳисоблаш мумкин. У кузатилган катталиқдан, берилган баландликка келтирилган нормал майдоннинг айирмасига тенг (Гельмерт ёки Кассинис формуласи):

$$\Delta g_1 = g - \gamma_0 + 0,3086Н (4.29)$$

Оралик қатлам учун тузатма. Буге аномалияси.

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

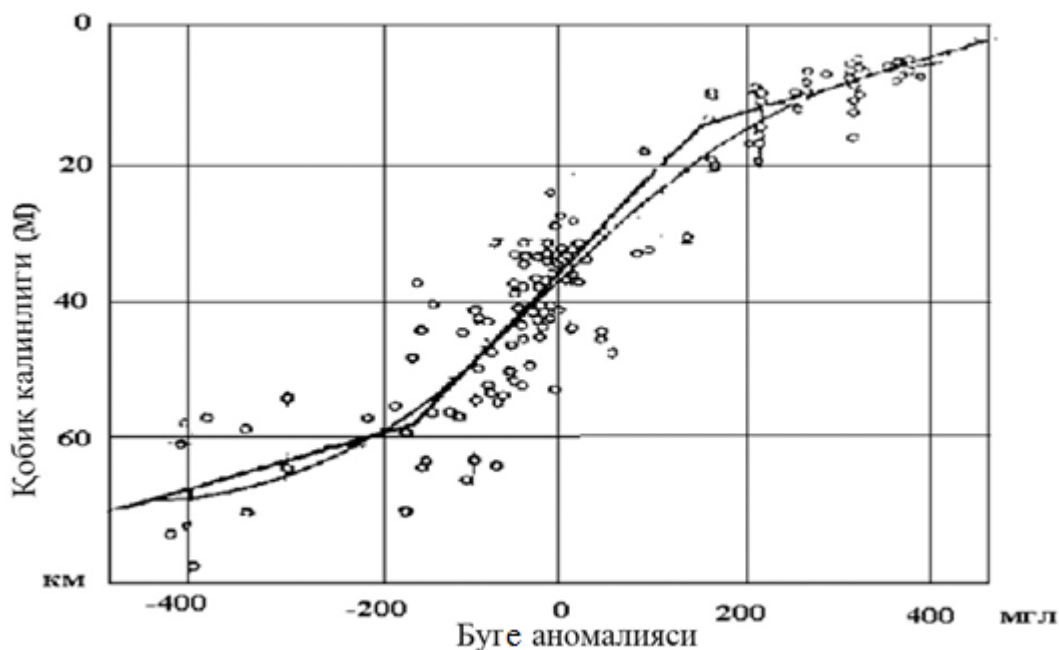
$$g = 0,0451\rho H$$

Тоғли районларда оралик қатламнинг ўртача зичлиги $2,67 \text{ г/см}^3$ га тенг қилиб олинади, текислик районларда эса, $2,3 \text{ г/см}^3$ деб қабул қилинади. Оралик қатлам массалари ўлчанган оғирлик кучи қийматини кўпайтиргани учун бу тузатиш манфий бўлади. Бу Буге аномалияси дейилади ва қуйидаги (4.31) формула орқали аниқланади:

$$\Delta g_2 = g - \gamma_0 + 0,3086H - 0,0418 \rho H \quad (4.31)$$

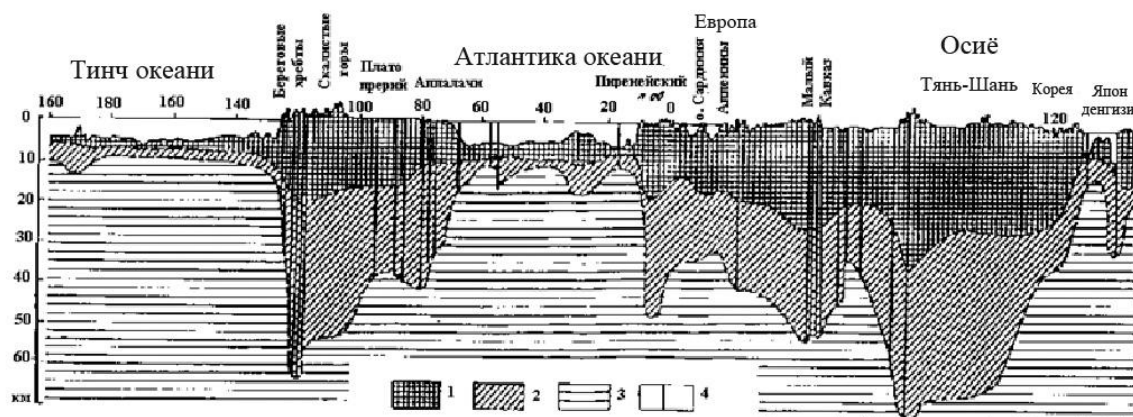
Буге аномалияси билан Мохо чегарасининг ётиш чуқурлиги орасида аниқ боғлиқлик мавжуд. Бу боғлиқлик орқали сейсмик маълумотлар бўйича Мохо чегараси аниқланган жойлардаги Буге аномалияси ҳисобланади. Сўнг Δg_2 мавжуд худудлар учун статистик йўл билан Мохо чегараси чуқурлигини ҳисоблаш мумкин. Ер учун бу боғлиқлик 4.10. - расмда берилган:

$$M = 35(1 - th(0,0037\Delta g_2)).$$



4.10. - расм. Буге аномалияси билан ер қобиғи қалинлиги орасидаги боғлиқлик.

4.11. - расмда Буге аномалиялари ҳақидаги маълумотларга асосан 40⁰ ш.к. даги Ер қобиғи кесими берилган.



1- Метаморфик ва чўқинди ётқизикли гранит; 2- базальт; 3- гипербавит; 4- сейсмик аниқлашларга кўра ер қобиғи чуқурлиги.

4.11 - расм. Буге аномалиялари бўйича 40⁰ ш.к. даги Ер қобиғи кесими.

Изостазия мавжудлигини 1735 – 1745 йилларда Перудаги меридиан ёйини ўлчаш вақтидаги геодезик кузатишлар натижасида Буге бошчилигидаги француз экспедицияси биринчи бор тахмин қилган. Экспедиция қатнашчилари Анд тоғлари тортишиши ўлчов асбобига таъсир этиб шокулнинг (отвес) оғишини ҳосил қилишини кузатишган. Буге бу ходисани ўрганганда, вертикалдан оғиш Анд тоғи таъсирининг назарий ҳисобланган кўрсаткичидан кичик эканлигини топган. Бир неча йилдан сўнг Боскович бу ходисанинг сабабини тоғлар остидаги моддаларнинг етишмовчилиги билан тушунтирди.

Кейинги юз йилликда шунга ўхшаш натижа Ҳимолай тоғлари атрофида ўтказилган кузатишларда қайд қилинган. Кузатилган шокулнинг оғишини тушунтирувчи Анд ва Ҳимолай тоғлари остидаги массалар етишмовчилиги, шу тоғларнинг устки қисмлари массалари тақсимланишига тахминан тенг келар экан. Бу ходисани тушунтириш учун 1889 йилда Деттон «изостазия» терминини киритади.

Изостазия принципига асосан, “компенсация чуқурлигидан” пастда Ер ичидаги босим гидростатик. Бу дегани, компенсация чуқурлигидан пастда бирлик юзага эга вертикал устунларнинг оғирликлари бир хил. Агар, Ер

юзасида ошиқча масса ҳосил бўлса, масалан тоғ тизмаси ёки музлик, ҳамда изостатик мувозанат эришилган бўлса, у ҳолда шу Ер юзидаги структуралар остида, эквивалент тарзда компенсация қиладиган массалар етишмовчилиги ҳам мавжуд бўлади. Бу ходисаларни ўрганиш натижасида XIX аср охирида деярли бир вақтнинг ўзида, 1851 йилда геодезист олим Пратт ва 1855 йилда астроном Эри томонидан изостазия фарази шакллантирилди. Унинг асосий мазмуни: ер қобиғининг алоҳида блоклари гидростатик мувозанат ҳолатида бўлиб, улар қайишқоқ магма устида кўтарилади (енгил бўлганда) ёки ботади (оғир бўлганда). Бунда юқоридаги ортиқча массалар пастдаги массалар етишмовчилиги билан компенсация қилинади (4.11 - расм).

Юқорида кўрсатилган геоид тўлқинлари (4.6 - расм), Фая ва Буге аномалиялари (4.10, 4.11 - расмлар) изостазиянинг асосий принципларини тўғрилигини тасдиқлайди.

Пратт фарази бўйича ер қобиғи блоклари ҳар хил зичлик ва баландликка эга. Блок қанча баланд бўлса, унинг ўртача зичлиги шунча кичик бўлади. Ҳар хил блоklar массаларининг компенсацияси мантиядаги қандайдир “Т” сатҳда амалга ошади. Демак, агар ρ_1 ва ρ_2 – қитғалар блоклари зичлиги, ρ_3 – океаник блок зичлиги, Н – блокнинг денгиз сатҳидан баландлиги, Р – денгиз чуқурлиги бўлса, у ҳолда Пратт фарази бўйича куйидаги тенгликлар мавжуд бўлади:

$$\rho_1(T + H) = C_1 \quad (4.32)$$

$$\rho_2 T = C_2 \quad (4.33)$$

$$\rho_3(T - P) + \rho^* P = C_3 \quad (4.34)$$

$$C_1 = C_2 = C_3 = C = \text{const} \quad (4.35)$$

бу ерда, ρ^* - сувнинг зичлиги, тахминан $1,03 \text{ г/см}^3$.

Н = 0 бўлганда, (4.32) тенгламадан, $\rho_1 = \rho_0$, бу ерда ρ_0 – ер қобиғининг ўртача зичлиги (уни одатда $\rho_0 = 2,67 \text{ г/см}^3$ деб олинади). Доимий $C = \rho_0 T$ га тенг. Шунда, компенсация сатҳи “Т” учун куйидаги ифода ҳосил бўлади:

$$T = \frac{H - \rho_1}{\rho_0 - \rho_1}, \quad T = \frac{P(\rho_3 + \rho^*)}{\rho_0 - \rho_3} \quad (4.36)$$

Америкалик геофизик Хейфорд XX аср бошида Пратт фаразини ривожлантириб, компенсация чуқурлигини 113,7 км деб олди. Кейинги ишларида бу чуқурлик 96 дан 102 км гача диапазонда баҳоланди.

Эри фаразига кўра ер қобиғи барча жойда бир хил ρ_0 зичликка эга, лекин ҳар хил баландликка эга блоklar зичлиги ρ ўзгармас бўлган оғирроқ субстрат устида ҳаракатда бўлади. Демак, субстрат (астеносфера) зичлиги ва Эри бўйича ер қобиғи (литосфера) зичликлари фарқи ўзгармас катталиқ: $\rho - \rho_0 = \Delta\rho$. Блокнинг субстратга ботиши Архимед қонунига бўйсинади, яъни баландроқ блок чуқурроқ ботади, пастроқ блок эса камроқ ботади. Уларнинг мувозанат шартлари қуйидаги кўринишда бўлади: $\rho_0 V = \rho b$. Бу ерда V – қобиқ блокининг қалинлиги, b – унинг астеносферага ботиш чуқурлиги. Пратт ва Эри фаразларида ёндошиш турлича бўлса ҳам, математик томондан улар бир – биридан фарқ қилмайди, яъни қандайдир “Т” сатҳда блоklar массалари тенг бўлади.

Изостазия принциpidан оғиш ҳолатлари ҳам кузатилади. Аксарият ҳолда, “бўш ҳаво учун” аномалиялар нолга яқин бўлса, Буге аномалиялари океанларда кескин мусбат ва қитъаларда манфий бўлади. Айрим ҳолларда компенсация кескин бузилган бўлиб, “бўш ҳаво учун” жадал аномалиялар кузатилади. Гравитацион майдоннинг бундай бузилишининг учта асосий тури мавжуд.

Биринчи тури вулқонли ороллар, масалан Кипр, Гавайи ороллари билан боғлиқ. Бу ерларга жадал мусбат аномалиялар хос бўлиб, топографик редукция киритилганда улар йўқолади, яъни бу ороллар ер қобиғига оддий юк бўлиб, улар ҳеч нарса билан мувозанатланмаган.

Иккинчи тури бу кенг бўлмаган жуда узун жадал манфий аномалиялар. Буларга Жанубий ва Марказий Американинг ғарбий соҳили, Алеут ороллари бўйлаб, Тинч океани ороллари ёйининг ғарбий соҳили мисол бўла олади. Қитъаларда бундай аномалиялар кучсиз намоён бўлади, масалан, Канададаги Гренвиль тизмаси. Бу зона юқори кембрий ороген минтақаси билан боғланган.

Учинчи тури ер қобиғининг яқинда чўккан жойларига хос, масалан, Индонезиянинг Банда денгизи. Бу ерда мусбат аномалиялар кузатилади.

3. Ернинг магнит майдони, уни ҳосил бўлиши гипотезалари

Фазодаги плазма булутлар, Куёш ва бошқа юлдузлар ўз магнит майдонларига эга. Кўпчилик сайёралар ва уларнинг йўлдошларида ҳам магнит майдони мавжудлиги аниқланган.

Ернинг магнит майдони сайёрамиз учун жуда муҳим. У куёш – ер алоқаларини тартибга солади. Унинг куч чизиқлари Ер юзасини фазо ва Куёшнинг юқори энергияли заррачаларидан сақлайди. У бутун Ер қаърини, океан ва атмосферани ўтиб, тирик табиатга ўз таъсирини кўрсатади, тоғ жинслари ва тупроқни магнитлаб, унинг унумдорлигини оширади ва ҳоказо.

Ер магнит майдонининг табиати кўп йиллик изланишларга қарамай ҳануз мавҳумлигича қолмоқда. Бу муаммо ҳозирги кунгача Ер физикаси фанининг энг катта муаммоси ҳисобланади. А.Эйнштейн геомагнит майдони ҳосил бўлиши масаласи физиканинг энг катта бешта муаммоларидан бири эканлигини таъкидлаб ўтган.

Магнитосферанинг қолган геосфералар билан алоқаси

Ер геомагнит майдони - магнитосфера Ернинг қолган бир неча сфералари билан ўзаро алоқада.

Атмосферанинг юқори қисми бўлган мезосфера усти, юқори ҳароратлар билан характерланади. Шунинг учун уни термосфера деб аталади. Бу сфера иккига: ионосфера ва экзосферага бўлинади. Ионосферада ҳаво жуда сийрак, 300 – 750 км баландликда унинг зичлиги $10^{-8} - 10^{-10}$ г/см³. Ҳатто шундай кичик зичликда ҳам ҳар бир куб сантиметрда, 300 км баландликда, бир миллиардга яқин молекула ва атомлар мавжуд. 600 км да эса – ўн миллион молекула мавжуд. Бу эса космик фазодаги газларнинг миқдоридан бир неча юз баробар ортиқ. Ионосфера ўз номига муносиб, ҳавонинг жуда ионлашганлиги билан характерланади. Бу ерда ионларнинг сони пастки қатламлардагидан жуда кўп. Ионларнинг таркиби асосан зарядланган кислорд атомлари, зарядланган азот оксиди молекулалари ва

эркин электронлардан иборат. 100–400 км баландликда уларнинг миқдори 1см^3 ҳавода $10^5 - 10^6$ донани ташкил этади. Ионосферанинг ўзи бир неча зонадан иборат, энг юқори ионлашган қатламлар, 100 – 120 км даги (*E зона*) ва 200–400 км даги (*F зона*) . Ионосфера зоналарининг жойлашиши ва ионларнинг концентрацияси вақт давомида ўзгариб туради. Баъзи ҳолларда жуда катта электрон мажмуалари ҳосил бўлиб, улар *электрон булутлар* деб номланади. Атмосферанинг электр ўтказувчанлиги ҳам албатта унинг ионлашганлигига боғлиқ. Масалан, ионосферада ҳавонинг электр ўтказувчанлиги, ер юзаси атрофидаги ҳавонинг электр ўтказувчанлигидан 10^{12} марта катта.

Радиотўлқинлар ионосферада ютилади, қайтарилади ва синади. Тўлқин узунлиги 20м бўлган радиотўлқинлар ионосферанинг пастки зоналарида (70-80 км) дерли бутунлай қайтади. Ўрта ва қисқа тўлқинлар ионосферанинг юқори қатламларидан қайтади, улар ионосфера ва ер юзасидан қўп марта қайтарилади, бу тўлқинларнинг узоқ масофаларга узатилишида, теле- ва радиоалоқада муҳим роль ўйнайди. Бу радиотўлқинларнинг тарқалишини кузатиш эса ўз навбатида ионосферанинг ҳолати ҳақида геофизикларга маълумот беради.

