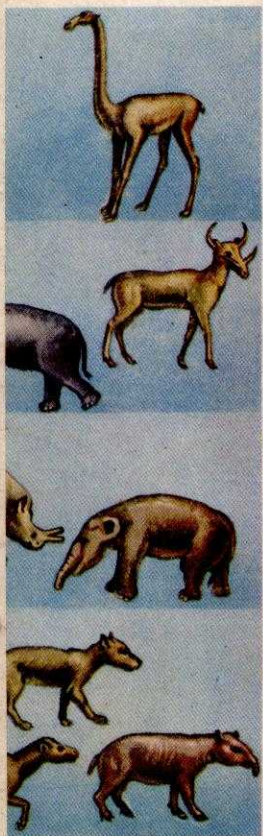


ГЕОЛОГИЈА



БИБЛИОТЕКА

АТЛАСИ ЗНАЊА



• ВУК КАРАЏИЋ •
БЕОГРАД

БИБЛИОТЕКА АТЛАСИ ЗНАЊА
КЊИГА ШЕСТА
Уредник: др Снежана Пејаковић

М. Фонт Алтаба и А. Сан Мигуел Арибас
ГЕОЛОГИЈА

Превод:
Стеван Синбелић

Стручна редакција:
инж. Јован Вујић

Рецензија:
проф. Милош Бермановић
виши стручни сарадник
Универзитета у Београду

Наслов оригинала: М. Font Altaba e San Miguel Arribas, Tavole di geologia.

© 1967, С. Е. Giunti — Bemporad Marzocco, Firenze.

Заједничко издање: „Вук Караџић”, Београд, „Веселин Маслеша”, Сарајево и „Младинска књига”, Љубљана. За ИП „Вук Караџић”: Момчило Поповић, директор. Штампана: ЗГП „Младинска књига”, Љубљана, 1970.



УВОДНЕ НАПОМЕНЕ

Геологија је једна од најмлађих наука. Она изучава састав, грађу и појаве које настају или су се јављале на Земљи у току дугих геолошких доба. Геологија није излована наука и њен развој је тесно повезан с развитком астрономије, физике, хемије и биологије.

Земља је изложена деловању унутрашњих и спољних сила. Прве произлазе из њене унутарње, ендегене енергије, а друге су последица места које Земља заузима у васиони. Због свега тога она доживљава непрекидну еволуцију.

Велики значај који геологија добија у савременом животу објашњава се и тиме што су минерали, метали и гориво основне индустријске сировине, а геолози испитују и проналазе лежишта тих материја.

Модерна геологија налази широку примену у грађевинској индустрији, великом подручју металургије, прераде нафте и угља, у рударској техници, истраживањима подземних сировина итд. Због свега тога изучавање геологије по школама и на факултетима добија изузетан значај, нарочито са становишта развоја привреде.

ЗЕМЉА И ВАСИОНА

Сунчани систем сачињавају Сунце, девет планета, тридесет један сателит планета, хиљаде планетоида (астроида), комете и метеорити.

Сунчани систем, пак, представља део огромне магLINE спиралног облика или галаксије, коју образују хиљаде милијарди звезда, а која се зове *Млечни Пут*.

Сунце, циновско небеско тело које је 1,250.000 пута веће од Земље, представља само једну звезду средње величине између сто милијарди звезда, колико се рачуна да их има у Млечном Путу. Сунчева енергија зрачења произлази од фузије атома водоника у хелијум, уз одговарајуће стварање енергије.

Земља, та минијатурна планета изгубљена у непрегледном мору васионе, поседује нарочите особине: у њеној атмосфери налазе се вода и кисеоник. То је чини посебно погодном за развој живота. Њен облик није правилна лопта, у ствари њен полупречник према полу краћи је за 21 км од полупречника екватора; тај њен посебан облик назван је *геоидом*.

КРЕТАЊЕ ЗЕМЉЕ

Одржавана привлачном силом на орбити око Сунца, Земља се окреће око своје осе са истока према западу тако да се један пуни обрт оствари за око 24 часа. За то време једанпут се смене дан и ноћ. Истовремено, Земља кружи и око Сунца и описује у простору орбиту облика елипсе, у чијој се једној жижи налази Сунце. Средња удаљеност Земље од Сунца износи око 150 милиона километара.

У току сваких 265 дана, 5 часова и 48 минута Земља изврши један обилазак — револуцију — око Сунца просечном брзином од 29,8 км/сек.

Раван у васиону у којој се Земља креће око Сунца зове се *еклипичка раван*, а пројекција путање Земље — *еклипика*. Оса око које се Земља обрће нагнута је према еклипичкој равни за $67^{\circ}33'$; тај нагиб има за последицу смењивање годишњих доба. Тачке у којима се секу екватор и еклипика зову се равнодневичке тачке или еквиноцијске тачке; једна је пролетња а друга јесења равнодневичка тачка, према томе да ли је на северној полулопти

Земље пролеће или јесен у тренутку када се Земља налази у њој. Најудаљеније тачке еклипике од екватора налазе се на $22^{\circ}27'$ северне, односно јужне ширине и зову се летња и зимска тачка или солстиције.

МЕСЕЦ

Месец је Земљин сателит и налази се на просечној удаљености од 384.400 км. Његова густина износи 3,3 (густина воде 1) а средња брзина кретања око Земље 1 км/сек. Време за које се Месец обрне једанпут око своје осе тачно је толико као и време које је Месецу потребно да обиђе једанпут око Земље, а то је 27 дана и 7 часова.

Општа је претпоставка да се Месец одвојио од Земље када је Земља била још усијана течна маса и то када се на Земљи образовала огромна плина под утицајем привлачне силе Сунца.

ПОРЕКЛО ЗЕМЉЕ

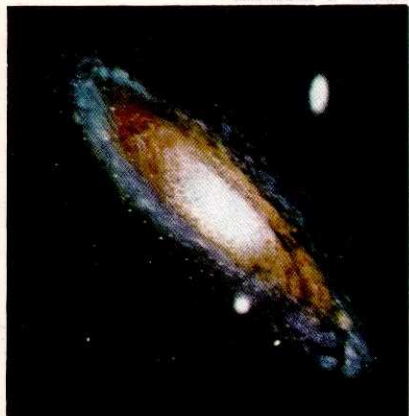
Питање порекла Земље и Сунчаног система јесте један од најтежих и најупорније решаваних проблема космологије.

Према Лапласовој теорији (1796) Земља је кћи Сунца, а и та звезда резултат је кондензације једне циновске спиралне магLINE врло високе температуре, а која се одиграла бар 3000 милиона година раније. Рачуна се да је та маглина заузимала простор све до Нептунове орбите и да је свој живот манифестовала једноликим ротационим кретањем. Њен централни део образовао је неку врсту језгра од кондензоване материје, која је била окружена растреситом материјом. Растућа центрифугална сила изазвала је прогресивно одвајање гасних маса у облику екваторијалних прстенова који су се постепено кондензовали образујући планете.

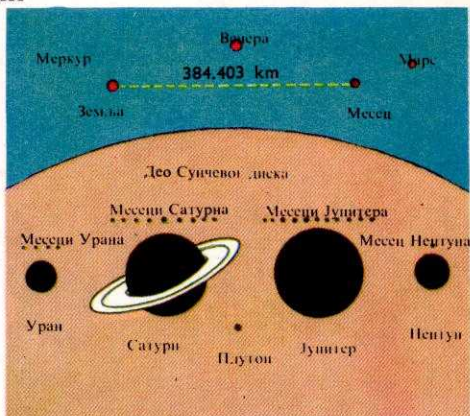
Ова теорија углавном базира на испитивањима Хершела у вези са еволуцијом магLINE а узима за доказ сфероидни облик планета, температуру Сунца и др.

Постоје озбиљни приговори овој теорији, који спречавају да се она у потпуности прихвати, и, штавише, допринели су да се поставе нове хипотезе. По космогоним теоријама Земља је постепено прошла кроз гасовито и течнo стање.

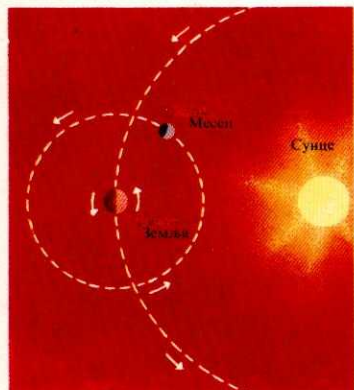
ЗЕМЉА У ВАСИОНИ



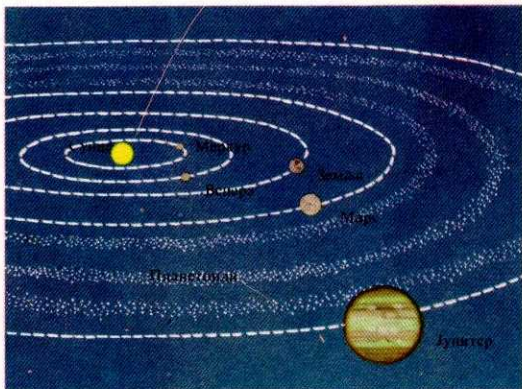
Андромедина спирална маглина



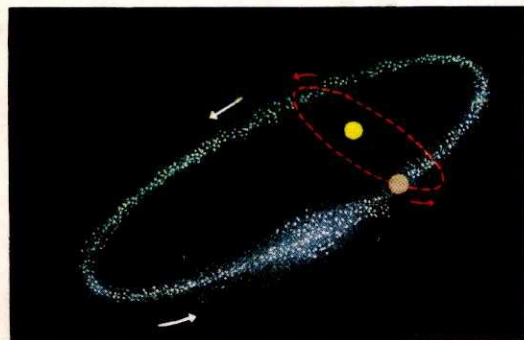
Величина планета упоређена са делом Сунчевог диска



Ротација и транслација Земље и Месеца



Сунчани систем унутар орбите Јупитера



Позиција планетоида у односу на Земљину орбиту



Месец

УНУТРАШЊИ СКЛОП ЗЕМЉЕ

Досадашње познавање унутрашњег склопа Земље базира углавном на индиректним мерењима као што су вредности гравитације (Земљине теже) и начина ширења трусних таласа кроз унутрашњост Земљине лопте. Земља није хомогена; различита мерења омогућају да се утврди њена средња густина која износи 5,5. Средња густина материјала Земљине коре износи 2,6. Према томе у већим дубинама Земљине унутрашњости постоји материја много веће густине, тако да у језгру достиже вредности између 8 и 10.

АНОМАЛИЈЕ ГРАВИТАЦИЈЕ

Привлачна сила коју Земља испољава на тела зове се гравитација или Земљина тежа. Вредности те привлачне силе нису једнаке на читавој Земљиној површини.

Гравиметријска мерења показују да су на различитим континентима вредности мање од теоријских — то су *неајашне аномалије*. На великим равницама и на океанима мерења показују веће вредности — то су *појашне аномалије*. Овај се феномен може протумачити чињеницом што је привидно већа маса планинских ланаца и континената уравнотежена мањом густином материјала који их сачињава, док је недостатак маса на океанима и у равницама компензован већом густином унутрашњих материјала. Зато се део литосфере, претежно сачињен од гранитних стена лаких и богатих силицијумом (Si) и алуминијумом (Al), назива *сиала*, а доњи слој претежно сачињен од базалтних стена, гушћих и богатих силицијумом (Si) и магнезијумом (Mg) назива *сима*.

ТЕОРИЈА О ИЗОСТАЗИЈИ

Изостазија је идеална равнотежа унутрашњих маса којој тежи Земља.

Маса континента састављена од сиала, распоређена су на доњем слоју који сачињава сима и у коме оне, такорећи пливају пуштајући корен у дубине. Маса сиала продира у масу сима утолико дубље уколико је на том месту дебља и на тај начин блокови сиала теже да се уравнотеже.

Спољни и унутрашњи геолошки процеси поремећују идеално стање изостазијске равнотеже док гравитација тежи да га успостави. Тако се блокови, олакшавани непрекидном ерозијом, уздижу, док се зоне отежаване тим еродираним материјалом спуштају и на тај начин се успоставља изостазијска равнотежа. Најзад, испод испрекиданих делова Земљине коре сачињене од сиала лежи непрекидан базалтни подслој.

УНУТРАШЊА СТРУКТУРА ЗЕМЉЕ

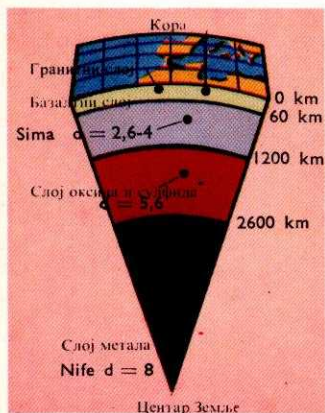
Геофизичка истраживања у вези са брзином ширења трусних таласа кроз Земљу обелоданила су групу оштрих промена те брзине или њен *дисконинуишеи*, које говоре о физичким или хемијским променама и које су дозволиле да се претпостави да се Земља састоји од концентричних слојева.

Спољни слој Земље зове се кора или литосфера, његова дебљина варира од 30 до 60 км, а ограничен је *Мохоровићевим прекидом* који показује почетак симе. Земљина кора се састоји од два слоја који се распознају по различитим брзинама којима се кроз њих распростиру сеизмички таласи и то су: *гранитски слој* (5,5 км/сек) и *базалтски слој* (6,25 км/сек).

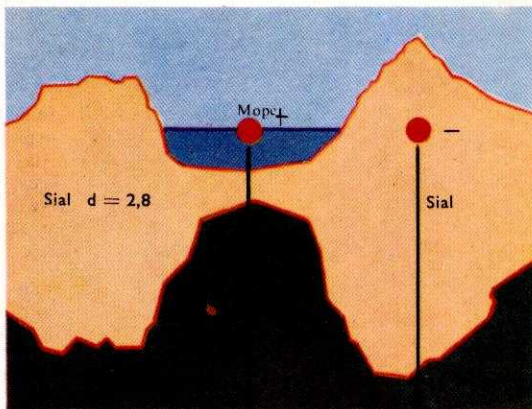
Доња граница симе одређена је другим значајним прекидом (брзина кретања трусног таласа 8 км/сек) на дубини од 1200 км. На дубини од 2900 км налази се следећи прекид (промена брзине кретања трусног таласа на 13 км/сек), где се завршава слој оксида и сулфида и почиње Земљино језгро. Густина Земљиног језгра износи 10, а верује се да се састоји углавном од гвожђа (Fe) кога има 90 одсто, и никла (Ni) кога има 8 одсто, па се тај слој зове и *нифе*.

Што се тиче физичког стања Земљиног језгра, због огромних притисака којима је изложено а који су 3 милиона пута већи од притисака на површини Земље, и због високе температуре која се креће око 6000°C, треба да се сматра да је оно у специјалном физичком стању које му дозвољава да на константне силе реагује као плазма а на силе које се брзо мењају, као што су сеизмички таласи, као чврсто тело.

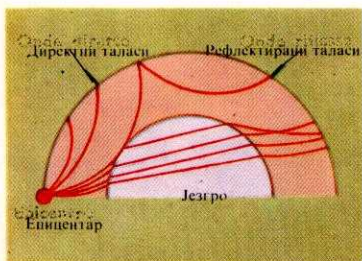
УНУТРАШЊИ СКЛОП ЗЕМЉЕ



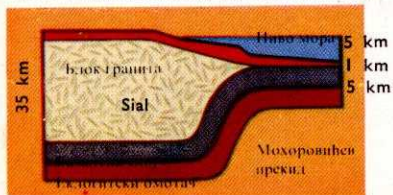
Структура Земље



Аномалије гравитације



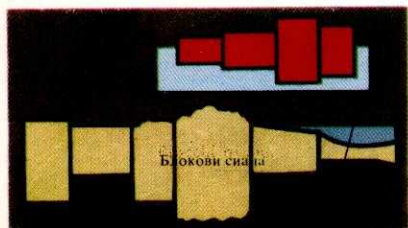
Ширење сеизмичких таласа у унутрашњости Земље



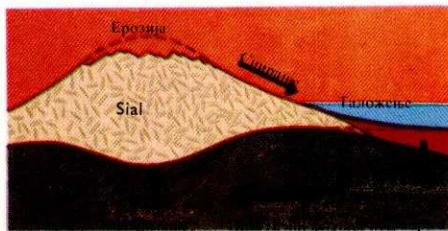
Пресек Земљине коре



Унутрашњи склоп Земље



Објашњење изостатичке равнотеже по Ејрију



Издизање континента ради таложења еродираних материјала

ГЕОХЕМИЈА

ОРГАНИЗАЦИЈА МАТЕРИЈЕ

Васиона је сачињена од тога што ми називамо материјом. Она је саздана према различитим стањима повезивања честица.

На основу скале облика у којима се јавља материја, повезују се елементарне честице које је открила атомска физика. а то су: *протони, неутрони и електрони*. Повезивањем протона и неутрона образује се *језгро атома*. А када се овима прикључе електрони формирају се *атомни различитих елемената*.

Атом, материјална честица изванредно малих димензија, сачињена је, дакле, од ЈЕДНОГ ЈЕЗГРА, носиоца протона са позитивним наелектрисањем и неутрона који нема никакво наелектрисање, и ГРУПЕ ЕЛЕКТРОНА негативног наелектрисања, који се обрћу око језгра веома великим брзинама при чему се крећу по одређеним орбиталним путањама.

Структура атома може се, у извесном смислу, упоредити са неком врстом микроскопског сунчаног система сачињеног од централног сунца (језгро атома) и од планета (електрони који се обрћу око језгра).

Сви до сада познати елементи, којих има око 100, сачињени су од водониковог атома, чијем се језгру постепено додају протони и неутрони, уз одговарајуће повећање броја електрона, распоређених на правилан начин на слојеве чији се број креће од један до седам. Атоми елемената сједињавају се међусобно сачињавајући молекуле и једињења; *минерали* су, тако, природна једињења кристалне структуре. Најзад, сједињавањем више минерала настају *стене* које образују *Земљину кору*.

Геохемија, нова наука настала уском сарадњом хемије и геологије, изучава хемијске елементе који сачињавају земаљску материју, њено распростирање, комбиновање и кретање и у крајњој линији њихово геохемијско понашање као и законе на којима се то заснива.

Према резултатима геохемијских анализа хиљаде минерала и стена утврђено

је да кисеоник (O), силицијум (Si), алуминијум (Al), калцијум (Ca), натријум (Na) и калијум (K) сачињавају 98,6 одсто Земљине коре а од тога кисеоник заузима 92 одсто запремине, због чега је Голдшмит назвао Земљину кору *оксидосфером*.

Основна јединица свих силиката, а самим тим и састава Земљине коре, је $[\text{SiO}_4]$ насталим сједињавањем четири $[\text{O}]^{-2}$ и $[\text{Si}]$ у тетрадарском распореду. Та јединица, или елементарна основа сједињаваће се углавном са Al, Fe, Mg, Ca, N, K и са H_2O образује разне врсте силиката. Кора је у основи сачињена од силиката, у чијем саставу знатно преовладава алуминијум.

ГЕОХЕМИЈСКИ ЦИКЛУС

Материјали који сачињавају литосферу крећу се и мењају по одређеном циклуском систему. Стене нису савршено стабилне већ су подложне дејствима и променама како физичким тако и хемијским, које изучавају теутоника и геохемија.

Циклус спољних геолошких дејстава са процесима ерозије, одношења (транспорта) материјала и таложења, као и циклус унутрашњих геолошких дејстава са процесима метаморфозе, орогенезе, плутонизма и вуланизма, представљају два геохемијска циклуса који се зову спољни и унутрашњи циклус.

Геохемијски циклус једног елемента јесте скуп кретања тог елемента који се остварује у Земљиној кори. Изучавање геохемијског циклуса елемената има велику важност за упознавање геохемијске историје сваког елемента. Тако у току геохемијског циклуса угља и силицијума можемо рећи да се смењују биохемија и геохемија.

На дубини испод 700 км изгледа да је могуће да земаљски елементи постигну потпуну термодинамичку и хемијску равнотежу. И сама Земља у целини тежи да својом еволуцијом постигне у целини термодинамичку и геохемијску равнотежу.

ГЕОХЕМИЈА



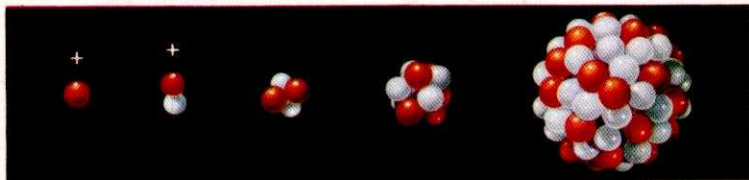
Протон



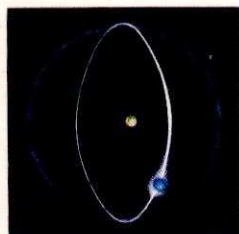
Неутрон



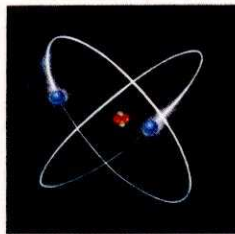
Електрон



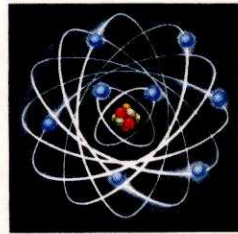
Организовање материје



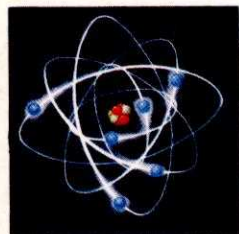
Атом водоника



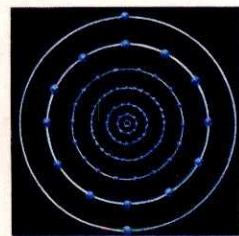
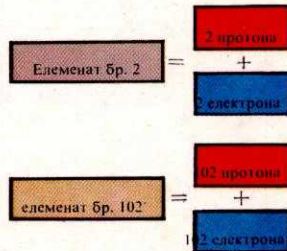
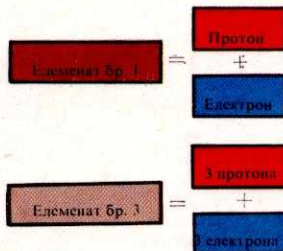
Атом хелијума



Атом кисеоника



Атом угљеника



Атом уранијума

Спајање елемената

Једињење

Органска
Неорганска

Минерали

Сједињавање минерала

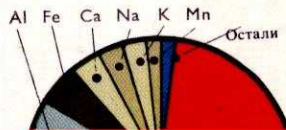
Степе

Седиментне
Метаморфне
Плутонске
Вулканске

Сједињавање стена

Земљина кора

Елементи
Сулфиди
Халогениди
Оксиди
Карбонати
Сульфати
Фосфати и арсенати
Силикати
Радиоактивни минерали



ШТА ЈЕ ТО МИНЕРАЛ

Минералима називамо сва природна тела која имају одређен хемијски састав, чије су елементарне честице (атоми, јони и молекули) систематски распоређене у простору и која представљају део чврстих материјала Земљине коре.

Минерали се могу појављивати као безоблична маса — *аморфно* или као геометријска тела (коцке, октаедри, призме и други полиедри) у већем или мањем степену правилна. У том другом случају минерали таквог облика зову се *кристални*. У оба случаја материја која сачињава минерале састављена је од елемената који су распоређени геометријски и чији се облик распореда непрекидно понавља: *минерали су сачињени од кристалних материја*.

Елементи кристаласте материје поседују посебне елементе симетрије који регулишу места елементарних честица, али ти посебни елементи симетрија у неким случајевима могу да се уоче споља, док у другим не могу. Код кристала посматрамо осе и равни симетрије који одговарају неком геометријском полиедру, међутим код масе минерала они се не могу уочити. Да би било јасније погледајмо један пример:

Камена со, која се налази у слојевима соли код Кардоне и Штрасфурта, сачињена је од јона хлора и натријума који су међусобно тако распоређени да је сваки јон натријума окружен са шест јона хлора и обратно, сваки јон хлора окружен је са шест јона натријума.

Ако се претпостави да сваки јон представља лопту одређених димензија са позитивним или негативним наелектрисањем, камена со ће бити сачињена од две серије лопти са позитивним (натријум) и негативним (хлор) наелектрисањем која се међусобно снажно привлаче и тако одржавају свој распоред у простору: натријума у угловима и центру површина коцке и хлора у средини ивица и у центру коцке. Ова схема, звана *кристална структура камене соли* понавља се непрекидно и сачињава минерал камене соли.

У наслагама код Кардоне маса соли има аморфан — безобличан изглед, ка-

прициозно је изувијана и у њој се не примећује ни траг унутрашње кристалне структуре која поседује мала зрна соли. У кристалу на слици Б/1 налазимо, напротив, елементе симетрије који регулишу унутрашњи распоред па се зато јасно виде површине, рогљеви и ивице по истра. Бескрајно мала коцка јона хлора и натријума (дужине странице $5.628 \cdot 10^{-8}$ см) има исте елементе симетрије који се налазе и код крупног кристала облика коцке.

Кристаласта материја располаже ограниченим бројем елемената симетрије. Они се своде на *осе симетрије* (*бинерна или дионска, тернерна или трионска, квајтернерна или шетрајонска и сенерна или хексајонска*), *равни симетрије* и *центре симетрије*. Скуп ових елемената који се налазе у неком кристалу одређује степен симетрије тог кристала.

Као што смо видели, сваки кристал минерала има одређени број страна, ивица и рогљева који су распоређени према посебној симетрији кристала и на тај начин настају мање или више правилни полиедри који се зову *кристалне форме*.

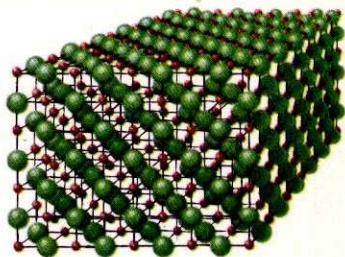
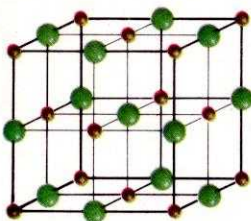
Кристалне форме или врсте симетрије можемо распоредити, према својствима симетрија, у седам* великих група које се називају системима кристализације. То су *тесерални, хексаонални, шетрајонални, трионални, ромбични, моноклинички и триклинички системи*.

Сваки систем има карактеристичну комбинацију елемената симетрије које морају бити заступљене у свим кристалним формама дотичног система. Тако је карактеристична симетрија код тесералног система комбинација његове четири тернерне осе; код тетрагоналног кватернерна оса; код хексагоналног сенерна оса; код тригоналног тернерна оса; код ромбичног и моноклиничког бинерна оса. Код триклиничког система не постоји никаква карактеристична симетрија.

Поред ове минималне симетрије, кристалне форме једног система могу имати равни симетрије или центре симетрије.

*) У нашој литератури разликује се само шест система: тригонални се не издваја као посебни систем кристализације.

ОПШТЕ ОСОБИНЕ



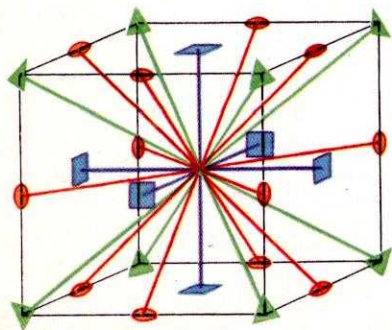
Јонски распоред, основна ћелија и унутрашњи склоп кристала камене соли



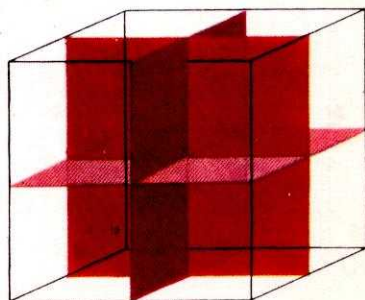
Изувијана грудва наслага соли.



Кристал тесералног система (кошка) камене соли



Главне равни симетрије кристала камене соли.



Осе симетрије кристала камене соли

или истовремено и једне и друге, али, како број тако и место тих елемената условљен је симетријом.

Природни кристали ретко се налазе као изоловани елементи, пошто у тренутку кристалисања они теже да се сједине сачињавајући скупове који се зову *агрегати кристала*. Такви скупови могу да се успоставе случајно (неправилни агрегати), или по одређеним законима (правилни агрегати). Као пример првих могу се навести геоди и сталактитске творевине, док су близанци кристала гипса (сл. Б/9) или скупови кристала баријум-сулфата (сл. Б/7) типични представници правилних агрегата кристала.

Ако су стене, као што ћемо видети касније, структурне јединице Земљине коре, минерали сачињавају њене основне јединице, а просте супстанције су пак основне јединице минерала.

Минерали нису распоређени у Земљи-

ној кори равномерно; док један мањи број кварца и силикати, представљају основне елементе стена и сами сачињавају 95 одсто Земљине коре, докле се други појављују на појединим местима у мањим количинама заједно са другим минералима који се у рударству зову минерали јаловине и зову се *рудна лежишта*. Неки од тих минерала могу образовати седиментне стене које заузимају велике спољне површине терена, као што су кречњаци, пешчаре итд. Иако се ти минерали појављују у доста чистом стању, па често и у облику кристала, ако се налазе тамо где и руде класификујемо их као јаловине.

Поред минерала који се употребљавају као украси, изнећемо и руде и лежишта соли због њихове велике комерцијалне вредности. Најзад, ову малу студију закључићемо најважнијим елементима који се у природи налазе у чистом стању.

1. МИНЕРАЛИ ОД КОЈИХ СУ САЧИЊЕНЕ СТЕНЕ

Кварц. — Кварц је минерал који се најчешће сусреће и који је најраспрострањенији у Земљиној кори. Он је основни елемент еруптивних, седиментних и метаморфних стена (кристаласти шкриљци). Присутан је у најчешће код рудних жила као јаловина, али и сам може да образује обилне жиле у којима се могу наћи најлепши кристали тог минерала. Један такав пример имамо у наборима Алпа, где се налазе групе и друге изванредно лепих кристала, названих *алпски кварц* и *руднички кварц*.

Кристалише у различитим *кристалним комбинацијама* (варијацијама облика) тригонског система, што зависи од места налажења. Тако се обичан кварц појављује у облику призме или хексагоналне бипирамиде. Варијација *јорског кристала* и *чађавица* изразито тригонског облика, као призме завршене пљоснима једног или два удружена ромбоеда, је код кварцових кристала из Сен Готхарда.

Кристали кварца се у највећем броју случајева појављују, често и када изгледају прости, као близанци, код којих су поједини кристали тесно сједињени продором једног у други. Љубичасти варијетет кварца *амејисит* налази се у Бразилу а његови чисти примерци веома су цењени у индустрији накита. Типични су варије-

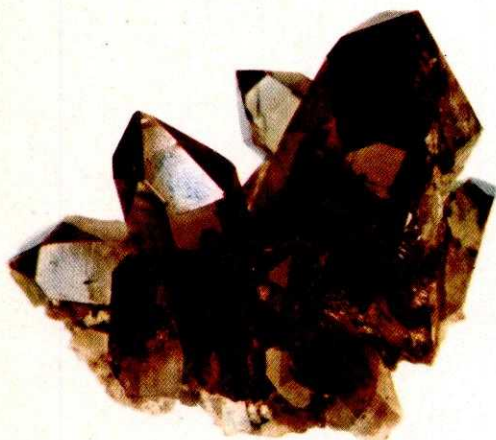
тети кварца зелени *йразем* (налазиште у Швајцарској код Зинкенштока), *ружичасти кварц* и *мачије око* са Алпа.