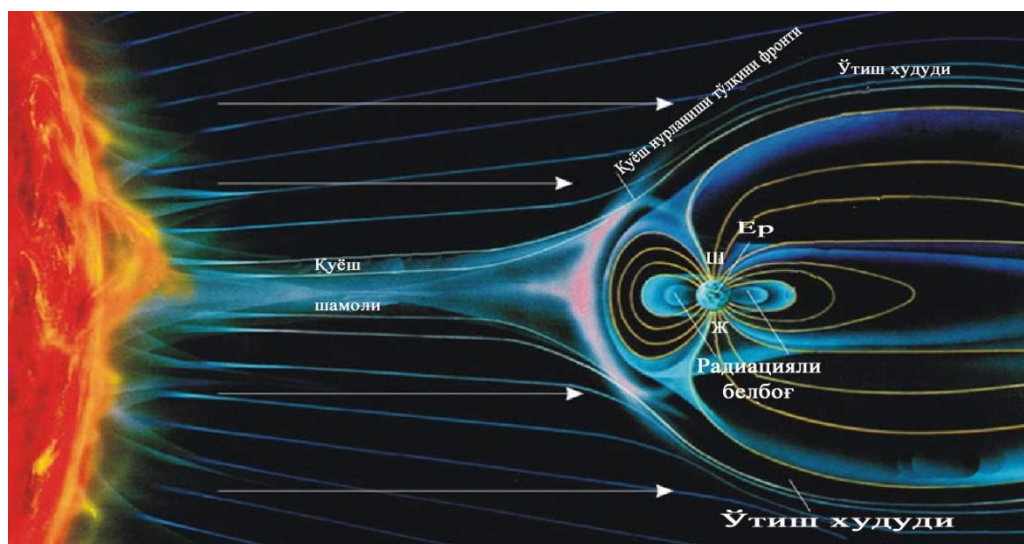
Ионосферада кутб ёғдуси, тунги осмоннинг нурланиши ва магнит бўронлари кузатилади. Ионосферада Куёшнинг ультрабинафша нурлари атмосферадаги газ молекулалари томонидан ютилиши натижасида, зарядланган атомлар ва эркин электронлар ҳосил бўлади. Куёш фаоллигига қараб юқорида кўрсатилган жараёнлар кузатилади, бунда асосий ролни корпускуляр радиация ўйнайди.

Ионосферада 800 км баландликда ҳарорат 1000°C гача ортади. Ҳароратнинг бу даражада ошишига асосий сабаб, заррачаларнинг жуда катта тезликда ҳаракат қилишидир. Лекин бу ерда ҳавонинг зичлиги шу даражада кичикки, ионосферада ҳаракатланаётган сунъий йўлдош, ҳаво билан иссиқлик алмашиш орқали қизимайди. Унинг ҳарорат режими фақатгина куёш радиацияси ютилиши билан боғлиқ.

Магнитосфера деганда космик жисмнинг (Ер, Қуёш) атрофини ўраб турган плазманинг, бу жисм магнит майдонидаги ўзини тутиши тушунилади. Бунга кўра, магнитосфера чегараси (магнитопауза) магнит майдони босими билан жисмни ўраб турган плазма босими тенг бўлган чегара, яъни магнитосфера радиуси қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$B^2(r_A) = \rho V^2(r_A); \quad (5.1)$$

бу ерда, B – осмон жисмининг магнит майдони, ρ ва V – плазманинг зичлиги ва тезлиги, r_A – магнитосфера (альвенов радиуси). Сайёра хусусий магнит майдонининг қуёш шамоли билан доимий ўзаро тўқнашуви натижасида магнитосфера анча мураккаб шаклга эга бўлади (5.1- расм).



5.1- расм. Қуёш шамоли таъсирида Ер магнитосфераси шаклининг ўзгариши

Плазманинг Ер магнитосферасига суқилиб кириши, магнитопаузадаги туташган ва узилган магнит куч чизиқларидаги тирқишлар орқали амалга ошади. Бу жараён юқори кенгликларда кундузги қутб ёғдулари билан биргаликда ўтади. Плазманинг бир қисми сайёранинг радиацион белбоғини (Ван Аллен зонаси) ва плазма қатламини ҳосил қилади.

Магнит катталиклари ва уларнинг birlikлари

Магнит майдони иккита вектор катталиқ: майдон кучланганлиги H ва магнит индукцияси B билан характерланади. Улар орасида қуйидаги боғлиқликлар мавжуд:

$$B = \mu_0(H + J) \quad (5.2)$$

бу ерда, μ_0 – вакуумнинг магнит ўтказувчанлиги, J – магнитланганлик, яъни бирлик ҳажмнинг магнит моменти ($J = m/V$).

$$J = \chi H \quad (5.3)$$

$$B = \mu_0 \mu H \quad (5.4)$$

бу ерда, χ – модданинг магнит қабул қилувчанлиги; μ – унинг (нисбий) магнит ўтказувчанлиги, $\mu = 1 + \chi$.

Электр токининг ёпиқ контурлари ва магнитланган жисмлар магнит майдони манбаи бўлиб хизмат қилади. Уларни элементар магнитлар ёки элементар ток контурлари сифатида (яъни дипол сифатида) ҳам қарашимиз мумкин. Ёпиқ контурдаги ток кучи i ва унинг натижасида ҳосил бўлган майдон кучланганлиги H ўртасидаги боғлиқлик, Био – Савар қонуни бўйича, r радиусли айлана контур учун қуйидагича бўлади:

$$H = \frac{i}{2r} \quad (5.5)$$

бу ерда, H – айлана контур марказидаги майдон кучланганлиги. Айлана контур майдонининг ток кучига кўпайтмаси, ток контури магнит моменти векторининг модули m ни беради. Бунда m ва H векторлар контур юзасига нормал йўналган. Айлана контур учун: $m = i\pi r^2$.

Магнит катталиқлари ва электр токи орасидаги боғлиқликлардан магнит катталиқларининг ўлчамлари келиб чиқади (жадвал).

Жадвал

Магнит катталиқларининг ўлчамлари

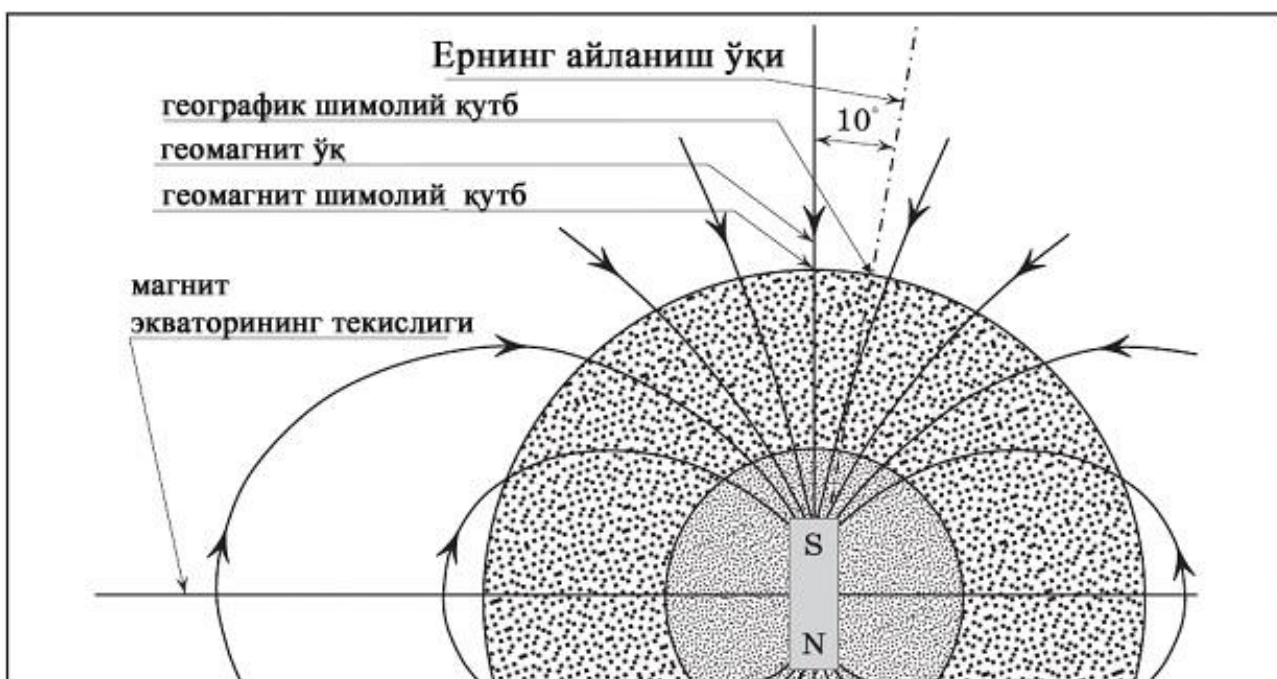
Магнит катталиқлари		СГС	СИ	СГС/СИ га ўтиш	СИ/СГС га ўтиш
Магнит майдон	H	эрстед	А/м	$10^3/4\pi$	$4\pi/10^3$

кучланганлиги					
Магнит моменти	M	-	Ам ²	10 ⁻³	10 ³
Магнит оқими	Ф	максвелл	вебер	10 ⁻⁸	10 ⁸
Индукция	B	гаусс	тесла	10 ⁻⁴	10 ⁴
Магнит қабул қилувчанлик	χ	-	-	4π	1/4π
Магнитланганлик	J	-	А/м	10 ³	10 ⁻³

Ернинг магнит майдони элементлари

Ернинг магнит майдони – диполь бўлиб, унинг ўқи Ер айланиш ўқи билан $\approx 10^\circ$ бурчак ташкил этади. Қутблари географик қутбларга тескари, яъни Шимолий магнит қутби жанубда - Антарктидада, Жанубий магнит қутби эса шимолда - Канадада жойлашган. Масалан, тахминан 42° шимолий географик кенгликда жойлашган Тошкент, тахминан 37° жанубий магнит кенлигига эга.

Ернинг магнит моменти $M = 8,1 \cdot 10^{25}$ Гс см³ га тенг, Ер юзасидаги магнит майдон кучланганлиги ўртача $\sim 0,4$ Гс ни ташкил этади.



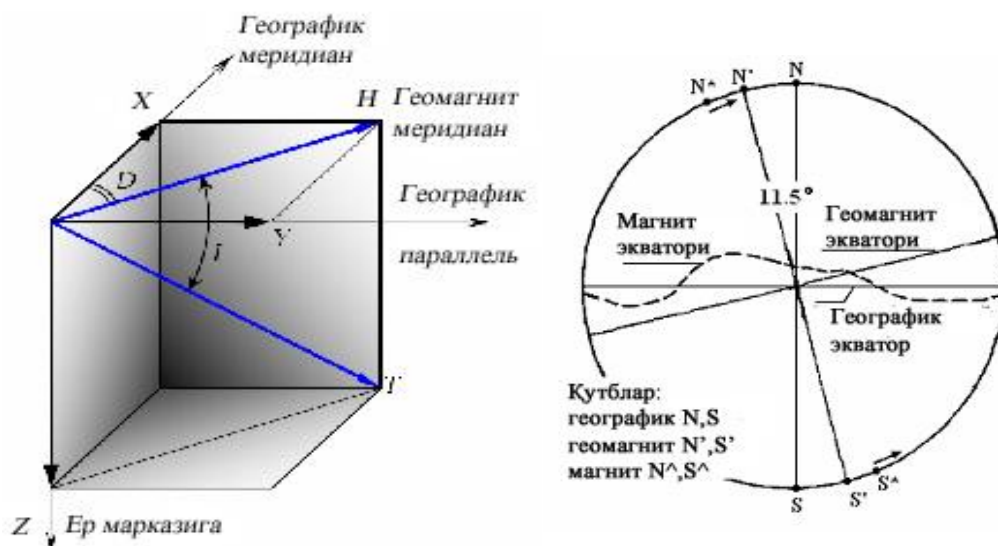
5.2 - расм. Геомагнит майдон, магнит куч чизиқлари стрелка билан кўрсатилган

Дипол ўқининг Ер ўқига нисбатан оғанлиги ва кўчганлиги ҳамда магнит моментининг катталиги Ер магнит майдонининг фақат умумий кўринишини ифодалайди холос. Ер шари юзасига яқинлашган сари Ернинг магнит майдони Бразилия, Жанубий Атлантика, Канада ва Шарқий Сибирь глобал магнит аномалиялари таъсирида сезиларли даражада ўзгаради.

Геомагнетизм элементларининг таърифлари қуйидагилардан иборат.

- *Геомагнит қутблар* – бу Ер магнит ўқларининг унинг юзаси билан кесишган нуқталари (5.2 - расм).
- *Геомагнит кенглик* – геомагнит экватордан Ер юзасининг исталган нуқтасигача бўлган бурчак.
- *Ернинг магнит қутби* – Ер юзасидаги нуқта, у ерда магнит стрелкаси вертикаль йўналган. Магнит қутбларининг жойлашиши вақт ўтиши билан ўзгариб туради.

- *Магнит экватори* – бу Ер юзасидаги шундай нуқталарнинг йиғиндисики, у ерда магнит стрелкаси ер юзасига горизонтал ҳолатда йўналган бўлади. Магнит экватори жойлашуви географик экватор билан тўғри келмайди (5.3 - расм).



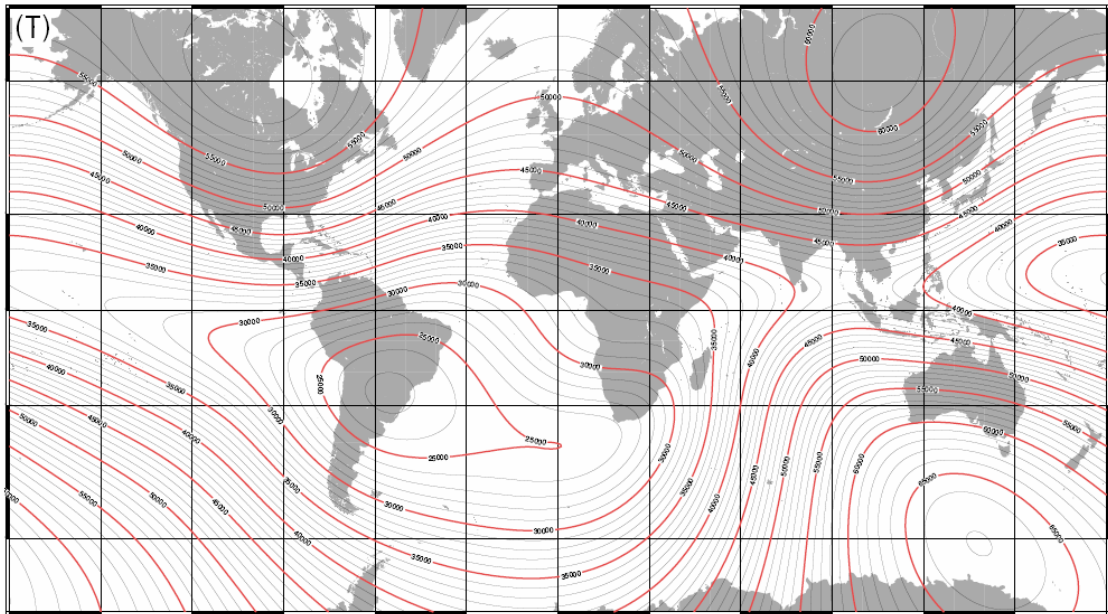
5.3 - расм. Геомагнит майдон элементлари: X , Y , Z – компонентлар, T – тўлик вектор, D – магнит оғиш бурчаги, I – магнит қиялиги

- *Магнит оғиши* (D) – ер юзасидаги нуқтада географик ва магнит меридианлари орасидаги бурчак. Магнит стрелкасининг шимолий учи географик меридиандан шарқ томонга оғса, магнит оғиши мусбат, ғарбга оғса манфий ҳисобланади.

- *Магнит қиялиги* (I) – горизонтал текислик ва магнит куч чизиқлари орасидаги бурчак. Магнит кутбларида ва катта магнит аномалиялари мавжуд ҳудудларда магнит қиялиги 90^0 га тенг.

Ернинг асосий магнит майдонини аниқлашда, йил давомида тахминан 10^6 км² майдонда ўлчанган катталикларнинг ўртачаси олинади. Улар асосида T , D , I , H магнит изолиниялари хариталари тузилади (5.4 - расм).

Магнит оғиши изолиниялари – *изогонлар*, магнит қиялиги изолиниялари – *изоклинлар*, магнит майдон кучланганлиги изолиниялари – *изодинамлар* деб юритилади.



5.4 - расм. Магнит майдон кучланганлиги - изодинамлар (T мкТл) харитаси

Бу хариталарни тузишда регионал магнит аэросъёмкалари ва магнит обсерваториялари маълумотларидан, бундан ташқари сунъий йўлдошларнинг маълум вақтлар оралиғида олиб борган кузатишларидан фойдаланилади.

XVI аср охирларида Норман ва Гильберт томонидан геомагнит майдоннинг энг яхши аппроксимацияси Ер марказида жойлашган ва *айланиш ўқи бўйича йўналаган диполнинг майдони* деб аталиши таклиф этилган. Бу тўғри бўлганда, барча магнит куч чизиқлари меридионал текисликда ётган бўлиб, магнит оғиши нолга тенг бўлар эди. Ҳақиқатда эса магнит оғиши $\pm 20^\circ$ гача ўзгариши мумкин. Тинч океани, Австралия, Шимолий Америкада мусбат, Атлантика, Ҳинд океанлари, Европа ва Африкада эса манфий бирликларда бўлади. Яхшироқ аппроксимацияни диполни Ер айланиш ўқиغا нисбатан $\pm 11^\circ$ га эгилган ҳолатда олиш мумкин ва бу birlik *эгилган марказий дипол* деб номланади.

Бундай нисбий ҳисоб-китоблар асосида шундай хулоса чиқариш

мумкинки, магнит майдон кучланганлигини ифодаловчи изодинамларнинг кўриниши маркази магнит ўқидан ўтган айланалардан иборат бўлиши керак. Лекин, ҳақиқатда эса Шарқий ярим шарда H нинг кўрсаткичлари, Ғарбий ярим шардагидан каттароқ бирликка эга. Энг яхши аппроксимацияни шу эгилган диполни Ер марказидан тахминан Тинч океанининг ғарбий томонига кўчириш орқали олса бўлади. Бу диполнинг майдонини – *эксцентрик диполь майдони* деб аталади. Бу эксцентрик диполь 1980 йилда Ер марказидан 490 км узоқликдан, ер юзасидаги координаталари $\pm 21^{\circ}$ шимолий кенглик ва $\pm 147^{\circ}$ шарқий узунлик бўлган нуқта томонга йўналганлиги аниқланган.

4. Геомагнит майдон вариациялари

Ернинг бошқа физик майдонларидан фарқли ўлароқ, геомагнит майдон барқарор эмас. У вақт ўтиши билан ўзгариб туради. Ер магнит майдони вариациялари қуйидаги кўринишларда бўлади:

- 1) магнит моментининг камайиши;
- 2) геомагнит майдоннинг инверсияси;
- 3) Ер магнит майдонини характерловчи эксцентрик диполь параметрларининг ўзгариши;
- 4) ғарбий дрейф (кўчиш) ҳосил бўлиши, унинг тезлиги (йилига $0,18-0,23^{\circ}$);
- 5) ташқи (6 ва 11 йиллик) ва ички (22; 58; 600; 1800; 8000 йиллик) Ер магнит майдони элементлари жадаллигининг квазидаврий вариациялари;
- б) ташқи магнит майдоннинг (ионосфера ва магнитосферадаги манбалардан)

вариациялари:

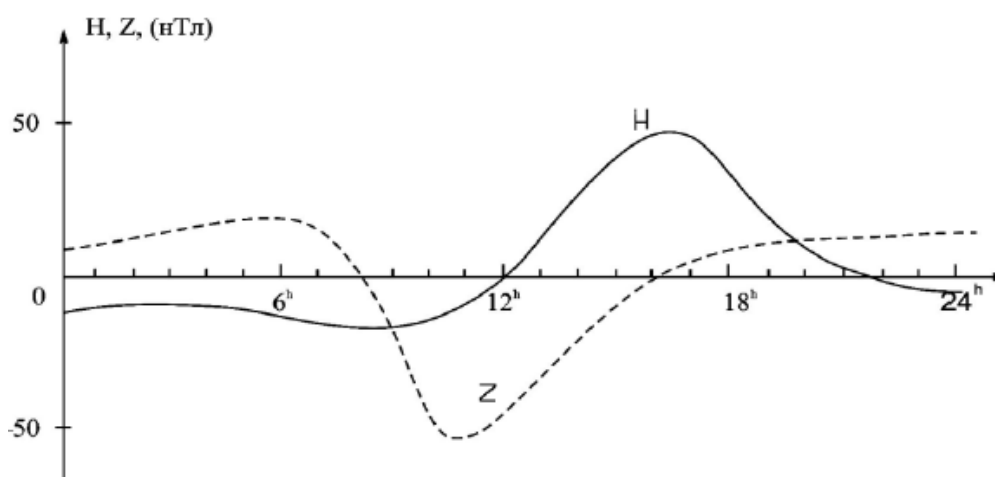
- қуёш-суткалик тинч кунларда (Sq -вариациялари), уларнинг амплитудалари Z ва H бўйича, жойнинг кенглиги ва кесимнинг электр ўтказувчанлигига қараб кундузи 70 нТл гача етади (5.5 - расм);

- қуёш-суткалик магнит бўронлари кунида (Sd -вариациялари), улар аниқ қонуниятларга бўйсинмайди, лекин кескинлиги Sq -вариацияларникидан анча

катта бўлиши мумкин;

- бухтасимон геомагнит майдоннинг кичик амплитудали (бир неча нанотесла) ва қисқа вақтли (2- 5 соатгача) ғалаёнлари;

- бир неча соатдан бир неча суткагача давом этувчи магнит бўронлари, улар 30 – 50 нТл бўлган ўртача фонда кечиб, орасида қисқа даврли юз ва минг нанотеслагача бўлган вариациялар билан биргаликда кечади. Ерни электромагнит зондлашда бу магнит бўронларининг тўсатдан бошланиб, кучланишнинг бирданига ошиши муҳим роль ўйнайди.



5.5 - расм. Тинч кунлардаги қуёш – суткалик Sq вариация

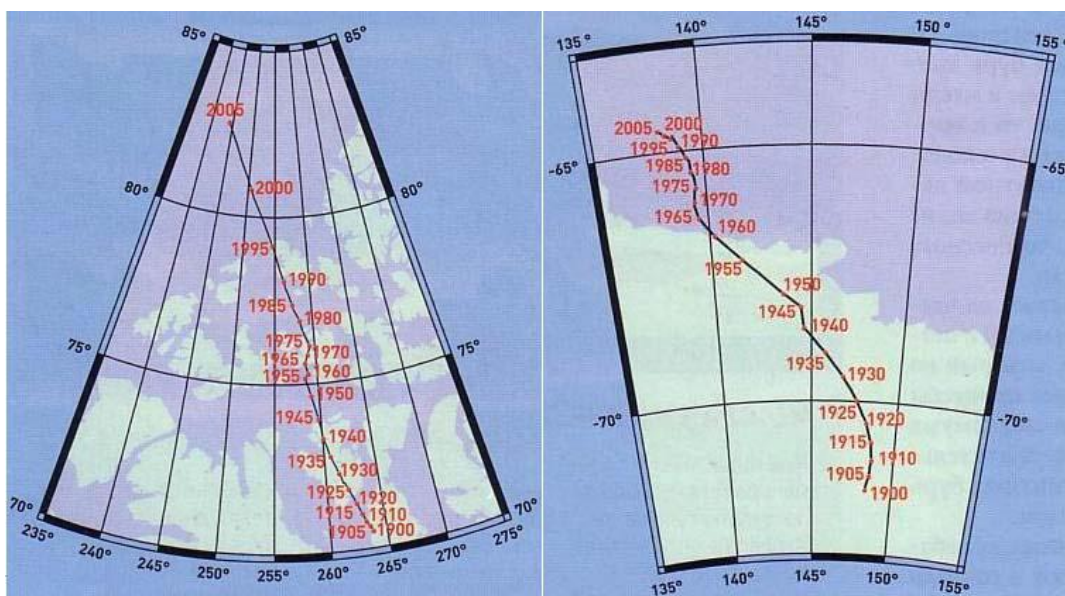
Суткалик вариациялар қуёш шамоли таъсирида – зарядланган заррачалар оқими магнитосферани деформациялаб, уни Қуёшдан тескари томонга учуриши билан кечади. Ернинг ўз ўқи атрофида айланиши туфайли, шу деформацияланган магнитосфера ичида суткалик вариациялар бутун Ер бўйлаб кундуз кунини ўтади.

Бухтасимон вариациялар ва магнит бўронлари ионосферадаги қутболди айланма тоқларнинг ҳаракати (оқими) натижасида юзага келади. Суткалик ва бухтасимон вариациялар Ерда электромагнит майдон ҳосил қилади. Уларни кузатиш эса литосферанинг чуқур қисмлари ва мантияни *магнитотеллурик зондлаш методи* ёрдамида ўрганишга имкон беради.

8000 йиллик вариациялар – диполь магнит моменти шаклланишида

асосий ролни ўйнайди. 2000 йил аввал у максимал даражада бўлган ва ҳозирги кўрсаткичдан 1,5 баробар катта бўлган, 6000 йил илгари эса – ҳозиргидан 2 баробар кичик бўлган.

XVII асрда магнит оғишининг вақт бўйича ўзгариши аниқланган. Қитъалардаги барча магнит аномалиялари, масалан *изогонлар*, яъни магнит оғиши чизиқлари, аста–секин йилига тахминан 22 км тезлик билан, ғарб тарафга силжиб борган. Бунинг сабаби, Ер ядроси ва унинг мантиясининг ҳар хил бурчак тезлиги билан айланишидир (5.6 - расм).



5.6 - расм. Шимолий ва Жанубий магнит кутбларининг дрейфи

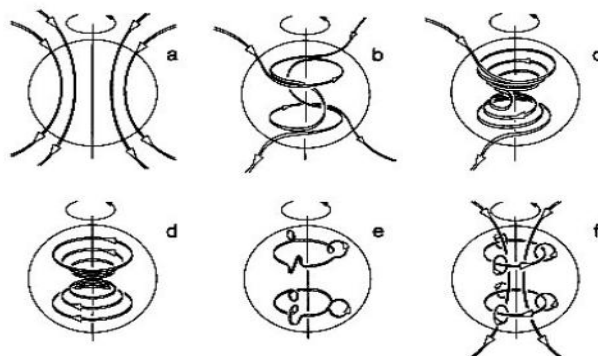
Геомагнит майдонининг ҳосил бўлиши

Ҳозирги қарашларга кўра, Ернинг асосий магнит майдони суюқ ташқи ядродаги иссиқликнинг конвекция оқими туфайли ҳосил бўлади. Маълумки, ташқи ядро асосан темирдан иборат бўлганлиги сабаб, юқори электр ўтказувчанлигига эга. Бундай постулат эса *гидромагнит динамо* (ГМД) *фаразининг* асосини ташкил қилади. Ўтказувчи муҳитда оқимларни магнит майдони эгаллайди; унинг куч чизиқлари ток чизиқларига “ёпишган”. Ер айланишида сайёралараро кучсиз токнинг магнит куч чизиқлари Ер ўқи атрофида ўралиб (5.7 - расм), кучли *тороидал майдон* (*b*, *c*, *d* босқичлари)

ҳосил қилади; ундан эса ядродан ташқарида, Ер юзасида ва ташқи муҳитда кузатилувчи *полоидал майдон* (*f* босқич) келиб чиқади.

Ўтган асрнинг 40- йилларига келиб, физиклар сайёрамизнинг магнит майдони ҳосил бўлишининг учта шартини асослаганлар.

Геомагнит майдони ҳосил бўлишининг биринчи шarti – Ер ташқи ядросини ташкил қилувчи катта ҳажмдаги электр ўтказувчи, темир билан бой массанинг мавжудлиги. Унинг остида эса деярли тоза темир таркибли ички ядро, устида 2900 км лик мантия ва ер қобиғи моддаларининг мавжудлиги. Ядрога ер қобиғи ва мантия томонидан берилаётган босим ер юзидаги босимдан 2 миллион марта катта, ядронинг ҳарорати ҳам жуда катта – 5000°C .



5.7 - расм. Диполли геомагнит майдон ҳосил бўлиши механизми
(*a-f* – босқичлари)

Геодинамо ишлашининг иккинчи шarti - бу суюқлик массани ҳаракатга келтирувчи энергия манбаининг мавжудлиги. Термал ва кимёвий йўл билан ҳосил бўлган ички энергия ядрога итарувчи кучни келтириб чиқаради. Демак, ядрога кўпроқ қизиган ва камроқ зичликка эга бўлган пастки қисми юқори томонга ҳаракат қилади. Бу суюқ масса юқори қатга етиб борганда, унинг ҳарорати мантияга берилиб, анча пасаяди ва зичлиги ошади. Сўнг бу темир масса яна ядрога чўка бошлайди.

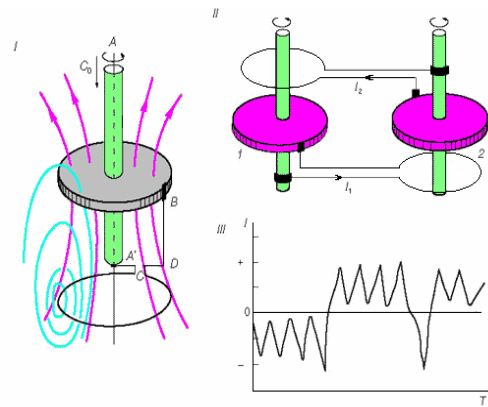
Магнит майдонни сақлаб турувчи учинчи шart – бу Ернинг айланиши. Бу айланма ҳаракат натижасида ҳосил бўлувчи *Кориолис кучлари* Ер ичидаги

суяқ массалар оқимини буради ва уларни спиралсимон ҳаракат қилишга мажбур этади. Ер конвекция ва Кориолис кучларини сақлаб, массалар оқимини айлантириб туриши учун зарур энергияга эга деб тахмин қилинади. Бу фактор “геодинамо” ишлашини миллион йиллар давомида таъминлаб туради.

Магнит майдони ҳосил бўлиши ва вақт давомида магнит қутблари нима учун алмашинади деган саволларга ҳанузгача аниқ жавоб топилмаган.

Магнит майдони инверсияси. Магнит майдони инверсияси – бу симметрик ўққа эга магнит диполининг қутбларининг алмашиниши. 1906 йилда Б.Брюнес марказий Франциядаги неоген даври лаваларини ўрганаётганда, уларнинг магнитланганлиги ҳозирги замон геомагнит майдонига тескари эканлигини аниқлади, яъни Шимолий ва Жанубий магнит қутблари жойлари билан алмашиб қолганди. Геомагнит қутбларнинг алмашиниб туриши палеомагнитологияда муҳим кашфиёт бўлиб, магнитостратиграфия фанига (тоғ жинсларининг тўғри ва алмашинган магнитланганлигини ўрганиш) асос солди.

Магнит майдони инверсиясини ҳисобга оладиган *икки дискли динамо моделини* ўтган асрнинг 60 – йилларида япон олими Т.Рикитаки таклиф этган. Унинг моделида ташқи суяқ ядродаги ҳар бир конвектив ячейка ёки уюрмани динамонинг битта диски сифатида қараш мумкин (5.8 - расм). Икки дискли оддий моделдан (5.8 - расм, II) кўриниб турибдики, 1- дискдаги ток I_1 , магнит майдони бўлган I_2 токни ҳосил қилиб 2 - дискка оқиб ўтади, ўз навбатида 1-диск атрофида магнит майдони кучаяди (5.8 - расм, III). Ток (I) ва демак, магнит катталиклари бир стационар ҳолатдан, амплитудалари ошиб, тўсатдан бошқа стационар ҳолат атрофида тебранишни бошлайди (Т.Рикитаки бўйича). Шундай қилиб, магнит майдон инверсияси вужудга келиши моделлаштирилади.