Кварц, који је као чист минерал безбојан и потпуно провидан, може од примеса нечистоће примити различите боје или постати само прозиран, па чак и непровидан (*кварц млечњак*). Кристали кварца имају стакласт сјај, оптички су једнооси позитивни и поседују способност да заокрећу раван таласа поларизованог светла (ротациона поларизација). Тврд је (по Мосовој скали тврдоћа му је 7) и крт. Кристали кварца при притиску у правцу дуже осе добијају наелектрисање — *пиезоелектрицитет* због чега је његова примена у електроници и код апарата на ултразвук веома раширена.

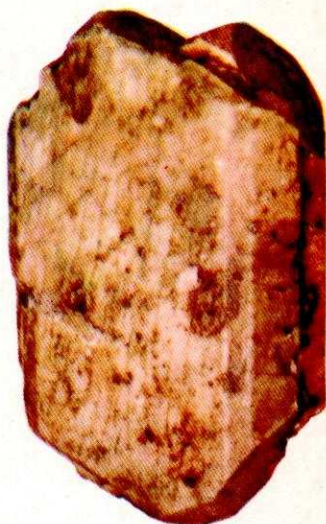
Хемијски састав кварца је чист силицијум-оксид (SiO_2), понекад са примесама нечистоћа које му тада дају боју, карактеристичну за хемијски састав дотичне нечистоће. Нагриза га флуорна киселина (HF) а при топљењу калијум-хидроксид (KOH).

У природи се налазе и разне врсте кварца микрокристалне структуре, од којих неке имају велику вредност у индустрији. Најпознатије су *калцедон*, *ахат*, *оникс* и *карнеол* (овај последњи када се жари добија жарко црвену боју и веома је тра-

МИНЕРАЛИ КОЈИ САЧИЊАВАЈУ СТЕНЕ



Квари чађавиц



Ортоклас (ближиљен по закону Карлсбад)



Калцедон (варијетет карнеол)



Микроклин (варијетет анатомит)

жен у индустрији накита), и, најзад, *јасис* и *белушак* или *кремен*.

Фелдспати. — Под именом фелдспата подразумева се једна група алумо-силиката код којих се појављују као база оксиди калијума, натријума и калцијума, по један или по два у истом минералу. Они имају сличне морфолошке и физичке особине. Сви фелдспати се налазе као основне компоненте еруптивних стена (интрузивне и вулканске жице). Деле се на две подгрупе и то на оне које кристалишу по моноклинском систему и оне које кристалишу по триклинском систему.

Ортоклаз, по хемијском саставу калијумов алумосиликат главни је фелдспат који кристалише моноклински. Често се појављује у близинама које зовемо карлбадским (по налазишту код Карлсбада), цепа се у правцу пинакоида и клинопинакоида, крт је, тврдоћа му је 6.

Његови тонови се крећу од безбојних и провидних као вода до млечно беле боје. Могу бити црвенкасти, боје меса, жућкасти и зеленкасти а у оба случаја и непрозирни. Понеки бистри кристали показују на пљоснима модрикаст сјај па такве кристале зовемо *месечеви камен*. Оптички су двоосни негативни.

Међу моноклинским фелдспатима могу се поменути још: 1) *обични фелдспат* чија боја варира од црвене до беле, непрозиран је осим када се појављује у танким плочицама, представља најчешћи варијетет; 2) *агулар* (KAlSi_3O_8), стакластог је изгледа, карактеристичан је по псеудоромбном хабитусу. Нађен је у стенама ниског степена метаморфизма а нарочито је карактеристичан у терцијарним лежиштима злата и сребра; 3) *сандин* ($\text{Na, KAlSi}_3\text{O}_8$) који се појављује у млађим вулканским стенама и налази се у туфнама вулканита. Садржи велике количине натријума, прозиран је и има бистар изглед.

Главни триклински фелдспати јесу микроклин и плагиоклас.

Микроклин, калијумов алумо-силикат (KAlSi_3O_8), врло је сличан ортокласу како по његовој морфологији, тако и по другим својствима, да их је тешко разликовати. Микроскопски показује карактеристичну мрежасту структуру.

Плагиокласи представљају групу од шест изоморфних минерала, калијум-натријум-калцијум силиката, чији су први и послед-

њи чланови *албит* ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) односно *анортит* ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$). Чланови који садрже веће количине натријума обично садрже и KAlSi_3O_8 . Чланове разликујемо по количини албитске и анортитске компоненте коју садрже. То су безбојни или бели минерали, стакластог сјаја, појављују се увек као полисинтетски близанци које је лако уочити под микроскопом (близаци по албитском закону). За плагиокласе карактеристична је зонарна зрнаста структура.

Лискуни. — Лискуни су минерали који кристалишу по моноклинском систему у облику псеудохексагоналних плочица, које су карактеристичне по врло лакој и савршеној базној цепљивости од изванредно танких луспица велике еластичности. Та својства као и врло слаба проводљивост топлоте, а нарочито електрицитета, допринела су да се лискуни употребљавају као изолатори.

Хемијски су врло различити. Опште узев, они су алумосиликати са садржајем хидроксила и алкалија. Алкалије могу бити K, Na, Pb, Cz и Li. Многи садрже флуор. Ако садрже Fe, Mg и Mn онда су кестењаст до црне боје, иначе су безбојни, бели или жућкасти. Оптички су двоосни негативни. Врсте које садрже гвожђе снажно су полихроичне. Лискуни су основне компоненте метаморфних стена.

Најважније врсте лискуна јесу мусковит и биотит.

Мусковит је калијумски лискун, бео је или безбојан и често с примесом разних тонова, али никада тамних. Према светлосном извору је провидан, бисерног сјаја и благе пилљивости.

Биотит је магнезијски лискун са примесама гвожђа, црн је, иначе сличан мусковиту, разликује се од њега увек врло тамним тоновима, па и црном бојом као и снажним полихроизмом који се креће од бледих тонова до непрозирности.

Пироксени. — Пироксени сачињавају посебну групу минерала који су у погледу кристализације врло сродни. Најчешће кристалишу моноклинчно, доста често ромбично и врло ретко триклинчно. Карактеристични су по цепљивости паралелној вертикалним пљоснима призме које се, као и трагови призматичне цепљивости, заклапају скоро под правим углом. Пироксени су по хемијском саставу врло различити.

МИНЕРАЛИ КОЈИ САЧИЊАВАЈУ СТЕНЕ



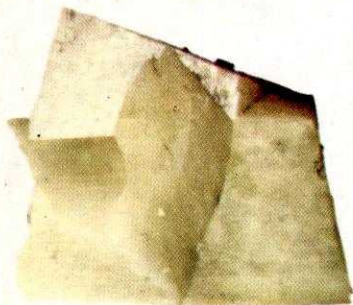
Кварц — варијетет горског кристала



Кварц — аметист



Микроклин — близнаци из Бавена



Адулар — близнаци из Манебаха



Харибленда



Актинолит



Аугит



Диопсид

Моноклинички пироксени су метасиликати калцијума и магнезијума, практично чисти као *диопсид*, $\text{CaMg}(\text{SiO}_3)_2$, или са различитим количинама Al_2O_3 и Fe_2O_3 као *ауш*. Боје су светложелене до тамнозелене, оптички двоосни и монокронични, али када садрже гвожђе, оптичка својства им се мењају.

Аугит је типичан минерал магматских базних стена и његови варијетети који су богати гвожђем налазе се у многим вулканским стенама.

Амфиболи. — Амфиболи су слични пироксенима, кристалишу по моноклиничном и ромбичном систему, а разликују се од пироксена по интензивном поликромизму по правцима призматичне целулози који наклапају угао од око 124° (код пироксена 87°). У молекулима имају хидроксилну групу па по хемијској формули не одговарају метасиликатима већ комплексним силикатима. Најзначајнији моноклинички амфиболи су *актиноли*, *термоли* и *хорнбленда*.

Прва два минерала карактеристична су за кристаласте шкриљце. *Термоли*, $\text{CaMg}_3(\text{SiO}_3)_4$, је безбојан, бео или сив до сасвим светложеленкасте нијансе, док је *актиноли*, $\text{Ca}(\text{MgFe})_2(\text{SiO}_3)_4$, код кога је један део Mg замењен са Fe, тамно зелене боје. Ови минерали, када су развијени као агрегати образују *азбест*, тзв. *амфибијски азбест* сличан серпентинском азбесту, али је мање савитљив и мање компактан.

Хорнбленда је минерал битан за многе еруптивне базне стене и кристаласте шкриљце.

Оливин. — Оливин је ортосиликат магнезијума, битна је компонента базних еруптивних стена а и сам образује посебну врсту стена, тзв. *херцогитин* (*дунит*). Налази се у многим метаморфним кристалистим шкриљцима.

Појављује се у појединим кристалима или без одређеног облика, када се јавља као кристал поседује ромбичну симетрију, зелен је (као зелене пивске боје) до тамнозелен а понекад је бледожут, кестењаст или безбојан. Боја му зависи од хемијског састава.

Турмалин. — Турмалини су група алумоборосиликата комплексног хемијског састава (гвожђе, алкалии, флуор), која сачињава изоморфну серију у којој се налазе сви прелазни облици (турмалински варијетети). Кристалишу по три-

гоналном систему; појављују се и у изванредним кристалима облика издужене призме, најразноврснијих боја мада су углавном црни или тамнозелени. Оптички је једноосни негативан и показује јако изражену поликромичност, све до тоталне апсорпције дневне светлости, па се стога употребљава за добијање поларизоване светлости.

Берил. — Берил је алумосиликат берилијума и појављује се у хексагоналним призматичним кристалима различитих боја од уобичајене белозеленкасте до интензивно зелене, који могу постићи огромне димензије. Берил може бити потпуно провидан, замућен или непрозиран, стакластог је сјаја. Цеп се лако и јасно паралелно бази и крт је. Пошто је пегматитског порекла налази се претежно у пегматитима или прати метаморфне стене.

Племенићи берил који је изванредно провидан и лепе је боје, сматра се драгоценим каменом веће вредности. Међу његовим варијететима треба да се помене *смајрад* интензивно зелене боје и *аквамарин* жуте, морскозелене или плаве боје чији примерци могу да буду и до 110 кг тешки.

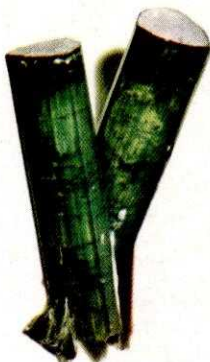
Гранати. — Гранати су силикати веома различитог хемијског састава који кристалишу у ромбододекаедри и трапезоиди тесералног система. Појављују се и изоловани кристали посебног хабитуса (кристални облик), понекад и великих димензија, слободни, у групама и у песку. Могу бити било које боје изузев плаве (али се најчешће појављују у тамноцрвеној боји), провидни и непрозирни, стакластог су сјаја.

Гранати имају велики петрографски значај и веома су чести, налазе се, према врсти варијетета, у свим стенама. Поменућемо најважније: *процуплар* безбојан, црвен или жут; *андрадит*, кестењаст, црн, смоластог сјаја, типичан је контактни минерал (минерал који настаје кад једна магматска стена пробија другу); *меланит*, гранат који садржи титанијум и гвожђе, црне боје, основна компонента еруптивних стена; *шпид*, крвавоцрвене боје који је познат у индустрији накита као „чешки гранит” и доста цењен; *алмандин*, црвен и кестењасте боје који се налази у гнајсу и филитомикашистима; и *сиесаритин*, жуте до кестењасте боје.

МИНЕРАЛИ КОЈИ САЧИЊАВАЈУ СТЕНЕ



Оливин



Турмалин



Турмалин, варијетет рубелит



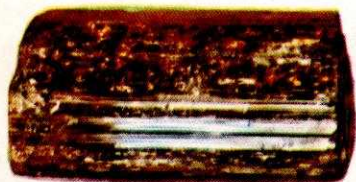
Турмалин урастао у кварц



Берил, варијетет аквамарин



Гранат



2. МИНЕРАЛИ МЕТАЛОНОСНИХ СЛОЈЕВА

А. МЕТАЛИЧНИ МИНЕРАЛИ

Минерали гвожђа. — Гвожђе, ба-
за сваке модерне индустрије прави је
показатељ степена економског развоја
једне нације, сачињава 4,6 одсто Земљине
коре. Добија се из минералних концен-
трација, употребљивих за издвајање, које
се налазе у облику оксида, хидроксида и
карбоната разбацианих међу еруптивним
стенама претежно силикатског састава.
Гвожђе се веома често појављује и у
облику сулфида.

Главни минерали гвожђа јесу: *магнетит*
(Fe_3O_4), са 72,4 одсто гвожђа; *хематит*
(Fe_2O_3) са 70 одсто; *лимонит* ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$)
са 59,9 одсто и *сидерит* (FeCO_3) са 48,3
одсто гвожђа.

Сулфидна лежишта са *пиритом* (FeS_2),
пироитом (FeS) и *марказитом* (FeS_2)
искоришћавају се као сировина само у
случајевима када је тешко наћи раније
поменуте минерале, као што је био слу-
чај у Немачкој за време прошлог рата,
и то зато што садрже мале количине арсе-
ника (As) што знатно отежава рад у
добивању гвожђа. Те друге минералне
наслоге, као оне у Рио Тинту (Хуелва),
искоришћавају се због велике количине
бабра које садрже, па представљају одлич-
не сировине за добијање тог метала. Пир-
рит се употребљава као сировина за
добијање сумпорне киселине.

Магнетит кристалише по тесералном
систему у октаедри гвоздено-црне боје ме-
талног сјаја. Налази се разасут међу
вулканским стенама и у великим насла-
гама магнетитног песка. У лежиштима се
појављује као црна компактна маса. Сна-
жно је магнетичан, својство којим се ко-
ристи да би се сепарирао од песка, где је
скоро увек праћен *илменитом* (FeTiO_3).

Хематит се кристалише у веома лепим
тригоналним здруженим црвеним криста-
лима али може бити и челичносив до
гвозденоцрн, но огребу му је увек црвен
и сачињава неправилне агрегате облика
розете — руже Олигиста. На острву
Елби налазе се лепо примерци таквих
розета. На налазиштима се појављује и
у аморфним наслагама, које су компактне
или помешане са земљом, без металног
изгледа, ружичасте боје, која се зове
окрашћено. Понекад се појављује и у

облику љускастих наслага: *лискунасти*
олигист са изгледом графита.

Магнетит и хематит су веома цењени
минерали гвожђа, у Југославији их има
код Ресног Хриба, у околини Вареша,
код Љубије, на Руднику и Копаонику.

Пирит је најраспрострањенији од свих
сулфида. Појављује се у пространим ми-
нералним масама. Кристалише по тесе-
ралном систему, кристали су обично у
облику коцке или пентагондодекаедра (ко-
ји се називају пиритоедрима, јер су кар-
актеристични за пирит), често се близне
у облику крста. Жути су а понекад кесте-
њасте, због површинског утицаја лимони-
та. Просечна тврдоћа је 6 до 6,5 а при
кресању даје варнице и мирис на сумпор.
Атмосферски утицаји мењају пирит врло
брзо и претварају га у ферисулфат; де-
лом га оперу воде које се налазе у жици
а делом оксидира у ферисулфат, који се
одваја у облику лимонита. Тако настали
лимонит остаје на површини лежишта
минерала образујући тзв. *капу наслаг*.

Минерали бабра. — Бабар је ме-
тал познат још из најстаријег античког
доба а данас се најшире употребљава као
добар проводник електрицитета. Легиран
са калајем даје бронзу која се употребља-
вала за израду ватреног оружја и опреме
за домаћинство. Основни минерали бабра
састављени су претежно од *халкопирита*
(FeCuS_2) и разних сулфида и сулфо-арсе-
нида бабра и гвожђа. Та, секундарна је-
дињења, настала оксидацијом, углавном
се састоје од секундарних сулфида: *халко-
зина* (Cu_2S) и *кобелита* (CuS); као и кар-
боната: *малахија*, $\text{Cu}_2\text{CO}_3\text{Cu}(\text{OH})_2$ и *азу-
риша*, $2\text{CuCO}_3\text{Cu}(\text{OH})_2$.

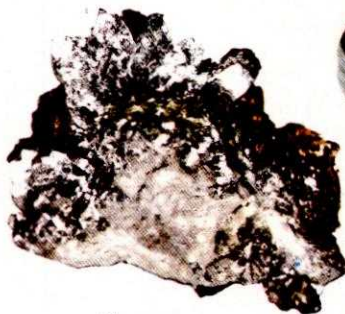
Халкопирит кристалише у малим те-
трагонским кристалима, збијеним и слич-
ним тетраедрима. По правилу се појав-
љује у компактним масама, са другим
минералима бабра и гвожђа, као нпр.
у бакроносним комплексима у Аризони
и у Чилеу, у Југославији код Бора, или
прати у малим концентрацијама велике
масе пирита као у Тарзису и Рио Тинту.
Жут је са прелазом у зеленокasto, са
честим преливима дугиних боја.

Малахиј се појављује у облику призма-
тичних кристала по моноклиничком си-
стему, холоедарски, углавном слабо раз-
вијених. Најчешће се налази у безоблич-

МИНЕРАЛИ МЕТАЛОНОСНИХ ЖИЦА



Октаедарски кристал пирита



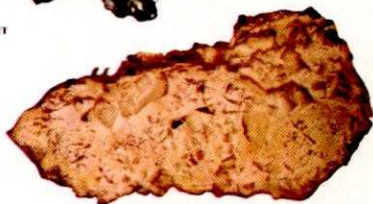
Марказит



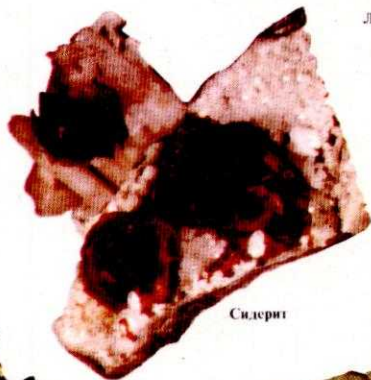
Магнетит



Одигит



Лимонит



Сидерит



Халкопирит



Скрамсти малахит

ним масама или као псеудоморфан (облик других минерала). Може имати нијансе почев од смарагднозелене до тамно-зелене боје а сјај му је стакласт. Врло је распрострањена бакарна руда а постанак му је везан за распаѓање бакарних руда од којих настаје оксидацијом,

Минерали живе. — Мада се жива налази у елементарном стању и у облику амалгама са племенитим металима, као руда од значаја је једино минерал живе који се налази у природи а то је њен сулфид — *цинобарит*. Тај минерал кристалише по ромбоедарском систему, и по кристализацији спада у исту класу као и кварц, мада се веома ретко налази у добро формираним кристалима, па је чак и тешко да се нађе у кристалној форми уопште. По правилу, налази се у облику слојева аморфне масе или у облику расуте прашине. Боја му је скерлетно-црвена, тамноцрвена или смеђа. Цинобарит има велики економски значај. Његови слојеви су формирани при ниској температури, чак и ако су неки од њих и вулканског порекла.

Минерали цинка. — Бели метал, плавичастог металног сјаја, ниске тачке топљења (419°C), цинк се углавном употребљава за прављење легура, као нпр. месинга и за превлачење метала који лако оксидишу, као нпр. гвожђа.

Главни минерал цинка је сулфид цинка, који се у природи јавља као *сфалерит* (ZnS) или *блестљивац* (*бленда*). Кристалише по тесералном систему, врло ретко у облику *хурцит*а који кристалише по хексагоналном систему. Поред сулфида и карбонат цинка, ZnCO_3 *смитсонит*, убраја се у руде цинка.

Сулфид цинка обично се јавља у великим количинама у пратњи галенита, сулфида олова, тамнокестенастих до црних громада, састављених од зрнаца различите величине. Од галенита се издваја флотацијом (начин сепарације), која омогућава такву концентрацију минерала да се од њега може добити 45 до 55 одсто метала. Металургија цинка је сложена и захтева сировину доста богату металом.

Сфалерит се на неким местима, као у Пиринејима, јавља у облику добро развијених правилних кристала тетраедарске хемиедрије а и у многим другим форма-

ма. Кристали су меденожуте боје, али могу бити и црни, зеленкасти, безбојни и бели. Неки су непрозрачни али могу бити прозрачни чак и провидни као карамелни или медени сфалерит.

Лежишта цинка састоје се од сфалерита, који је примарни минерал, и групе минерала који се налазе у површинским зонама лежишта, а који су настали хемијским променама сулфида (путем оксидације, спирања подземним водама и продором раствора у кречњаке или доломите где се формира карбонат као што је *смитсонит* или *хидроцинцит*).

Минерали олова. — Светска производња олова базира на три минерала: *галенит* (PbS), *церусит* (PbCO_3) и *англезит* (PbSO_4). Последња два минерала производ су хемијске трансформације галенита па се зато и налазе увек уз лежишта галенита. Упркос огромне раширености галенита, минерал који се сматра корисним за добијање олова, налази се само у неким крајевима, међу којима је и долина Мисисипија у САД, где се налазе највеће на свету концентрације минерала олова и цинка. У централном делу Мексика, између Чихуахве и Коахиле, налази се пространо подручје богато оловним рудама. И у Јужној Америци се налазе богата лежишта тог минерала. У Европи су у тзв. *средњој ирвинији* у Шпанији богата лежишта искоришћавали још Римљани пре 2000 година. Позната налазишта у Шпанији су на Сијера Морени у области Линеарес-Каролина. У Југославији га највише има у Трепчи, затим по Руднику, Копаннику, у близини Авале; код Новог Брда, Јањева, Злетова, Добрева, око Вареша; у Мешацама и Чрној, код Литије и Камнице.

Галенит се јавља у кристалима изванредног облика, скоро увек знатне величине, у виду коцке и октаедра, који имају савршену и карактеристичну цепљивост, паралелну пљоснима коцке. Оловносив, са јаким металним сјајем који се особито истиче на свежим површинама цепљивости које, после извесног времена постају нешто замућене услед оксидације. Хемијски састав галенита је уједначен, садржи готово увек сребра, антимона, гвожђа и цинка; сребра може у неким случајевима садржавати и до 3 одсто (среброносни галенит).

МИНЕРАЛИ МЕТАЛОНОСНИХ ЖИЦА



Карамелни сфалерит на доломиту



Кошка галенита са пљосни октаедра и цепљивости паралелне пљосни кошке



Галенит (кристал комбинован од кошке и октаедра) на калциту



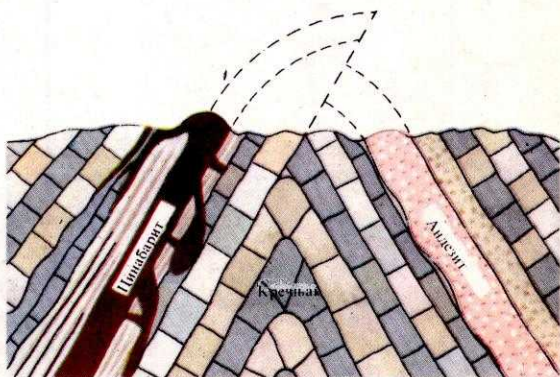
Церусит



Пироморфит



Цинабарит са кварцом



Слој (дежиште) цинабарита

Б. МИНЕРАЛИ ЈАЛОВИНЕ

Као што смо видели, сулфиди и оксиди су основне сировине за добијање метала које ти минерали садрже. Они у њиховом природном стању сачињавају главне металичне минерале. Али те минерале у природи прате и минерали који су по хемијском саставу соли, карбонати, сулфати и халогениди. Улежиштима металичних минерала ти минерали, заједно са безвредним стенама, сачињавају део лежишта која се не искоришћавају у процесу добијања метала, па се зову *минерали јаловине* или *краће јаловина*. То не значи да неки минерали, који у рудницима метала представљају јаловину, не могу имати економски значај. Такви минерали када образују сопствена лежишта, као флуорит, мермер, барит, представљају корисну руду.

Карбонати. — Карбонати су минерали плочастог изгледа без одређене боје. Могу бити бели или лако обојени, изузев ако садрже кобалт (Co) или бакар (Cu). Главни чланови те класе образују две изоморфне групе.

За прву групу карактеристични су: *калциј* (CaCO_3), *доломит* ($\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$), *магнезит* (MgCO_3), *смитсонит* (PbCO_3), *сидерит* (FeCO_3), *дијалогит* (MnCO_3), *сфериокобалит* (CoCO_3). Ти минерали који се могу мешати у свим пропорцијама појављују се у облику добро развијених кристала ромбодарског система у облику скаленеодара, ромбодара или комбинације једних и других.

Калциј, најтипичнији представник прве изоморфне групе, налази се у веома лепим кристалима врло богатим комбинацијама пљосни (констатовано је преко хиљаду комбинација). Јавља се у облику близанаца разних облика. Безбојан је а када је густ најчешће је бео или различито обојен страним примесима. Стакасте је сјајности, карактеристичне када калцинише у облику купе. Калцит је веома раширен минерал. Сачињава седименталне стене које покривају велика пространства Земљине коре.

За другу изоморфну групу кречњака карактеристични су *арагонит* (CaCO_3), *вишерит* (BaCO_3), *ситронцијанит* (SrCO_3) и *церусит* (PbCO_3). Ти минерали кристалишу по ромбичном систему, кристали су углавном ближињени (близанци), попри-

мају псеудохексагоналне форме каткал у облику призми које подсећају на куле. У суштини нису јаловине али се на овом месту о њима говори због њихове сличности са калцитом.

Арагонит, најтипичнији представник друге изоморфне групе карбоната, налази се у аморфним масама и представља минерал од кога су сачињени сталагмити и сталагмити, у зракастим и фиброзним агрегатима и у виду ситнијих и крупнијих лоптица сличних грашку (грашењак).

Сулфати. — *Барит* (BaSO_4) једини је минерал ове поткласе који се налази заједно са металичним сулфидима као јаловина. Са *ситронцијанитом* (SrSO_4) и *англезитом* (PbSO_4), сачињава једну изоморфну групу. Стронцијанит се јавља, мада не често, у металоносним жилама, док је англезит типичан минерал хемијских трансформација, као што смо то рекли код минерала олова. Цела та група кристалише по ромбичном систему. *Барит* се јавља у веома лепим кристалима који су богати у комбинацијама пљосни, у цвастом облику и у карактеристичним агрегатима који личе на књигу. Барит је јако распрострањен; налази се у компактним масама које се понекад и економски искоришћавају, као и у сабијеним и грумнатим наслагама.

Халогениди. — Једини минерал ове групе који се налази у металоносним жилама јесте *флуорит* (CaF_2). Појављује се у савршеним кристалима који спадају у тесерални систем, скоро увек у комбинацији коцке и октаедра или ромбододекаедра. Често се налазе кристали-близанци настали продирањем двеју коцки једне у другу; појављује се и у аморфном стању а и у зрнастим агрегатима. Цела се савршено по пљоснима коцке. Ретко је безбојан, обично је љубичаст, зелен, црвен, модар, жут, смеђ, бео, па чак и црн као што је случај са флуоритима у близини радиоактивних лежишта. Неки су кристали провидни а неки само прозачни; флуоресцентан је; због његове мале дисперзије употребљава се у производњи објектива за микроскоп. Флуорит је раширен по целој Земљи, обично се налази у количинама које се могу искоришћавати и то у хидротермалним жилама мале температуре као и у металоносним жилама. Треба поменути величанствене кристале из Камберленда (Велика Британија) и кристале нађене у алпским венцима.

ГЕОЛОШКИ АТЛАС

МИНЕРАЛОГИЈА

Серија

Б

Број

7

МИНЕРАЛИ ЈАЛОВИНЕ



Кристал калцита у облику скаленоедра



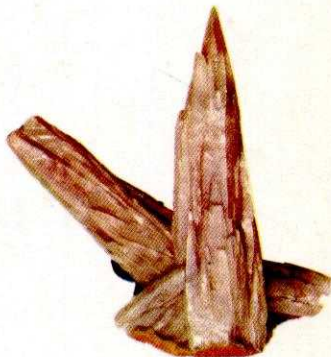
Кристали доломита на магнетиту



Калцит, варијетет зван исландски спат



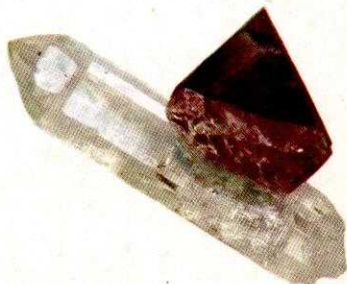
Арагонит (шишаркасти агрегат)



Арагонит



Барит (агрегат у виду књиге)



Флуорит (октаедрески кристал) на кристалу кварца

3. ДРАГО КАМЕЊЕ

Спинел. — Спинел је завршни минерал једне изоморфне групе минерала — спинела. Као хемијска формула може да се узме израз $MgAl_2O_4$ иако Mg може да буде делимично или потпуно замењен са Fe, Mn, Zn или Cr.

Кристалине по тесералном систему, у малим али добро развијеним кристалима, скоро увек у облику октаедара, понекад као ромбододекаедар и, најређе, као копки. Појављује се скоро у свим бојама, али најчешће је црвен. Огреб му је бео, сјајност стакласта, може бити провидан или потпуно непрозрачан.

Хризоберил. — Хризоберил кристалише по ромбичном систему, појављује се ретко у једноставним облицима већ обично у компликованим близанцима: по две једноставне индивиде близне се по једној пљосни ромбичне призме; по три таква близанца близне се међу собом привидно, образујући сложену близну групу сличну бипирамиди. Тамнозелени варијетет хризоберила зове се *александрит*. По хемијском саставу хризоберил је берилијум-алуминат, $Be(AlO_2)_2$. Боје је зеленкастожуте до смарагднозелене, понекад са таласастим рефлексом који подсећа на мачије очи, у чистом стању је провидан иначе прозрачан. Чисти при-

мерци представљају веома цењено драго камење, као што су такви који се зову *мачије око* или *цимофан*.

Корунд. — Корунд кристалише по тригоналном систему* у кристалима призматичког облика, понекад знатне величине, са бипирамидама или ромбодримима. По хемијском саставу корунд је Al_2O_3 , скоро је чист, ретко је безбојан, може бити смеђ, љубичаст, сив, жут, црвен у различитим нијансама; боје су често зонално распоређене због примеса других минерала. Могу бити прозрачни и непрозрачни. Само варијетете који се одликују провидношћу масе, и, уз то, потпуном безбојношћу или чистом одређеном бојом, зовемо *илемениши корунд* и они представљају драго камење. Најскупоценији су тзв. *источњачки сафири* азурноплаве боје и *источњачки рубин*, леп црвени камен потпуно провидан.

Тиркиз. — Тиркиз је хидратисани алуминијев фосфат са бакром и гвожђем као примесама. Појављује се као згрушани гел** или у микроскопски ситним кристалима триклинског система. Опште узев то је непрозиран минерал, а постаје провидан тек када се претвори у прах (елементарни кристал). Небескоплаве је или зелене боје јабуке; има слабу штању сјаја, а огреб му је бео.

4. МИНЕРАЛИ СЕДИМЕНТНИХ ЛЕЖИШТА

Апатит. — Апатит кристалише по хексагоналном систему а појављује се у кристалима врло различитих величина. Утиснути кристали имају призматични хабитус (облик), док су кристали који се налазе у пукотинама гранита (Алпи) цевастог облика. Од потпуно безбојних варијетета до мутно непрозирних, апатит може имати најразноврсније боје, међу којима треба подвући зеленожућкасту и зеленоазурну, оба варијетета употребљавају се за накит. Апатит је веома распрострањен међу лежиштима различитог порекла, а важно је како с геолошког тако и с техничког гледишта да је он главна минерална сировина за добијање фосфорне киселине. Појављује се у два варијетета: као *апатит* у облику кристала и као *фосфорит* у аморфно-колоидном крипто-

мерном (невидљива зрна) и земљастом облику.

Боксит. — Боксит је минерал који настаје пулверизацијом (распадањем) фелдспата и фелдспатоида под нарочитим условима средине, а састављен је од смеше алуминијевих оксида и хидрата, који се сматрају као посебне врсте минерала од пре релативно мало година. То је једина сировина за металургију алуминијума, најобилнија у Земљиној кори. Састав боксита, данас већ тачно познат јесте: *хидратисани*, $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$, *дијаспор*, $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ и *алумоел*, $Al_2O_3 \cdot nH_2O$.

* У нашој литератури не издваја се тригонални систем кристализације. То је у нас облик хексагоналног система.

** Гел је компактна желатинска маса.

ПЛЕМЕНИТИ МИНЕРАЛИ И СЕДИМЕНТНА ЛЕЖИШТА



Синисл на калшиту



Хризоберил



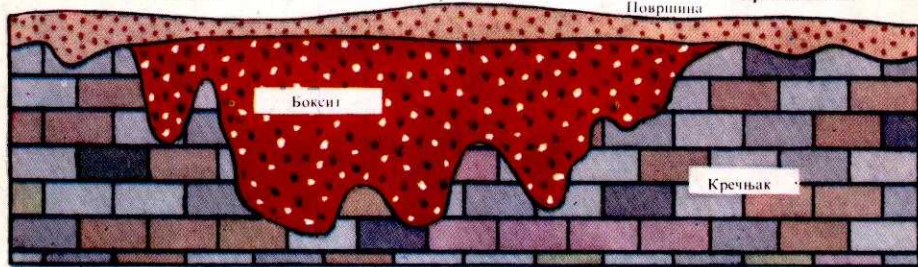
Корунд



Тиркиз



Кристал апатита



Лежиште боксита



Глинени шкриљци
(тапилозит)

Кристални шкриљци

5. МИНЕРАЛИ СОНИХ ЛЕЖИШТА

Хемијски талози (сони минерали) формирали су се за време сувих и топлих климатских периода испаравањем великих маса морске воде које су биле одсечене од мора и заостале дубоко на континентима услед ерогених или трансгресионих појава. То је исти процес који се данас одвија у соланама, великим вештачким језерима слане воде, из којих се добија највећи део соли за кухињу. Сепарација компонената растворених у сланој води остварује се сама по себи, због њихове неједнаке растворљивости. Постоје три опште врсте сонних лежишта: калијумска, боратска и нитратска.

а) **Калијумска лежишта.** — Калијумска лежишта састављена су од соли које се прве таложе, па су она и настала на почетку испаравања. На првом месту то је калијум сулфат у виду *пйса* ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и *анхидриџа* (CaSO_4), затим *кухињска со* (NaCl) и, као последња фаза, при испарењу, таложиле су се калијумове и магнезијумове соли: *сџџин* (KCl) и *карналит* ($\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), помешан увек са кухињском сољу. Сона лежишта су сачињена од слојева у облику сочива различите дебљине која се креће од неколико сантиметра до 40 метара. У великим соним лежиштима налазе се „*брегови соли*“, у облику куполе, са основама у дубини, згњечени и који се протежу навише. Због пластичности минерала такви брегови су сачињени од хомогене масе. Један од примера те појаве је „*планина соли*“ код Кардоне у Шпанији.

б) **Лежишта бората.** — Највећа количина бората, који се налазе у природи, настала су таложењем из сланих језера. И минерали ове поткласе налазе се у раније описаним базенима калијумовских лежишта. Наслаге од економског значаја производ су таложења на обалама и на дну језера као што су Сирлес, Овенс и Боракс језера у Калифорнији. Међу примерима наслага бората, које су настале потпуним испарењем језера најпознатије је налазиште у Долини смрти у Калифорнији, чија су лежишта искоришћавана у току многих година и тек у најновије време напуштена. Наслаге бората постоје и у Чилеу, у Боливији и у Аргентини. Главни минерали који се налазе у тим лежиштима јесу: *боракс*

($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), *колчашин* ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), *керниџ* ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) и *борпјин* ($\text{Mg}_2\text{B}_{10} \cdot \text{O}_{26}\text{Cl}_2$).

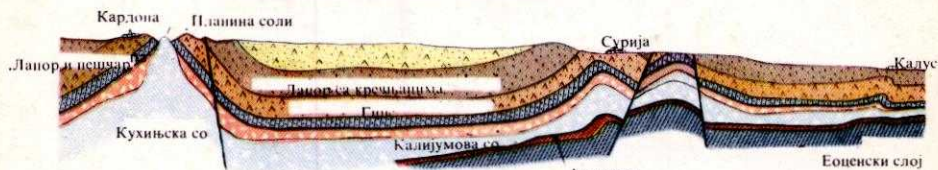
ц) **Лежишта нитрата.** — Слојеви нитрата настали су испаравањем језера чије су воде садржале та једињења. Једино лежиште нитрата које садржи *калијебу шалиџу* (KNO_3), а које се искоришћава, налази се у Чилеу у пустињама Атакама, Тарапака и Антафагоста, а која сачињавају један појас који се протеже паралелно с Андима, дуг 600 а широк од 20 до 150 км. Материјал који садржи 25—30 одсто чисте шалитре зове се *каличе* а слојеви који се налазе на површини *калиџерас*. Изгледа да су та лежишта у вези са вулканским стенама које се протежу горњим платоима.

Кухињска со. — Кухињска со (NaCl) је већ поменут минерал, кристалише по тесралном систему у коцке и ретко у октаедри. Појављује се у зрналим и фиброзним агрегатима и творевинама које образују сталактити. Безбојан је, не може се појавити и црвен или жуто због оксида гвожђа који садржи и, изузетно у плавој, због прекобројних атома натрија распоређених у решетки кристала. Лако се цепа паралелно плоснима коцке. Врло је растворљив у води, међутим, његова растворљивост се не мења знатно променом температуре. То је минерал најшире познат и употребљаван.

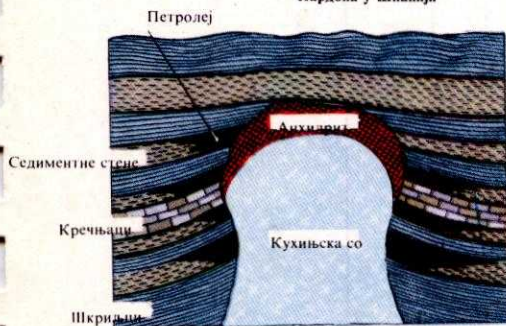
Да би се обезбедило поседовање соли, због њене битне важности, аранжирани су многи трговачки споразуми па су чак и вођени ратови. У средњем веку, у највећем делу европских земаља, због соли се није презало ни од угњетавања ни од побуна.

Гипс. — Гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) је минерал моноклиничког система кристализације, појављује се у кристалима различитих облика, углавном призматичним, табличастим и сочивастим, често ближњеним у облику врха копља. Безбојан је или бео, показује на неким плоснима седефасту сјајност а на другим стакласту. Гипс је мекани минерал — може се огреbstи и ноктом. Један варијетет гипса употребљава се као орнаментни материјал и за израду вајарских минијатура — *алџабашер*.

МИНЕРАЛИ СОНИХ ЛЕЖИШТА



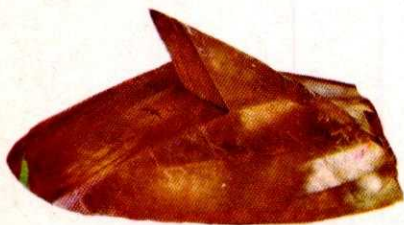
Схематски пресек басена калијумских лежишта Сурија-Кардона у Шпанији



Купола соли (схема) са калотом од анхидрита



Табличаст кристал гипса



Гипс (ближњење у облику копља)



Гипс (ближњење у облику копља)



Медантерит (зелена галица), зрнаст варијетет



Епсомит (горка со), влакнаст варијетет

6. ЕЛЕМЕНТИ

ПЛЕМЕНИТИ МЕТАЛИ. — Племенити метали кристалишу по тесералном систему, у облику октаедра, кошке и ромбододекаедра. Мекани су, па им се зато рогљеви кристала брзо исхабају, жилави су и тешки, имају интензивну сјајност.

Злато (Au), типичне је жуте боје налази се у две врсте лежишта: *рудничко злато* налази се у жицама утиснутим у гранитске стене и у пратњи кварца и *златоносних* — концентрације честице злата које сносе реке са гранитних планина и таложне једно са песком у ниже пределе где је струја воде слабија. Међу лежиштима прве врсте могу се поменути најбогатија налазишта код Витватерсренда (Трансвал) и у Чилеу, где је нађен грумен злата тежак 153,16 кг;

Сребро (Ag), има типичну белу боју, појављује се са површинском променом због оксида који му даје сивоцрну патину. Елементарно сребро има мали значај као користан минерал а налази се у лежиштима исте врсте као и злато.

Сумпор. — Сумпор. (S), кристалише у облику лепих ромбичних кристала у форми бипирамиде и сфеноида, боје је лимунскижуте, провидан је или прозиран и дијамантске је сјајности. Лош је проводник топлоте и електрицитета, трљањем се наелектрише негативно. Лежишта сумпора појављују се: а) око вулкана (Јапан, Мексико, Чиле); б) на странама купола соли; в) у облику седиментних слојева (СССР, Сицилија, Шпанија). Елементаран сумпор, релативно инертан, сагорева на температури од 247°C и претвара се у SO_2 који се употребљава за добијање сумпорне киселине.

Дијамант. — Дијамант је драги камен који се највише цени и има највећу тврдоћу од свих природних супстанција које су до сада познате. Састављен је од чистог угљеника (C), обични реагенти га не нагризају, а његов високи индекс преламања и дисперсије светлости даје му ненадмашиву рефлексију и сјајност. Изгледа да су први дијаманти били откривени у Индији око 800 година пре наше ере и, мада су га познавали и ценили Грци и Римљани, његова вредност није тако велика све до средњег века када је био откривен начин његове обраде.

Кристалише по тесералном систему,

јавља се у облику октаедра: понекад у облику додекаедра а ретко у облику кошке. Кристали су савршени и врло правилни, са добро развијеним свим пљоснима и јављају се појединачно, али могу бити деформисани, неправилни са траговима рапавости, и са заобљеним пљоснима. Лаке је и савршене октаедарске цепљивости, што се знатно искоришћава приликом обраде, и врло је крт. Његова необична сјајност је за разлику од других, названа *дијамантска сјајност*. Може бити јасан и провидан као вода али и мутан и непрозиран. Ретко се налази обојен у интензивно плаву или црвену боју. При обради (гlačању) искоришћавају се његова оптичка својства да би се у његовој унутрашњости постигла тотална рефлексија и тако добио драги камен познат под именом *бриљант*.

Код дијаманата можемо да разликујемо следеће варијетете: *дијаманти*, изоловани и веома чисти кристали — драги каменови; *дијаманти бојни* густе масе, неправилни, фиброзни, зракасти и *црни дијаманти (карбонадо)*, зрнасти величине грашка, налик на кокс. Оба последња варијетета употребљавају се у индустрији.

Графит. — Графит је такође минерал који се састоји од чистог угљеника (C) и представља најстабилнију форму његових полиморфних варијетета. Кристалише по хексагоналном систему, јавља се у призматичним масама знатно трошним, ретко се налази у облику хексагоналних плочица. Има челичносиву боју металне сјајности и тамносиви огреб. Лако се цепа, савитљив је али не и еластичан, масне цепљивости, провидан је у веома танким листићима, добро проводи електрицитет. И графитска лежишта се појављују и при вулканским и при седиментним стенама, но и поред тога они су карактеристични за метаморфне стене. Процеси контакт-ног и регионалног метаморфизма дали су најзначајнија графитска лежишта, као што су насlage у Сибиру, на Мадагаскару и у Мексику. Минерал који се добија на Цејлону веома је цењен због његове чистоте и због његовог кристалног стања. Његове шкриљасте варијанте употребљавају се у индустрији за израду судова за топљење метала и као средство за подмазивање.

ЕЛЕМЕНТИ



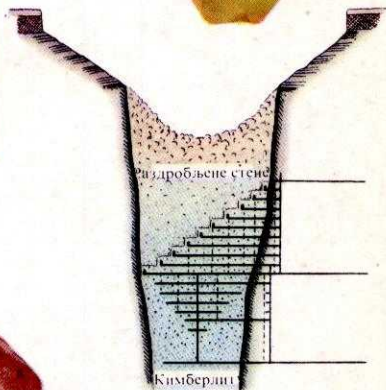
Елементарно рудничко злато



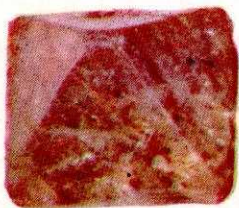
Кристал сумпора



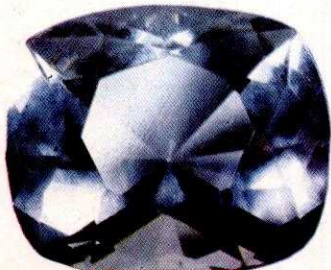
Схема једне куполе соли



Дијамант описно окно у Кимберлију
(Јужноафричка Унија)



Дијамант, природни кристали



ПЕТРОГРАФИЈА

ШТА ЈЕ СЕНА

Сене су структуралне јединице које сачињавају нашу планету. Део геологије који проучава састав и порекло стена зове се *пейрографија*.

Сене можемо да дефинишемо као природне агрегате честица једног или више минерала. Појам сене често прати поимања на улогу кохезије, док се геолошки посматрано стенама сматрају тврд и отпорни базалт исто толико као и шљунак, песка или иловача.

Историја Земље представља непрекидне супротности између две велике групе узрочника геолошких промена; то су такозвани *ејзоени* и *ендоени геолошки процеси*. Први су по својој суштини разарачки, дејствују површински и њихове акције манифестују се великим циклусима ерозије, одношења материјала и таложења. Ендоени или унутрашњи, далеко упечатљивији у својим манифестацијама, стварају нове структуре и представљају убедљиве доказе о постојању и снази унутрашње енергије планета.

Свака врста геолошких процеса тежи да формира карактеристичне типове стена, и управо студијом структуре тих стена, њиховог састава и геолошких услова њиховог распореда, геолог реконструира процесе који су све то условили, као и њихов каснији развој.

КЛАСИФИКАЦИЈА СЕНА

Сене можемо, према процесу њиховог формирања, поделити у четири велике групе: *седиментне*, *мајаморфне*, *ијујонске* и *вулканске**. *Седиментне сене* створене су на површини Земље дејством егзогенних процеса. *Мајаморфне сене* настале су трансформацијом већ постојећих стена дејством притиска и температуре у дубини Земљине коре. *Ијујонске* или *улирамајаморфне сене* представљају последњи стадијум метаморфне тран-

сформације у вези са великим орогеним процесима. *Вулканске* или *мајаморфне сене* настале су кристализацијом растопљене масе или магме која, пошто се пробије кроз унутрашње слојеве Земљине коре избија на површину у виду вулкана.

Према степену кристализације масе од које је сачињена стена, сене можемо поделити на: *холокристалне*, *хипокристалне* и *хипалине*. Прве су потпуно кристализоване; друге су делом кристализоване а делом аморфне; док су треће потпуно аморфне, имају изглед стакла па се зову и *сијакласне сене*.

ПЕТРОГЕНИ МИНЕРАЛИ

Минерали који сачињавају сене зову се *пейроени минерали*. Они могу бити *бијени* (по чијем се присуству или одсуству одређује карактер сене), *сијорени* (који су присутни у свакој стени али у подређеној количини) *акцесорни* (који у неким случајевима заступају битне или су карактеристични за извесне геолошке догађаје па се по њима може одредити варијетет сене).

Карактеристично је за петрогене минерале што је њихов број ограничен: од око стотину силиката и алумосиликата само се око тридесет чешће јављају.

Неки настају кристализацијом растопљене магме: то су минерали магматских стена; други прекристализацијом у посебним условима притиска и температуре: то су минерали метаморфних и плутонских стена. Минерали седиментних стена настају мењањем минерала претходних стена путем оксидације, хидратације, разлагања итд. Према томе свака група стена појављује се са карактеристичним минералима.

СТРУКТУРА СЕНА

Структура представља карактеристичан распоред и облик састојака једне сене. Сене имају типичне структуре за вулканске, метаморфне, плутонске и седиментне сене.

Тако је за вулканске сене карактеристична *микролитска сијруктура*; за метаморфне сене *шкриљаста сијруктура* или *кристалобластичан склоп*; за плутонске сене *зрнаста сијруктура* а за жилне сене *иорфирна сијруктура*.

* У нашој литератури сене се деле само на магматске, метаморфне и седиментне. Магматске сене деле се на *дубинске* или *ијујонске* и *изливне* или вулканите (прим. прев.).

ГЕОЛОШКИ АТЛАС

ПЕТРОГРАФИЈА

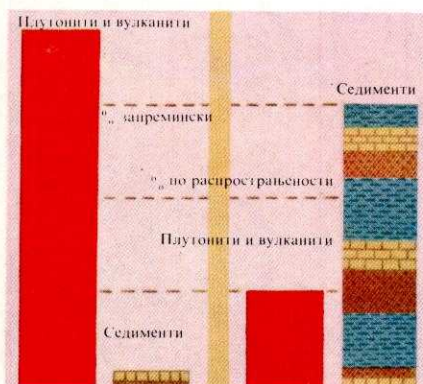
Серија

B

Број **1**

Геолошки процес	Врсте стена	Место
Екзогени	Седиментни	Базени таложења Геосинклиналне зоне
Ендогени	Метаморфне	Зоне регионалног метаморфизма Контактне зоне са плутонитима
	Плутонити	Орогенетске зоне и зоне ултраметаморфизма
	Вулканити	Зоне дубоких пукотина

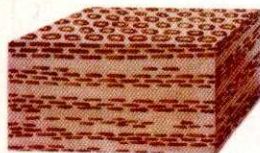
Класификација стена по постанку



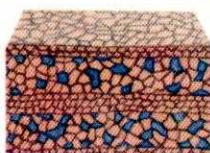
Процентуално упоређење стена у Земљиној кори

	Гранити	Базалти	Пешчари	Шкриљци	Кречњаци
Кварц	31,3	—	69,8	31,9	3,7
Фелдспати	52,3	46,2	8,4	17,6	2,2
Лускуни	11,5	—	1,2	18,4	—
Хорнбленда	2,4	—	—	—	—
Аугит	—	36,9	—	—	—
Оливин	—	7,6	—	—	—
Хлориди	—	—	1,1	6,4	—
Калцит и доломит	—	—	10,6	7,9	92,8
Глинести минерали	—	—	6,9	10,0	1,0
Минерали гвожђа	2,0	6,5	1,7	5,4	0,1
Остали минерали	0,5	2,8	0,3	2,4	0,3

Упоређење минерала и неких познатих стена



Слојевита



Гранитоидна



Порфирна микрозрнаста



Писана



Флуидна



Панидиоморфна (анлитска)



Сочиваста (гнајсна)



Порфиرويدна



Зрнаста

Макроскопска структура стена

СЕДИМЕНТНЕ СТЕНЕ

Седиментне стене настале су као последица ерозије већ постојећих стена. Производи разарања, транспортовани делом као суспензија, делом растворени у води, напослетку су се слегали у басенима таложењем у виду слојева.

Минералoшки састав седиментних стена проистиче од честица (механичког детритуса) стена од којих воде порекло и од продуката хемијске трансформације састојака (фаза) тих стена, а то су: силикати, кварц, каолин, серицит, иловача, хлорит, лимонит, калцит, доломит итд.

У суштини су седиментне стене састављене од две врсте материјала: а) *геириичних* или *класичних материјала* (честице стене) и б) *материјала исталожених хемијским путем*. Ове две врсте материјала међусобно су помешане у различитим односима у седиментним стенама.

Структура седиментне стене је *класична* или *кристална*, према природи наслага.

Назив *класичан* или *геириичан* употребљава се за оне структуре код којих се јасно види да кристали који је сачињавају потичу од распарчавања и мрвљења стена које су раније постојале. Према томе кристали могу имати било какав облик, величину и састав.

Седименти се образују најпре као растресита маса од зрнаца разноврсних стена која се изталоже, па се после међусобно везују помоћу неке врсте цемента или смеше са дна. Овај физичко-хемијски процес очвршћавања зове се *дијагенеза*.

Према начину постојања седиментне стене могу се поделити на: *распадне**, *геириичне*, *хемијске* и *оригијне*.

Према хемијском саставу седиментне стене можемо разврстати на: *силицијске*, *кречњачке*, *глинасте стене*, *соли* и *сапунљиве седиментне* (међу којима преовладавају угљ и угљоводоници).

ГЛАВНЕ СЕДИМЕНТНЕ СТЕНЕ

Распадне (елувијалне) стене. — Распадне или елувијалне стене јесу седименти настали од распаднутог и нерастворивог материјала других стена, а који није био транспортован водом већ је остао на месту где је била ранија стена. Најважнији примерци ове врсте су *ла-*

иериити и *боксити*, који покривају пространа подручја у тропским и суптропским областима сачињавајући кору црвенкасте боје, сличну рђи.

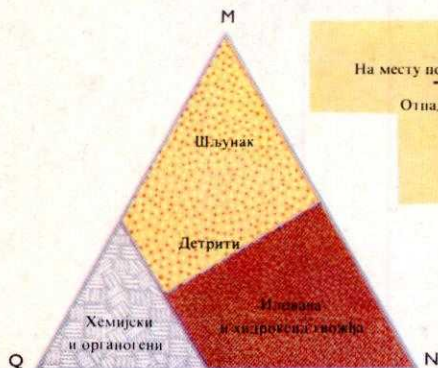
Детритичне (кластичне) стене. — Кластичне стене су постале од ранијих стена које су разорене ерозијом и распадањем а уситњени материјал транспортован на друга места. Могу бити растресите као шљунак и песак или чврсте као конгломерат, пешчар и др. у којима су зрнца камена или песка сједињени кречњачким, силикатским, глиненим или гвоздено-оксидним цементом. Тако су *конгломерати* састављени од шљунка сједињеног кречњака, *кварцити* су ситнозрнаст песак цементован силицијском супстанцијом. *Иловаче* су веома фини детритични седименти настали распадањем алумо-силиката магматских или метаморфних стена. Врло чиста иловача зове се *каолин*. *Шкриљци* су глинасте стене очврсле и постале љускасте великим притиском, коме су биле изложене за време дијагенезе.

Кречњаци. — Кречњак је, можда, најчешћа седиментна стена и стена којом се људи највише користе. Њено порекло може бити кластично (детритично), хемијским таложењем или органогено, али је углавном мешовито. По хемијском саставу су калцијум-карбонати али могу садржавати и глину, оксид гвожђа, мангана, магнезијума и др. Ако поред калцијум-карбоната садржи и магнезијум-карбонате зове се *доломити*. *Лайор* је врста кречњака богатог глином. Неки кречњаци су великим делом образовани нагомиланом фораминифера** као што је то случај код *нумулитског кречњака*, који је карактеристичан за терцијар. *Креда* је мекани кречњак, бео или сив, порозан, оставља мрљу на прстима, састављена је од микроскопских остатака ехинодерма и фораминифера; хемијски је криптокристални калцит. *Кречњаци насипали хемијским таложењем јесу кречњачки алабастиер и мермер*.

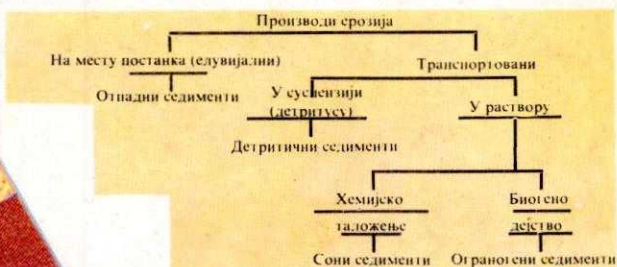
*) Ова врста седиментних стена у нашој литератури се не издваја из групе детритичних седиментних стена.

**) Микроскопски ситне праживотиње са кречњачком љуштуром.

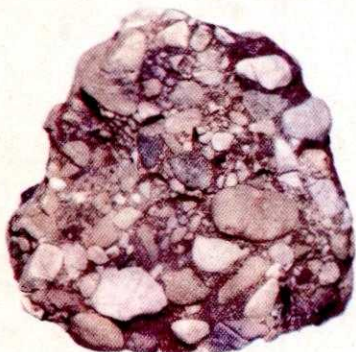
СЕДИМЕНТНЕ СТЕНЕ



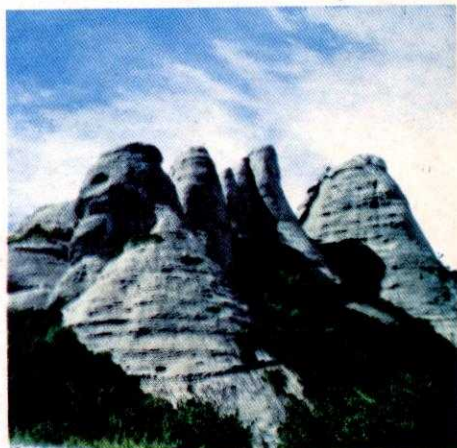
Дијаграм показује основну структуру седимената



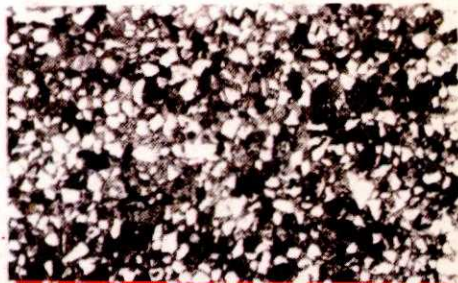
Класификација по стварању



Конгломерат



Облици ерозије на конгломератима



МЕТАМОРФНЕ СТЕНЕ

У вези са орогеним појавама, егзогене (седиментне) и ендогене (магматске) стене могу претрпети велике минералашке, структурне па и хемијске промене, тако да се као последица тих промена појави нови тип стене назван *мешморфном* *сиеном*.

Приликом лаганог угибања великих Земљиних улегнућа (геосинклинала) у дубину, као и каснијег притиска горњих слојева, стене улегнуте коре излажу се новим условима притиска и температуре, а тиме и промени термодинамичких услова равнотеже. То изазива *рекристализацију* материје од које су сачињене. То значи да се формирају нови минерали и ствара нова структура у чврстој средини и при мањој температури од оне на којој се силикати топе у нормалним условима.

Метаморфне стене начелно показују извесну слојасту структуру* што је последица паралелног оријентисања минерала нове формације која их чини сличним седиментним стенама. С друге стране, њихов кристаласти карактер чини их сличним магматским стенама, од којих се разликују по томе што у њиховом саставу не срећемо никад стакласте масе. По свом минералашком саставу метаморфне стене имају исте минерале као и магматске и седиментне стене али су они увек праћени и типичним метаморфним минералима као што су андалузит, силиманит, кардијерит, стауролит, гранит итд.

Структурна карактеристика метаморфних стена јесте *кристалобластичеза*, тј. тенденција да за време прекристализације преовлада једна врста кристализације.

Главни агенси метаморфизма јесу: *општни сасијаб сијене*, *притисак* и *температура*. Различити *сасијаб сијена* условиће различите трансформације у метаморфним стенама. Тако се иловаче претварају у микашисте, кречњаци у мермер, пешчари у кварците итд.

Притисак игра главну улогу пошто мења услове стабилности материјала.

Класична подела метаморфизма на три зоне: спољну, средњу и унутрашњу, заснива се на постојању критичних нивоа који условљавају појаву извесних минерала на различитим дубинама.

Метаморфизам који је изложен и који се односи на простране делове Земљине

коре зове се *регионални мешморфизам* или *геосинклинални мешморфизам*, за разлику од *контактног мешморфизма*, малог обима и мале моћи који се појављује на додирним површинама између седиментних стена и магме док се она пробија кроз Земљину кору.

Контактни метаморфизам карактеристичан је по томе што се формира тврда и црна стена, врло финог зрна и потпуно прекристализована, која се зове *андрадит* или шведским рударским именом *скарн*.

ГЛАВНЕ МЕТАМОРФНЕ СТЕНЕ

Гнајсеви. — Гнајсеви су стене, мање или јаче шкриљасте, сиве, сачињене од наизменичних танких слојева: светлих, зрнасте структуре, богатих фелдспатима и кварцом и тамних, богатих биотитом и хорнблендом.

Магматити. — Магматити су врста гнајса крупног зрна, недовољно изражене шкриљавости, састављене од кварца, плагиокласа и ортокласа; представља прелазни облик између гнајса и гранита.

Микашисти. — Микашисти су шкриљасте стене, претежно тамне, сјајне и свиласте површине у равни шкриљавости, састављене од наизменично распоређених слојева биотита и кварца.

Амфиболити. — Амфиболити су шкриљасте стене тамнозелене боје, у чијем саставу преовлађује *амфибол* праћен кварцом, фелдспатом, биотитом, гранатом итд.

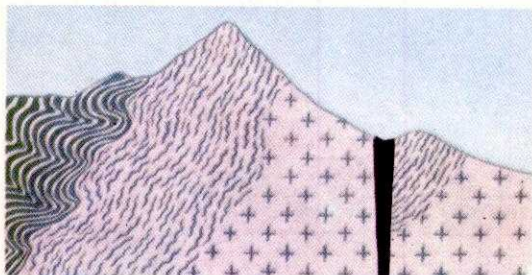
Мермери. — Мермери су зрнасте стене различитих боја, у основи састављене од калцита.

Кварцити. — Кварцити су зрнасте и шкриљасте стене, претежно састављене од кварца.

Корнубианити. — Корнубианити су тамне масивне стене, ситне зрнасте структуре, тврде, жилаве, са црвенкастим мрљама.

Еклогити. — Еклогити су зрнасте стене зелене боје са црвеним зрнцима; састоје се од пироксена и граната.

*) Оријентисаност у структури стена је да честица минерала у стени за време метаморфизма окрећу највећу страну под правим углом према смеру притиска.



Регионални метаморфизам
1: Гранит. 2: Магматити. 3: Микашисти



Контактни метаморфизам



Сочивасти шкриљав



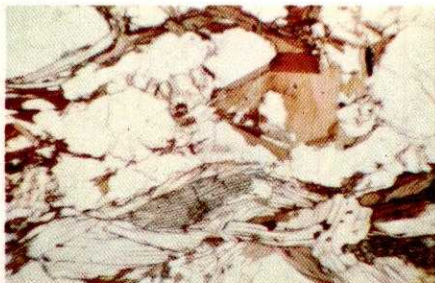
Амфиболит, гранатни



Магматит



Еклогит



Микрофотографија једног гнајса



Микрофотографија једног амфиболита

ПЛУТОНСКЕ СТЕНЕ

Под овим називом разврставају се све грануларне (зрнасте) стене интрузивног* типа, охлађене у дубини Земљине коре, а у току настајања увек повезане са орогенетичким процесима, у чијем се језгру и налазе. То су најмање изучене стене у Земљиној кори. Чињеница да је 95 одсто од свих плутонских (дубинских) или интрузивних стена гранитне природе, упућује да се за решење проблема порекла плутонских стена концентрише на изучавање гранита.