5.8 - расм. Икки дискли Т.Рикитаки динамоси

Тарихий геологиядан, қутбларнинг ўзгариши нисбатан қисқа вақтда 4000 йилдан 10000 йилгача оралиқда амалга ошганлиги аниқланган. Агар, “геодинамо” ўз ишини тўхтатса, диполь яна 100000 йил мавжуд бўлиб турарди. Қутбларнинг бундай қисқа вақтда ўзгариши, қандайдир нотурғун барқарор бўлмаган ҳолатда бирламчи қутбланганликни бузиб, янги қутбларнинг ҳосил бўлишини келтириб чиқаришлигини тахмин қилишга асос бўлади. Алоҳида ҳолларда бундай ғайриоддий нотурғунлик магнит оқимлари структурасининг хаотик (тартибсиз) ўзгариши сабабли, тасодифий инверсияга олиб келади деб ҳам тахмин қилиш мумкин.

Палеомагнитология – геофизика фанининг бўлими бўлиб, Ернинг қадимги геологик даврлардаги магнит майдонини ўрганишга асосланган ва геология, айниқса геодинамика ва стратиграфия масалаларини ечишда қўлланилади.

Палеомагнитологияда тоғ жинсларининг, улар ҳосил бўлаётган геологик вақтдаги бирламчи қолдиқ магнитланганлиги J_{rp} муҳимдир. Унинг табиати турлича. Магматик жинслар совиши жараёнида (вақтида) улар *Кюри нуқтасидан ўтиб*, термоқолдиқ магнитланганликка J_{rt} эга бўладилар. Чўкинди жинслар ҳосил бўлаётганда магнитланган заррачалар магнит майдон бўйича йўналадилар, бу *йўналган (ориентация) магнитланганлик* J_{r_0} деб аталади.

Сўнги 5 миллион йил ичида 27 инверсия кузатилган (5.9 - расм, а), бутун геологик тарихда эса жуда кўп марта инверсия рўй берган: масалан – мезозой -кайнозой шкаласи (5.9 - расм, б).

Палеомагнетизм натижаларининг аниқлиги ва унинг геологик интерпретациясининг ишончлилиги *палеомагнетизм фаразларининг шартларидан* келиб чиқади:

1) фиксация (қайд қилиш) фарази – тоғ жинслари ҳосил бўлаётган вақтда улар шу жойнинг геомагнит майдони йўналиши бўйича магнитланади.

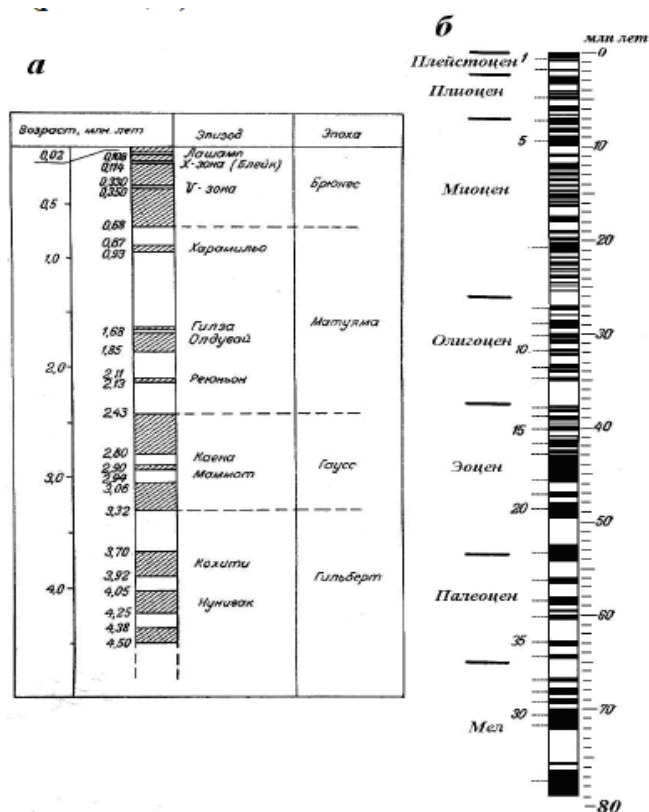
2) сақланиш фарази – бирламчи магнитланганлик тоғ жинсида сақланиб қолади, уни турли табиатли умумий магнитланганликдан ажратиб олса бўлади.

3) диполь марказий ўқи фарази – геомагнит майдон, ўртача $\sim 10^4$ йил мобайнида, диполь марказий ўқининг майдонидир.

Аввалги иккита фараз техник ахамиятга эга, улар ҳар бир тур тоғ жинси ва уларнинг олинган жойлари учун текширилади.

Палеомагнитологиянинг асосий натижалари қуйидагилар:

1. Турли литосфера плиталарига тегишли бўлган палеомагнит кутбларнинг геологик вақтдаги кўчиши траекторияларини таққослаш, литосфера плиталарининг катта масофаларга горизонтал силжишлари ҳақиқатда мавжудлигини исбот қилиб берди. Бу хулоса Ернинг қадимги магнит майдони, диполь марказий ўқи майдонига тўғри келади деган фаразга асосланган.



5.9 - расм. Палеомагнит шкала 5 миллион йил (а) ва 80 миллион йил (б) учун

Турли қитъалардаги, бир хил ёшдаги тоғ жинсларининг палеомагнит кутбларини реконструкция қилиш литосфера плиталарининг турли геологик вақтлардаги жойлашувини аниқлашга имкон берди.

2. Локал геодинамик масалаларни ечишда палеомагнитология литосфера блокларининг бурилиши, уларнинг силжишини, яъни горизонтал ҳаракатларини аниқлашга имкон берди (асосан меридиональ йўналишда, кенглик ўзгармас бўлгандаги ҳаракатларни ажратиш анча мушкул).

3. Муайян инверсиядан сўнг ўтган вақтдаги палеомагнит кесимлардаги изохрон юзалар ҳолатини ўрганиш баъзи чўкинди ҳавзаларда ер қобиғининг вертикал ҳаракатлари тезлигининг тақсимланиши қонуниятларини аниқлаш имконини берди.

4. Ҳозирги вулқонли районларда палеомагнит маълумотлар бўйича бир қанча эффузив тоғ жинслари кесимлари корреляция қилинди; бу методни қадимги эффузивларни хариталашда қўллаш тажрибаси мавжуд. Магнитостратиграфия океанлардан олинган жинслар колонкасини ўрганишда

қўлланилади. Унинг ёрдамида чўкинди ҳосил бўлиши тезлигини баҳолаш, фаунаси йўқ чўкиндиларни ажратиш имкони туғилади.

5. Палеомагнит маълумотлар геомагнит майдоннинг асрий вариациялари ҳақидаги тушунчамизни кенгайтириш имконини беради. Инструментал маълумотлар фақатгина 300 йилдан бери йиғиб борилмоқда. Архео- ва палеомагнит маълумотларнинг асрий вариацияларни ўрганишда қўлланилиши майдон тебранишининг муҳим турини (8000 йиллик даврга эга МАК- тўлқин) ажратиш имконини берди. Бу даврли тебранишни суяқ ядродаги магнит, Архимед ва Кориолис кучларининг конвектив ҳаракатлари ҳосил қилади.

1. *Ернинг қандай зичлик моделлари мавжуд?*
2. *Ернинг нормал ва аномал гравитацион майдонлари ҳақида тушунча беринг?*
3. *Ер магнит майдонининг табиати қандай?*
4. *Ердаги ҳаёт учун магнитосферанинг аҳамияти қандай?*

Адабиётлар:

1. Абидов А.А., Атабаев Д.Х., Хусанбаев Д.Д. Ер физикаси. Тошкент, «Фан ватехнологиялар», 2014.
2. СтейсиФ. Физика Земли. М., Мир, 1972.
3. Жарков В.Н. Внутреннее строение Земли и планет. М., Наука, 1983.

3-МАВЗУ: ЕРНИНГ ИССИҚЛИК МАЙДОНИ.

Режа

1. Ернинг иссиқлик майдони манбалари.
2. Ерда иссиқлик ўтказиш усуллари.
3. Ернинг иссиқлик моделлари.

Таянч иборалар: *Радиоген иссиқлик, иссиқлик оқими, конвекция, кондукция, “қора кашанда”, плюм, иссиқ нуқта, чуқурлик иссиқмассаси ҳаракатланувчи каналлар.*

1. Ернинг иссиқлик майдони манбалари.

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

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

Иссиқлик оқимининг манбалари. Ердаги иссиқлик оқимининг асосий манбаи ананавий фикрга кўра радиоактив элементларнинг парчаланишидан чиқадиган иссиқлик энергияси ҳисобланади. Ҳақиқатдан шундайми? Буни биз қуйида кўриб чиқамиз (кейинги “Радиоген иссиқлик”ни қ.).

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

XIX – XX асрлар оралиғида радиоактивлик кашф қилингунга қадар,

Ернинг иссиқлиги Кант-Лаплас фарази деб аталувчи космогеник қарашга мувофиқ унинг бирламчи оловли-суяқ ҳолатидан мерос бўлиб қолган деб тасаввур қилинар эди. Аммо, бу фикр Ер совиши вақтини, яъни ёшани 100 млн йилдан ошмаслиги ҳақидаги фикрга асосланишини талаб этарди.

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

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

Табиий радиоактив элементларнинг асосий захираси (90 %га яқини) континенталь қобикнинг юқори қатида мужассамланган. 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 фақат 5 %и гелий ажралиши ҳисобига тўғри келар экан. Бунинг устига, агар радиоактив элементларнинг асосий массаси континенталь қобикнинг юқори қисмида мужассамлашган бўлса, улар ажратадиган иссиқлик анча чуқурликдаги тектоник жараёнлар содир бўлишлигида сезиларли аҳамият касб этишлиги мумкин эмас.

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

Бу манба Ернинг аккреция ва қисман протопланета даврларидан мерос бўлиб ўтган. Аввалги фикрлардан фарқли, Ер протопланета диск кўринишида

бир мунча қизишга дучор бўлган. Бўлажак Ер пайдо бўлиш областида харорат 1000-1200 К гача етган. Аккреция жараёнида Ер жуда сезиларли даражада қизиган ва унинг сатҳида ёки унча катта бўлмаган чуқурликда “магматик океан”ни ҳосил бўлишини таъминлаган. Аммо, бу аккрецион иссиқликнинг қанча миқдори ҳозирги давргача сақланиб қолганлигини ва унинг сайёрамиз энергетик балансидаги роли қандайлигини ҳисоблашнинг имкони йўқ.

Чуқурлик гравитацион дифференциялланишининг 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 дифференциялланиш 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 этилди ва реал иссиқлик оқимининг миқдори баҳоланди. Спрединг ўқи бўйлаб ҳисобланган иссиқлик оқими миқдори табиий радиоактив элементлар парчаланишидан ажраб чиқувчи иссиқликка нисбатан анча кўп эканлиги қайд этилди. Ернинг бу энг муҳим иссиқлик манбаи чуқурликдаги гравитацион дифференциялланиш жараёнлари натижасида содир бўлади. Яъни, Ердаги моддаларнинг кимёвий ва физик ҳолатининг ўзгариши оқибатидаги уларнинг зичлиги бўйича тақсимланиш жараёнидан иссиқлик ажралиб чиқишлиги сўнгги йиллардаги кузатувларда ўз тасдиғини топди.

Гравитацион дифференциялланишдаги асосий жараён бўлиб, мантия ва ядро чегарасидаги модданинг силикат ва металл ёки аниқроғи металлалашган (Fe_2O ёки FeO) қисмларга бўлиниши хизмат қилади. Мантия ва ядро чегараси Ердаги гравитацион дифференциялланишнинг ягона чуқурлиги эмас. Яна ҳам чуқурроқда бундай гравитацион дифференциялланиш манбаи ташқи ва ички ядро оралиғидаги чегара ҳисобланади. Чунки, ички ядро “тоза” темир

таркибли (никель “примес”лари билан), ташқи ядро эса – кислород, олтингугурт, кремний каби элементларга бой.

Ернинг асрлар мобайнида совиши билан боғлиқ ички қаттиқ ядронинг катталашиви бу енгил “примес”ларни ташқи ядрога сиқиб чиқаришликка сабабчи бўлади.

Гравитацион дифференциялланишнинг бошқа чуқурлиги – остки 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 дифференциялланишнинг яна бир сатҳи – бу астеносфера ва литосфера чегараси. Бу зонада перидотитли мантия моддасидан иборат базальт фракциясининг эриши рўй беради. Сўнг, юқорига кўтарилиб, ер қобиғини кўпайтиради. Аммо, дифференциялланиш қобиқнинг ўзида ҳам давом этади – остки (ёки ўрта) қобиқда гранит эришмаси ҳосил бўлиши юз беради ва монад равишда юқоридаги гранит-гнейсли қат катталашиб боради. Барча бу жараёнлар Ер иссиқлик балансининг шаклланишига ўз ҳиссасини кўшиши лозим.

Ерга Ой ва Қуёшнинг гравитацион таъсиридаги иссиқлик манбаи.

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

О.Г. Сорохтин ва С.А. Ушаков ҳисоблари бўйича ҳозирда “қаттиқ” Ерда тарқаётган таъсир кучлари энергиясининг миқдори замин ишлаб чиқараётган барча иссиқлик энергиясининг 2 %идан ошмас экан. Бу энергиянинг кўп қисми саёз сувли денгизларда ва кам миқдорда – океанларда 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 таалукли.

О.Г. Сорохтин ва С.А. Ушаков Ер ва Ой бир вақтда ҳосил бўлганлиги ва 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 дебган хулосага келганлар. Бу муаллифлар тадқиқотига кўра, 4,6 – 4 млрд йил муқаддам оралиғида Ойнинг таъсир кучи ҳисобига Ер тахминан кўшимча 500 °С га қизиган бўлиши мумкин.

Кечки архейда, протерозой ва фанерозойда Ой ва Ер оралиғидаги масофанинг ортиши ва жуда катта эпиконтиненталь денгизларни пайдо бўлиши билан вазият ўзгарган, таъсир кучи иссиқлигининг умумий чуқур иссиқлик оқимига кўшган улуши 1-2 % дан ортмаган.

Иссиқлик оқими ҳодисаси ва унинг ўлчов бирликлари

Иссиқлик оқими ҳодисаси . Биз юқорида Ердаги иссиқлик ишлаб чиқарувчи бир неча манбаларни кўриб чиқдик ва ананавий ҳисобланган радиоген иссиқлик умумий Ер иссиқлигининг $\frac{1}{4}$ қисмига тенглигини қайд этдик.

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

Замин бағрида ишлаб чиқарилаётган ва сақланаётган иссиқлик – *термал энергия* миқдори ер қобиғи орқали ўтиб, фазода тарқайди. Бу – табиатнинг “*иссиқлик оқими*” (“тепловой поток”, “heat flow”) ҳодисаси деб аталади.

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

Иссиқлик ўлчов бирлиги нима?

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

Лекин, иссиқлик ўлчовининг бошқа бирликлари ҳам фанда маълум. Улардан кўп ҳолларда мутахассислар фойдаланадиган иссиқлик ўлчов бирликлари: мккал/см²с; мВт/м²; кал/°С · г; Дж/°С х кг; кал/см · с · °С; Вт/м · °С. Бу бирликлар орасида иссиқликнинг метрик бирлиги ўлчовидан Ер қаъридан кўтарилаётган иссиқлик оқимини ўлчашда фойдаланилади - мВт/м².

Метрик бирликни бошқа бирликлар билан ўзаро мутаносиблиги куйидаги кўринишда бўлади.

Иссиқлик оқими бирлиги (“Единица теплового потока” - ЕТП) = 1 мккал/см² с = 41,8 мВт/м² (1,4 ЕТП = 60 мВт/м²) · 1 кал/°С · г = 4180 Дж/оС · кг (0,24 кал/°С · г = 1000 Дж/°С кг) · 1 кал/см · с · °С = 418 Вт/м · °С (0,007 кал/см · с · °С = 3 Вт/м · °С).