Порекло гранита представља један од кључних проблема у геологији било због тога што је то најшире распрострањена стена у Земљиној кори, или због његове улоге у тектонској и орогенетичкој историји Земље.

Према модерним теоријама гранит је настао трансформацијом раније постојећих седиментних стена путем процеса, у суштини метаморфног, који се назива *гранитизацијом*. Према тој теорији гранит представља последњи стадијум регионалног метаморфизма, при чему се процес гранитизације остварује у суштини у чврстом стању. Геофизичка испитивања су показала да се гранит сусреће у доста плитким зонама Земљине коре, не прелазећи у просеку 20 км дубине. Велике гранитске масе или *интрузије* појављују се на површини када ерозија одстрани седиментне и метаморфне формације које их покривају.

Према условима простирања разликују се две врсте плутонита: *компактни* (интрузивни) и *разбијени* (дифузни).

Типична структура плутонских стена јесте зрнаста, холокрсталаста, зрна су крупна, више или мање једнаке величине и са чврстим међусобним контактом без стакластих маса међу зрнима. Структура гранита указује на једновремену кристализацију свих компонената.

Према хемијском и минералашком са става плутонске стене могу се поделити на *киселе* са 65—80 одсто SiO_2 *прелазне* или *неутралне* са 52—65 одсто SiO_2 и *базне* са 45—52 одсто.

Киселе стене су светле и лаке — *леуокрајне* *сијене*; базне су тамне и тешке *меленокрајне* *сијене*.

Група плутонских стена садржи следеће подгрупе: граните, сијените, диорите,

габре и перидотите.

ГЛАВНЕ ПЛУТОНСКЕ СТЕНЕ

Г р а н и т и. — Гранити су холокрсталасте киселе стене са 75 одсто SiO_2 сиве или црвене, крупно-зрнасте структуре сачињене од кварца, фелдспата, ортокласа, киселог плагиокласа и биотита као битних минерала. Често се јавља са крупним фенокрсталима (знатно крупнији од других) ортокласа и тада се зове *иорфирни кварци*.

Сијени т и. — Сијенити су стене црвене боје, сличне граниту од кога се разликују одсуством кварца. Сачињене су од ортокласа, плагиокласа, хорнбленде и биотита. Има их много мање од гранита, налазе се у масама гранита као периферне зоне, или као изоловане зоне обухваћене масом гранита.

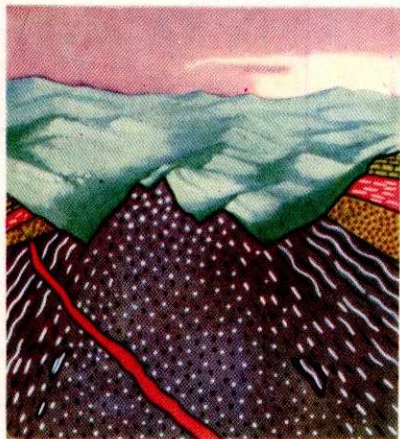
Диорити. — Диорити су тамније стене од претходних и много базичније (са мање од 60 одсто SiO_2) зрнасте су структуре, но зрна су мања, а сачињени су од плагиокласа, хорнбленде и биотита као основних минерала. Карактеристика диорита јесте одсуство ортокласа и зонални распоред плагиокласа. Јављају се као периферне зоне у додиру са плутонским гранитима.

Г а б р и. — Габри су тамнозеленкасте стене крупног зрна, базичније су од диорита а сачињени су од базних плагиокласа и пироксена као битних минерала. Чести су варијетети са хорнблендом и оливином. Појављују се као изоловане масе.

Перидоти. — Перидоти су стене крупног зрна, тамнозеленкасте боје, најбазичнији су у групи са 43 одсто SiO_2 врло густе. По феромагнезијским минералима који преовладавају у њима делимо их на: *дунише* (битна компонента оливин), *широксениш* (битна компонента пироксен), *хорнблендише* (битна компонента хорнбленда). Хемијским променама претвара се у зеленкасту стену названу *серпенишом*.

* Интрузија је маса магме која продре из Земљине унутрашњости у кору међу слојевима слично инсекцији (прим. прев.).

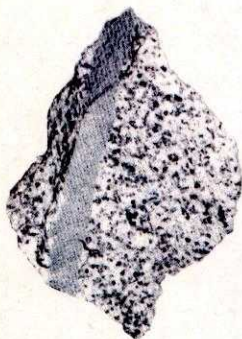
ПЛУТОНСКЕ СТЕНЕ



Геолошки пресек компактног гранитног плутонита

				
Биотит	Биотит	Амфиболит	Пироксен	Оливин
Кисели фаза	Базична фаза	Диорит	Габбро	Неридит
Риолит	Трахит	Андезит	Базит	Лимбургит
75 % SiO_2		60 % SiO_2	Базичност	40 % SiO_2

Минералошки састав плутонских и вулканских стена



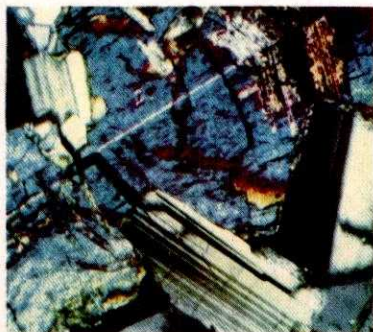
Гранит са танком жилом аплита



Сијенит



Габро



Микрофотографија габра



Магматит

ЖИЧНЕ СТЕНЕ

У ову групу улазе све стене које испуњавају пукотине у Земљиној кори и имају изглед жиле или жице, али на површину не избијају. Геолошки нису независне већ су у тесној повезаности са плутонским и вулканским масама које пресецају. И жилне стене спадају у магматске.

Жилне стене се могу појавити појединачно или у већем броју, било у сноповима жила, вертикалним или нагнутиим, или пак и међуслојним жилама названим „*силс*“.

Типична структура ових стена јесте *микрозрнаста иорфирна*, карактеристична присуством крупних фенокристала који се виде голим оком као упрскани у масу много ситнијих зрна исте величине.

Разлика у величини фенокристала и основне масе указује на то да се кристализација одвијала у два разна времена: фенокристали су се створили у почетку кристализације у дубини док је основна микрозрнаста маса кристалисала при наглом хлађењу у *ефузивној фази*.

Жичне стене могу се поделити на:

— *аицисне* у којих је хемијски и минералошки састав сличан саставу плутонске стене у којој се налазе а једина разлика од матичне стене јасно изражена, порфирска структура.

— *дијашицисне*, када постоји знатна разлика у хемијском и минералошком саставу жичне стене и плутонског или вулканског масива. Изгледа да представљају два крајња члана различитих видова магне, један кисели који одговара *аилитима* и *пеимайитима* и други базичан који одговара *лампрофирима*.

ГЛАВНЕ ЖИЧНЕ СТЕНЕ

Порфири. — Порфири имају исти састав као и плутонска маса у којој се налазе али им је структура *микрозрнаста иорфирна* карактеристична крупним, по облику сличним, кристалима ортокласа који су утиснути у масу fine зрнасте структуре сачињене од кварца, ортокласа, плагиокласа и биотита као у случају *иранитиорфира*.

Аплити. — Аплити су дијашистне стене финог зрна, појављују се углавном као танки изукрштани жични умети бели-

часте или црвенкасте боје. Карактеришу се структуром уједначених зрна сличних шећеру а која се зове аплитичка или *ианидиоморфна*. Састављени су од ортокласа, плагиокласа, кварца и од понеке ламеле биотита; као пратеће минерале имају *иранит*, *шурмалин* и *циркон*.

Пегматити. — Пегматити су дијашистне стене најчешће жичне али могу бити сочивасте, клупчасте, рачвасте и др., различите су величине. По минералошком саставу сличне су претходним али се карактеришу посебном структуром сачињеном од великих кристала ортокласа којима су припојени, као утиснути, кристали кварца веома различитих облика. Када се пегматит изучава микроскопски, уочава се да сви кристали кварца показују исту оптичку оријентацију. Таква структура се зове *пеимайитска*. Када кристали кварца имају клинасте облике па подсећају на слова античких азбука, структура таквог пегматита зове се *писана* (*писани пеимайит*).

Пегматит је ликовно магматско-пнеуматолитског порекла.

Пегматити су од великог минеролошког значаја и представљају веома корисне сировине. Осим ортокласа који се употребљава у фабрицији порцулана, и великих табли лискуна мусковита, који се употребљава као изолатор, у пегматитима се налази серија минерала као: отинит (фосфат уранијума), моназит (фосфат цера и торијума), берилијум, турмалин, молибденит, волфрамит, танталит, сподумен, амблигонит, итд., што оправдава активно искоришћавање пегматита. Најважнија лежишта налазе се на Мадагаскару, у Бразилу, Индији, Швајцарској и САД.

Лампрофири. — Лампрофири су жичне, дијашистне, тамнозеленкасте базичне стене, веома финог зрна, холокристаласте, порфирне структуре, сачињене од фенокристала биотита, хорнбленде и аугита, понекад и оливина у фелдспатској веома ситнозрнастој маси ортокласа и плагиокласа и горе набројаних феромагнезијумских минерала. Лампрофири се деле на две велике групе: *оршокласни* чији је главни представник *минет*, и *илашокласни* међу којима је најважнији *керсанит*.

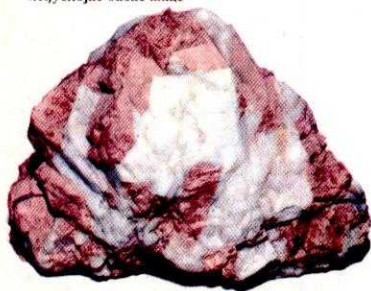
ЖИЧНЕ СТЕНЕ



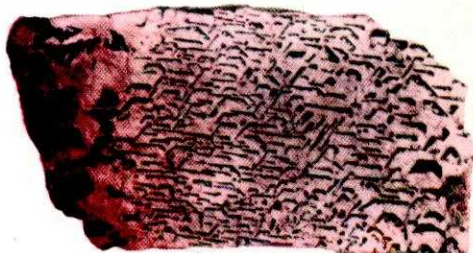
Схема која показује вертикалне жице порфира и међуслојне базне жице



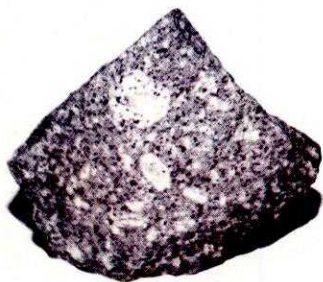
Жице аплита и гранита



Пегматит



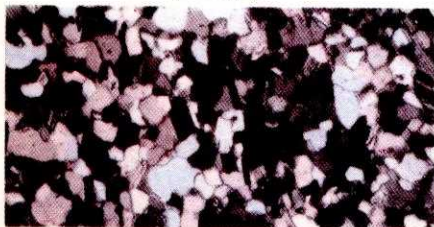
Писани пегматит



Гранитпорфир



Хоризонтална жица пресечена вертикалном



Микрофотографија аплита



Микрофотографија пегматита

МАГМАТИЗАМ

Магма представља сировину за формирање еруптивних стена, а њена активност манифестује се у завршној фази вулканом.

Магме немају никакву везу са централном зоном Земљине кугле, како се некада веровало, већ настају делимичним или потпуним топљењем земаљских стена, што условљава стварање локалних огњишта, повезаних са тектонским активностима и појавом напрелина у Земљиној кори.

Најпростија дефиниција за магму јесте да је то растопљена стена, и да садржи мешавину растопљених силиката, кремента и гасова од којих је најкарактеристичнија водена пара. Садржај кремента (SiO_2) условљава поделу магме на *киселе* (65—75 одсто SiO_2 и богате алуминијумом и алкалним елементима) и *базне* (40—55 одсто SiO_2 и богате гвожђем, Fe, магнезијумом, Mg и калцијумом, Ca).

Када магма, приликом њиховог пењања кроз пукотине у Земљиној кори почињу да се хладе, почиње и њихова кристализација.

Сматрајући да можемо да посматрамо компоненту магме у чврстом стању, течном (течна компонента) и испарљивом (гасна компонента), Нигли је утврдио три фазе кристализације магме.

Прва је *оригомамајска* и за време те фазе кристалишу минерали највише тачке топљења, од чега настаје главна маса еруптивне стене. Међу издвојеним минералима прве фазе остаје магматска течност, сиромашна феро-магнезијумским једињењима а богата испарљивим супстанцијама, са релативно великом температуром и знатним притиском пара који потпомаже продирање те течности у пукотине и боре, што представља *хеимајитско-инеумајитску* фазу, за време које кристалишу минерали ниске тачке топљења, богати хидроксилима. Најзад, када је расхлађивање поодмакло, и када је кристалисао највећи број компонената, остају отпадне течности које представљају *хидројермалну* фазу, у чијем се саставу налази углавном растворени силицијум оксид.

Посматрајући стене микроскопом и изучавајући облике кристала појединих минерала, може се утврдити редослед њихове кристализације. Тако минерали који

су први кристалисали, и који су за то имали довољно времена и простора, показују савршеније геометријске облике; насупротив томе, они који су кристалисали међу последњим, морали су да се прилагођавају неправилним шупљинама које су оставили минерали раније искристалисани, па су зато и лишени облика који су за њих својствени. Према томе, старији су минерали чији су кристали правилнији. Тако је Розенбуш утврдио редослед кристализације. По њему кристалишу 1) *сиоредни минерали*: цирконит, титанит итд.; 2) *феро-магнезијумски минерали*: оливин, пироксени, амфиболи, биотит; 3) *плагиокласи*, базни и кисели; 4) *калијумски* фелдспат; 5) *кварц*.

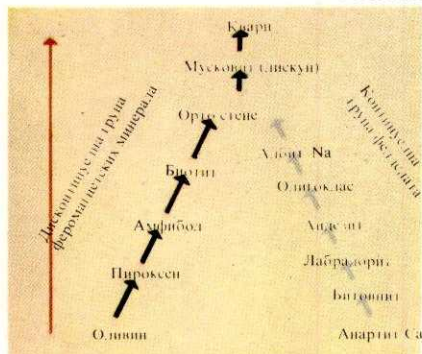
За време хлађења неке магме кристализација силиката не одвија се истовремено, већ у различитим временима, према редоследу кристализације у температурном интервалу који се простире у границама од 1500° до 500° C. Та појава се зове *фракциона кристализација*.

Због те појаве, хемијски састав магме мењаће у току кристализације и она постаје све више и више кисела, па због тога настају стене разниог састава, што може да се уочи код временски разних плава једног те истог вулкана. Овај процес по коме се од једне, хомогене магме издвајају парцијалне магме различитих хемијских и минералošких састава зове се *мамајска диференцијација*.

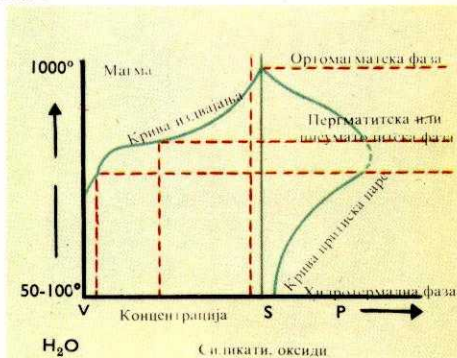
У ствари, у природи се уочава постепено у прелазима од једне стене до неке друге; и, каткад, упркос њиховим различитим хемијским и минералošким саставима, констатују извесне опште карактеристике.

Чињеница да базалти сачињавају 98 одсто ефузивних (вулканских) стена указује на закључак да је базалтна магма мајка свих еруптивних стена. Главни извор базалтне магме налазио би се у слоју *симе* који обавија Земљу. Ако се у Земљиној кори створи тектонска пукотина која допире до симе, покрети трења између тако насталих блокова, на тој дубини, биће довољни да изазову локално топљење материјала чија је последица стварање базалтне магме, која, због магматских диференцијација и асимилација, може произвести диференцијациону серију еруптивних стена.

МАГМАТИЗАМ



Редослед кристализације



Дијаграм фаза хлађења магме

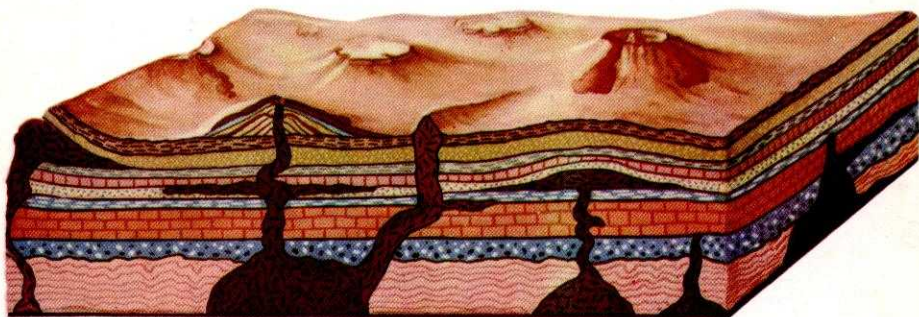


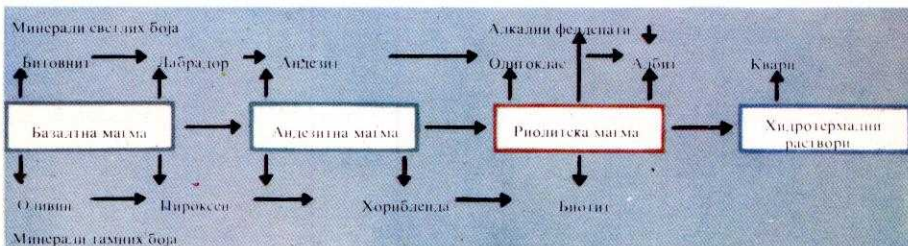
Схема облика путева магме

Степен кристализације

Холокристаласта структура
Хипокристаласта структура
Хиперкристаласта структура

Структура

Микролитска
Микролитска флаунда
Микролитска порфирна
Диабазна
Стакласта



Групе магматских диференцијација

ВУЛКАНСКЕ СТЕНЕ

Вулканске или еруптивне стене, магматске и ефузивне, опште узев појављују се у облику прелива који прекрива пространства Земљине површине, за која се рачуна да износе укупно два милиона квадратних километара. У другим приликама, оне се могу формирати у дубинама Земљине коре образујући велике масе или лактолите које ерозија касније може да оголи.

У микрولитској структури тих стена разазнају се два раздобља кристализације: а) прво раздобље обухвата лагану кристализацију у дубини, при којој се формирају крупни правилни кристали који се зову *фенокристали* и б) друго раздобље обухвата брзу кристализацију, везану за изливање магме на површину, која условљава формирање микроскопских кристала финих и развучених, тзв. *микролића*.

Офишска или *дијабазна* структура одгивара дубинским вулканским стенама или лактолитима чија је карактеристика присуство великих микролита фелдспата, других и до једног сантиметра, који су изукрштани стварајући на тај начин простор (пошкове) у који су кристалисали феромагнезијски минерали, углавном типа пироксена.

Ефузивне стене сврставају се у групу у којој су поређане почев од најкиселијих до најбазичнијих, а која садржи следеће врсте: риолит, трахит, андезит и лимбургит. Киселе стене углавном су светлијих боја и мале густине док су базичне тамне и густе.

ГЛАВНЕ ВУЛКАНСКЕ СТЕНЕ

Риолити. — Риолити су жућкасте, сиве или зеленкасте стене, са јасном флуидастом структуром, по којој су и добили име (грчки *рео* — течем), сачињене су од фенокристала натријумског фелдспата (сандина) и кварца. Маса у којој има кристала стакласта је са појединим микролитима фелдспата и биотита.

Вулканска стакла. — Риолитске магме садрже знатне количине стакласте материје: *опсидијан* и *пловућац*.

Опсидијан. — Опсидијан је црна стакласта маса, сјајна, шкољкастог прелома оштрих ивица. *Пловућац* је сунђерасто вулканско стакло, бело или сивкасто, воштане сјајности, сачињено од веома

ситних изукрштаних иглица и кончића и хемијског састава као и опсидијан.

Трахити. — Трахити су пепељастосиве или жућкасте стене, рапаве при додиру. Сачињене су од фенокристала сандина и плагиокласа као и од осталих пироксена у микрولитској маси флуидалне (риолитске) структуре истих минерала, међу којима преовладава сандин. Јављају се у облику громада, купола и дома.

Андезити. — Андезити су сиве, а понекад црне порфиричне стене, рапаве на додир, компактне и лако порозне, сачињене од фенокристала плагиокласа, андезина, амфибола и пироксена који су утиснути у микрولитску масу истог хемијског састава са или без стакласте масе. Многи садашњи вулкани избацују андезитну лаву, карактеристичну по великом вискозитету. Необично много андезита има на Андима одакле је и добио име и, уопште, у терцијарним наслагама Земљине коре. После базалта представља најраширеније масе лаве на Земљи.

Базалти. — Базалти су црне, компактне и тешке стене сачињене углавном од плагиокласа, аугита и оливина. Фенокристали плагиокласа су ретки, а оливина и аугита чести, што неким базалтима даје порфирски изглед. Маса у којој се налазе фенокристали састављена је од микролита базичног плагиокласа, аугита, оливина, и обилних зрна магнетита.

Базалтне ерупције јако флуидне лаве образовале су у терцијару огромне наслаге лаве, као што је Декан у Индији (300.000 км²) и наслаге лаве у долини Паране у Бразилу (900.000 км²).

Лимбургити. — Лимбургити су стене базалтног изгледа, кестенастоцрвенкасте, богате фенокристалима аугита и оливина у обилној кестенастожућкастој стакластој маси, богатој магнетитом.

Дијабази серпентини. — Дијабази и серпентини су дубинске вулканске стене. Облици њихових лежишта често су лактолитни или међуслојне громаде. Често се разврставају у групу тзв. *зелене стене геосинклинале*. То су стене крупног или зрна средње величине, тамнозеленастих тонова, густе, холокристаласте, сиромашне кременом (50 одсто), типичне дијабазне структуре. Сачињене су од плагиокласа, амфибола и аугита.

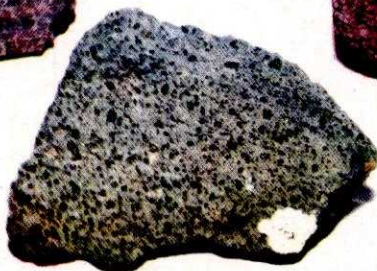
ВУЛКАНСКЕ СТЕНЕ



Риолит



Шљакасти базалт



Оливински базалт



Опсидијан



Микрофотографија риолита



Микрофотографија базалта



Микрофотографија дијабаза



Серпентин

ГЕОДИНАМИКА

Земља је скуп материјала који су изложени непрекидном кретању, као што је показано на графикама В/1. Минерали, као честине и стене, као јединице, јесу елементи који сачињавају Земљину кору и изложени су низу појава које их мењају и које теже да формирају еруптивне стене, узрочнике великих орогенних формација. У сваком случају, циклуси динамике не престају; када се једном консолидује неко испупчење на Земљиној површини, ерозивне силе почињу да дејствују на то испупчење да би га смањиле и свеле на морфолошки профил идеалне равнотеже. Упркос томе, морфолошка равнотежа доноси собом поремећење равнотеже унутрашњих сила Земљине коре које тада ступају у дејство и производе нове оро-

гене феномене, или нова испупчења предодређена да буду подвргнута ерозији. Ови динамички циклуси феномена који се смењују у Земљиној кори представљају прави *животни циклус Земље*; и доказ да Земља стари лежи у томе што је свака нова орогенеза мањег енергетског садржаја од претходне. То значи да ће се, мало по мало, достићи природна равнотежа између морфологије и тектонике, и да ће, када та равнотежа буде у потпуности достигнута, ишчезнути динамички циклус Земљине коре, па ћемо тако доспети у статичку фазу.

Део геологије који изучава скуп феномена који сачињавају животни циклус Земље зове се *геодинамика* или *динамичка геологија*.

УНУТРАШЊА ГЕОДИНАМИКА

Унутрашња геодинамика обухвата оне феномене динамике чије порекло потиче из унутрашњости Земљине коре. Њихова дејства су конструктивна: од њих се ства-

рају узвишења на Земљиној површини. Она се могу разврстати у *шектионске*, *сеизмичке* и *вулканске појаве*.

ТЕКТОНСКЕ ПОЈАВЕ

Материјали који образују Земљину кору изложени су серији непрестаних покрета, условљених дејствима такозваних *унутрашњих (ендогенних, шелурских)* геолошких појава. Вертикалне и хоризонталне силе као елементи унутрашње енергије Земљине кугле изазивају подизања и улегања, раседања, клизања и убирања Земљине коре што ствара низ геолошких облика које изучава *шектионика*.

У Земљиној кори могу настати два основна типа покрета: *еипрогенетски* и *орогенетски*.

Еипрогенетски покрети јесу лагана улегања или издизања тла, настала дејством вертикалних сила у чијем стварању имају удела континенталне масе. Та померања најбоље се могу уочити на морским обалама.

Орогенетски покрети настали су услед дејства хоризонталних сила које изазивају деформације и наборе слојева и њихово лагано уздицање до образовања великих орогенеза или ланчаних планина.

ОРОГЕНЕТСКЕ ТЕОРИЈЕ

Загонетка стварања орогенеза један је од најинтересантнијих проблема геологије. Орогенеза је комплексан феномен који се одвија веома лагано и у уској вези је са: стварањем седимената, убирањем коре, метаморфизмом и вулканизмом. Тај феномен обухвата широке зоне Земљине коре, а једно те исто подручје може наизменично да буде изложено разним орогенетичким дејствима.

Основни проблем који треба решити јесте порекло јаких сила које изазивају притиске и наборе слојева.

Сазнање о геосинклиналама, једно од најплоднијих у геологији, представља полазну тачку за сва тумачења орогенетских појава. Дана је употребљено тај термин још 1875. године да би означео врло развијене седimente, касније наборане и претворене у планинске ланце.

Постојање седиментних формација истог типа, и по неколико километара

ГЕОЛОШКИ АТЛАС

ИНТЕРНА ГЕОДИНАМИКА

Серија

Г

Број 1

ОРОГЕНЕЗЕ



Карбон



Јура

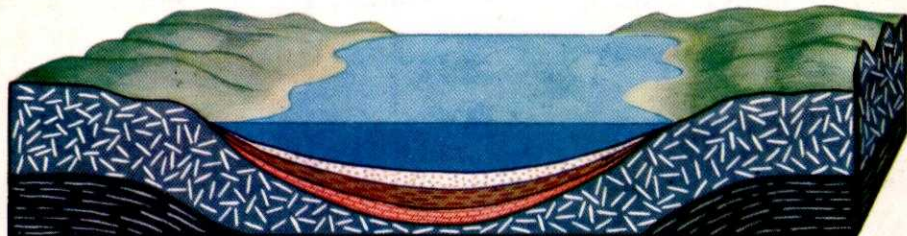


Еоцен

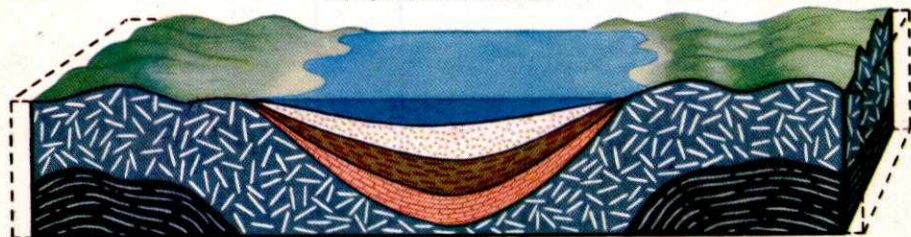


Квартар

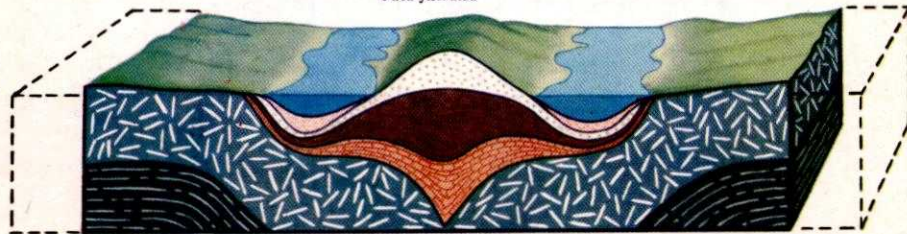
Избијање континента



Формирање једне геосинклиналe



Фаза улагања



Фаза притиска и орогенезе

дебелих, не може се објаснити ако се таложењу не претпостави лагано улагање дна за време док се одвија процес таложења. Рачуна се да дебљина седимената од којих су настали Алпи износи 3000 метара, а седимената од којих су настали Хималаји 5000. Такве велике зоне у којима се стварају седименти, простране и које лагано тону, зову се *геосинклинале*. Њихова максимална дубина одређена је једном централном линијом званом *оса депресије*.

Геосинклинале се формирају увек у областима у којима је Земљина кора нестабилна, а налази се између два стабилна и отпорна масива који теже да се приближе један другом. Тако су Пиринеји плод једне геосинклинале из доба еоцена, која се формирала између две висоравни — централне шпанске и централног платоа у Француској. Смањење површине геосинклинале, као последица орогендишког притиска, је врло велико. Тако је геосинклинала од које су настали Алпи, а која се простирала на 1200 км, после набирања смањена на 150 км.

Геолози су сагласни да су узрок набирања тла латерални притисци, али се дискусије воде о узроку и пореклу тих притисака. Одатле су настале различите орогенске теорије.

Од свих је највише успеха имала теорија о *одвајању континената* коју је развио Алфред Вегенер 1910. године.

По Вегенеровој теорији претпоставља се да су у почетку континенти били збијени у један једини огромни континент или, како га је аутор теорије назвао — пангеа, који се касније расцепио на блокове, који су се, пливајући на сими једним потресом одвојили и померили ка западу и према екватору.

Приликом кретања америчког континента према западу, његова предња површина притискивала је симу са дна Пацифика, па се од силе напритиска створио гигантски планински ланац који се протеже од Аљаске до Антарктика. На сличан начин, удаљавањем континенталних блокова према екватору, настало је набирање геосинклинала, па су се тако створиле орогенезе терцијера од Хималаја, према Алпима, све до афричког Атласа.

Изгледа да је избијање континената изазвало промену положаја полова и екватора на Земљи. То објашњава постоја-

ње прашума (које су се претвориле у угљен) у високим географским ширинама и глечерских формација у близини екватора.

ТЕКТОНСКО НАБИРАЊЕ

Бора се састоји од два дела: конкаван (угнут) или *синклинала* и конвексан (испупчен) или *антиклинала*; линије које се протежу дуж највеће или најмање висине боре зову се *шарнири* антиклинале или синклинале; бочне, нагнуте равни које сачињавају површину боре зову се бокови или крила; раван у којој се налазе шарнири свих слојева зове се *осна површина боре*; пресек осне површине боре и хоризонталне површине зове се *оса боре*, правац пружања осе боре зове се *правац боре*.

Боре се представљају трансверзалним пресеком перпендикуларним на осну раван. Трансверзални пресеци омогућују да се одреде разне врсте бора.

Према положају осне равни бора може бити *усправна* (*симетрична*) или *коса* (*асиметрична*). Када је осна раван у приближно хоризонталном положају називамо је *полејна бора*. Код усправних и косих бора увек су млади слојеви изнад старијих, код полеглих бора на доњем или преврнутом крилу старији слојеви налазе се изнад млађих.

Група бора чија су крила паралелна и подједнако нагнута сачињавају *изоклине боре*.

Када сила која набира слојеве дејствује највећом јачином у једном правцу, бора ће бити потискивана у том правцу тако да ће се једно крило издужити и растезати све док се не раскине, па тако настаје *срушена бора*.

Ако се тај феномен појави код већ полегле боре, понекад се деси да горње крило буде потиснуто таквом снагом да клизи преко доњег и помера се и до великих удаљености изнад знатно млађих седиментних формација; тако настаје *настање бора*.

Ако ерозија разори облик бора, или ако су оне тако велике да се не могу обухватити нашим видним пољем, њихово постојање можемо да уочимо ако одредимо правац пружања слојева и њихову *инклинацију* — угао који заклапа линија максималног нагиба слојева који леже окомито на правац боре са хоризонтал-

ГЕОЛОШКИ АТЛАС

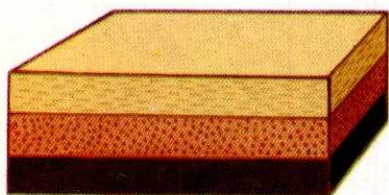
ИНТЕРНА ГЕОДИНАМИКА

Серија

Г

Број 2

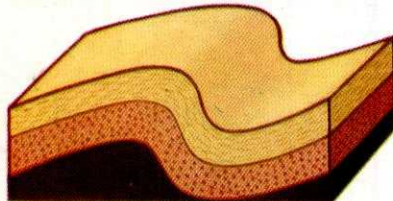
ТЕКТОНСКА НАБИРАЊА



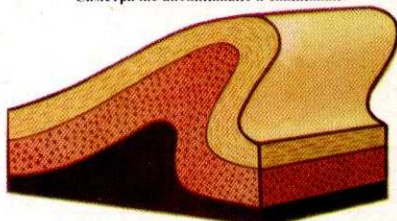
Хоризонтални седименти



Симетричне антиклинале и синклинале



Асиметричне антиклинале и синклинале



Коса антиклинале



Изоклине боре



Полегла бора



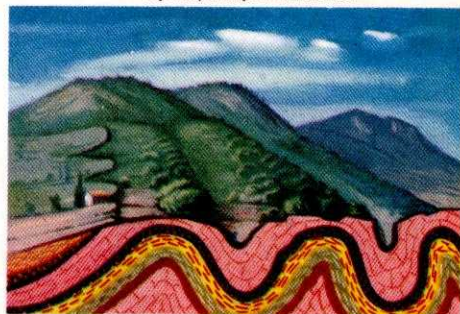
Прекинута бора



Прекинута бора са наметањем



Правци и нагиб слојева



Планине настале набирањем гл.

ном равни, па тако реконструирашемо боре, укључивши и оне које су потпуно збрисане ерозијом. Описани поступак обавља се геолошком бусолом која располаже малим виском за мерење угла инклинације.

ТЕКТОНСКА РАСЕЛИНА

Динамика Земљине коре може да има за последицу структурне деформације типа набирања.

Када су силе које дејствују у Земљиној кори претежно вертикалне и када се пређе граница еластичности стена појављују се пукотине чија је последица премештање и померање слојева углавном у вертикалном смислу, а чија величина зависи од пукотине. Тај тип померања зове се *раселина*. Раселина је, дакле, пукотина лежишта стене у Земљиној кори, код које се јављају померања масе паралелно са равни прелома.

Пукотина почиње углавном истезањем слојева који су подвргнути оптерећењу све дотле док се не пређе граница еластичности (која је доста велика како смо видели код набирања) и дође до тачке лома.

Раселине се појављују код свих типова стена али се најлакше распознају код седиментних формација, пошто померања једног дела слојева у односу на други прекида континуитет слојева на површинама пукотине.

Раван раселине јесте површина пукотине дуж које се померају прекинути делови Земљине коре; *линија раселине* је линија пресека равни раселине и хоризонталне равни.

Раселине су пукотине из којих се раскинути делови помичу, спуштају или дижу. *Скок* је вертикална удаљеност између два слоја исте старости и истог литолошког слоја. Површина пукотине која је ослобођена после спуштања супротног дела тла зове се *зид пукотине*, горњи део који је остао изнад спуштеног терена зове се *кроб*.

Према положају равни пукотине можемо разликовати *вертикалне раселине* када је померање вертикално и *нагнуће раселине*, када је померање косо. Нагнуте раселине могу бити *нормалне раселине* када је пукотина нагнута према зиду или *инверзне раселине* ако је пукотина нагнута према крову.

Раселине могу бити *зауворене* или *ошворене* према томе да ли су стране пукотине

у тесном додиру или међу њима постоји пукотина веће или мање ширине. Код првих свако померање има за последицу снажно међусобно трење површина раселине које их углача тако да добију типичну структуру која се зове *огледало раселине*, што доказује постојање честих тектонских покрета. У отвореним раселинама тектонски покрети се утврђују по томе што се у њима налази зона смрвљених стена, које су током каснијег времена цементирале минералним супстанцијама истаљоженим из воде која је протичала; то је *крш раселине*. Раселине се често распознају на терену по као зид стрмим литицама и оштрим неравнинама, али, понекад, ерозија може потпуно да поравна терен и тада раселина може да се препозна само по дисконтинуитету (прекиду) седиментних слојева са одговарајућим и оштрим литолошким навијацијама на обе стране пукотине или ако постоји крш или огледало раселине.

Померања или улегнућа могу се јављати дуж једне изоловане раселине или, пак, у комплексу од две или више раселина.

Тако је депресија Ваљес у провинцији Барселона потекла улагањем великог подручја ограниченог двема паралелним раселинама. Депресије које су потекле од две раселине или од комплексне групе раселина, зову се *шектоњски робови*, као што су депресије Ебра и Рајне, које се граниче степеничастим раселинама.

Масиви или висоравни, чије је уздицање последица спуштања спољних делова при више латералних раселина зову се *шектоњске висоравни* или *шектоњски хорси*. Шпанска и француска висораван типични су примери таквог тектонског померања.

Студија и познавање раселина од великог је интереса за геологију јер је порекло највећег броја жичаних металних минерала у вези са тим типом *дислокација* у Земљиној кори. У рударству је познавање раселина неопходно пошто су често живе или живе у ствари последица ситема раселина који их испреплиће. Најзад, при великим грађевинским радовима, као што је подизање мостова, тунела, брана итд., савесно изучавање тектонских и уопште геолошких услова терена неопходно је да би се избегли велики удеси и озбиљни промашаји.

ГЕОЛОШКИ АТЛАС

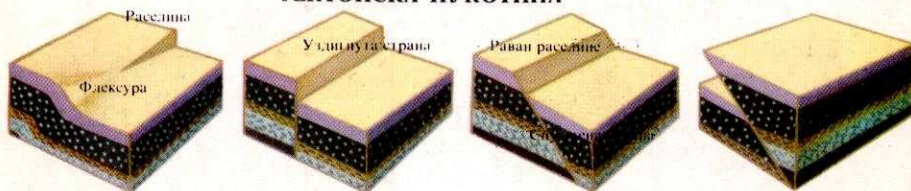
ИНТЕРНА ГЕОДИНАМИКА

Серија

Г

Број 3

ТЕКТОНСКА ПУКОТИНА

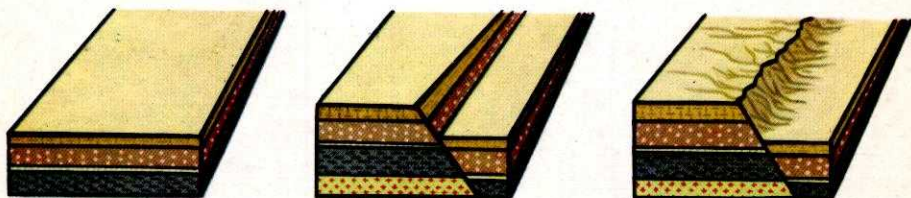


Преломљена флексура

Вертикална раселина

Нагнута раселина

Инвертна раселина



Фазе формирања и ерозије раселине



Фазе формирања тектонских ровова и висоравни



Релеф једног тектонског рова

СЕИЗМИЧКЕ ПОЈАВЕ

Сеизмичка колебања или трусови (популарно земљотрес) јесу потреси Земљине коре карактеристични по кратком трајању и великом интензитету, и, врло често, по разарајућем ефекту, који у извесним случајевима има катастрофалне размере.

Наука која изучава трусове, њихове појаве у географском смислу, учестаност и услове у којима настају зове се *сеизмологија*.

Доказано је да је непосредни узрок земљотреса изненадно поремећење маса, углавном у тектонски нестабилним зонама. Унутрашњи покрети, настали као последица тектонске нестабилности, проузрокују вибрације које се шире око целе Земље као *сеизмички таласи*.

Тачка у којој покрети маса настају зове се *жаришније* *хипосентар*. Одатле се таласи шире у облику концентричних површина лопти све док не додирну површину Земље. Та тачка, која је уједно и тачка површине најближа жаришту, зове се *еписентар*.

Потрес који се догодио у хипоцентру производи две врсте таласа *примарне* или *лонгитудиналне* (таласи *P*) и *секундарне* или *трансверзалне* (таласи *S*) чије је вибрационо кретање нормално на правац распрострањања.

Када ти таласи достигну Земљину површину, ствара се нова врста таласа: *површински таласи* (таласи *T*) који често остају убележени на терену у облику таласастих облика или бора земље.

Карактеристике сеизмичких таласа као и начин њиховог распрострањања могао је да се изучава захваљујући апаратима који региструју сеизмичке вибрације а који се зову *сеизмографи*. Основа сеизмографа је клатно. Оно осцилира утолико спорије уколико је већа његова дужина. Када се затресе тло, клатно због своје инерције не добија одмах осцилације већ се понаша као фиксна тачка према којој можемо да утврдимо величину покрета Земљине коре. Хоризонтално клатно које има боље инерцијалне особине данас је чешће у употреби.

Сеизмичка кретања се региструју на покретној папирној траци шиљком (пером са бојом) или снопом светлости материјално везаним за клатно, који убележава амплитуде на фото-осетљиву траку.

Када тло не дрхти сеизмограф уцртава праву линију, али чим настане потрес линија постаје таласаста. Та таласаста линија уцртана на папиру зове се *сеизмограм*.

Сваки потпун сеизмограм има увек четири фазе од којих свака представља по једну врсту узастопних таласа (од укупно четири). Те врсте таласа, које сачињавају фазе, су следеће:

1) Примарни таласи *P* који се крећу по правој линији кроз унутрашњост Земље просечном брзином од 6 км/секунди.

2) Секундарни таласи *S* који следе исти пут као и претходни али се крећу мањом брзином;

3) Површински таласи *L* који се шире површином Земље брзином од 4—5 км/секунди;

4) Накнадни таласи мале снаге.

Таласи *P* могу се одбити од површине коре два или три пута (то су *PP* односно *PPP* таласи) пре но што стигну до сеизмолошке станице, иста појава прати и *S* таласе (таласи *SS* или *SSS* — двапут односно трипут одбијени).

Најјаснији сеизмограми могу се добити ако се земљотрес дешава на удаљености од 5000 до 10.000 км од пријемне станице.

Познајући време доласка различитих таласа који су убележени на сеизмограму, као и њихову брзину ширења, могуће је прорачунати, по простим формулама, удаљеност хипоцентра и место жаришта. Дубина жаришта може да буде и до 700 км.

На основи изучавања земљотреса и географских места где се они појављују, могуће је несумњиво утврдити њихову везу са орогенетичким појавама.

Тако су утврђене и одређене границе двеју великих сеизмичких зона и *циркумпацифичка* и *медитеранска* или *аљско-хimalајска*. Њихове границе подударају се са великим ланчаним планинама, насталим набирањем у доба терцијера.

У обалним појасевима земљотресе најчешће прате гигантски таласи названи *пошреси мора*, чији је разорни ефекат страховито велики. Ти таласи настају услед великих улегнућа океана која изазивају непосредно повлачење водених маса после чега долази до навале морске воде, такозване *шаласне илуме*.

СЕИЗМОЛОГИЈА

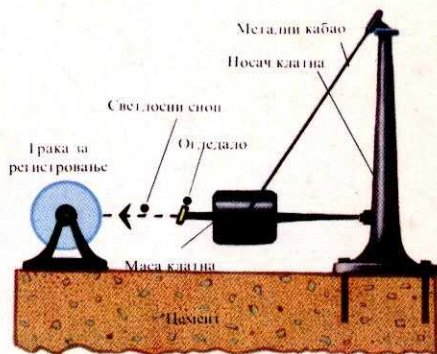
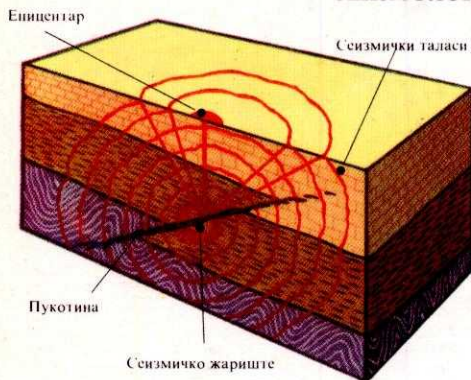
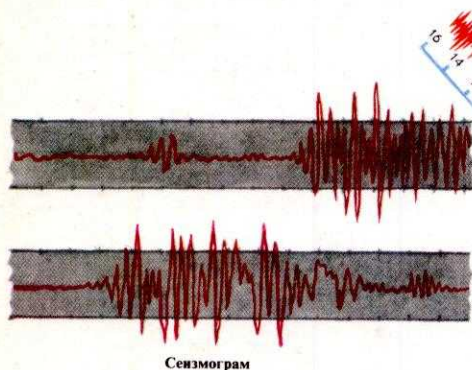
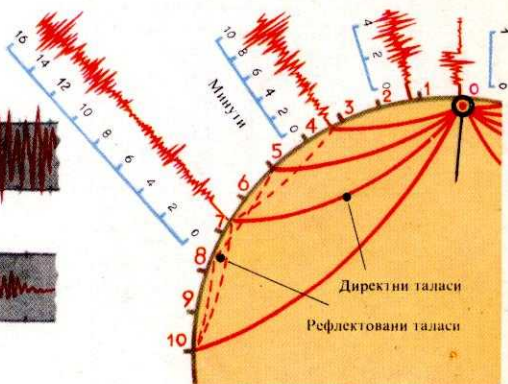


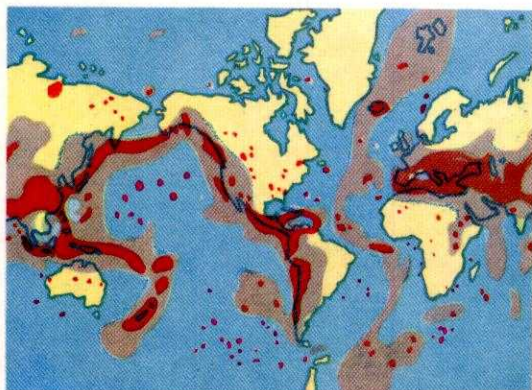
Схема сеизмографа



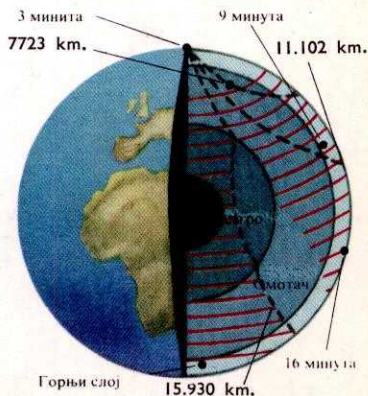
Сеизмограм



Ширење и одбијање сеизмичких таласа



Подношје сеизмичких зона Земље



Сеизмички подношје или ширење сеизмичких таласа

ВУЛКАНСКЕ ПОЈАВЕ

Вулкани су природни апарати кроз које избијају из унутрашњости Земљине коре растопљене материје које се када се излију на површину, називају *лава*. Пuteви или канали избијања лаве јесу дубоке пукотине у Земљиној кори које повезују магматска огњишта са Земљином површином.

Вулканизам, супротно ономе што се раније веровало нема никакве везе са унутрашњом зоном Земљине кугле, већ је догађај локалног карактера, релативно мале дубине; вулканска огњишта су распоређена на дубини од 20 и 40 км.

Дубока тектоника, са њеним огромним померањима блокова изазива топлеење стена због трења, при чему се механичка енергија претвара у термичку, чија је последица развој магматских огњишта од којих постају вулкани.

Уопште узев, вулкан се састоји од коначног брда, *вулканске куће*, са отвором у облику левка — *крајера* који се непосредно наставља на *канал* кроз који се пење *лава* и експлозивни материјали — вулканске бомбе и вулкански пепео.

Вулкански конус је последица ерупције пошто настаје постепеним нагомилавањем лаве и експлозивних материја.

Ерупција наговештава низ претходних појава које се састоје у подземној грмљавини, потресима тла, избијању гасова или фумарола. Ове појаве се прогресивно увећавају све док не наступи права ерупција, која често почиње страшном експлозијом, произведеном јаким притиском гасова и водене паре и избијањем лаве.

Приликом вулканских ерупција на површину избијају три врсте производа: гасовити, чврсти и течни.

Гасовити вулкански производи. — Избијање гасовитих вулканских производа у облику огромних стубова дима, који могу да достигну висину од неколико километара. Понекад гасови формирају непрозирне, густе облаке, који се спуштају низ бокове вулкана великом брзином, док се њихова температура креће око 100° С. Ти облаци који се зову *бајперна магла* односе све на шта нађу на путу. Гасни стубови или ватрена магла

састоје се од H_2O , CO_2 , CO , N , H , CH_4 , металних хлорида у гасовитом стању, сумпорних гасова итд. Пошто су неки од тих гасова запаљиви, често се види како излазе из кратера у облику огромних пламених језика.

Чврсти производи. — Чврсти вулкански производи су и по величини и по саставу различити, то су препреке на путу и материјал од кога је сачињена база вулкана или, пак, делови лаве, која је приликом експлозије била одбачена на велике висине па се стврднела у ваздуху. Приликом избацивања лаве стварају се лопте растопљене масе које се зову *вулканске бомбе*. Пепео, који је уситњен, може да буде разнешен ветровима на огромна одстојања. *Облаци пепела* могу бити нарочито катастрофални; такав налет пепела је приликом ерупције Везува потпуно затрпао Помпеју 79. године наше ере.

Течни производи. — У течне производе спада лава температуре преко 1000° С, која тече из кратера или пукотина и слива се боковима конуса, као права ватрена река. Ова маса или покривач стврднуте лаве зове се *наслана лава* или *слив лава*, може да покрије знатне површине као базалтна лава која је врло течна, или се може нагомилати око кратера формирајући куполе или кврге као кисела лава која је врло вискозна.

Спољна површина ових вулканских слива брзо се стврдне и формира чврсту кору, али главна маса још дуго остаје течна. Овако брзо хлађење лаве има као последицу старање унутрашње количине лаве („блокирана лава”).

Друга карактеристика очвршћавања слива лаве јесте призматска структура, она се појављује у њеној унутрашњости као последица контракције (повећан унутрашњи притисак због брзог спољног хлађења) при хлађењу. Те призме су увек управне (нормалне) на правац слива и од њих се формирају тзв. *базалтни стубови* као што су стубови у пећини Фингал у Шкотској или Степенице дивова у Ирској што је у ствари обална тераса састављена од преко 40.000 усправних базалтних призми.

ГЕОЛОШКИ АТЛАС

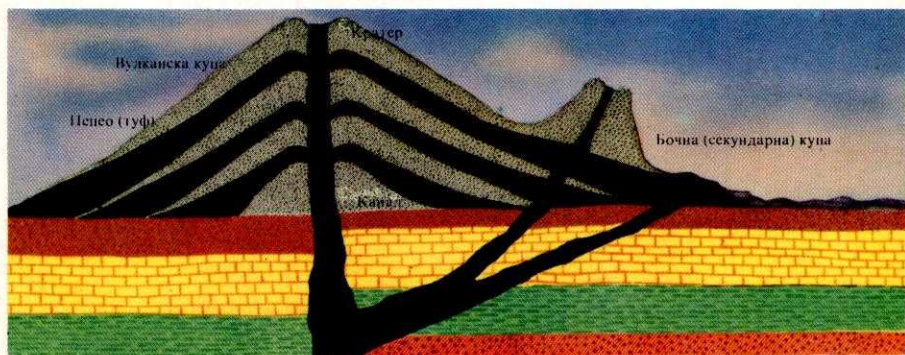
ИНТЕРНА ГЕДИНАМИКА

Серија

Г

Број 5

ВУЛКАНИЗАМ



Схематски пресек вулкана



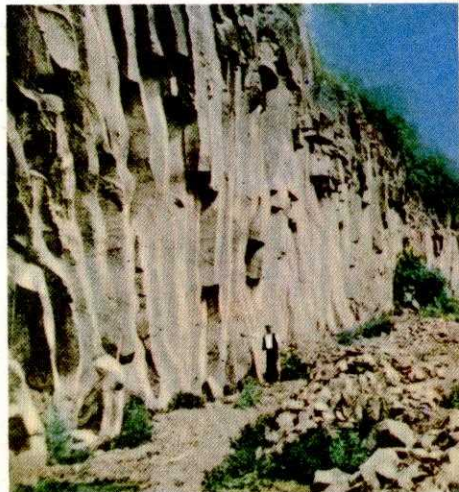
Кратер Тејда (Канарска острва)



Конопчаста базалтна лава



Вулканске бомбе тестасте и у облику хлеба



Базалтни стубови

ТИПОВИ ВУЛКАНА

Према карактеристикама ерупције, при-
роди ватрене магле и врсти избачене лаве
разликујемо четири врсте вулкана: ис-
ландски, хавајски, вулканолошки и пелеан-
ски*.

Исландски тип. — Исландски тип је
карактеристичан за тзв. *йукојинске излив*
који се одликује тиме што лава истиче
мирно кроз дубоку пукотину Земљине ко-
ре, при чему се не формира права вулкан-
ска купа већ низ мањих које се често и не
виде из пукотине. Овај тип вулкана добио
је име по Исланду где се најчешће јављају
овакве ерупције. Изливи вулкана Лаки,
нпр., избијају из 105 кратера савршено
поравнатих дуж једне пукотине дуге 24
км.

Хавајски тип. — Хавајски тип вулкана
добио је име по реду вулкана на Хавајским
острвима која су сва вулканског порекла.
Ерупције тог типа вулкана су мирне и
тихе, лава је веома течна, базалтног сас-
тава без ватрене магле, експлозија, вул-
канских бомби и других облика избаци-
вања. Мауна Лоа и Мауна Кеа, главни
вулкани на Хавајима, нису изменили на-
чин ерупције за миленијуме свог посто-
јања.

Ови вулкани, спољним изгледом личе
на пљоснату купу веома благих падина.
Кратер вулкана Килама (Хаваји) пречника
од око 5 км личи на језеро пуно течне лаве.
За овакве вулкане типично је стварање
вулканског стакла, званог *Пелеов шешир*,
то је покривач лаве у облику паукове
мреже. Приближно сваке осме године
лава се излије из кратера све до мора.
Оваквим ерупцијама створене су огромне
базалтне насlage у Декану, на источном
Гренланду и др.

Вулканолошки тип. — Вулканолошки
тип је карактеристичан по ерупцијама
огромних размера, са страховитим експ-
лозијама због тешког одвајања лаве од
гасова и водене паре. Калоте (купе) су
мале и врло неправилне. Ови вулкани
имају *слојевишту* или *мешовишту купу*, фор-
мирану повременим ерупцијама лаве и
пепела. Због експлозија се отвара један
или више кратера, чеп од лаве на кратеру

разбија се и уз густе изливе лаве и огром-
них количина пепела, избацују се и ка-
шасте бомбе и тешки блокови стена истрг-
нутих од базе купе. Лава ових вулкана,
иако вискозна ствара праве реке.

Ерупција вулкана Кракатоа, 1833. године
у Сундском каналу, разорила је две тре-
ћине острва. Ерупција Везува 79. године
била је права вулканографска. Вулкано-
графски вулкани су и Етна и вулкани на
Канарским острвима.

Пелеански тип. — Пелеански (или пе-
лешки) тип је у ствари специјалан облик
вулканолошког типа. Карактеристичан је
и он по снажним експлозијама, по нео-
бично вискозној лави, скоро стврдној
већ при излазу, и по формирању пламене
магле, необично густе и непрозирне, као
и по огромним количинама пепела који се
ваљао низ падине вулкана необичном бр-
зином.

Овај тип вулкана добио је име по вул-
кану Монт Пеле на острву Мартиник на
коме се 1902. године од полуохлађене лаве
формирала наслага висока 400 метара,
која је, затим разорена једном експло-
зијом. Ватрена магла која је покуљала из
једног бочног отвора разорила је град и
за мање од једног минута убила 128.000
становника. Друге купе од вискозне лаве
формирале су се приликом ерупција 1929.
и 1930. године.

ВУЛКАНСКЕ МАНИФЕСТАЦИЈЕ

После ерупције вулкани избацују још
дуго гасове и водену пару у облику стуба
дима; то се зове *фумароле*.

Према хемијском саставу фумароле мо-
гу бити хлорасте, хлорхидратне, хлорид-
не, амонијачне, сулфхидратне и карбон-
ске, које се често смењују као да је вулкан
кондензатор.

Солфатаре се разликују од фумарола
по већем богатству водене паре, темпе-
ратури нижијој од 100°C и по повременим
избацивањима водене паре, сумпорводо-
ника, карбонанхидрида итд.

Други тип вулканске активности пред-
стављају *језери*, који повремено избацују
врћу воду са воденом паром и већом
или мањом садржином соли, првенствено
калцита и силицијум оксида, при темпе-
ратури од 70—100°C. Познати су гејзери
на Исланду и у Јелоустанском парку у
САД.

*) У нашој литератури вулкани се деле на следеће
типове: стромболски, вулканолошки, хавајски, везувски
и пелеански. Исландски се не сматра посебним типом
већ се само његове ерупције издвајају као посебан
феномен (прим. прев.).

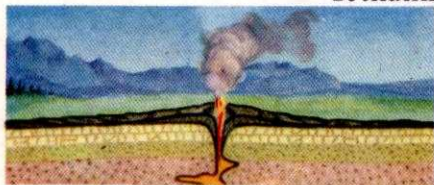
ГЕОЛОШКИ АТЛАС
ИНТЕРНА ГЕОДИНАМИКА

Серија

Г

Број 6

ВУЛКАНИЗАМ



Исландски тип



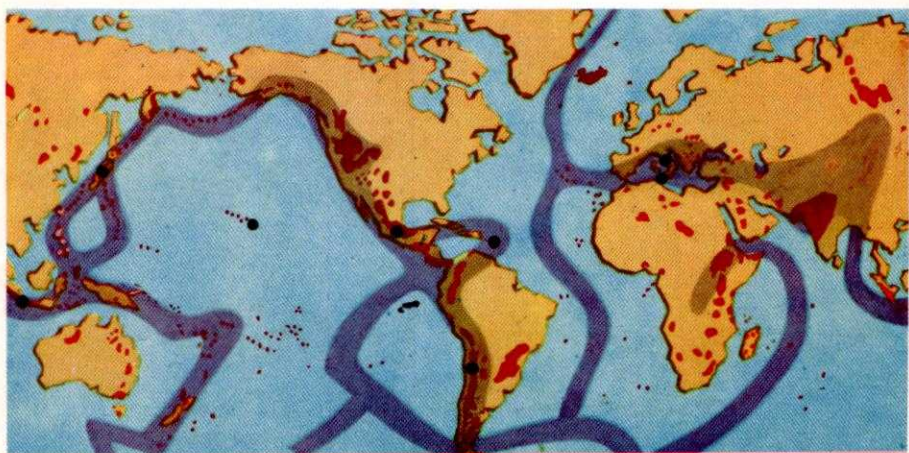
Хавајски тип



Вулканолошки тип



Пелеански тип



ЕГЗОДИНАМИКА

Грана геологије која изучава узроке и ефекте појава које мењају на Земљиној површини оно што је створено унутрашњим геолошким силама, зове се екстерна (спољна) геодинамика *ејзогеодинамика*. По-

дручје ове гране геодинамике су појаве које чине циклус Земаљске ерозије, обалне ерозије, глечерске ерозије и седиментације и, у извесном смислу, метеоролошке и океанографске појаве.

ЦИКЛУС ЗЕМАЉСКЕ ЕРОЗИЈЕ

Циклус земаљске ерозије састоји се од три фазе: метеоролошко разарање стена, транспорт разореног материјала и његово таложење. Свака од тих фаза ствара карактеристичне површинске творевине и у оквиру њих различита дејства стварају одговарајуће морфолошке облике, које ћемо проучавати посебно, не заборављајући да све оне узимају учешће у циклусу ерозије који има један крајњи циљ — да створи морфолошку равнотежу Земље. Свако преуређење Земљине површине у одређеном периоду, је само једна од прелазних фаза опште еволуције њене површине.

А. МЕТЕОРОЛОШКО РАЗАРАЊЕ СТЕНА

Прва фаза циклуса састоји се у мењању стена Земљине коре дејством метеоролошких појава, отуда израз *метеоролошко разарање стена*. Та дејства су физичка када се ради о *прскању* и *распадању* стена или *хемијска* када се ради о *пукотинај* или *парцијалној измени* минерала, који те стене сачињавају, било *расиђавањем* после кога настаје формирање новог слоја, или *шрансформирањем* у *чврстој* *стенај*.

Прскање или *расиђање* се одвија захваљујући постојању пукотина, тзв. *дијаклази*, у стенама. Те дијаклазе су настале у условима хлађења еруптивних стена или због пада притиска за време деловања тектонских сила или због услова насталих при стварању седимената. У почетку су дијаклазе необично танке, али се ускоро по настојању, дејством ерозивних сила, проширују тако да постају прави прорези кроз које продиру узрочници ерозије до срца стене.

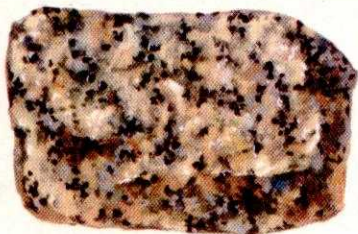
Те дијаклазе испуњавају се водом која се у њима замрзава због великог пада температуре уобичајеног у планинским крајевима. Залеђена вода, као што је познато, повећава обим и притиском разбија стену; то разбијање има понекад

вид експлозије праве бомбе. На структуру стена утичу и разлике у температури дању и ноћу које су на већим надморским висинама врло велике. Различити дилатациони коефицијенти минерала од којих је стена формирана претварају се у напоне сила које теже да повећају постојеће пукотине. У последњем стадијуму распадања учествују и живи организми, а у првом реду корење дрвећа, које се увлачи кроз пукотине стена и када порасте релативно лако одроњава велике блокове стена.