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

Конвектив оқим - иссиқлик нуқталари орқали оқим кўтарилганда, бу иссиқлик бирор модда орқали олиб келинади. Иссиқликни бундай йўл билан Ер қаъридан кўтарилиши конвекцион иссиқлик оқими деб юритилади. Конвекция – лотинча “convectio” сўзи бўлиб “олиб келиш”, “олиб келиниши” маъносига эга. Конвекция сўзи фанда иссиқлик ёки электр зарядлари ҳаракатига нисбатан қўлланилиб, улар бир макондан иккинчи маконга ўтишида маълум муҳит асосий омил бўлиб хизмат қилади. Масалан,

иссиқликни ҳаво ва газ ёки суюқлик орқали олиб келиниши. Оддий шаклда тушинтирилганда конвекция ҳодисасига хонадонларимизда қиш мавсумида фаолият кўрсатадиган, марказий иситиш системасига уланган батареяларни мисол сифатида келтирса бўлади. Бунда иссиқлик олиб келувчи асосий омил сув, яъни қайноқ сув таркибидаги иссиқлик ажралиб чиқиб хонадонимиздаги ҳавога ўтади, совиган сув ўз йўлида айланаверади. Ер қаъридан кўтариладиган иссиқликнинг конвектив ҳодисаси ўрта океан тизмаларининг, “қора кашандалари”, континент ва океанлардаги “иссиқлик нуқталари”, нефтгазли ўлкаларнинг “чуқурлик иссиқ масса ҳаракатланадиган каналлари” орқали амалга ошади. Конвекцион оқимдан фарқли, иссиқлик кондуктив йўл билан ҳам тарқайди.

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

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

Демак, ювиниль литосфера йўқотадиган 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 оқимининг ҳаққонийлиги сейсмотомография методи билан мантияда қизиган ва совуган областларни алмашинувини хариталаш асосида тасдиқланди.

Демак, конвекция тоза тафаккур маҳсули бўлмай, у фактик далиллар асосига қурилган илмий хулоса. Конвекцияни инкор этиб бўлмайдиган далиллардан бири океаннинг спрединг минтақаларида гидротермал фаолиятни (иссиқлик манбаларини) кашф этилиши бўлди. Бундай иссиқлик манбалари фақат ўрта океан тизмаларида эмас, шу билан бирга чекка

денгизларда ҳам қайд этилиши, Ернинг чуқур тубликларидан келаётган иссиқлик оқимининг баҳоланишини кескин оширишни талаб этди.

Агар, табиатда иссиқлик оқимининг конвекция жараёни мавжуд бўлмаганида ва Ер бағридан кўтарилаётган иссиқлик миқдори заминдан фақат *кондуктив* (“*тўғридан-тўғри, узлуксиз*”) йўл билан чиқиб кетганда, Ер жуда тез қизиб кетиб, унинг юқори қатлари – оёғимиз остидаги, инсоният фаолият кўрсатаётган ер қобиғи эриб кетар эди. Умуман, Ер ички тузилишига – 3-бобда ёритилган Ернинг 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 яратилган (28-бобни қ.).

Гидротермларни кашф қилиниши ва “қора кашандалар”нинг ҳаёти

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

Ўрта океан тизмасидан 1100-1200 °С иссиқликда 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 оралиғида учраши маълум бўлди.

Океаннинг 2-3 км чуқурлигидаги зулмат бағрида бундай аномал зоналарни океан сатҳидан махсус жиҳозланган судналар бортидан хариталаш методлари мавжуд (бу ҳақда кейинга қ.). Бу методларни қўллаб аномаль зоналарнинг жойларини тўла равишда ишончли тарзда харитага туширилиб, “гидротермаллар образи” аниқлангандан сўнг, уларнинг батафсил тавсилотлари ўрганилиб, сув остида инсоният фаолият кўрсатадиган аппаратларни океан тубига тушириладиган жойлар белгиланади. Шундан

сўнг, белгиланган жойга – океаннинг зулмат бағрига фаолият юритадиган аппарат ичида океан тадқиқоти мутахассисларининг ташрифи амалга оширилади.

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

Ҳақиқатдан 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 танасини 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 этадилар.

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

Бу ердан намуналар олиш, ва тадқиқот натижаларидан маълум бўлдики, минора оғзидан катта ҳароратда (+350 °С гача) ва миқдорда ер мантиясидан (ички қисмидан) сульфид рудалари (темир, марганец, мисс ва б.) чиқиб, океан сувлари билан қоришиб кетади. Натижада кимёвий реакция вужудга келиб, минералларнинг катта миқдордаги металлга бой майда заррачалари ҳосил бўлади. Атрофдаги сув ҳарорати эса +2-+4 °С дан ошмайди (А.П. Лисицын, Ю.А. Богданов, Е.Г. Гуревич, 1990). Демак, бундай гидротермаль қурилмалар ўзига хос руда “фабрикаси” бўлиб хизмат қилади.

Бу ерда катта босим, шунингдек сув устуни босими ҳам мавжуд.

Минора оғзидан шиддат билан юқорига уриб чиқаётган қайноқ 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 гидротермаль минораларнинг бундай хусусияти уларни “қора кашандалар” деб ном олишига сабабчи бўлган. Агар, миноралар оғзидан сульфат эритмалар тарзида базальт қаватдан металллар кўтарилса, “тутун” оқ рангда бўлади ва бундай ҳолат “оқ кашандалар” номини олган. Минораларнинг баландлиги 100-150 м га етади.

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

Бундан таажубланарлиги – бу минораларнинг танаси “тирик чойшаб” билан ўралган. Бу гидротермаль фауналар, тирик организмлардир. Гидротермларда ғужғон урган тирик организмлар – экстротиллардан ташқари, бундай экстремал шароитда, яъни қуёш нури мутлақо мавжуд бўлмаган зулматда, кислородсиз ва ниҳоятда юқори босим ва ҳароратда (1000-1200 °С гача) ҳамда олтингурут-водородли ва захарли металллар мавжуд бўлган муҳитда яшовчи тирик мавжудотларнинг бошқа турлари – қисқичбақалар ва узунлиги 2 м га етадиган чувалчангсимон “вестиментиферлар” ҳам ҳаёт кечиришлиги кузатилган. Океан тубидаги экстремал шароитдаги ҳаётнинг кечиши учун фотосинтез ўрнига хемосинтез табиат саҳнасига чиқган.

Хемосинтез шароитидаги тирик организмлар учун Қуёш нури сингари “қора кашандалар” оғзидан уфирилаётган иссиқлик оқими озиқа вазифасини

ўтайди. Демак, “қора кашандалар” шароитидаги ҳаёт учун Қуёш нури ва кислородли муҳит зарур эмас экан.

Океан тубидаги гидротермларни прогноз қилиш методикаси

Ўрта океан тоғ тизмасининг кашф қилиниши Ер ҳақидаги илмларни қайта кўриб чиқишга сабаб бўлди. Дунё океани туби бўйлаб ястанган бу тизмаларни мукамал тадқиқоти натижаларида табиат ҳодисаларининг қатор кашфиётлари рўёбга келди. Жумладан, бу ерларда ер қаъридан чиқаётган жуда катта ҳароратли иссиқлик оқими - гидротермлар аниқланди. Бундай гидротермлар ўзига хос океан тубидаги иссиқмасса каналлари вазифасини ўтаб, Ер қаъридаги иссиқлик оқимини конвектив йўл билан юқорига чиқаришни таъминлаб беради. Бундай каналлардан 1100-1200 °С га эга қайноқ магма ер тубидан кўтарилиб, океан суви остига узлуксиз қуйилиб туришлиги маълум бўлди. Бундай натижалар ўтган асрнинг 70- ва 80-йиллари Россия Фанлар Академиясининг П.П. Ширшов номли океанология институти олимлари ва мутахассислари Калифорния бўғозида, шарқий Тинч океани тизмасида олиб борган кузатувларининг маҳсули бўлди. Океанда олиб борилган бундай кузатувлар фақатгина сув сатҳидан эмас, балки махсус мосламалар – сув остида фаолият кўрсатадиган аппаратлар “Пайсис” ва “Мир” ёрдамида океан тубида ҳам бажарилди.

Юқорида қайд этилган иссиқмасса каналлари - гидротермлар ўрта океан тизмасининг барча жойида учрайвермайди. Улар 100-150 км масофада битта ёки иккита учрайди. Уларни аниқ жойини океанни тадқиқ қилиш учун амалга ошириладиган ҳар бир рейсни самарали бажариш мақсадида океанларни тадқиқот қилувчи “Дмитрий Менделеев” ва “Академик Мстислав Келдиш” номли судналар махсус геологик ва геофизик тадқиқотларни океан шароитида ўтказишга мўлжалланган мослама ва қурилмалар билан жиҳозланган. Океан тубига тушишдан олдин сув сатҳида геолого-геофизик ва геохимик методлар билан океан туби ўрганилади. Чунки ҳар бир океан тубига тушиш жуда мураккаб жараён ва катта сарф-ҳаражат эвазига амалга оширилади. Ҳамда бу жараён океан тубига аппаратларда тушаётган экипаж

аъзолари ҳаёти учун ҳавфсиз деб саналмайди. Шунинг учун гидротермларни ўрганишлик, энг авваламбор улар мавжуд бўлган жойни аниқ белгилаш билан боғлиқ. Демак, океан туби тадқиқотида гидротермларни ўрганиш бўйича махсус стратегия ва кузатув методикасига таяниш лозим. Бундай методика гидротермларнинг диагностик тавсифларига асосланган. Ўрта океан тоғ тизмасининг гидротермаль қурилмалари мавжуд бўлган жойлар қуйидаги диагностик белгиларга эга бўлади.

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

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

Юқорида қайд этилган икки хусусият судна бортидан туриб бажариладиган геолого-геофизик методлар ёрдамида ўрганилади ва гидротерм қурилмалари эҳтимоли бўлган минтақалар хариталанади.

Кейинги босқичда, бундай хариталанган минтақалар доирасида сув қатлами ва океан туби чўкиндиларининг намуналари геохимик методлар ёрдамида ўрганилади. Геохимик тадқиқотлар судна 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 судна бортида газ анализаторлари ёрдамида аниқланади. Сув ва чўкинди намуналари бу ерда таҳлилдан ўтказилиб, натижалари тезкорликда олинади. Агар намунада маълум миқдорда гелий (гелий-3) изотопи қайд этилса, бу беҳато равишда океан суви таркибидаги газлар ернинг чуқур қатламларидан чиқаётган моддалар мавжудлигидан гувоҳлик беради. Демак, кузатилаётган жойнинг яқин атрофида фаолиятдаги гидротерма мавжуд, чунки гелий-3 - бу фақат ернинг чуқур мантия қисмидан кўтариладиган кимёвий элементлиги фанда исбот қилинган.

Тўртинчидан, океан тубидан кўтарилган эритмалар ва бошқа намуналардаги аномалиялар қайд этилса, демак океанологлар иссиқмасса каналларига яна ҳам яқинлашганликларидан гувоҳлик беради. Бундай аномалиялар 20 дан ортиқ элементларнинг экспресс-анализи ўтказилиб, тезкор тарзда аниқланади.

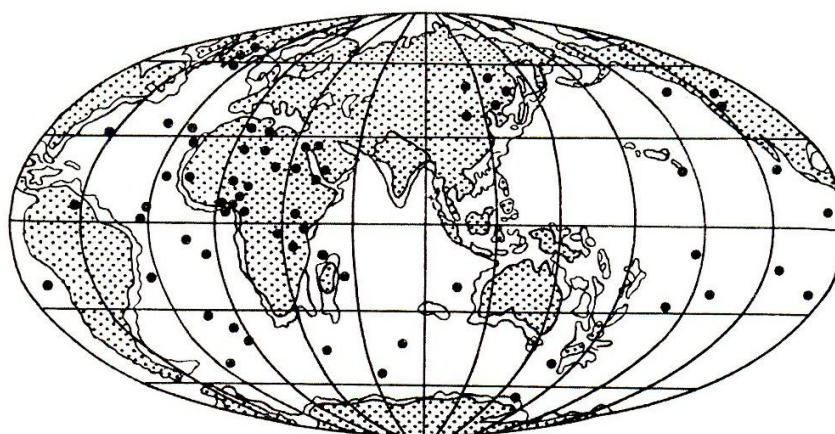
Юқоридаги белгилар тахлили асосида фаолиятдаги катта қувватга эга геотермларнинг аниқ жойи белгиланиб, харитага туширилади. Шундан сўнг океанологлар ўз ихтиёрларидаги сув остида фаолият кўрсатадиган аппаратларда гидротерм аниқ мавжуд бўлган - океан тубида беҳато белгиланган жойга тушишни амалга оширадилар. Улар XX асрнинг 70-йиллари Калифорния бўғозидаги ва 80-йиллари Шарқий Тинч океани кўтарилмасидаги жуда фаол бўлган иссиқмасса кўтарилувчи каналларни океан тубига тушиб ўз кўзлари билан кўришга мушарраф бўлганлар. Бундай гидротермлар фанда юқорида таъриф берилганидек “қора кашандалар” деб номланган.

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 боради. Бу даврда Дж. Вилсон ва Дж. Морган “иссиқлик нуқталари” ва мантия оқимлари (“струя”) – плюмлари фаразини илгари сурдилар (26.1-расм).

Бу фаразнинг илгари сурилишига сабаб, Янги глобал тектоника концепцияси асосини ташкил этган “литосфера плиталар”ининг ички қисмида кузатиладиган вулқонлар ва магматик жараёнлар бўлиб, бундай хусусият концепция постулатига тўғри келмаслики бўлди. Чунки, Янги глобал тектоника концепцияси постулотига кўра сейсмик фаол минтақалар, шу жумладан вулқон ва магматизм жараёнлари плиталарнинг чекка қисми бўйлаб тарқалганлиги фактик материаллар асосида исбот қилиб берилган эди. Шу боис, плиталарнинг ички қисмида кузатилган вулқонлар ва магматик жараёнлар ўзаги қаерда? – деган савол вужудга келган эди.

Юқорида қайд этилган плюм-тектоника фарази шу саволга жавоб топиш учун қаратилган кадам бўлган. Бу фаразнинг вужудга келишига Тинч океанидаги Гавая ва Император тоғ тизмаларини тадқиқот натижаси сабаб бўлди.

Гавая тоғ тизмаси жануби-шарқда Гавая оролларида фаолиятдаги вулқонлар билан яқунланувчи сўнган вулқонлар мавжуд занжирсимон тизилган ороллардан иборат. Фаолиятдаги бу вулқонлар – Килауэа, Мауна-Лоа ва Мауна-Кеа. Гаваядаги ҳозирда фаолиятдаги вулқонлардан бошлаб, сўнган вулқонлар ёши бирма бир тизманинг шимолий чеккасидаги вулқонгача қонуний тарзда эоценгача (42 млн йил) улғайиб боради. Бу ерда, яъни энг “улуғ” вулқон мавжуд бўлган орол Император тизмасидаги сув ости занжирсимон вулқон тепаликлари билан уланиб кетади.



6.1-расм. Асосий иссиқлик нуқталарининг замонавий жойлашиши
(Дж. Вилсон, 1973)

Император тизмасининг йўналиши Гавая тизмаси сингари ғарби-шимоли-ғарбдан шарқи-жануби-шарқий бўлмай, шимоли-ғарбий жануби-шарқий; вулқон қурилмаларининг ёши эоцендан бўрдаврининг кечки бўлимигача (78 млн йил) ортиб боради.

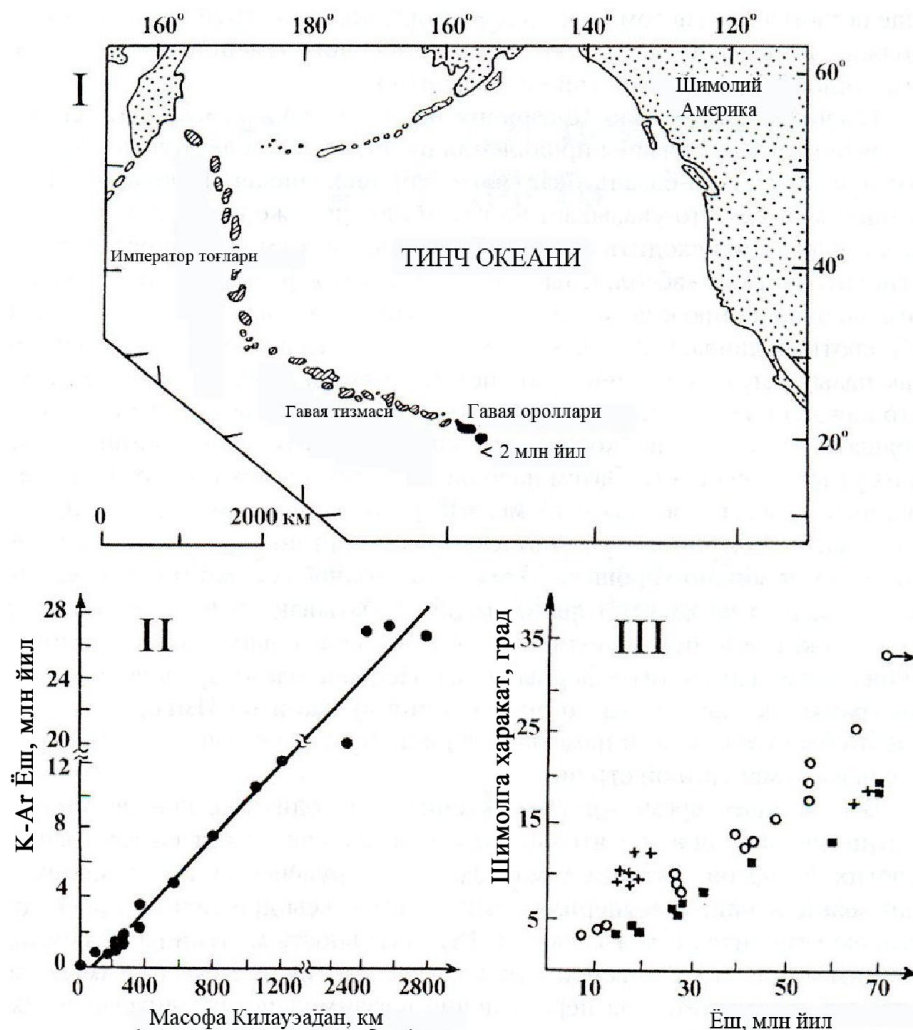
Шундай қилиб кўз ўнгимизда вулқон марказларининг вақт ва макон бўйлаб қонуний тарздаги миграциясини яққол тасвирда кузатиш мумкин (26.2-расм). Бу ҳолатни Дж. Вилсон ва Дж. Морган Гавая ороли остида

ҳозирги вақтда фаолият кўрсатаётган астеносфера ва литосферани тешиб ўтаётган ўзаги стационар вазиятда бўлиб, юқорига вертикал кўтарилаётган иссиқ мантия оқимининг (“струя”) мавжудлиги билан тушинтирадилар. Тинч океани литосфера плитаси бу иссиқлик нуқтаси устидан аввал шимоли-ғарб (Император тизмаси), сўнг 42 млн йил муқаддамдан бошлаб ғарби-шимоли-ғарбий йўналишда ҳаракатланган. Бу йўналишдаги ҳаракат мобайнида иссиқлик оқими унинг дуч келган литосфера плитаси қисмини тешиб юқорига кўтарилаверган ва натижада янги вулқонлар ҳосил бўлаверган.

Ҳозирда сейсмик томография мантиядаги конвектив оқим ҳамда Гаваия, Исландия каби йирик замонавий плюмлар ҳақида маълумотлар бермоқда.

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

А.А.Абидовнинг (2014) фикрича, плюм 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 миқдорий моделлаштириши ишлари бажарилмоқда*). Демак, бу икки оқим фақат уларнинг йўналиши бўйича бир-биридан фарқланмай, улар физик хусусиятлари бўйича ҳам фарқланади. Иссиқмасса оқими иссиқлик оқимини ёриб ўтишлигига (уларнинг тезлик нисбатлари таъминланганда!) табиий ҳодиса сифатида қаралиши асосланган воқеликдир.



6.2-расм. Фаол вулқонли Гавая оролларида узоклашган сари Гавая-Император тизмаларидаги вулқон қурилмалари ёшининг ортиб бориши ва унинг иссиқлик нуқталари фарази бўйича интерполяцияси:

I – Умумий схема, Д. Клэк ва б.(1975) бўйича; II – Гавая тизмасидаги вулқонлар ёшининг Килауэагача масофадан боғлиқлиги, чизиқнинг эгилиши вулқонланиш эҳтимолий миграцияси тезлигига $9,41 \pm 0,27$ см/йил тўғри келади, И. Мак-Дугал, Р. Дункан (1980) бўйича; III – Тинч океан плитасини шимолга силжишининг турли методлар бўйича олинган катталигини таққослаш: Гавая-Император тизмасидаги вулқонитларнинг ёши бўйича, яъни Гавая иссиқлик нуқтасига нисбатан (айланачалар); палеомагнит маълумотлари бўйича (қўшув белгилар); экваториаль минтақанинг чўкинди фациялари бўйича (қора тўғри тўртбурчаклар). Р. Гордон, Ч. Кэйп (1981)

Океан ва континентларда 40 га яқин иссиқлик нуқталари аниқланган. Уларнинг деярли барчаси билан вулқон фаолиятининг намоёнлиги боғлиқ (26.1-расми қ.). 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 асосланадиган бўлсак, литосфера плиталарининг “қозиқланган” иссиқлик нуқталарига нисбатан нисбий эмас, аксинча мутлақ тезлигини аниқлаш мумкин.

Литосфера плиталарининг абсолют (мутлақ) тезлиги ҳақидаги параметрларни бошқа йўл билан ҳам ҳисоблаш мумкин. Бунда моментсиз ҳисоблаш системаси деб аталувчи метод қўлланилади. Бу метод куйидагига асосланган. Ҳозирда мавжуд бўлган ҳар қайси литосфера плитаси мезосферага айланиш моментини беради. Айланиш моментини плиталарнинг чегаралари ва уларнинг бурчак тезлигини билган ҳолда ҳисоблаб чиқариш мумкин. Сўнг шундай системани топиш лозимки, бу системада барча плиталар мезосферага берган моментлар барча плиталар моментлари йиғиндиси нолга тенг бўлиши керак. Олинган натижаларни иссиқлик нуқталари билан солиштириш яхши, аммо бундай солиштириш тўлиқ бўлмаган равишдаги монандликни кўрсатди. Бундай тўлиқ бўлмаган монандлик иссиқлик нуқталари бир-бирига нисбатан унча катта бўлмаган масофага жойларини ўзгартириши, яъни баъзи силжишларга дучор бўлишлигидан гувоҳлик беради деган хулосалар ҳам мавжуд. Эҳтимол, бу ўзгариш иссиқлик нуқталари “ўзагининг” силжиши натижаси эмас (улар стационар!). Иссиқлик нуқталарининг 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 нуқталарининг бу силжиши литосфера плиталарининг ҳаракатига нисбатан жуда ҳам сезиларсиз даражада намоён бўлади.

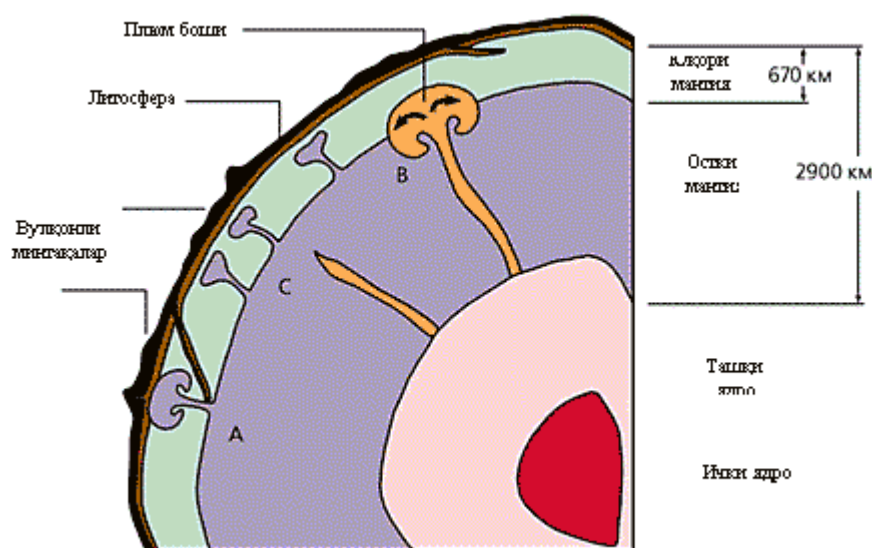
Яқинда Император тизмасидаги вулконитларни палеомагнитик ўрганиш махсус дастури туфайли Император тизмасини шакллантирган мантия оқимини меридионал силжиганлиги исбот этилди ва ўлчаб чиқилди.

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

Остки мантия сиртидан ва ҳатто унинг тубидан кўтариладиган мантия плюмларининг фаолияти литосфера плиталарининг ҳаракатига ва ўзаро муносабатига таъсир этиб қолмай, баъзи ҳолларда бу жараёнларни назорат этиши ҳам мумкин деган фикрлар мавжуд (6.3-расм).

Конвектив иссиқлик оқими чуқурлик иссиқмассаси ҳаракатланувчи каналлар (“канал глубинного теплопереноса – канал ГТМП”) орқали амалга ошиши, юқорида эътироф этиб ўтилган “қора кашандалар”, “иссиқлик нуқталари” сингари, аммо уларга нисбатан намоён бўлиш энергияси кам миқдорда бўлсада, табиатда мавжудлиги исбот қилиб берилди. Чуқурлик иссиқмассаси ҳаракатланувчи каналлар орқали иссиқликни Ер қобиғининг остки қисмидан ва юқори мантиядан ажралиб чиқаётган ювиниль газлар (CO_2 , N_2 , H , CH_4 , Ar ва б.) олиб чиқишлигини XX а. охири – XXI а. бошларида А.А.Абидов ўз ҳамкасблари ва шогирдлари билан олиб борган кенг қамровли илмий-тадқиқот (Ф.Г. Долгополов, А.Е. Абетов ва б.), дала шароитидаги термогеохимик съемкалар (А.А. Поликарпов, У.Н. Рахматов, У. Камолоджаев), геодинамик миқдорий моделлаштириш (И.У. Атабеков, А.И. Ходжиметов) ва лаборатория-эксперименталлари (З. Тилиябаев) асосида исбот

қилиб берди ва фанга биринчи бор “чуқурликлик иссиқмассаси ҳаракатланувчи каналлар” тушунчасини киритди.



6.3-расм. Мантия плюмининг кўриниш схемаси (В.Е Хаин бўйича)

Бундай каналларнинг табиатда мавжудлиги бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижаси илк мартаба 1997й. “Ўзбекистон нефть ва газ журнали”нинг 5- сонндаги А.А.Абидов ва б. “Нефть ва газ конларининг пайдо бўлиши ва жойлашишида чуқурлик иссиқмасса жараёнларининг роли” номли мақолада эълон қилинди.

Кейинги йилларда кенг қамровда олиб борилган дала термогеохимик съёмкалар ва илмий-тадқиқот ишлари натижасида Марказий Қизилқум, Ғарбий Ўзбекистондаги Ўртабулоқ, Тегирмон, Сурхондарё ўлкасидаги Гаджак-Боянгора, Фарғона водийсидаги Адрасман-Чуст, Қоражийда, Устюрт ўлкасидаги Сам, Тошқудуқ, Урганч каби чуқурлик иссиқмассаси ҳаракатланувчи каналларни хариталаш имконини берди.

Чуқурлик иссиқмассаси ҳаракатланувчи каналлар нафақат термогеохимик съемкалардаги аномалияларда, балки чуқур сейсмик зондлаш

ва сейсморазведканинг умумий чуқурлик нукталари методлари ёрдамида олинган геофизик кесмаларни интерпретацияси натижалари билан ҳам исботланди. Геофизиканинг бундай материалларининг таҳлилидан маълум бўлдики, чуқурлик иссиқмассаси ҳаракатланувчи каналлар сифатида турли йўналишларда мавжуд бўлган узилмаларнинг кесишган зоналари хизмат қилар экан. Бундай зоналарда ер қобиғининг нисбатан бўшашган жинслари мавжуд бўлиб, улар ўзидан маълум термобарик шароитларда юқори томон иссиқмассани ўтказиш хусусиятига эга бўлади. Қайд этилаётган каналларнинг фаолияти дискрет режимли бўлиб, мантиянинг шу зонадаги термодинамик вазияти билан боғлиқ бўлади. Маълум порциядаги иссиқмасса каналдан кўтарилиш жараёнидан сўнг пастда бу иссиқмассадан бўшаган интервал қайта ўз ҳолатига келади. Остки интервалнинг инверсион режими юқоридаги иссиқмассани яна ҳам юқорига интилишига қўшимча туртки вазифасини бажаради. Каналларнинг оғзи “воронка”симон бўлиб, майдони 750 км^2 (Ўртабулоқ канали), 800 км^2 (Тегирмон), 1000 км^2 (Гаджак-Боянгора) лиги аниқланди. Иссиқлик оқимининг фаоллиги каналлар устида 110 мВт/м^2 (Ўртабулоқ), 120 мВт/м^2 (Тегирмон), 85 мВт/м^2 (Гаджак-Боянгора) ни ташкил этади, иссиқлик оқимининг региональ фони эса $60\text{-}80 \text{ мВт/м}^2$ га тенг (6.4-расм). Каналлар вертикал субвертикал кўринишларда қайд этилган.

Хариталанган каналларнинг уч ўлчамли моделларини ишлаб чиқишлик, бундай каналларнинг таъсир радиусида чўкинди қопламида аниқланган нефть ва газ конлари жойлашганлигини кўрсатди. Каналлар устида қазилган қудуқлар кесмасининг ост қисмидаги (юқори палеозой ва остки-ўрта юра терриген) жинслардан олинган керн намуналаридан шлифлар тайёрланиб, унинг минералогик таркиби микроскобда таҳлил қилинганда (Н. Осипова), шлифларда юқори иссиқлик таъсиридан иккиламчи ўзгаришга дучор бўлган минераллар, яъни юқори ҳароратга хос бўлган ацессор минераллар қайд этилди. Қудуқлардан олинган қатлам сувлари таркиби лабораторияда (В.А. Кудряков) таҳлил этилганда, уларнинг таркибида чуқурликдан кўтарилиб, қатлам сувлари таркибига ўтган ноёб ер

элементлари (торий, стронций) мавжудлиги аниқланди. Каналлар устида жойлашган конлардаги углеводородлар таркиби газ хроматографияда (С. Рамазанов, А. Туланов) таҳлил қилинганда табиий газ таркибида ювенил газлар мавжудлиги ҳам қайд қилинди.

Юқорида қисқача баён этилган лаборатория тадқиқотларининг ва дала съемкаларининг комплекс натижалари чуқурлик иссиқмассаси ҳаракатланувчи каналлар табиатда мавжудлиги ва улар орқали иссиқлик оқимининг конвекцион тури амалга оширилишига шубҳа қолдиргани йўқ.

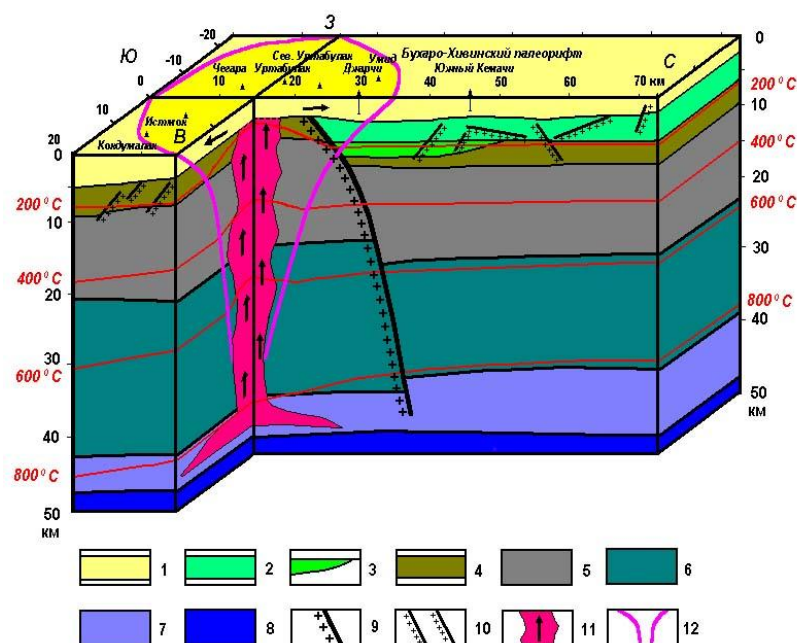


Рис. 6.4. Ўртабулоқ кони атрофи бўйлаб фаолиятдаги чуқурлик иссиқмасса ҳаракатланувчи каналнинг уч ўлчамли модели (тузувчилар А.А. Абидов, Ф.Г. Долгополов, А.А. Поликарпов, 2002)

1 – мезозой-кайнозой қоплами; 2 – юқори рифт комплекси; 3 – остки рифт комплекси; 4 – торифт асоси; 5 – кристалланган фундамент, 6 – остки қобик; 7 –мантия диапирининг қолдиғи (реликт), 8 – юқори мантия, 9 – қобикни ёриб ўтган узилмалар; 10 – юқори қобикдаги узилмалар; 11 – чуқурлик иссиқмассаси ҳаракатланувчи канал; 12 – аномаль термогеохимик зонанинг чегараси

Бундай каналларнинг табиатда мавжудлиги ва улар айнан катта нефть

ва газ конлари остида жойлашганлиги ўз навбатида каналлар орқали конвектив оқимда кўтарилаётган иссиқмассанинг нефть ва газ ҳосил бўлиши жараёнларида иштирок этишлиги муаммосини келтириб чиқарди. Бу муаммо кимёвий экспериментлар натижасида ҳал этилиб, *нефть ва газ генерацияциясининг микстгенетик концепцияси* А.А.Абидов томонидан (ҳамкасблари ва шогирдлари иштирокида) ишлаб чиқилди.