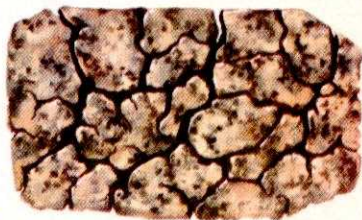
При умереној клими, механичко дејство физичких сила (агенаса) више је индиректно него директно и служи да припреми стену за лакше дејство агенаса хемијске ерозије, отварајући у сваком делу стене путеве за пролаз воде која је главни агенс ерозије. Кад је клима пустињска или планинска, физичка ерозија је узрок највећег дела промена које се могу видети.

Промена (алтерација) путем растварења није иста код сваке стене и зависи од минерала који је сачињавају. Кварц је практично нерастворљив, док су кречњаци растворљиви у води која садржи CO_2 . Растварење се може обављати у дубини дејством подземних вода (крашке формације) или на површини и близу површине водама које се упијају (инфилтрирају). Растворене компоненте стена које такве воде однесу, дејствују на друге минерале и омогућују да дође до серије хемијских реакција које доводе до стварања минерала као што је иловача или су нерастворљиви комплексни хидроксили алуминијума (Al) и гвожђа (Fe). Трајање овог компликованог механизма зависи од активности климатских узрочника ерозије, од количине воде и од природе стене изложене распадању. Али да би се механизам хемијске измене обављао није неопходно да постоји раствор; трансформације минерала могу се одвијати и без да минерал мења своју конзистенцију,

МЕТЕОРОЛОШКА РАЗАРАЊА СТЕНА И ФОРМИРАЊЕ ХУМУСА



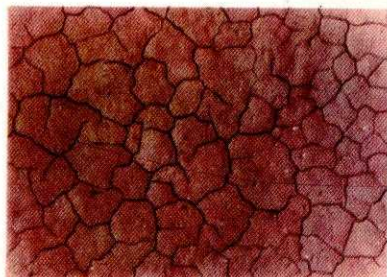
Гранит са својим здруженим компонентама



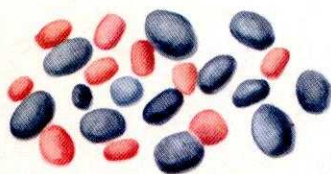
Гранит у току процеса физичког разарања



Компоненте гранита у издржаним зрнима јесу резултат физичког разарања



Природно лежиште иловаче



Зрница кварца и фелдспата



Природно лежиште песка



а)



б)

Схематски пресек два различита типа хумуса



Глечер Монте Роза



Кретање глечера



Профил глечера по дужини



Попречни профил ушћа два глечера



Чеоно морене



Глечерска долина и њене притоке

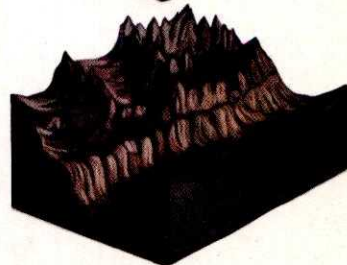
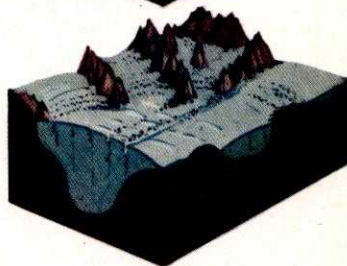


Схема претварања облика речне ерозије у облик глечерске ерозије

ка и *центриралне* или *срединске* које настају од две ивичне морене када се сједињују два глечера. Даље постоје *завршне морене* које настају приликом отапања глечера када приспе у умереније топлоотно подручје. Завршне морене могу бити у облику бране или потковица или *ивичне* које остају као ледници када се ниво глечера спусти.

Глечери приликом кретања носе велике количине стена, делимично смрвљених и обликују терен трећем ледених маса уз бокове корита глечера. То последње дејство узрок је стварању долина у облику потковица чији профил има облик латинског слова U који је карактеристичан за глечерску морфологију.

б) Вода као геолошки чинилац. — Вода је скоро универзалан чинилац обликовања Земљине површине пошто је она битни фактор у свакој од три фазе циклуса земалске ерозије: у метеоролошком разарању стена као средство за хемијско растварање, у транспорту материјала због кретања бујица и река и, најзад, при таложењу јер се оно остварује скоро увек у вођеној средини (мора и језера). Ако, осим тога, посматрамо и њену активност у ерозији материјалом који вода носи, не треба се чудити што се уопште под *ерозијом* подразумева дејство воде на Земљину кору.

Када киша пада, кишница се слива низ падине већом или мањом брзином, већ према нагибима, односећи честиче земље и стена. У доба киша у високим крајевима, где су падине дугачке, снага транспорта коју представљају те воде прогресивно се повећава све док не пређе у праве потоке. Када је киша веома јака, дејство њених вода званих *бујице* може да поприми катастрофалне размере, пошто спирају слојеве хумуса који служи као база за биљни покривач и откривају стене (*диглимерација*) уништавајући тиме агрикултурне и хумусне резерве слоја.

Јаруге које постају дејством бујица временом се повећавају и претварају се у дубоке удолине кроз које се пружају стални водени токови: *уитоци* и *реке*, који се међусобно разликују само по дужини и количини воде.

Према ерозивној снази сакупљене воде, сваки поток има три карактеристична дела: *изворишње*, подручје где се сакупљају бујице и атмосферске воде са околних падина и које представља горњу зону по-

тока а има облик левка; *корито* је следећи део потока кроз који вода, сада већ регулисаног тока силази на нижи ниво и на коме се испољава интензивно дејство ерозије транспорта и истовремено преноси материјал ерозије у нижа подручја; и, најзад, *плавине*, најниже подручје потока где се он шири и где нагомилава материјал који је својим током носио.

И код река се разликују та три дела а називају се: *горњи шок*, *средњи шок* и *доњи шок*.

Преовладавање било код процеса, о коме је раније говорено, у неком од делова тока реке представља интензитет одређене модификације њеног тока. Та модификација има за циљ да спречи било ерозивну активност било таложење дуж тока реке тако да крајњи резултат буде равнотежа на свим њеним деловима, тј. да се спречи ерозија у њеним горњим и таложење у доњим деловима тока. Профил неке реке по дужини у тој фази зове се *профил равнотеже* или *завршни профил* и показује њену пуну старост.

Ерозија транспортом код речних вода просеца долину реке и обликује њене стране. Дејство које се испољава на долину реке изгледа као да је резултат неке огромне пресе, спушта је постепено, док је вртлози буше захваљујући њиховом кружном кретању и праве удубљења звана *лонци* или *вирови*. Када нека река прелази са чврстог терена на терен који је у већој мери подложен ерозији ствара се разлика у нивоима дна због неједнoliчне ерозије у та два дела тока: тако настаје *водопад*; вода која пада ископа у подножју водопада дубоко удубљења *виновски лонац*, који, ако је довољно велики, може изазвати делимично стрпоштавање стране водопада и усецање водопада уназад. Ако је кохезија терена ограничена настају *бризи*, зоне у којима вода тече већом брзином.

Обале реке изложене су двострукој ерозији и то бујици, која настоји да усеце јаруге, као и одроњавању које изазивају кривудања раке. Ако су стене речне обале тврде, ерозија дна реке је интензивнија и река тече стиснута између уских стрмих зидова; ако су стене обале трошне, река се развија у ширину.

Материјали које транспортују водени токови се према величини знаца могу класификовати као: *блокови*, *шљунак*, *гробина*, *песак* и *лина*. Сви наноси настали од река зову се *алuviјални наноси* а све

РЕЧНА МОРФОЛОГИЈА

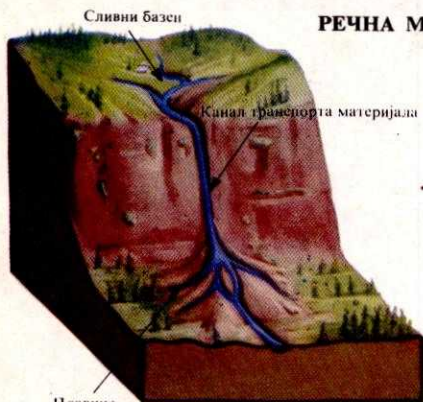
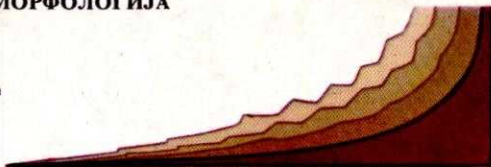
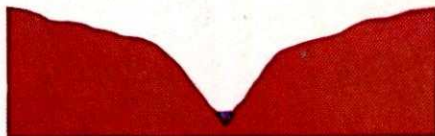


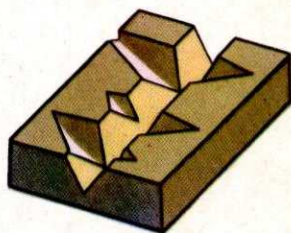
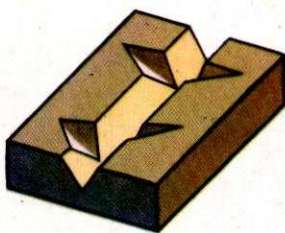
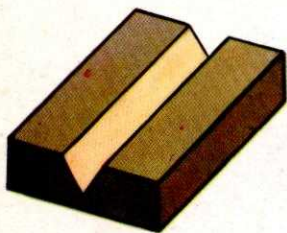
Схема потока



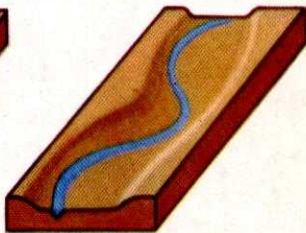
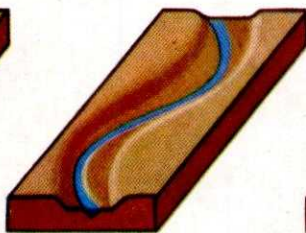
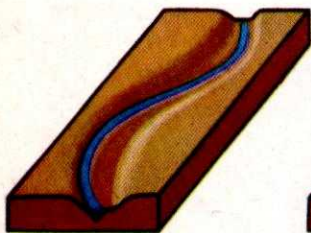
Различити уздужни речни профили настали временом због речне ерозије. Профил означен најтамнијом нијансом је „профил равнотеже“ или завршни прифил.



Пресек речне долине у облику V



Постепена ерозија обала реке



Формирање алувијалне равнице променама тока реке



Формирање речних тераса као последица промене нивоа реке



Када се река улива у море, транспортвани материјали обрађују дејству

формације речног порекла *алувијалне шиборебине*. Алувијални наноси речног порекла могу бити касније просечени у колико се профил дна реке довољно промени под дејством ерозије. Када настане такав феномен, делови алувијалних творевина остају на странама новонастале долине, и то на већим висинама но што је ново речно корито, па изгледа као да указују на ранији ниво корита. Такве, степените стране долина зову се *речне шерасе*.

Ерозија водених токова у планинским крајевима ствара типична *речне формације* са долинама у облику латинског слова U са узаним дном и више или мање нагнутим странама, потпуно различитим од глечерских формација (облика слова U). Један од примера речних формација налази се у морфологији алпских планина.

Дејство вода на Земљину обалу не одвија се само на површини. Део воде која падне са кишом на одређену површину продре у тло и буде задржан у живици (хумусу) тзв. *аисорбована вода*, док део продре кроз пукотине стена у унутрашњост, тзв. *инфилирирана вода*. Последња продире до разних дубина, што зависи од компактности слојева кроз које пролази, слива се у наборе и шупљикаве слојеве који прате непропусни слој, и избија кроз природне пукотине на површину или пуни тзв. *аршешке бунаре* избијајући из дубине због притиска воде у водоносним слојевима.

Погземне воде, када пролазе кроз различите слојеве земље, имају улогу растварања. Та улога је у толико значајнија у колико су материјали кроз које пролази растворљивији. У кречњачким масама кишница zasiћена са CO_2 са лакоћом раствара CaCO_3 , стварајући на површини карактеристичан рељеф тзв. *крашну морфологију* лишену вегетације и у унутрашњим шупљинама *ишине* које могу да буду огромних размера. Вода zasiћена са CaCO_3 , када продре у неку од тих пећина које је сама направила, због малог парцијалног притиска CO_2 таложи карбонат у облику *стаљанина* и *стаљаништа*, који могу да добију необичне облике, понекад

изванредно лепе као што је случај у Постојнској јами или у пећинама Каталоније у Шпанији.

б) Ветар као геолошки фактор. — Као вода и ветар истовремено има двоструку улогу у ерозивном циклусу: он врши транспорт материјала и ерозију. Природа ерозије, међутим, сасвим је различита, пошто је не остварује сам ветар већ честице које ветар подиже и снажно њима удара у природне препреке које му се појаве на путу (*еолска корозија*). Да би ветар могао да дејствује потребно је да постоји велика количина честица које он може да носи (тј. врло мале тежине), да буду растресите и без икакве кохезије.

Сортирање честица које ветар носи зависи од јачине ветра, од тежине самих честица а последица је дејства гравитације. Прво се таложе крупне честице и честице веће густине а на крају најфиније, које остају као суспензија у ваздуху и акумулирају се тамо где ветар престаје. Од пешчаног материјала формирају се *дуне*, од финијих материјала у којима преовладавају зрна иловаче (*муљ*) и кречњака — *лес*.

Еолска дејства јављају се у веома широким размерама у *иустийама*, крајевима у којима је клима необично сува и у којима или уопште нема вегетације или је она ограничена само на ксерофилне биљке — подешене да расту у крајње сувим амбијентима. Раније се мислило да су пустиње стара пресушена мора, међутим данас је ван сумње да су оне последица крајње сурових климатских услова, и да се било која територија у којој завладају такви климатски услови може претворити у пустињу.

Разликују се две врсте пустиња: *камене иустийе* оштрог рељефа и испресецане планинама као што су Гоби и централни делови Сахаре и *иешчане иустийе* којој дуне дају таласасти изглед и која захвата већи део Сахаре. Код првих нема никаквих услова за живот, нема вегетације, док се код пешчаних пустиња киша која пада с времена на време слива у увале испод песка где се појављују подручја вегетације — *оазе*.

КРАШКА И ПУСТИЊСКА МОРФОЛОГИЈА

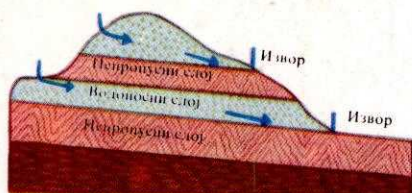


Схема формирања извора

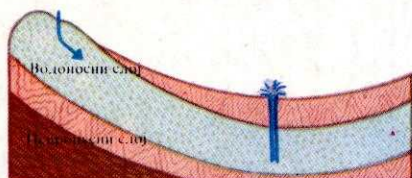
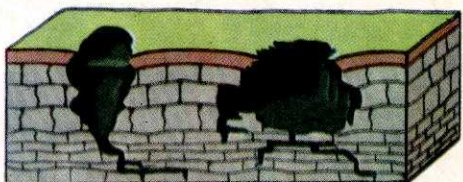
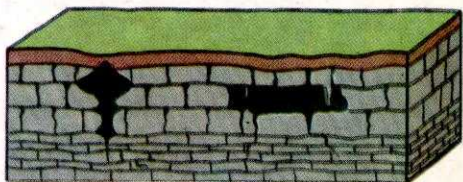
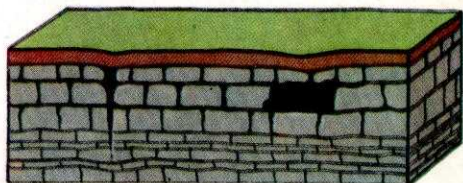


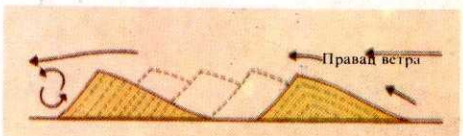
Схема артешиког бунара



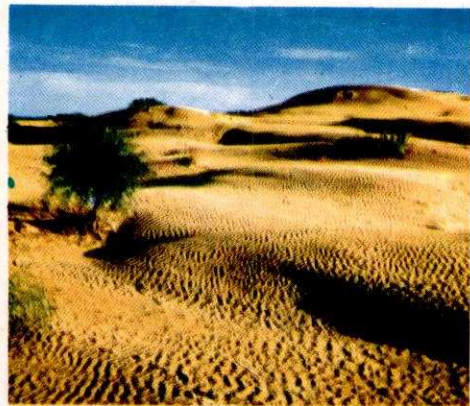
Унутрашњост „Пешине воде“ у Гранади



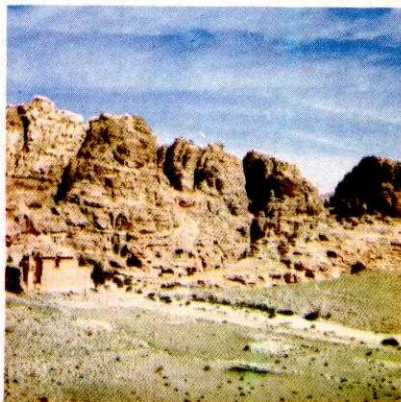
Процес стварања подземних пешина и провалија



Формирање и померање дуне



Пешчана пустиња



Камена пустиња

ОБАЛНА ЕРОЗИЈА ИЛИ АБРАЗИЈА

Зона додира између мора и земље није једна линија већ је површина веће или мање ширине коју сачињавају три појаса: а) површина која је под водом за време плиме а ван воде за време осеке, чија ширина зависи од величине плиме и осеке и од нагиба обале; б) површина која се пружа непосредно изнад линије највишег нивоа мора и коју море кваси; в) површина под водом непосредно испод линије осеке. Ова три појаса изложена дејству мора сачињавају *обалу*.

Море дејствује на обалу углавном *шталасима* и *струјама*. Таласи су последица таласастог, не транслативног, кретања честица воде, углавном као последица ветра који се шири све до обале где се разбија. Транслативна струјања водених маса настају из разних узрока. За абразију (ерозију обале), важне су само оне струје које настају уз обалу и услед плиме и осеке.

Обална ерозија ствара два екстремна облика обале, *гребене* или *клиф* и *илаже*, према природи стена и активности изазивача ерозије.

Механичко дејство абразије, стално и интензивно, које таласи испољавају на базу обале има за последицу продубљивање шупљине — *пошћојине* а затим одроњавање горњег дела стена — *настрешнице* и, с временом, образовање гребена или клифа. Кад се абразија наставља, гребен се повлачи према копну док се на том месту формира равна површина блиско нагнута према мору, на којој се разбијају таласи: то је *абразиона површина* или *иашформа*. Када почиње дејство мора на обалу, абразивна снага таласа потиче само од њихове енергије таласања и онда је она мала. Абразивна снага повећава се када се образују абразивне површине, пошто се таласи, када дођу на њу, коче на доњем делу док се горњи део ломи при чему се јавља хоризонтално кретање масе воде и њен удар у обалу. Ударна снага те масе воде која се креће већа је од саме снаге таласа, па су и ефекти које таква абразија постиже већи. Али пошто се гребени (клиф) постепено померају уназад, наступа један тренутак и коме је абразиона површина довољно пространа да се талас потпуно разбије и маса воде која дође до стране гребена нема никакву снагу. Тог тренутка

престаје свако абразивно дејство на гребен и они се заштите за увек.

Разне врсте гребена зависе од природе стена од којих су сачињени. Ако је обала од трошних стена као што су глинасте стене, формирају се *регресиони гребени* (клиф) са абразивним терасама поред мора и стрмим странама према копну; ако су стене тврде али ерозивне, као кречњак, формира се *рушени гребен* (клиф) који има високе и стрме стране преко целог његовог протежања; ако су стене тврде и мало ерозивне као гранити, дејство мора је врло слабо па се гребени (клиф) јављају услед раселина и других тектонских узрока што ствара *лучни клиф*.

Материјали који су отргнути од обале и транспортовани одбијеним таласом и струјама, акумулирају се у приобалној зони или у зони мирнијег мора или задржани неравнинама обале формирају *аккумуляционе шерасе* лучног облика и несиметричног профила ако је стрма обала, а ако обала благо прелази у море оне се зову *илаже*.

Понекад се материјали акумулирају на извесној удаљености од обале и паралелно обали тзв. *нешчани циркуви*, који могу бити спојени местимично копненим или морским талозима са копном и тако формирају затворене лагуне са понеким уским излазом у море: то су *обалске лагуне*. Акумулације се могу појавити и између острваца и обликују обале у виду *ирепелака*.

ВРСТЕ ОБАЛА

Према облику обалског рељефа обале се деле на две групе: *висока обала* код које преовладава клиф (гребени) и *ниска обала*, мало наглашеног рељефа, песковита и са огромним плажам.

Профил високе обале зависи од облика континенталног рељефа у приобалном подручју. Ако су правци пружања рељефа нормални на обалу, обала ће имати велики број увала и ушћа. То је *трансверзални тип обале* и може се сresti на грчкој обали Егејског мора. Ако се рељеф пружа паралелно са обалом, обала је праволинијска и врло стрма. Тај тип обале зове се *лонгитудинални тип обале* или *далматински тип*, тако назван пошто далматинска обала представља класичан пример обале тог типа.

ГЕОЛОШКИ АТЛАС

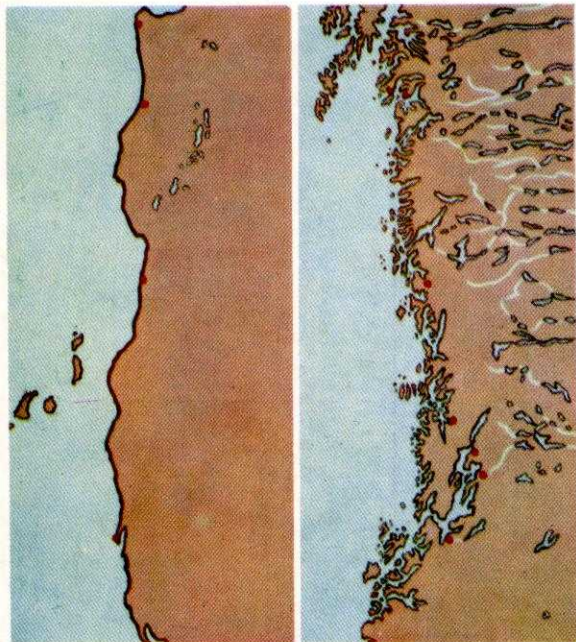
ЕГЗОДИНАМИКА

Серија
Д
Број 5

МОРФОЛОГИЈА МОРСКЕ ОБАЛЕ



Две узастопне фазе формирања клифа



Стара обала (западна Африка) и нова обала (Норвешка)



Фаза ерозије



Фаза ерозије и акумулације



Обала у равнотежи (мировању)

Схема развоја једног обалног профила



Обала правилнијског профила



Обала са разуђеним профилем

ОКЕАНОГРАФИЈА

Постојање мора јесте најзначајнија карактеристика наше планете. Вода, тако обилна на површини и у мањим дубинама Земљине коре, јесте елеменат који омогућује целокупну динамику нашег света, како минералну тако и биолошку. Без воде не може се замислити ни биљни ни животињски живот, а исто тако се и промене минералног света остварују дејством воде или у њеном присуству.

Океани у садашње доба покривају 71 одсто Земљине површине са средњом дужином од 3200 метара. На северној хемисфери континенти се граниче са три велика басена које називамо *океанима*: Тихи океан, који покрива скоро половину Земљине кугле; Атлантски океан и Индијски океан са којима се стапају Северни и Јужни ледени океан.

РЕЉЕФ МОРСКОГ ДНА

Природа морског дна остала је до недавно непозната. Пре 1920. године целокупна подморска истраживања ограничавала су се мерењем дубина механичким дубиномерима помоћу конопа и челичног зупета, методе које су, поред тога што су непрецизне и имају грешке, одређивале дубине само на појединим тачкама. Примена ултразвучних таласа за акустичко мерење дубине представља одлучујућу прекретницу у упознавању рељефа морског дна које је сада, захваљујући новим методама постало потпуно приступачно.

Данашње карте морског дна којима се располаже дозвољавају да се на рационалан начин испитује природа морског дна као и тип седимената који се таложе у било ком његовом рејону. Тако се открило да је рељеф морског дна много разуђенији од копненог рељефа и дознало се да басени таложења нису, како се раније замишљало, у централним деловима океана већ да се ове садашњих геосинклинала пружају уз ивице континенталних маса.

Приликом изучавања морског дна налазимо четири подручја чије су карактеристике јасно изражене: прво је платформа мале дубине — од 150 до 180 метара максимално — која се протеже дуж континента, а која се зове *континентална платформа* или *континентални праг*; од те

платформе дно се брзо спушта до дубине од 2000 метара образујући *континентални одсек* стрмог нагиба, а одатле се пружа стварно и право *океанско дно* (*дубокоморски реион* или *башијална област*), пространа површина чије просечне дубине варирају од 2000—6200 метара; и најзад постоје дубоки ровови, уских и стрмих страна, који се зову *подморски амбиси* (*абисална област*) чије дубине могу достићи и до 10.000 метара и више.

Континенталне платформе могу се сматрати прагом континентата, то су праве прелазне зоне између земље и мора, са деловима који се налазе узастопно под водом и на сувом, према кретањима плиме и осеке. Та платформа је сачињена углавном од транспортованог и од акумулационог материјала разбијених стена на обали када је обала брдовита. На њу се надовезује континентални одсек који је дели од дубоког мора.

Континентални одсек представља већи облик непрекидне стрмине но што се може наћи на копну. Упркос слабо развијеног рељефа, континентални одсек представља дубоке стрме засеке, праве *подморске кањоне* непознатог порекла, чија дужина у многим случајевима достиже дужину највећих копнених река. Изгледа да ти одсеци потичу из новијег доба, али упркос томе што су постављене многе хипотезе, до данас није могло бити пронађено неко прихватљиво тумачење. Седименти одсека и зоне седиментације сачињени су од зеленог муља и песка и малих количина шљунка који се таложи на дно кањона и ретко на странама.

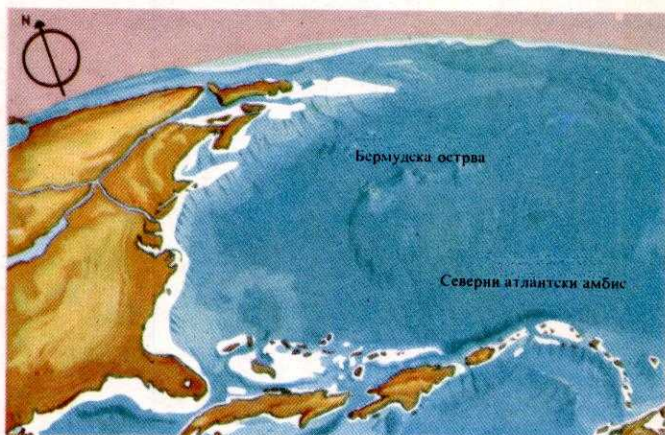
Највеће неправилности се срећу на океанском дну. Дно океана је подељено на веће или мање басене правим подморским планинским ланцима који се зову *иреге*. Најзначајнија је Атлантска греда која се протеже средином Атлантског океана од севера ка југу, у облику издуженог латинског слова S прекинутог око екватора попречним подморским амбисом. Подморска вулканска активност у неким зонама је изванредно интензивна. У тим зонама развили су се вулкани од којих су неки избили из мора у виду острва док су други остали под површином океана у виду високих и стрмих подводних врхова. Од свих појава које се могу срести

ОКЕАНОГРАФИЈА

Атлантски океан



Тихи океан



Изглед подморског рељефа северозападниог дела Атлантског океана



Изглед подморског рељефа источниог дела Тихог океана

Тихи океан



под морем међу најнеобичније спадају *ишмиш* — врста подводних планина равног врха на просечној дубини од 1000 метара и за које изгледа да су вулканског порекла и да су били за време краћег периода изнад површине, да су били подложни абразији, а затим због неког наглог геолошког поремећаја потонули таквом брзином да није било времена да се на њиховим врховима формирају коралне наслаге.

Седименти који се таложе на океанском дну зову се *абисални*. Ту се подразумевају фини седименти формирани углавном таложењем из мора — љуштуре праживотиња — но ти седименти могу садржавати и неке наслаге континенталног порекла, нпр. црвену иловачу, која покрива половину дна Тихог океана и око четвртину дна Атлантског океана а која се протеже до знатних удаљености од континената. Ги седименти таложу се веома лагано (приближно између 0,4 и 1,3 см за хиљаду година).

Подморски амбиси налазе се на ивицама океана, или поред подморских планинских ланаца (грета) вулканских острва, врло ретко у центру. За те формације таложење је врло значајно, у првом реду позиционо. Они се могу сматрати као басени таложења сисалског материјала које се остварује путем мора и које се акумулира у огромним количинама.

ДИНАМИКА МОРА

Океани и мора јесу масе воде које се не налазе у мированој већ, напротив, у непрекидном кретању и које тиме представљају комплексну динамику у којој су од значаја *ишми* и *осека*, *шаласи* и *струје*.

Привлачна снага Месеца и Сунца утиче на водене масе на Земљи и изазива периодично уздицање и спуштање нивоа мора и океана. Та појава назива се *ишми* и *осека*. Фаза која одговара највећем подизању нивоа воде јесте *ишми* или *висока вода*; фаза која одговара максималном спуштању нивоа јесте *осека* или *ниска вода*. Обим плиме и осеке, тј. разлика између плиме и осеке, знатно варира у односу на географско место.

Таласи, чија је динамика и чији су ефекти већ описани, јесу општа појава која настаје и онда када је атмосфера потпуно мирна. Постоје две врсте таласа *слободни*

шалас или *мртво море* и *вешровиши* или *присиљени шалас*. Слободан шалас јесте периодично подизање и спуштање водених честица што ствара дуге узастопне брегове и долине при чему се честице у хоризонталном правцу не крећу или је то кретање безначајно; претпоставља се да ти таласи настају при пролазу барометарских депресија чије је дејство на море вибрационог карактера. Присиљен шалас јесте непосредна последица трећа ветра: поремећена површина услед неравномерног распореда атмосферског притиска при ветру напредује у хоризонталном смислу и прогресивно повећава количину кретања честица воде, при томе на гребену таласа ствара белу пену; јачина и брзина кретања тог типа таласа непосредно зависи од јачине ветра. Присиљен талас претвара се у слободан талас када, пошто допре у зону где не дува ветар, настави своје периодично кретање стварајући стање мора које поморци називају „мртво море” и које при удару у обалу производи велике млазеве.

Морске струје јесу сва хоризонтална кретања водених маса мора и океана. Оне личе на реке које теку кроз мора и океане. Циркулација воде сваког океана може да се представи схематски са две основне струје уз екватор — једна на северу друга на југу од екватора које непрекидно теку од истока ка западу. Међу њима се налази једна противструја која носи воду на места одакле потичу прве две и компензује одлазак водених маса. Струје северно и јужно од екватора које теку ка западу крећу услед кориолисовог ефекта ротационог кретања Земље и то северна на десно а јужна на лево од правца кретања и тако ударају у западне обале континената. Та скретања и одбијања од континената терају један део струје да се врати на место поласка и тако затвори круг, а други део да оде у високе географске ширине и да се тамо разиђе. Тај прости механизам ставља у покрет водене масе из поларних области које се у виду струја спуштају, дуж спољних ивица струја са југа, у ниже географске ширине и тако компензују количине воде које одлазе струјама. И те поларне струје поллежу скретању услед ротације Земље па се протежу дуж самих западних обала океана. Струје које потичу из предела екватора јесу *шолле*, а из поларних области *хладне морске струје*.

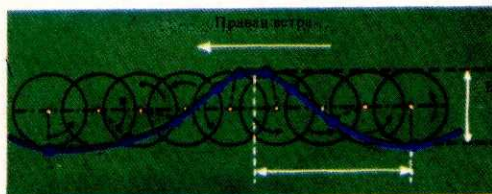
ОКЕАНОГРАФИЈА



Висински профил подморских области



Изглед таласа



Формирање профила таласа

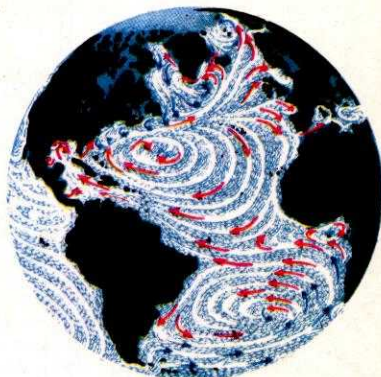


Схема морских струја у Атлантском океану

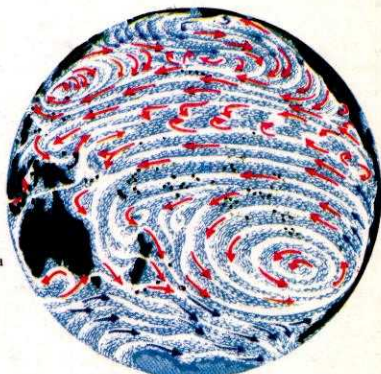
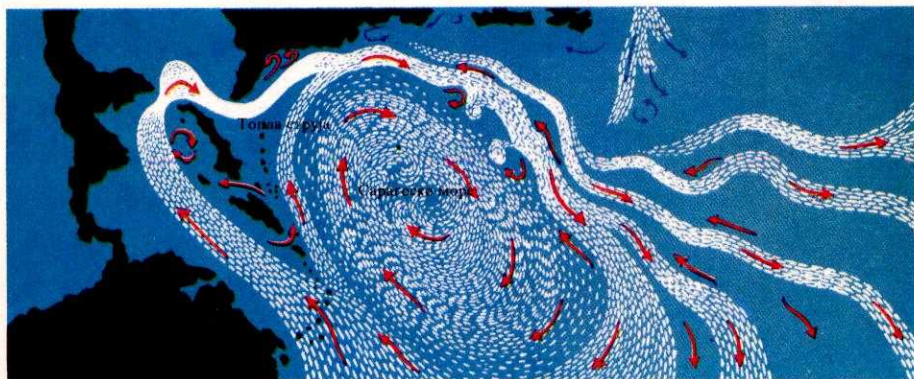


Схема морских струја Тихог океана



Детаљ Голфске струје

МЕТЕОРОЛОГИЈА

САСТАВ АТМОСФЕРЕ

Земља је окружена гасовитим омотачем који се зове *атмосфера* и који је штити од сунчевих космичких зракова тиме што им умањује интензитет или их потпуно апсорбује а осим тога, садржи гасовите елементе неопходне за одржавање живота, *кисеоник* и *угљен-диоксид*.

Средњи хемијски састав атмосфере је 78 одсто азота, 21 одсто кисеоника, 0,93 одсто аргона, 0,03 одсто угљен-диоксида, водене паре и групу гасова у веома малим количинама (хелијум, метан, оксид азота) заједно са веома финим честицама чврсте материје која проистиче од литосфере.

Састав ваздуха је практички константан од нивоа мора па до великих висина, али се зато његова густина брзо умањује са висином. На 10 км дисање постаје тешко због недовољног парцијалног притиска кисеоника а на 20 км нема га ни толико да би могла горети свећа. Што се више пење атмосфера се проређује прогресивно и постаје све сиромашнија у броју гасних молекула, све до једне неодређене тачке где честице гаса беже ка спољњем простору брзином добијеном приликом њиховог последњег судара. Та зона распадања атмосфере почиње, према неким мишљењима, на 385 км а завршава се на 650, према другима почиње на 950 км а завршава се на 9600.

Све до висине од 60 км ваздух се понаша као и у слојевима при земљи, али почев од те висине толико је разређен да у физичком смислу следи законе вакуума. Тако се атмосфера дели на два велика региона: *метеоролошку атмосферу* и *јоносферу*. Прва је, опет, састављена од једне зоне која је ближа Земљиној површини, у којој се јављају снажне турбуланце и у којој се јављају скоро сви метеоролошки феномени — то је *тропосфера* изнад чије се горње границе (око 12 км) налази зона апсолутне тишине, *штройпауза*, а изнад које се простира *стратосфера* све до 60—70 км висине.

Температура тог подручја показује изненађујуће неправилности. У тропосфери се температура умањује за око 6°С на сваки км висине све до тропонаузе, где се налазе веома расхлађени слојеви ваз-

духа температуре од 210°К*), да би се у току каснијих 50 км повећала тако да се креће од 275° до 325°К, док средња температура износи 325°К. То је тзв. топли појас. После тог појаса све до 80 км поново следи хладни појас се најнижом температуром атмосфере од око 190°К, још увек унутар јоносфере. У јоносфери се касније температура прогресивно повећава тако да на 400 км достиже 2500°К.

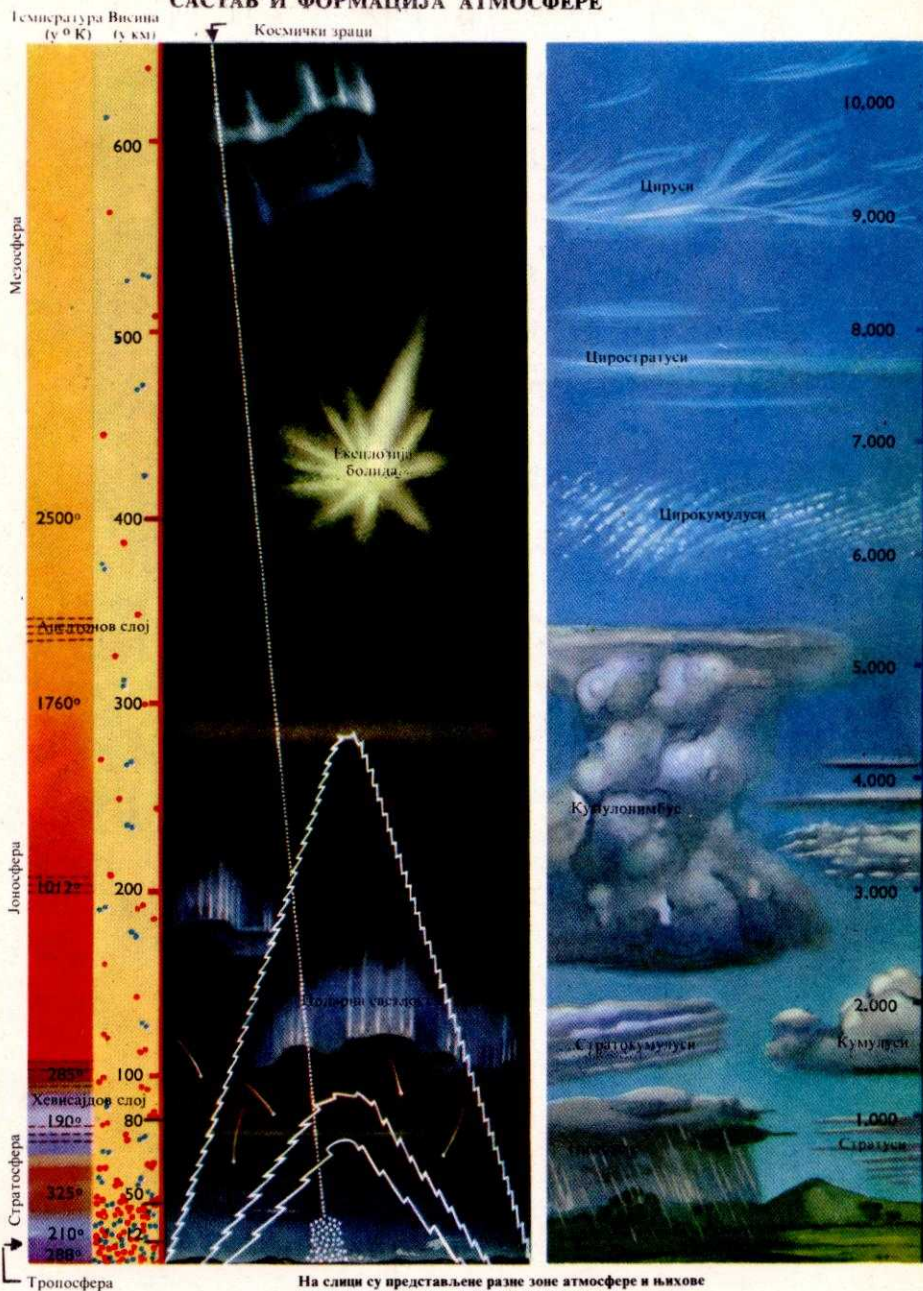
Мада је састав ваздуха практично константан постоје мале промене које, мењајући битно просек, имају необично велики значај за физичке појаве и за ефекте које могу да изазову. Између 15 и 50 км висине ултра-љубичасто зрачење Сунца активира молекуле кисеоника који реагују тиме што производе озон у веома малим количинама, реда 0,001 одсто, али и та мала количина апсорбује скоро све ултра-љубичасте зраке, остављајући само толико колико је довољно да убија микробе и поцрни човекову кожу. То апсорбовање, које постиже свој максимални интензитет на висини од око 50 км, вероватно је разлог повишења температуре ваздуха у тој зони. Почев од 60—80 км гасни молекули се, због дејства сунчевих и космичких зракова, разбијају и ослобађавају атоме који се делом јонизују.

АТМОСФЕРСКА ДИНАМИКА

Гасни омотач који окружује Земљу није сачињен од концентричних слојева ваздуха различитих густина у стању мировања, већ представља део планете у коме термички услови настали дејством Сунца имају највећи ефекат. Ваздух, као смеша гасова има максималне услове покретљивости; он не следи круто Земљино ротирање већ под утицајем тог ротирања и сам подлеже покретима који су резултат утицаја многих и разноликих фактора. Атмосферске појаве које се догађају у тропосфери и које дејствују непосредно на површину планете зову се *метеоролошке појаве*.

*) Келвинови степени (К) изражавају апсолутну температуру па, према томе, за 0°С еквивалент температуре у Келвиновим степенима је +273°К (апсолутна температура замрзавања воде). Тако је 37°С равно 310°К а -40°С одговара 233°К.

САСТАВ И ФОРМАЦИЈА АТМОСФЕРЕ



На слици су представљене разне зоне атмосфере и њихове главне карактеристике. Десно је тропосфера.

Основни узроци атмосферске динамике јесу различито загревање ваздуха и Земљина ротација, које проузрокују кружења великих маса ваздуха од којих се развијају *бешрови*, па се мешају хладан и топли ваздух засићен воденом паром услед чега настају *облаци* и, као крајња последица, *киша*.

Ако би постојао само први од та два наведена узрока (различито загревање), ваздух би се загревао у близини екватора с тенденцијом да се пење а на половима расхлађивао с тенденцијом да се спусти. Због разлике у густини а тиме и притиска између та два случаја, настало би померање топлог ваздуха у високим слојевима тропосфере са екватора ка половима, а хладног ваздуха у нижим слојевима са полова ка екватору.

Но, пошто Земља ротира, то ће ваздух у горњим слојевима скретати према истоку (*антициклони*) али неће достићи поларне области; због скретања и због смањивања обима паралела: ваздух је присиљен да се већ око северне односно јужне ширине од 35° спушта и враћа при Земљиној површини ка екватору (*циклони*). овога пута уз скретање ка западу. Ваздух са полова који се при земљи креће ка екватору бива присиљен (ширење због све већег обима упоредника) да се пење пре 35° северне односно јужне ширине и тако пређе у *циркуларно кружење*. Услед поменута два главна узрока циркулације ваздуха у пределу полова јављају се *поларни источни ветар* и *западни ветар*. Због такве расподеле маса ваздуха формираће се зона високог притиска у близини поларних кругова а ниског у близини повратника.

Трећи чинилац који дејствује на циркулацију у атмосфери јесте различити интензитет расхлађивања копнених и водених маса. Та појава изазива стварање серија подручја високог и ниског притиска што изазива дневне (нпр. *магистрал*) и периодичне (нпр. *монсун*) ветрове. Најпознатији су монсун који дувају 6 месеци са копна према мору и других 6 месеци са мора према копну.

Општа циркулација у атмосфери, чију смо схему управо видели, ствара подручја

високог притиска и веће густине у којима се, могло би се рећи, ваздух нагомилала (*антициклони* или *антициклоналне области*), и друга, ниског притиска и у којима изгледа да се налази мање ваздуха но у првим (*циклони* или *циклоналне области*). Разлике у притисцима условљују и одређују кретање ваздуха, што се остварује у спиралама, полазећи из области високог притиска где влада лепо време ка областима ниског притиска где се дешавају олује, падавине и, уопште, лоше време.

Појава циклоналних и антициклоналних области последица је раније описаних појава. Када се те области одреде, уртавају се у метеоролошке карте и анализом тако представљене ситуације расподеле притисака могу се одредити правци ветрова у одређеним зонама, њихова јачина и дневне климатске промене. Те области је могуће одредити једновременним мерењем атмосферског притиска на разним тачкама Земљине површине и извлачењем *изобара* — линија које спајају тачке истих притисака. Циклоналне и антициклоналне области аутоматски остају у центрима серије изобара — концентричних неправилних кривих линија чија се бројчана вредност притиска умањује односно повећава према центру.

Облаци се образују кондензовањем атмосферске водене паре (када се охлади) било у водене капљице пречника реда 0,01 мм, било у облику малих кристалића леда. Да би се ово десило неопходно је присуство малих зрнаца прашине која се ту појављују као кондензациона језгра. Таквих малих зрнаца прашине има у довољној количини до 4 км висине но на већим висинама нестају. То је разлог што у стратосфери нема облака.

Облаци са падавинама формирају се када се маса топлог ваздуха, засићеног воденом паром, креће кроз атмосферу образујући на тај начин *шпили фронти*, и наиђе на свом путу на масу хладног ваздуха. На сличан начин се формира један висок и густ слој облака када је маса хладног ваздуха (*хладни фронт*) изнад зоне топлог ваздуха који је засићен влагом.

АТМОСФЕРСКА ДИНАМИКА



Кондензација водене паре која се налази у атмосфери при додиру између масе топлог и масе хладног ваздуха са стварањем облака и падавинама као последицом



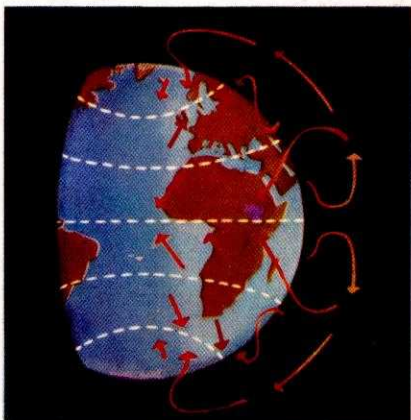
Атмосферске падавине као последица додира хладног фронта са масом топлог ваздуха



Циркулација ваздуха на разним висинама. Црвено — слојеви топлог ваздуха; плаво — слојеви хладног ваздуха



Схема опште циркулације у атмосфери не узимајући у обзир Земљину ротацију



Циркулација у атмосфери под утицајем Земљине ротације и расподеле континенталних маса

ГОРИВА

ГЕОЛОГИЈА УГЉА

Постоје три врсте минералних горива: *чврста* — угаљ, *течна* — петролеј и *газовита* — природни гас.

Угаљ се појављује између седиментних формација као велики слој или као маса у облику слоја. Он је настао трансформацијом биљних остатака који су засути земљом и тако избегли да буду потпуно разорени.

Фосилни угаљ може бити: *шресеј*, *лигнит* или *мрки угаљ*, *камени* или *црни угаљ* и *анирациј*. Те врсте угља разликују се у суштини по степену остварене трансформације и проценту угљеника који садрже.

Тресеј је најмлађи фосилни угаљ, у суштини то су још недовољно трансформирани биљни остаци. Састоји се од црнкасте до светложуте материје, има изглед сунђера, садржи пуно остатака биља које још није карбонизовано. Формира се и сада у *шресејитским* или у баруштинама где се развијају велике количине маховине и других водених биљака које формирају праве пловаче пашњаке.

Лигнит или *мрки угаљ* је компактнији од тресета, боје је кестењасте или црне, сачувао је структуру биљака. Лигнити су углавном потекли из ере мезозоица или конозоика.

Камени или *црни угаљ* је црн, компактан, сјајности стакласте, смоласте или масне; код њега је још добро очувана структура биља, углавном потиче из палеозоица али се могу наћи и наслаге из мезозоица па и кенозоика.

Анирациј је камени угаљ, тврд, компактан, лом се шкољкасто, стакласте је сјајности, са прелазом у металну. Потиче из палеозоица.

Антрацит и камени угаљ су најбогатији угљеником и испарљивим састојцима а имају и највећу калоричну вредност. Лигнит и тресет су сиромашни угљеником и имају малу калоричну вредност.

Угљеник има калоричну моћ од 7860 калорија а чисти водоник 34190 калорија; према томе, у колико једно гориво има већу количину водоника у толико је његов квалитет бољи. Високи проценат водоника у течним и гасовитим горивима објашња-

ва њихову калоричну моћ која је већа но код угља.

Порекло угља је несумњиво биљно. Он је настао утрешком огромних количина биљака које су се развијале у неограниченим количинама у појединим областима Земље сачињавајући веома густе шуме у периоди карбона ере палеозоица. Атмосфера је тада била веома богата угљендиоксидом (CO_2) што је омогућило интензивнију функцију хлорофила па стога и необичан развој биљног света у нарочито топлој и влажној клими. Ове огромне угљоносне шуме биле су постепено засипане седиментима и тако подвргнуте за време геолошких ера, периода и епоха без ваздуха, дејству извесних бактерија.

Хемијски процес карбонификације настајао је после потапања биљака у воде мочварних шума и одвијао се кроз неку врсту анаеробне (без присуства ваздуха) ферментације чија је последица губитак водоника, кисеоника и целулозе, метана и угљен-диоксида и, због тога, обогаћивање угљеником. Наступио је момент у коме је ферментација престала због појаве земних киселина које су створиле антисептичку средину. Према томе, степен карбонификације не зависи од старости лежишта већ од времена када је настала та антисептичка фаза. Процес карбонификације доводи до стварања једне супстанције желатинозног изгледа богате земним киселинама (угљо-хумусна) која сачињава основну супстанцију угља.

Микроскопска студија угља омогућује да се уочи серија веома малих биљних остатака међу којима су се могле идентификовати и фосилне бактерије, које би могле бити узрочници фосилизације.

Према геолошким условима лежишта угља се деле на *аутохтоне* и *алоктоне*.

У слојевима аутохтоних угљена могуће је уочити повремено ранији вертикални положај стабала или њихове корене у самом лежишту. Због узастопних затрпавања шума појављује се више слојева фосилног угља који леже једни изнад других али растављени другим седиментним слојевима, као нпр. у басену каменог угља у Француској.

Али у другим случајевима слојеви угља не показују такве карактеристике. Може

ГЕОЛОШКИ АТЛАС

ГОРИВА

Серија
Е
Број **1**

ГЕОЛОГИЈА ФОСИЛНОГ УГЉА



Реконструкција угљоносне шуме



Антрацит



Лигнит



Формирање басена угља

%	C	H	O	N
Антрацит	94-96	3	2-3	Трагови
Каменни угљ	80-90	4-6	6-14	1
Лигнит	66-70	5	25-39	1
Трост	55-60	6	34-39	1
Дрво	48	6	43	1

Просечни хемијски састав угља

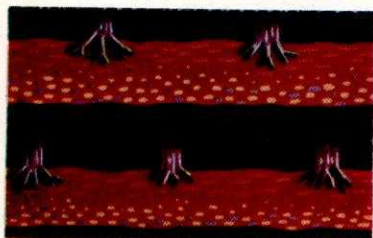


Схема структуре жиге каменог угља



Структура угља посматрана микроскопом

се код многих лежишта уочити да су велике количине биљака отргнуте и токовима река акумулиране на месту лежишта, што и данас виђамо на делтама великих река. Таква лежишта угља зову се *алохиони*.

ГЕОЛОГИЈА НАФТЕ

Поред уранијума и каменог угља и нафта представља једну од резерви енергије наше планете.

Састоји се од мешавине чврстих, течних и гасовитих угљо-водоника. Нафта се може појавити у ређој и гушћој конзистенцији што зависи од тога да ли у њој преовлађују чврсти или течни и гасовити састојци. Фракционом дестилацијом нафте могу се добити многи индустријски производи (лака уља, тешка уља, бензин, вазелин, парафин, алкохол, гас, уље за ложење, асфалт, боје, смоле, синтетичка гума, пластичне материје, козметичка средства, фармацеутски производи итд.).

Најважније питање које је откриће нафте наметнуло геолозима, било је њено порекло и богатство њених лежишта. Данас се сматра још увек да је нафта органског порекла и да је настала трансформисањем великих количина биљних и животињских остатака, који су могли да се произведу само у морској средини а чија разноврсност и богатство превазилазе сваку машту. Данас се претпоставља да су сировине за стварање нафте били планктонски организми који су живели у мору тј. микрофлора и микрофауна, који су се у специјалним топографским условима нагомилали у огромним количинама на дну океанских седимената.

Теорија о постанку нафте у лагунама и иза превлака објашњава да је океанска вода богата планктонским организмима непрекидно продирала у лагуне и заливе делимично затворене превлакама. Планктонски организми, прелазећи из сланије воде у мање слану воду брзо су умирали и тако створили неку врсту непрекидне ки-

ше остатака организама који су се слагали на дну, заједно са муљем и иловачом. Тиме су стварали огромне конценрации органске материје. У потврду те тезе говори и чињеница да се нафта увек појављује у пратњи слане воде са једињенима брома и јода, пореклом из мора и лагуна.

Услови под којима се налази нафта одређени су тектонском природом и структуром стена које је садрже. Слојеви у којима лежи углавном су глинасти и зову се *мајичне стене*. Али нафта углавном тежи да исцури из матичних стена и да се уније у оближње порозне стене, као што су пешчари, при чему се нагомилава у сочивастим зонама у којима се одоздо према горе распоређују вода, нафта и гас.

Да би се лежиште сачувало неопходно је да буде заштићено непропусним слојевима иловаче који спречавају њену оксидацију и распаѓање.

Типично лежиште нафте је антиклинално, пошто се она поставља у пределу антиклиналног шарнира порозних слојева или конзервационих слојева.

Истраживање нафте је компликовано, скупо и ђпоро. При томе се користи геолошким и допунским геофизичким методама које треба да обезбеде максималну вероватноћу успеха при бушењу. Данас, захваљујући напретку науке и тахнике, 20 до 25 одсто бушења су успешна док се још пре 10 година тај проценат кретао само око 5 одсто. Техничким усавршавањем данас се постигло бушење до 7000 метара дубине. Осим тога развило се знатно и бушење терена под морем.

Перспективе експлоатације нафте са терена под морем су врло велике пошто се рачуна да се на теренима покривеним морем налази два пута већа резерва нафте него у налазиштима на континентима.

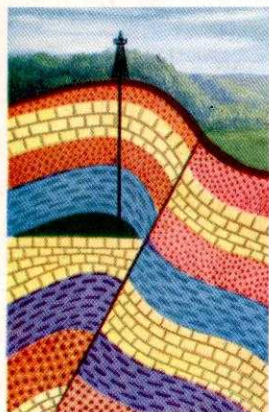
Најважнија лежишта нафте налазе се на Средњем истоку, затим у Северној Америци у САД. У Јужној Америци су најзначајнија лежишта у Венецуели а у Европи у СССР и у Румунији.

ГЕОЛОГИЈА НАФТЕ

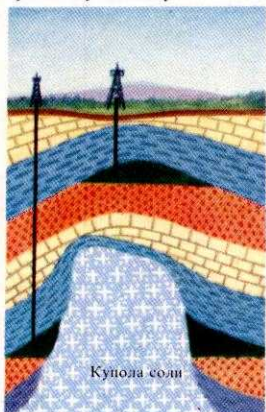


Идеални услови за формирање нафте

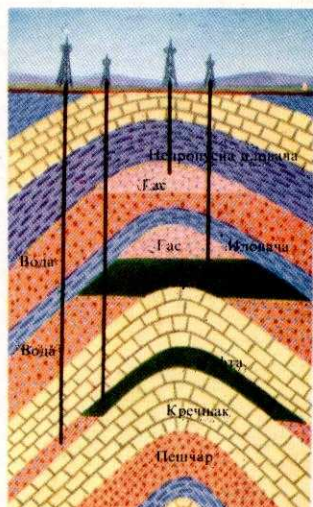
- 1 — вода нормалне сланости, богата кисеоником
- 2 — вода богата солима а сиромашна у кисеонику



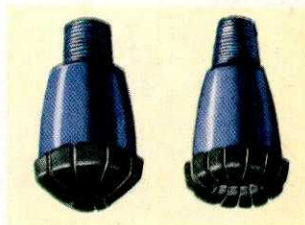
Лежиште у раселини



Лежиште у куполи соли



Класичан пример лежишта нафте у антиклинали



Глава бургије



ИСТОРИЈСКА ГЕОЛОГИЈА

Теорије о постанку Земље изгледа да имају један заједнички елемент, а то је да је наша планета прошла једну фазу у којој је била у течном стању. Све поставке о физичком саставу елемената од којих је Земља сачињена спекултивног су карактера и тајна која обавија постанак снала (спољни омотач земљине кугле претежно састављен од силицијума и алуминијума) и његово одвајање од сине, могуће је пре решити испитивањима у космосу него посматрањима на Земљи, јер је мало вероватно да ћемо открити прве стене од којих је била сачињена Земљина кора.

Од тренутка када се појавила вода на Земљи, можемо сматрати да је постојала нека кора и да су на њу деловале многе појаве које сачињавају један циклус са три основне фазе о којима је већ говорено. То су: ерозија, седиментација орогенеза. Овај циклус ће се понављати у веома различитим формама и у различитим периодима еволуције планете, при чему су остали трагови његовог деловања. Све промене које је претрпела Земљина кора представљају њену историју коју изучава *историјска геологија*.

Први проблем који се поставља историјској геологији јесте одређивање времена постанка различитих стена које се налазе у Земљиној кори и њихово хронолошко класифицирање. Седиментне наслагне формиране су од материјала који је карактеристичан за епохе и зоне седиментације, што је предмет изучавања *литолошке методике*. Међутим, највећи број тих геолошких формација садржи остатке биља и животиња (*фосили*) који су поређани по једној еволутивној скали, чиме се бави палеонтологија, грана историјске геологије, па се тај начин изучавања зове *палеонтолошка методика*. Тим методама, могле је одредити редослед стварања слојева а литолошко-палеонтолошки скуп карактеристика једног или више слојева зове се *фација*. А ако стене не садрже остатке живих бића, мора се прибегнути физичким методама за утврђивање хронологије а то су производи дезинтеграције урана (радиоактивно олово).

Стратиграфија је грана геолошких наука која изучава историју слојева, њихову старост, порекло, трансформације, дефор-

мације и разарања које су претрпели а као крајњи циљ има реконструкцију Земљине површине у разним ерама и на сваком месту. Историјска геологија се у знатном обиму базира на стратиграфији.

ПРЕКАМБРИЈСКА ЕРА

Прекамбријска ера обухвата период историје Земље који претходи ери стварања првих стена које садрже довољно сачуване организме да би њихова структура могла бити описана. Њена горња граница одређена је слојевима у којима се налазе најстарији фосили тј. доњег камбријума, прве епохе палеозојске ере, чија старост достиже 600 милиона година.

Иако прекамбријски терени не садрже фосиле, очигледно је, бар делимично, да су постојала жива бића. Као доказ те тврдње јесте формирање кречњака и угљеникових једињења за чије постојање је везана искључиво активност живих организама, а осим тога, прва жива бића палеозоика — трилобити, представљају већ релативно развијене организме. Може се, дакле, тврдити да је појава живих бића на Земљи настала за време прекамбријске ере.

Сматра се да се старост најранијих формација креће од 2500—3000 милиона година и да је најстарија ера трајала пет пута дуже од свих каснијих ера заједно. Но, о тој ери врло се мало зна. Метаморфизам је скоро потпуно изменио прекамбријске терене и оставио исувише мало индиција бора, неравнина и постојање интрузивних гранита да би се могле разјаснити појаве у тим временима.

У тој ери могла су се разазнати три орогенетске циклуса, али сазнања која о томе имамо тако су непрецизна да, ослањајући се на најновија истраживања, садашња схема мора да претрпи огромне измене. Најстарија орогенеза обухватила је Северну Америку, Гренланд и Шкотску. После те периоде (*архајска епоха*) настаје алгонкијска периода која обухвата више терене прекамбријске ере и у којима се налазе трагови фосила. У њој су се јавила убирања у области језера Хјурона у САД (око 800 милиона година) и даље све до Финске преко Шкотске и Скандинавије.

ГЕОЛОШКИ АТЛАС

ИСТОРИЈСКА ГЕОЛОГИЈА

Серија

Ж

Број 1

ПРЕКАМБРИЈСКА ЕРА



Стварање првих формација чврсте коре: у течном материјалу пливају први блокови силиката.



Када је температура већ консолидоване Земљине коре нашла испод 1000°C , вода која је дотле била саставни део атмосфере у облику паре, кондензовала се и падала у бујицама на тло.

Најзад, последња орогенеза прекамбријске ере названа је *анимикијана*.

ПАЛЕОЗОИК

У *камбријуму*, првој периоди палеозои-ка, старе платформе прекривају се континенталним детритичким формацијама, док се у морским областима акумулирају слојеви који садрже најстарије фосиле који се могу идентификовати (радиоларије, брахиопде, зглавкар итд.). У завршном делу те периоде налазе се трагови глечерских творевина што указује на захлађење.

Маринске фазије камбријума воде по-рекло од мора која су плавила веће површине садашњих континената. То се види по веома распрострањеној морској обалној и лагунској фауни која је прекрила плавлене платформе и тиме окарактерисала серије камбријских седимената. Та фауна састојала се у првом реду од *ширлобија* праћених организмима са кречњачком љуштуром од којих је формирана једна врста гребена (*archeocyclus*), брахиоподима, шкољкама (*lamellibranchiata*) и врло примитивним пужењима (*gastropoda*). Изузев кичмењака, у тој периоди биле су присутне све врсте морских животиња које постоје и данас.