Микстгенетик концепция эса янги нефть ва газ конлари мавжуд бўлган жойларни прогноз қилиш ва уларни излашнинг аввал маълум бўлмаган янги методини ишлаб чиқиш имконини берди. Бу метод “Углеводород конларини излаш ва разведкаси учун истиқболли майдонларни аниқлаш усули” номли ихтиро бўлди (муллифлар А.А. Абидов, Т.Л. Бабаджанов, А.Б. Бигараев, И.И. Дивеев, А.А. Поликарпов, И.Х. Халисматов, У.Н. Рахматов) ва 05.02.2009 й. Ўзбекистон Республикасининг давлат ихтиролар реестрида №IAP 03894 сонли патент билан қайд этилди. Микстгенетик концепциянинг яратилишини Ер илмидаги илмий-техник инқилобнинг нефть ва газ геологиясига кириб келишлиги ва Ер иссиқлик оқимида бўлган муносабатнинг геодинамик нуқтаи назардан тубдан ўзгаришининг натижаси деб қарашлик замон талабига мос бўлган илм билан келишиш сифатида баҳоланса бўлади.

Назорат саволлари.

1. Ернинг қандай иссиқлик манбалари мавжуд?
2. Иссиқлик оқими нима ва унинг ўлчов бирликлари қандай?
3. Кондуктив ва конвектив иссиқлик ўтказувчанлик ҳақида тушунча беринг?

Адабиётлар:

4. 1. Абидов А.А., Атабаев Д.Х., Хусанбаев Д.Д. Ер физикаси. Тошкент, «Фан ватехнологиялар», 2014.
5. 2. СтейсиФ. Физика Земли. М., Мир, 1972.
6. 3. Жарков В.Н. Внутреннее строение Земли и планет. М., Наука, 1983.

IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ

1-амалий машғулот

Мавзу: Ернинг ички тузилиши ва чуқурликдаги геодинамикаси

Режа:

1. Ернинг ички тузилиши ва чуқурликдаги геодинамикаси муаммолари.
2. Олам, Қуёш системаси ва Ернинг ҳосил бўлиши гипотезалари.
3. Сейсмологик маълумотлар бўйича Ернинг ички тузилиши ва тоғ жинсларнинг ҳолатини аниқлаш

Амалий машғулот мақсади: Ернинг ички тузилиши ва чуқурликдаги геодинамикаси муаммолари. Олам, Қуёш системаси ва Ернинг ҳосил бўлиши гипотезалари. Сейсмологик маълумотлар бўйича Ернинг ички тузилиши ва тоғ жинсларнинг ҳолатини аниқлаш бўйича касбий компетенцияларини ривожлантириш.

1. АМАЛИЙ ТОПШИРИҚ:

1. Ернинг ички тузилиши ва чуқурликдаги геодинамикаси муаммолари.

2. Олам, Қуёш системаси ва Ернинг ҳосил бўлиши гипотезалари

2. Сейсмологик маълумотлар бўйича Ернинг ички тузилиши ва тоғ жинсларнинг ҳолати

Топшириқ №2. “Адрон – “Ер-ой” системасининг структуравий боғлиқлиги схемасини тузиш ва Адрон, Олам, Галактика, Қора тешиқлар, Юлдузлар, Қуёш системаси, Қуёш, Планеталарнинг физик-химик ва бошқа параметрларини тузиш”.

Берилганлар:

Ер: $R_{ер} = 6371$ км, $M_{ер} = 5.976 \cdot 10^{21}$ т; $\rho = 5.517$ г/см³, $\omega = 7.29211 \cdot 10^{-5}$ с⁻¹;
 $\omega_p = 50.25''$ /йил; $H = 1/305.51$

Галактикалар: Жами 10^{14} ; формаси: эллиптик, спиралсимон, нотўғри шаклда.

Қуёш: энергия тарқатиши $3,9 \cdot 10^{20}$ Мвт, Нормал карлик, сариқ рангли:
 $R_{қ} = 696265$ км; $R_{ядро} = 0,3 R_{қ}$; $M_{қ} = 2 \cdot 10^{27}$ т; $\rho = 1,41$ г/см³ (ядро 150 т/см³);
 $t^0 = 14$ млн. °С, $V_{қ} = 250$ км/с. Таркиби: водород 70%, гелий 27%, оғир элементлари 3%; Галактика маркази атрофида айланиш даври 212 млн. йил.

Сомон йўли галактикаси: тахминан 200 млрд. юлдузлар, уларнинг умумий массаси

$m = 3 \cdot 10^{38}$ т; $V = 600$ км/с; $D = 100$ минг ёруғлик йили. Қалинлиги 1 минг ёруғлик йили.

Юлдузлар: галактикадаги барча юлдузлар массаси $m = 97\%$; $0,1 M_{қ} < M_{юлд} < 10 M_{қ}$; $M_{қ} = 2 \cdot 10^{27}$ т.

Адрон: $T = 10^{-44}$ с, $D = 10^{-33}$ см, $\rho = 1093$ г/см³, $t^0 = 10^{33}$ °К.

Қуёш системаси: булутликнинг массаси 2-3 $M_{қ}$ га тенг бўлган; $T = -220$ °С;
Таркиби: водород, гелий, азот, кислород, сув парлари, метил ва углерод;
чанлар: кремний оксиди, магний ва темир оксидлари.

Планеталар: $m = 10^{17} - 10^{26} \text{т}$; Меркурий, Венера, Ер, Марс, астероидлар минтақаси, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон, 10- планета, астероидлар булути Оорта.

Эралар: адрон эраси – Портлаш; $T = 10^{-44} - 10^{-4} \text{с}$; $D = 10^{-33} - 10^9 \text{км}$, $\rho = 10^{93} - 10^{15}$, $t^0 = 10^{33} - 10^{12}$; Таркиби: барионлар, мезонлар.

Лептон эраси - $T = 10^{-4} - 10 \text{с}$; $D = 10^9 - 3 \cdot 10^{12} \text{км}$, $\rho = 10^{15} - 1.5 \cdot 10^5$, $t^0 = 10^{12} - 10^{10} \text{ } ^0\text{К}$; Таркиби: мюонлар, электронлар, позитронлар, нейтрино, антинейтрино, фотонлар.

Нурланиш эраси - $T = 10 \text{с} - 10^6 \text{йил}$, $D = 3 \cdot 10^{12} - 6 \cdot 10^{20} \text{км}$, $\rho = 1.5 \cdot 10^5 - 10^{-20}$, $t^0 = 10^{10} - 3 \cdot 10^3 \text{ } ^0\text{К}$; Таркиби: электронлар, протонлар, гелий ядролари, фотонлар.

Моддалар эраси - $T = 10^6 - 2 \cdot 10^{10} \text{йил}$, $D = 6 \cdot 10^{20} - 2 \cdot 10^{23} \text{км}$, $\rho = 10^{-20} - 3 \cdot 10^{-29} \text{г/см}^3$,

$t^0 = 3 \cdot 10^3 \text{ } ^0\text{К}$; Таркиби: атомлар, квазарлар, қора тешиқлар, галактикалар, юлдузлар, планеталар.

Изоҳлар: D – кўндаланг ўлчамлар, бирлиги: 1 а.б. = 149600000 км, 1 пк (парсек) = 206265 а.е. = 3.26 ёруғлик йили, 1 ёруғлик йили $9,46 \cdot 10^{12} \text{км}$;

ρ - объектнинг зичлиги;

$^0\text{К}$ – ҳарорат Кельвин градусида;

m – объектнинг массаси;

M ($M_{\text{қ}}$, $M_{\text{ер}}$) – Қуёш, Ер массаси;

R ($R_{\text{қ}}$, $R_{\text{ер}}$) – Қуёш ва Ер радиуслари;

ω – Ернинг бурчак тезлиги;

$\omega_{\text{р}}$ – Ернинг прецессияси;

V – айланиш тезлиги

Ишнинг таркиби:

1. Космик системаларнинг вақт давомида катта портлашдан бошлаб то Ер пайдо бўлгунча структуравий боғлиқлиги схемасини тузиш.

2. Олам учун эралар графигини тузиш. Абсциссалар ўқи бўйича қуйидаги тенг

улушли вақт кўрсаткичлари: 1 с, 10 с, 1 йил, 10^3 йил, 10^6 йил, 10^9 йил, 10^{12} йил. Ординаталар ўқи бўйича эралар – улар ҳам тенг улушли 1 см, 1 км, 10^3 км, 10^6 км, 10^9 км, 10^{12} км, 10^{15} км, 10^{18} км, 10^{21} км, 10^{24} км.

Ҳар бир эра учун кўрсаткичлар чегараси (горизонтал ва вертикаль) кесишгунча чизилади. Ҳар бир эрани штрихлаш ёки бўяш керак. Оламнинг ҳозирги ҳолатини таҳлил қилиш. Унинг қайси фазада (сиқилиш ёки кенгайиш) эканлигини асослаб беринг.

Адабиётлар:

1. Абидов А.А., Атабаев Д.Х., Хусанбаев Д.Д. Ер физикаси. Тошкент, «Фан ватехнологиялар», 2014.

2. СтейсиФ. Физика Земли. М., Мир, 1972.
3. Жарков В.Н. Внутреннее строение Земли и планет. М., Наука, 1983.

2-амалий машғулот

Мавзу: Ернинг гравитацион ва магнит майдонлари.

Режа:

1. Зилзилалар физикаси
2. Ернинг гравитация майдони
3. Ер қатламларининг зичликлари, оғирлик кучи майдони ва босим
4. Ернинг гравитация майдони вариациялари.
5. Ернинг магнит майдони, уни ҳосил бўлиши гипотезалари

Амалий машғулот мақсади: Ернинг гравитацион ва магнит майдонлари бўйича касбий компетенцияларни ривожлантириш

АМАЛИЙ ТОПШИРИҚ:

1. Зилзилалар физикаси.

2. Ернинг гравитация майдони

3. Ер қатламларининг зичликлари, оғирлик кучи майдони ва босим. _____

3. Ернинг магнит майдони, уни ҳосил бўлиши гипотезалари

1. Ернинг нормал магнит майдонини ҳисоблаш

Ҳар хил геофизик ташкилотлар томонидан Ер магнит майдонининг кўплаб моделлари ишлаб чиқилган, масалан, Ернинг асосий магнит майдонини фақат алоҳида мамлакатлар ҳудудида тасвирлайдиган минтақавий геомагнит моделлар каъби. Энг кенг тарқалган ва умумий қабул қилинган модел бу - IGRF ёки International Geomagnetic Reference Field (IGRF) - Ернинг магнит майдонини эмпирик тасвирлаш учун мўлжалланган ва Халқаро Геомагнетизм ва Аерономия Ассотсиациясининг махсус ишчи гуруҳи томонидан фойдаланиш учун тавсия этилган. (International Association of Geomagnetism and Aeronomy – IAGA).

Топширик

1. Geomag7.0¹ дастуридан фойдаланиб, географик кенглик ва узунлик учун мос бўлган нормал магнит майдон параметрларини 1900 йилдан 2010 йилгача бўлган ораликда 10 йиллик интервал билан ҳисобланг.
2. T, Z ва D ташкил этувчиларининг вақтга боғлиқлиги графикларини тузинг.

Вариантлар	Координаталар
1.	55°30'N 37°30'E
2.	58°30'N 39°30'E

¹ Dasturni <http://www.ngdc.noaa.gov/IAGA/vmod/igrf.html> internet manzilidan yuklab olish mumkin.

3.	61°30'N 41°30'E
4.	63°30'N 42°30'E
5.	65°30'N 45°30'E

Адабиётлар:

1. Абидов А.А., Атабаев Д.Х., Хусанбаев Д.Д. Ер физикаси. Тошкент, «Фан ватехнологиялар», 2014.
2. СтейсиФ. Физика Земли. М., Мир, 1972.
3. Жарков В.Н. Внутреннее строение Земли и планет. М., Наука, 1983.

3-амалий машғулот

Мавзу: Геомагнит майдони вариациялари

1. Ернинг иссиқлик майдони манбалари.
2. Ерда иссиқлик ўтказиш усуллари.
3. Ернинг иссиқлик моделлари.
4. Ер қатламларининг реологияси ва ундаги чегараларнинг табиати. Асосий геодинамика концепциялари.

Амалий машғулот мақсади: Ернинг иссиқлик майдони манбалари. Ерда иссиқлик ўтказиш усуллари. Ернинг иссиқлик моделлари. Ер қатламларининг реологияси ва ундаги чегараларнинг табиати. Асосий геодинамика концепциялари.

Топшириқ. Денгиз сатҳидан ҳар хил чуқурликда жойлашган континентал ва океан ер қобиғининг ҳароратларини таҳлил қилиш.

Берилганлар:

А) Моделнинг бирламчи параметрлари:

- Иссиқлик ўтказувчанлик тури – панжарасимон;
- Ер юзаси ҳарорати – $T_0 = 10^0\text{C}$;
- Ҳаво ҳарорати - $T_x = 18^0\text{C}$;
- Ҳисобланиши лозим бўлган чуқурликлар, км: 20, 30, 40, 50.

Б) ер қобиғи учун:

- иссиқлик оқими $Q_{к.к.} = 0,58 \times 10^{-6} \text{ кал/см}^2 \text{сек}$;
- иссиқликнинг 1 см³ жинсда генерацияси $P_{к.к.} = 1.4 \times 10^{-13} \text{ кал/см}^3 \text{сек}$;
- иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти $\chi_{к.к.} =$ (вариант бўйича),

кал/(смсекК);

В) океан қобиғи учун:

- иссиқлик оқими $Q_{о.к.} = 0,75 \times 10^{-6} \text{ кал/см}^2 \text{сек}$;
- иссиқликнинг 1 см³ жинсда генерацияси $P_{о.к.} = 1.15 \times 10^{-13} \text{ кал/см}^3 \text{сек}$;

- иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари $\chi_{o.k.} =$ (вариант бўйича), кал/(смсекК);
 $\chi_{k.k.}$ (ер қобиғи): 0.0152(1), 0.0153(2), 0.0154(3), 0.0155(4), 0.0156(5), 0.0157(6), 0.0158(7), 0.0159(8), 0.016(9), 0.0161(10), 0.0162(11), 0.0163(12), 0.0164(13), 0.0165(14), 0.0166(15)
 $\chi_{o.k.}$ (океан қобиғи): 0.0252(1), 0.0253(2), 0.0254(3), 0.0255(4), 0.0256(5), 0.0257(6), 0.0258(7), 0.0259(8), 0.026(9), 0.0261(10), 0.0262(11), 0.0263(12), 0.0264(13), 0.0265(14), 0.0266(15)
 Қавсда вариантлар номерлари берилган.

Иш тартиби:

1. Ҳар хил берилган чуқурликлар h_i учун океан ва континентал ер қобиқлари T_i ҳароратларини В.А.Магницкийнинг назарий формуласи бўйича ҳисобланг:

$$\ln \frac{T_i}{T_x} = \frac{Q_j h_i}{\chi_n T_0} - \frac{P_j h_i}{2\chi_n T_0}; \text{ бу ерда } j = 2, i = 4, n = 15$$

2. Океан ва континентал қобиқлар ҳароратининг чуқурлик бўйича ўзгариши графигини $T_i (h_i)$ чизинг.

3. Ҳар хил берилган чуқурликлар h_i учун океан ва континентал ер қобиқлари учун T_i ҳароратларини В.А.Магницкийнинг эмпирик формулалари бўйича ҳисобланг:

$$T_{икк} = (18h_i - 0,09h_i^2 + 0,00027h_i^3) \frac{0,016}{\chi_{нкк}};$$

$$T_{юк} = (20h_i + 0,05h_i^2 - 0,0017h_i^3) \frac{0,026}{\chi_{юк}};$$

4. Эмпирик формулалар билан олинган графикларни, олдинги $T_i (h_i)$ графиги устига бошқа ранг билан туширинг.

5. Хулосалар беринг.

Адабиётлар:

1. Абидов А.А., Атабаев Д.Х., Хусанбаев Д.Д. Ер физикаси. Тошкент, «Фан ватехнологиялар», 2014.
2. СтейсиФ. Физика Земли. М., Мир, 1972.
3. Жарков В.Н. Внутреннее строение Земли и планет. М., Наука, 1983.

V. ГЛОССАРИЙ

Термин	Ўзбек тилидаги шарҳи	Инглиз тилидаги шарҳи
Электроразведка (электромагнит кидирув усули).	Бу геофизиканинг асосий усуларидан бири ҳисобланади. У Ер бағрида ўзгармас ва ўзгарувчан электр ток манбалар таъсирида ҳосил бўлган табиий ва сунъий электромагнит майдонларини ўрганишга асосланган.	This is one of the main ways to geophysics. It studying the heart of the Earth, which creates the effect of a constant and variable power sources, based on the study of natural and artificial electromagnetic fields.
Юнг модули (E).	(Бўйлама чўзилиш модули) - жисмнинг чўзилиши ёки бўйлама сиқилишига қаршилигини кўрсатувчи модуль.	(Longitudinal extending module) resistance or reactions to the longitudinal length of the object module.
Пуассон коэффициентини (σ).	Ўзак (стержень) чўзилиши ёки сиқилиши натижасида ҳосил бўладиган кўндаланг деформациянинг бўйлама деформацияга нисбати кўрсаткичи.	Root (refill) formed as a result of the compression or stretching of the transverse deformation of the longitudinal indicator of the rate of deformation.
Изоклинлар	магнит қиялиги изолиниялари	Magnetic slope isolines
Изодинамлар	магнит майдон кучланганлиги изолиниялари	Magnetic field strength
Геодезия	(грекча geodaisia – ерни бўлиш, гео – Ер ва daizo – бўламан сўзлардан тузилган) – Ернинг шаклини, ўлчамларини гравитация майдонини аниқлаш; инсон фаолияти учун ер юзасини хариталарда, планларда кўрсатиш кабиларни ўрганувчи фан.	The word geodesy comes from the Ancient Greek (https://en.m.wikipedia.org/wiki/Ancient_Greek) word geodaisia (literally, "division of Earth"). It is primarily concerned with positioning within the temporally (https://en.m.wikipedia.org/wiki/Time) varying gravitational field (https://en.m.wikipedia.org/wiki/Gravitational_field).
Ҳар тарафлама (ҳажмий) сиқилиш модули (K).	Ҳажмий деформация (дилатация) билан ҳар тарафлама бир хилда берилган босим орасидаги боғлиқликни ифодалайди.	The folded volume (dilatation) fully represents the link between the same pressure.
Силжиш модули (μ).	Силжиш таъсирида жисмнинг шакли ўзгаришини ифодалайди. Бунда уринма кучи таъсирида жисмнинг шакли ва тўғри бурчаклари ўзгаради, ҳажми эса ўзгармайди	Move represents a change in shape of the object under the influence. At the same time, try to influence the shape and change the angle of the object, while the volume of change

λ модули	<p>сиқилиш – кенгайиш деформациялари ва нормал кучланишларни ифодаловчи тенгламаларда дилатация коэффиценти. Суюқ ва газсимон муҳитларда, яъни силжиш модули ($\mu = 0$) бўлганда, λ модули қиймати ҳар тарафлама сиқилиш модули (K) га тенг бўлади.</p>	<p>the expansion and deformation of the normal stress voltage coefficient of an equation that represents the dilatation. Liquids and gases, that is, to move the module ($m = 0$), the value of λ module fully compression module (K), respectively.</p>
Каротаж.	<p>Фрнацуз тилидан зонд. Бурғи кудукларда геофизик тадқиқот ишларни олиб борилиши.</p>	<p>French - probe. Burger wells geophysical survey conducted in</p>
Туюлувчи элект каршилик	<p>Бурғи кудукларда электр каротаж зонд ёрдамида кайд килинган физик хоссаси.</p>	<p>Burger electric logging tube wells using the physical property of Escherichia coli.</p>
Иссиқлик ўтказувчанлик	<p>Катта ҳароратдаги тоғ жинсларидан ва минераллардан тарқаладиган иссиқлик ҳарорати атроф муҳитдаги тоғ жинсларига тарқалиб, тенглашиши. Иссиқлик ўтказишнинг оддий турида (нур тарқалиш йўли билан ҳам амалга ошади) иссиқлик энергиясининг молекулаларибирор жисм таъсирисиз ҳаракатда бўлади.</p>	<p>At a temperature of rocks and minerals are widespread in the environment of the temperature of the heat equations of scattered rocks. Keep it simple heat transfer (through the distribution of light will take place) without influence molekular body heat in motion.</p>
Магнитланиш	<p>Моддаларнинг тоғ жинсларининг магнит майдонини ҳосил қилиш хусусияти.</p>	<p>Substances in the magnetic field of the rocks on the property.</p>
Сейсмик тўлқинлар	<p>Зилзила еқи портлаш вақтида ҳосил бўлган тўлқинлар. Сейсмик тўлқинлар ер қатламларида ҳаводаги товуш тўлқинлари сингари тарқалади ва ҳар хил жинсларда турлича тезликда ҳаракатланади</p>	<p>Seismic waves generated during the explosion territory. Seismic waves like sound waves in the air layer spreads and speed up all kinds of different rocks</p>
Таранг тўлқинлар	<p>Қаттик, суюқ ва газсимон муҳитларда тарқаладиган тебраниш.</p>	<p>Solid, liquid and gaseous environment vibration.</p>
Текстура	<p>Тоғ жинсларининг ташқи кўриниши, минералларнинг бир-бири билан ўзаро муносабати ва ўзаро жойлашишини ифодалайди. Тоғ жинсларининг ташқи кўриниши уларнинг кристалланиш жараёнлари муҳим хоссаларини, магма совиши ва унга ташқи</p>	<p>The appearance of the rocks and minerals in a relationship with one of the location icons. The appearance of the rocks and their crystallization properties, cools the magma and its environmental impact</p>

	муҳит таъсирини кўрсатади	
Ферромагнетизм	Магнит майдонида магнитланиш хоссасига эга ва бу хусусиятни магнитловчи майдон йўқолганидан кейин ҳам сақлаб қолувчи материалларни хусусияти.	The magnetism of the magnetic field properties and this feature magnetic materials after the disappearance of the space-saving feature.
Эластик тўлқинларнинг тарқалиш тезлиги	Эластик муҳит манбаидан тарқаладиган тўлқинлар. Тоғ жинсларида (қаттиқ, эгилувчан) бўйлама (V_p) тўлқинлар ҳаракат қилади. Қўндаланг тўлқинлар (V_s) тоғ жинсларида силжиш мавжудлигидан далолат беради.	Spread an important source of elastic waves. Rocks (elastic) longitudinal (V_R) nationwide. Qo'ndalang waves (V_s) rocks are evidence of progress.
Эпигенез	(келиб чиқиш, юзага келиш, пайдо бўлиш, деган маънони англатади) - иккиламчи жараён; ер юзасида мавжуд тоғ жинсларидаги ҳар қандай янги ўзгаришларни ўз ичига олади	- the secondary process; surface rocks contain any new changes
Қалинлик	Геологик жисмлар ва етқизиқлар йиғиндисининг қалинлиги. Қалинлик ҳақиқий, тик, ётиқ кўринишида бўлади. Қатламнинг устки ва пастки қисмини бирлаштирувчи энг қисқа масофа ҳақиқий қалинлик, тик масофа - тик қалинлик, ётиқ масофа - ётиқ қалинлик деб аталади. Қудуқлар ёки тоғ жинслари кесимда қатлам устки ва остки қисмини бирлаштирувчи масофа кўринишдаги қалинлик деб аталади	Geological bodies and the sum of the thickness of the sediments. True thickness, vertical, horizontal tab, bo'ladi. Layer the shortest distance connecting the upper and lower part of the original thickness, the thickness of the standing vertical distance horizontal distance - horizontal thickness. wells or rock layer from connecting the upper and lower part of the form, thickness
Ғовақлар	Тоғ жинсларининг орасида нотўғри ёки юмалоқ шаклда бўлган ғовақлар ва ҳар хил бўшлиқлар	Among the rocks all kinds of wrong or round shape and pore spaces
Ғовақлилик	мавжуд бўлган бўшлиқларнинг тоғ жинсининг умумий ҳажмига бўлган нисбати. Тоғ жинсдаги барча ғовақлилик сингенетик ва эпигенетикдир. Сингенетик ғовақлилик тоғ жинсининг ҳосил бўлиш пайтида вужудга келади (доналар орасидаги ғовақ, лавалардаги бўшлиқ ва бошқалар). Эпигенетик ғовақлилик, тоғ жинсда, кейинги геологик жараёнлар (эритиш, тектоник сурилишлар	the ratio of the total amount of available space rocks. Rock porosity are singenetik epigenetik. Singenetik occur during the formation of the porosity of the rock (the space between the grains of porous lava, etc.). Epigenetic porosity of rocks, geological processes (melting, tectonic mean, etc.) influence

	ва бошқалар) таъсирида вужудга келади	
--	--	--

VI. АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

Фойдаланилган адабиётлар

I. Ўзбекистон Республикаси Президентининг асарлари

1. Мирзиёев Ш.М. Буюк келажакимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга қурамиз. – Т.: “Ўзбекистон”, 2017. – 488 б.
2. Мирзиёев Ш.М. Миллий тараққиёт йўлимизни қатъият билан давом эттириб, янги босқичга кўтарамиз. 1-жилд. – Т.: “Ўзбекистон”, 2017. – 592 б.
3. Мирзиёев Ш.М. Халқимизнинг розилиги бизнинг фаолиятимизга берилган энг олий баҳодир. 2-жилд. Т.: “Ўзбекистон”, 2018. – 507 б.
4. Мирзиёев Ш.М. Нияти улуғ халқнинг иши ҳам улуғ, ҳаёти ёруғ ва келажак фаровон бўлади. 3-жилд.– Т.: “Ўзбекистон”, 2019. – 400 б.
5. Мирзиёев Ш.М. Миллий тикланишдан – миллий юксалиш сари. 4-жилд.– Т.: “Ўзбекистон”, 2020. – 400 б.

II. Норматив-ҳуқуқий ва раҳбарий адабиётлар рўйхати

1. Ўзбекистон Республикаси Конституцияси–Т.: “Ўзбекистон” НМИУ, 2018.
2. Ўзбекистон Республикасининг “Таълим тўғрисида”ги Қонуни. Ўзбекистон Республикаси Олий Мажлисининг Ахборотномаси, 1997 йил. 9-сон, 225-модда.
3. Кадрлар тайёрлаш миллий дастури. Ўзбекистон Республикаси Олий Мажлисининг Ахборотномаси, 1997 йил. 11-12-сон, 295-модда.
4. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 21 сентябрдаги "2019-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини инновацион ривожлантириш стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида"ги ПФ-5544-сонли Фармони.
5. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 11 июлдаги “Олий ва ўрта махсус таълим соҳасида бошқарувни ислоҳ қилиш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-5763-сонли Фармони.

6. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 20 апрелдаги «Олий таълим тизимини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-2909-сонли Қарори.

7. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 27 июлдаги «Олий маълумотли мутахассислар тайёрлаш сифатини оширишда иқтисодиёт соҳалари ва тармоқларининг иштирокини янада кенгайтириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-3151-сонли Қарори.

8. Ўзбекистон Президентининг 2018 йилнинг 5 июндаги «Олий таълим муассасаларида таълим сифатини ошириш ва уларнинг мамлакатда амалга оширилаётган кенг қамровли ислохотларда фаол иштирокини таъминлаш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги ПҚ 3775 сонли Қарори.

9. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 11 июлдаги «Олий ва ўрта махсус таълим тизимига бошқарувнинг янги тамойилларини жорий этиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-4391-сонли Қарори.

10. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2017 йил 22 майдаги «Олий ўқув юртидан кейинги таълим тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари»ги 304 - сонли Қарори.

11. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2017 йил 20 июндаги «Олий таълим муассасаларига ўқишга қабул қилиш, талабалар ўқишини кўчириш, қайта тиклаш ва ўқишдан четлаштириш тартиби тўғрисидаги низомларни тасдиқлаш ҳақидаги» 393 сонли Қарори.

12. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2017 йил 18 июлдаги «Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Таълим сифатини назорат қилиш давлат инспекцияси фаолиятини ташкил этиш тўғрисида» 515-сонли Қарори.

13. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг «Республика олий таълим муассасалари рейтингини баҳолаш тизимини жорий этиш тўғрисида» ги 371 сонли Қарори. 2012 йил 29 декабрь.

14. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2015 йил 20 августдаги 242-сонли Қарори билан тасдиқланган «Олий таълим

муассасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва уларнинг малакасини оширишни ташкил этиш чора-тадбирлари тўғрисида”ги Қарори // Ўзбекистон Республикаси қонун ҳужжатлари тўплами, 2015 й.,33 (689)-сон, 442-модда.

15. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2001 йил 16 августдаги “Олий таълимнинг давлат таълим стандарти. Асосий қоидаларни тасдиқлаш тўғрисида”ги № 343-сонли Қарори.

16. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2001 йил 26 июлдаги 318-сонли Қарори билан тасдиқланган “Олий ўқув юртларида тўлов-контракт асосида ўқиш учун таълим кредитлари бериш тўғрисида”ги Низом // Ўзбекистон Республикаси Ҳукумати қарорлари тўплами, 2001., № 7, 43-модда.

17. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2004 йил 1 мартдаги 100-сонли қарори билан тасдиқланган “Нодавлат таълим муассасалари фаолиятини лицензиялаш тўғрисида”ги Низом// Ўзбекистон Республикаси қонун ҳужжатлари тўплами, 2004, 9-сон, 107-модда.

18. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2007 йил 10 сентябрдаги “Ўзбекистон Республикаси олий таълим тизимида магистратура фаолиятини янада такомиллаштириш, унинг самарадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 190-сонли Қарори.

19. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2012 йил 29 декабрдаги “Республика олий таълим муассасалари рейтингини баҳолаш тизимини жорий этиш тўғрисида”ги 371-сонли Қарори// Ўзбекистон Республикаси қонун ҳужжатлари тўплами, 2013 й., 1-сон, 10-модда.

20. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2015 йил 20 августдаги 242-сонли Қарори билан тасдиқланган “Олий таълим муассасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва уларнинг малакасини оширишни ташкил этиш чора-тадбирлари тўғрисида”ги Қарори // Ўзбекистон Республикаси қонун ҳужжатлари тўплами, 2015 й.,33 (689)-сон, 442-модда.

III. Махсус адабиётлар

1. William Lowrie. Fundamentals of physics. Second edition. Cambridge University Press 2007. 381pp.

2. Материалы международной научно-технической конференции "Интеграция науки и практики как механизм эффективного развития геологической отрасли Республики Узбекистан", Т., 2014.

3. Материалы Республиканской научно-технической конференции "Проблемы, развитие и инновационные направления геологических наук в Узбекистане", Т., 2013.

4. Материалы Республиканской научно-технической конференции "Геодинамика фанерозоя Тянь-Шаня: принципы районирования, эволюция и минерогения", Т., 2009.

Интернет ресурслар:

1. <http://info.geol.msu.ru/> - "Всё о геологии" является неофициальным сайтом геологического факультета МГУ. Сайт содержит разнообразные учебные, научные и справочные материалы по геологии и смежным областям (горному делу, добыче полезных ископаемых, океанологии, вулканологии, палеонтологии и т.д.)

2. <http://www.geo.web.ru/> - Геология: аннотации книги, анонсы предстоящих конференций. Биографии учёных. Тексты дипломных работ, диссертаций, книг, курсов лекций. Таблицы, фотографии.

3. Федеральная система географических данных США (info.er.usgs.gov) – это справочник геологической службы США, в котором приводятся сведения по текущим геологическим событиям: землетрясениям, извержением вулканов и др.