Осим веома ограничених области, камбријске насlage настављају силурски седименти, који су имали велики значај за каледонску област и море Месогое*. Силурске насlage садрже карактеристичне фосиле за то море — *трайлобит*. Морска фауна се појављује у све комплекснијој форми, тако силурски седименти обилују *бодљокошцима* (*echinodermata*), *главоношцима* (*cephalopoda*), *ширлобијима*, који су тада достигли врхунац свог развоја. Средином периоде силура појављују се и најстарији кичмењаци — рибе са оклопом — *оклопаче* или *острацодерма*. На крају те периоде, на рачун северноевропске геосинклинале издиже се, као последица *каледонске орогенезе*, моћан планински ланац чије остатке налазимо и данас у скандинавским планинама и шкотском „*хајленду*“. Каледонски планински ланац везао

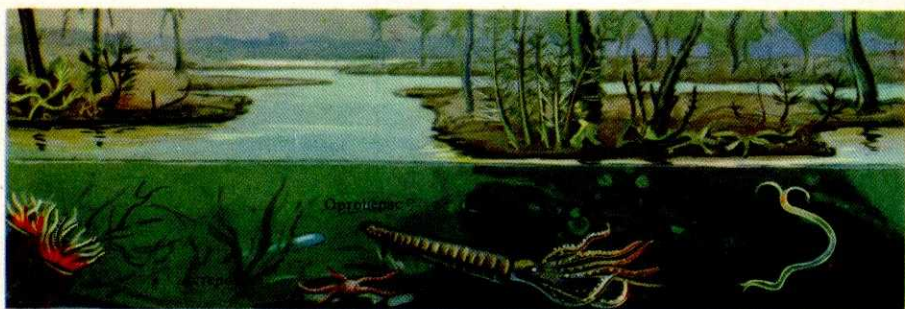
је два прекамбријска блока континената и формирао је прве европске терене пре 320 милина година. Ограничен само на северну зону, тј. ланац се протезао до старог северноатлантског континента а од Азије био је раздвојен Уралско-Тјаншанском геосинклиналом.

Континет формиран крајем силурске периоде, био је покривен за време *гебона* копненим или лагунарним детритичким формацијама међу којима се појављују прве васкуларне биљке на дну старих третишта, а почињу да се појављују и папрати и друге биљке које су доживеле врхунац развоја у карбонској периоди. Лагуне насељавају рибе-оклопаче (*astrocodermata*) и дводихалице (*diploe*) а од зглавкара циновскиракови (*gigantostroma*). При крају тог периода појављују се и прве амфибије. Јужно од континента налази се један океан у чијим дубинама лежи Европа и Руска платформа. Морска фауна се обогатила: брахиоподи доживљавају максималну рашчлањеност по врстама, међу главоносима (*cephalopoda*) налазимо прве *амонит*, а острва се прекривају коралним спрудовима. То је период привидног тектонског мировања, која је била прекинута само са два геолошка догађаја међусобно повезана: појава *динанитске синклинале* пре 280 милиона година и *херцинске орогенезе* пре 260 милиона година.

Океан, у коме су господариле рибе преплављивао је континенталне површине све до Шкотске и на југу до афричке платформе. Та инвазија мора може се упоредити са сличним из периоде камбријума, и са оном, много касније, у креди. Скоро у истом периоду изроњава из океанских дубина један велики планински ланац који сачињава костур средње Европе: то је херцинска орогенеза која оставља између себе и северних копна велику морску депресију и која је попунила полако *бесифалску лагуну*. Данас остатак те орогенезе чине Шварцвалд, Централна висораван, Ардени, Чешке планине и др., а више према југу венац Пиринеја и кристаласти масиви спољних Алпа. По свом пореклу то је био ланац велике висине и обима, као што показују блокови који се налазе у карбонским конгломератима. Европа не дугује за своје стварање Азији већ има аутохтоно порекло од пре 260 милиона година и од самог почетка одвојена је од Азије уралском синклиналом, и неће се с

* Великом средоземно море које се пружало од Мексичког залива (садашњег) све до острва Сундског архипелага (садашњег) и одвајало континенте на северне и јужне.

ПАЛЕОЗОИК



Палеозојски пејсаж. Копнена фауна мало је развијена

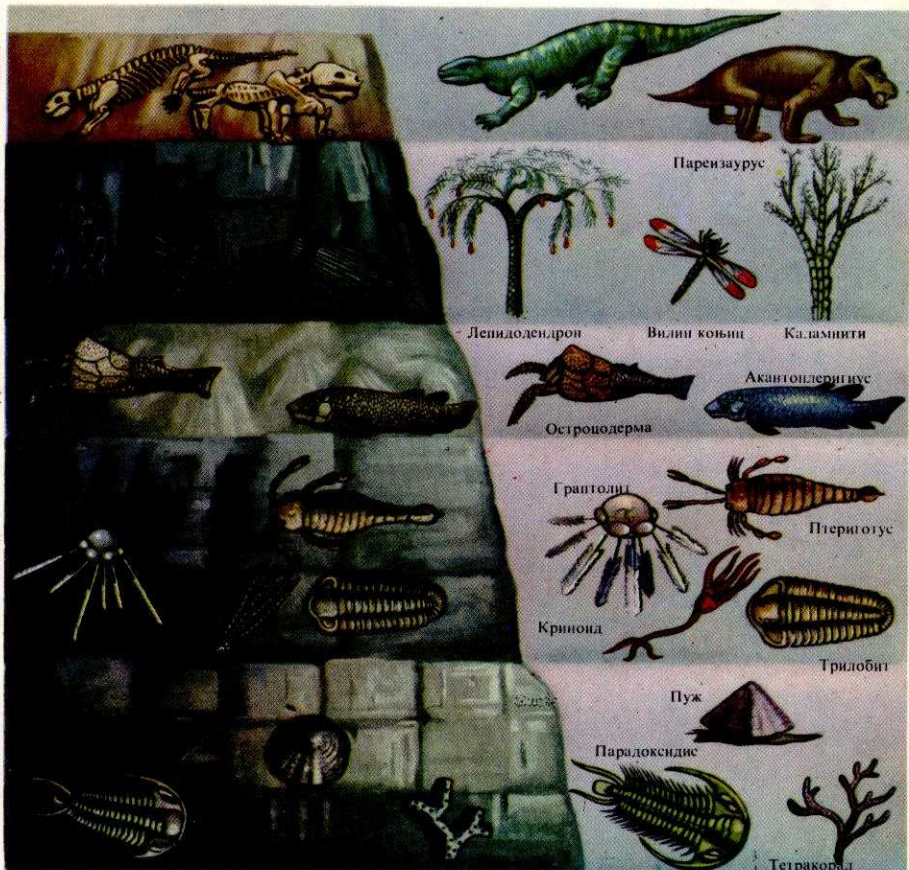
ПЕРМ

КАРБОН

ДЕВОН

СИЛУР

КАМЕРИЈУМ



Периоде палеозонка са њеним најкарактеристичнијим фосилима

Азијом спојити све до 50 милиона година касније у перму.

Насупрот том моћном орогенетском избијању, мора су се повлачила остављајући на континенту лагуне, окружене огромним шумама, где су лепидодендрон, диновска папрат, диновски растовић (*quisetals*) и прве гимносперме постале редовна флора, но у опадању; то је периода *поблачења мора*. Велики басени угља Енглеске, Холандије, Француске и др. формиран су у тој периоди у којој су континентални седименти, са великим количинама остатака гигантског биља, остали наслани у два велика басена: *паралски* близу мора и *лимнички* у унутрашњости копна. За време те периоде, познате као *карбон*, животињски свет дефинитивно се утврдио на континентима: појавили су се реплили (гмизавци), први кичмењаци који су носили јаја на земљи; зглавкари и инсекти којима су обиловале карбонске шуме почели су да освајају ваздух. Крајем средњег карбона централна Европа спојила се са северном малим орогенетским потискивањем што је условило стварање француско-белгијско-вестфалског басена.

Карбон се закључује неповољним условима за шуме због чега интензивност развоја вегетације опада, клима постаје оштрија, повећава се ерозија и засипају се језера и мочваре заостале после регресије мора.

Палеозоик се завршава периодом *јерм* у којој је настављено издизање херцијанске геосинклинале и кроз перм се наставља формирање Херсинског планинског венца који је у тој периоди дефинитивно формиран. У тој периоди почело је издизање Уралско-гјаншанске геосинклинале па је почело везивање европског и азијског копна; та појава почела је пре 200 милиона година, крајем перма, и од тада је евроазијски блок остао сједињен све до наших дана.

Док су се поменути геолошки догађаји одвијали у северној Европи, у североатланском блоку настале су снажне орогене, приближно од краја карбона, стварањем Апелашког планинског ланца, док је на јужној хемисфери постојао огроман континент који је обухватао Африку, Индијски океан, Индонезију, Аустралију и део Бразилије који се у историјској геологији зове Гондвана.

МЕЗОЗОИК

У поређењу са палеозоиком, раздобље мезозоица наступа као период релативног смиревања са орогенетске тачке гледишта. Тај мир олакшао је брзи развој живота на копну док је седиментација у морима настављена и даље, прекидана повременим трансгресијама и регресијама. Међутим, тај мир био је само привидан, пошто су се у неким пределима Земље издигли импозантни планински венци, као што је то био случај у току јуре и креде са *Андима*. На подручју Европе формирана је геосинклинала (Средњеевропско море и јужно-Тетис), као увод за стварање великих планинских венаца у кенозооку.

У животињском свету мезозоика доминирају *рептили*, који пливају у морима као ихтиосауруси, или као диносауруси који су ходали по земљи, или су чак могли да лете као птеросауруси. Птице су се појавиле око краја јуре, а пре њих сисари, пошто су у средњој јури нађени зуби за које се са сигурношћу може тврдити да припадају сисарима, но упркос томе, све до краја еоцена, у следећој ери, они су у поређењу са рептилима веома слабо развијени. Ова ера је обележена максималним развојем главоного-цефалопода: *амонити* и *ледемонити* испуњавају мора. Што се тиче биљног света, мезозоик је ера четинара док се трагови дикотиледоних биљака не налазе све до почетка креде.

У тријасу Европа је имала скоро исти изглед као у девону: била је сведена на њену северну половину док се јужно од копна простирао дубоки океан три пута већи од Средоземног мора а на чијем дну ће се развити касније Алпски венац.

На почетку јуре настаје лагана и непрекидна трансгресија мора која је преплављала целу Европу осим скандинавских и каледонских врлети, док је централна област била редуцирана само на три овећа острва: то је *лијаска ирансиресија*. Док је Атлантски океан за време палеозоица био сведен само на његов централни део, са великим континентом на северном делу, за време јуре он се шири на север и продире на тај континент тако да допире све до источног дела данашњег Ламанша и северне Ирске. Од тог момента па надаље европске западне обале су на Атлантику. Тако је и Северно море, које је било не-

ГЕОЛОШКИ АТЛАС ИСТОРИЈСКА ГЕОЛОГИЈА

Серија

Ж

Број 3

МЕЗОЗОИК

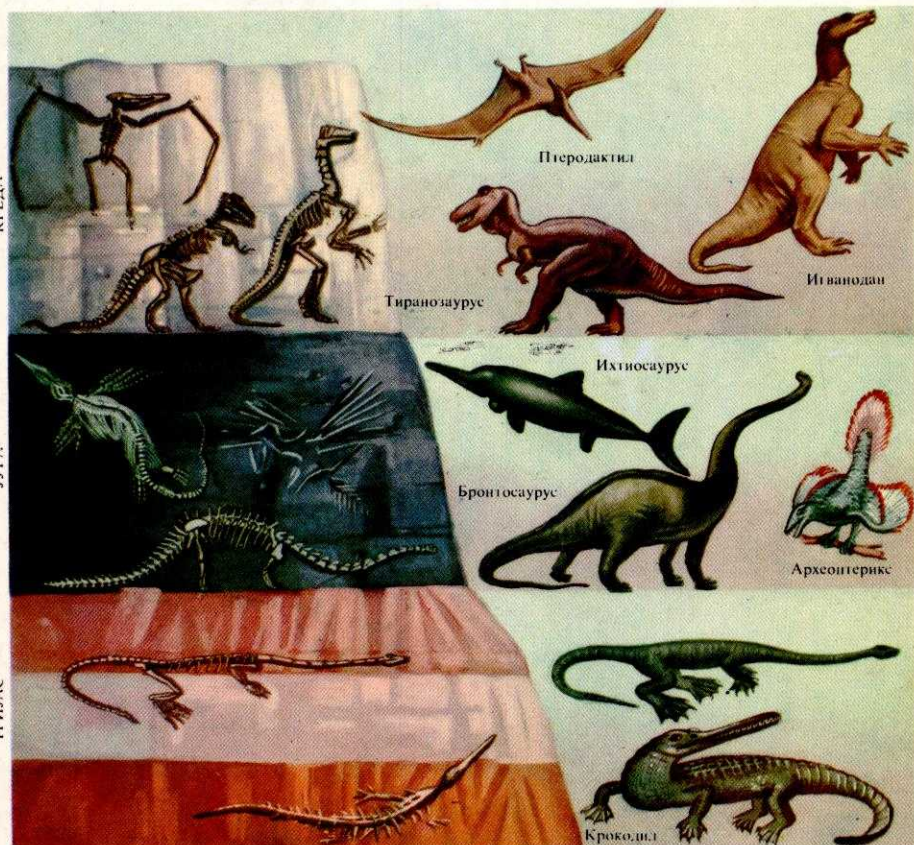


Пејсаж у мезозоику. Примећује се преовладавање рептила у копненој фауни

КРЕДА

ЈУРА

ТРИЈАС



Периоде мезозонка са неким најкарактеристичнијим рептилима

познато у палеозооу и искрело у јури. Европа је већ од тријаса добила приближно свој садашњи облик у односу на три велика мора која квасе њене обале: Атлантик, Северно море и Средоземно море. Најзад, на крају те периоде настаје велика регресија мора која ослобађа централно-европску платформу и омогућује да изрони наш континент у свом данашњем облику, изузев јужно од алпског венца.

Међутим та Европа није дефинитивна: биће поново потопљена за време велике трансгресије у креди, а што почиње већ у доњој креди и прогресивно обухвата скоро цео континент који остаје сведен само на серију острва и од кога је остао потпуно ван мора само њен северни део. у том периоду спојен са Азијом. Мора која су покрила Европу нису дубока и већ око краја креде европски континент поново изроњава и узима облик који је имао у јури.

КЕНОЗОИК

Кенозоик је ера која почиње пре 70 милиона година а карактеристичан је по великом развоју сисара. Рептили који су били у мезозооу апсолутни господари Земље скоро су потпуно ишчезли, од њих су остали само неки примерци малих димензија и преживели све до наших дана. За време које дели креду од еоцена, вероватно је да су настале огромне климатске промене на Земљиној површини, што је изазвало изумирање тих великих животиња јер нису могле да се прилагоде новим условима.

Европски континент који је изронио из мора око краја креде, делимично је поново утонуо услед мале еоценске трансгресије која је повећала басен Северног мора, мада није успела да потопи остатке херцијанских планина које су делиле северне области од јужних. У доњем еоцену почела је *алиска орогенеза* услед које је настао пиринејско-провансалски венац који је, пошто се издигао у севернопиринејском заливу, потиснуо воде ка Атлантика. С друге стране Средоземног мора издигао се атлантски венац. То орогенетско потискивање подигло је истовремено и париски басен који је издвојио Северно

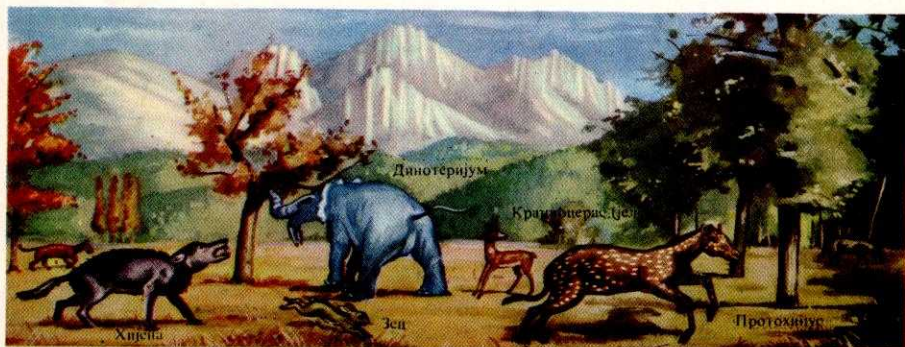
море од Атлантика и остао у склопу копна које је преко земљоуза код Калеа било спојено с Енглеском.

После кратког периода застоје, за време олигоцена отпочела је најважнија фаза алпске орогенезе формирањем Алпа. Истовремено као последица тектонских поремећаја централни део континента се спустио и омогућио навалу Северног мора које га је раскомадало; али континент се дефинитивно консолидовао моћним планинским венцем који се појавио на његовом јужном делу, мада је у том моменту био од тог венца одвојен једним морским басеном. Олигоценска трансгресија је кратког века, и већ крајем те периоде Европа изроњава, ослобађајући се једном за свагда непрекидних плавења морем, јер је од почетка мезозоика више пута била сведена на скуп острва.

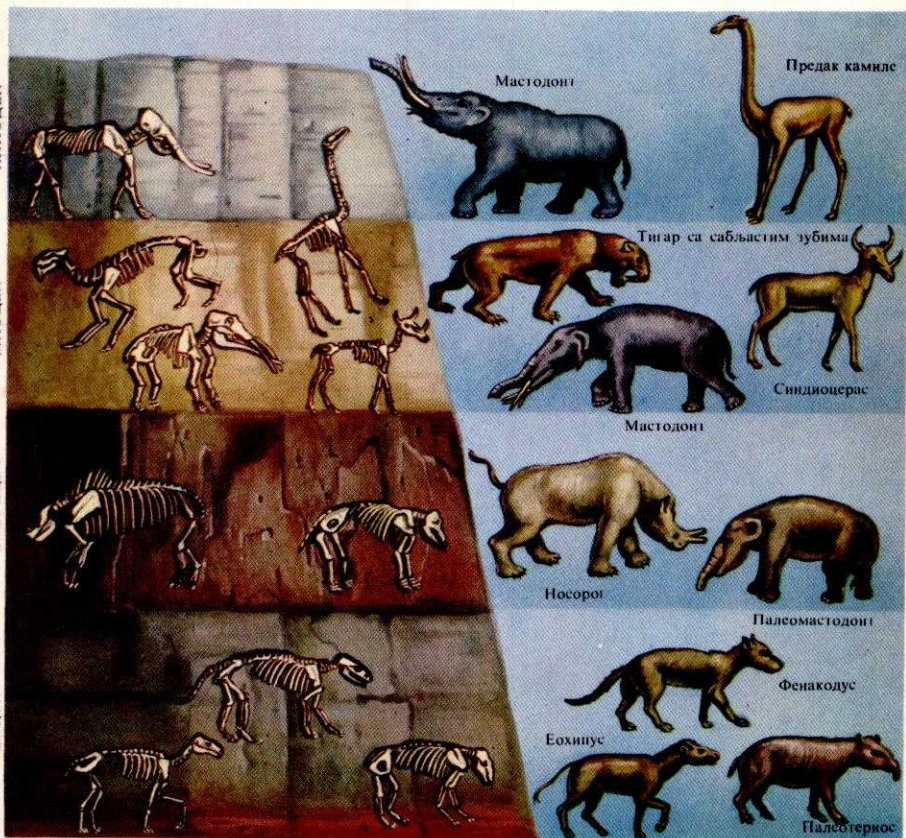
У миоцену, када је уздизање Алпа достигло свој максимални ниво, Алпи су остали одвојени од континента *хелвечијском пиринејском дејресцијом* у којој су се акумулирали производи ерозије алпских планина и образовали детритичне седimente. Средоземно море имало је скоро свој данашњи облик, али су на његовом источном делу још биле под водом простране области које су се касније издвојиле и свеле на Каспијско и Црно море. Од почетка миоцена и за време те епохе у којој се море повлачило из централне Европе, настала је једна мања трансгресија која је продрла у долину Роне и, продревши у Аустрију формирала међуалпски басен код Беча. Треба сачекати крај миоценске епохе па да се алпски венац споји с Европом. Приалпски басен испуњен је прво пешчаром морског порекла, а касније језерским и најзад, новим орогенетским потиском друга фаза алпске орогенезе, која је формирала нове боре, потпуно је изронио из мора и тако су Алпи постали јужни бадем европског континента.

Плиоцен, епоха мастодонта и хипариона није донела битне промене Европи, сада већ консолидованој. Утврђено је да је та епоха трајала 12 милиона година, за које време је Европа претрпела само мање навале мора, које се убрзо затим враћало на ранији ниво.

КЕНОЗОИК



Пејсаж кенозоика. Сисари су заменили велике рептиле



Период кенозоика и неки најкарактеристичнији сисари

КВАРТЕР ИЛИ НЕОЗОИК* ИЛИ АНТРОПОЗОИК

Квартер је карактеристичан по томе што се на Земљи појавио човек. Услови живота и ментални развој примитивног човека остају обавијени дубоком тајном. Садашњи човек треба да се ограничи на сазнање да је еволуција довела до појаве интелигентног бића. Та разматрања улазе у домен палеонтологије човека или, општије узето, у еволутивну палеонтологију а обе природне науке су ближе биологији него геологији.

Најзначајнија појава у квартеру је хлађење планете на сличан начин као што је то било у горњем камбријуму и перму. У вези са том појавом кварталер се може поделити на преглацијално, глацијално и постглацијално доба.

Квартер је почео са регресијом мора што је означавало крај плиоцена. Ишчезао је хипарион а појавили су се слон, коњ, говече и камила. Истовремено се појављују човеколики мајмуни. Преглацијално море је у регресији у односу на море из плиоцена и садржи морску топловодну фауну која се мало разликује од садашње у Средоземном мору. Климатски услови остали су исти као у плиоцену.

Прво захлађење настаје на почетку средњег плеистоцена што је могло да се утврди по присуству северних мекушаца у морима на ширинама Средоземног мора и по силажењу алпских глечера који су спустили морене назване *Мингер-Гинц*. То прво залеђивање било је прекинуто једним повишењем температуре. Топљење леда изазвало је извесну трансгресију мора а седименти на Средоземљу за то доба карак-

теристични су за климу каква је данас у Сенегалу.

Најстарије камено оруђе које је до сада пронађено припада том првом интергласијалном добу и сматра се да је то дело мауерског човека тј. Атлантропуса (од кога су нађене само врло примитивне вилице код Мауера у западној Немачкој и код Орана у Алжиру). Поред ових претходника човека или *прохоантропуса* среће се копнена фауна топле климе од које су најопштији примери слон (*elephos antiquus*,) и носорог (*rhinoceras merckii*).

Поново настаје захлађивање услед кога се појављују морене типа *Рис*, а први арктички пингвин појављује се у централној Европи. Промена климе била је тако груба да је европска фауна топле климе замењена фауном типичном за поларне области, а чији су примери мамут, длакави носорог и северни јелен. У том периоду живео је Неандерталац. Поновно повећање температуре изазвало је топљење леда и трансгресију мора које је поплавило Холандију и источну Пруску.

Постглацијална периода или *холоцен* почео је нестанком леда у Европи, но клима је и поред тога била хладна, карактеристична је по обилним снеговима и присуству северног јелена у Средоземљу. Касније, поновно повећање температуре створило је услове за појаву шума и фауне типичне за данашње доба. За време те периоде утврђено је постојање *хомо сапијенса* чија појава пада пре 50.000 година.

Седименти квартера који обезбеђују плодност наших долина, и који потичу од ерозије великих кенозојских планина деле се на *алувијалне* и *дилuviјалне* према томе да ли је таложење било у глацијално или постглацијално доба.

У закључку можемо да тврдимо да последње промене које су се одиграле у квартеру нису осетно различите од садашњих; хиљаду година је безначајни део геолошког времена.

* У нашој литератури кварталер је епоха кенозоика (прим. прев.).

ГЕОЛОШКИ АТЛАС

ИСТОРИЈСКА ГЕОЛОГИЈА

Серија

Ж

Број 5

КВАРТЕР



Ледени брегови



Ледени оклоп



Велика језера

Изглед земље за време леденог доба квартера



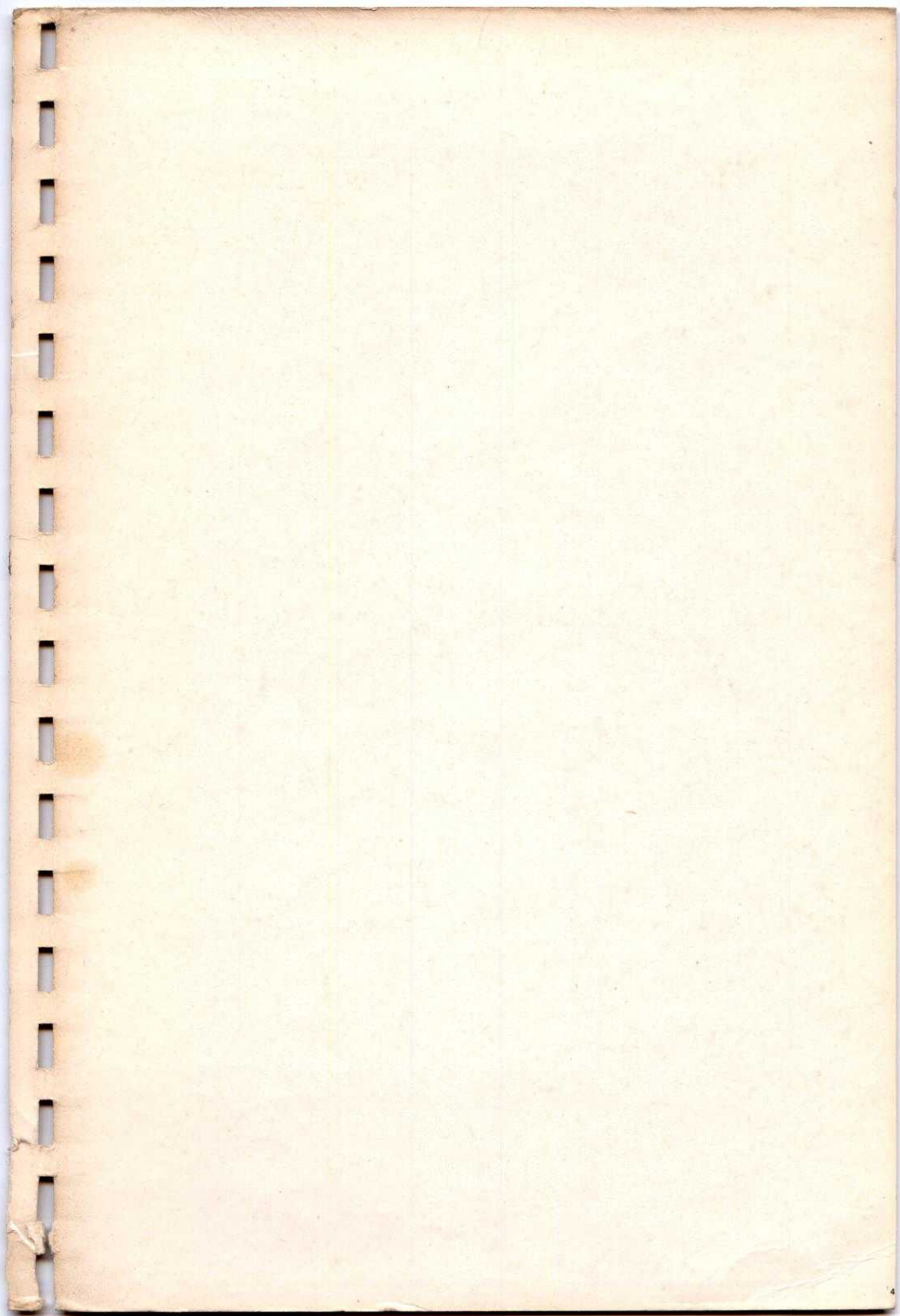
ХОЛОЦЕН

ПЛЕЙСТОЦЕН

Периоде квартера и неки његови најкарактеристичнији фосили сисара

САДРЖАЈ

ЗЕМЉА И ВАСИОНА	A/1	ПЛУТОНСКЕ СТЕНЕ	B/4
Кретање Земље		Главне плутонске стене	
Месец		Гранити, сијенити, диорити, габри и перидоти	
Порекло Земље		ЖИЧНЕ СТЕНЕ	B/5
УНУТРАШЊИ СКЛОП ЗЕМЉЕ	A/2	Главне жичне стене	
Аномалије гравитације		Порфири, аплити, пегматити, лампрофири	
Теорија о изостазии		МАГМАТИЗАМ	B/6
Унутрашња структура Земље		ВУЛКАНСКЕ СТЕНЕ	B/7
ГЕОХЕМИЈА	A/3	Главне вулканске стене	
Организација материја		Риолити, вулканска стакла, трахити, андезити, базалти, лимбургити, дијабази, серпентини	
Геохемијски циклус		ГЕОДИНАМИКА	G/1
МИНЕРАЛОГИЈА	B/1	УНУТРАШЊА ГЕОДИНАМИКА	
Шта је то минерал		ТЕКТОНСКЕ ПОЈАВЕ	
МИНЕРАЛИ ОД КОЈИХ СУ САЧИЊЕНЕ СТЕНЕ	B/2	Орогенетске теорије	
Кварц		Тектонско набирање	G/2
Фелдспати, Лискуни, Пироксени	B/3	Тектонска раселина	G/3
Амфиболи, Оливин, Турмалин, Берил, Гранати и други силикати	B/4	СЕИЗМИЧКЕ ПОЈАВЕ	G/4
МИНЕРАЛИ МЕТАЛОНОСНИХ СЛОЈЕВА	B/5	ВУЛКАНСКЕ ПОЈАВЕ	G/4
Металични минерали		Гасовити, чврсти, течни производи	G/5
Минерали гвожђа		Типови вулкана	G/6
Минерали бакра		Вулканске манифестације	
Минерали цинка, олова и живе	B/6	ЕГЗОДИНАМИКА	D/1
Минерали јаловине, карбонати, сулфати, халогениди	B/7	Циклус земаљске ерозије	
ДРАГО КАМЕЊЕ	B/8	Метеоролошко разарање стена	
Спинел, хризоберил, корунд, тиркиз		Транспорт материјала	D/2
МИНЕРАЛИ СЕДИМЕНТНИХ ЛЕЖИШТА	B/8	Вода као геолошки чинилац	D/3
Апатит и боксит		Подземне воде	D/4
МИНЕРАЛИ СОНИХ ЛЕЖИШТА	B/9	ОБАЛНА ЕРОЗИЈА ИЛИ АБРАЗИЈА	D/5
Калијумска лежишта, лежишта бората, кухињске соли и креде	B/9	Врсте обала	
ЕЛЕМЕНТИ	B/10	ОКЕАНОГРАФИЈА	D/6
Племенити метали, сумпор, дијамант и графит		Рељеф морског дна	
ПЕТРОГРАФИЈА	B/1	Динамика мора	D/7
Шта је стена		МЕТЕОРОЛОГИЈА	B/1
Класификација стена		Састав атмосфере	
Петрогени минерали		Атмосферска динамика	B/2
Структура стена		ГОРИВА	E/1
СЕДИМЕНТНЕ СТЕНЕ	B/2	Геологија угља	
Главне седиментне стене		Геологија нафте	E/2
Распадне стене, детритичне стене, кречњаци		ИСТОРИЈСКА ГЕОЛОГИЈА	J/1
МЕТАМОРФНЕ СТЕНЕ	B/3	Прекамбријска ера	
Главне метаморфне стене		Палеозоик	J/2
Гнајсеви, магматити, микашисти, мермери, кварцити, еклогити		Мезозоик	J/3
		Кенозоик	J/4
		Квартер или неозоик или антропозоик	J/5



БИБЛИОТЕКА АТЛАСИ ЗНАЊА

1. Општа биологија
2. Анатомија човека
3. Физика
4. Астрономија
5. Минералологија
6. Геологија
7. Хемија
8. Ботаника
9. Анатомија животиња
10. Зоологија кичмењака

Издавачко предузеће „Вук Караџић”,
Београд, Краљевића Марка 9

