เอกสารประกอบการสอน
Stratigraphy and mineral resources
(505202)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธารา เล็กอุทัย

สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9 มกราคม 2547

Stratigraphy and mineral resources (505202)
By Assistant professor Thara lekuthai

Content

1. Introduction
   Definition
   Classification
   Estimate temperature
   Search for new ore deposit
2. General geology of Thailand
   Regional plate tectonic
   Basin evolution
3. Tectono-stratigraphic zone of Thailand
   Shan-Thai microplate
   Indochina plate
   Yunnan Malay mobile belt
   Tectonic evolution
4. Mineral deposits in Thailand
   Metallic mineral resources
   Non-metallic mineral resource

INTRODUCTION

Definition

Ores

Ores are rock in which valuable or useful metal occurs at a concentration sufficiently high, relative to average rocks, to make it economically worth mining.

Metal Concentration of ores:

Cu conc. Factor=100 time of Avg. 80 ppb

Au conc. Factor=1000 time of Avg. 4 ppb

- Ore mineral: is refers to metal minerals
- Industrial mineral: is refers to non-metal minerals

Gangue: are valueless minerals associated with ore minerals.

Protores: are rocks containing ore minerals but the concentrations are too low for economic working.

Marginal ores: are rocks that con not be mined economically under present conditions, but may become of interest in the future.

Syngenetic: Ore formed at the same time as the host rock

Epigenetic: Ore formed later than the host rock

Stratiform: parallel to bedding

Strata-bound: restricted in a particular part of strata

Country rock: the rock bodies in which enclose an intrusive or vein or replacement bodies.

Intrusion

A body of igneous rock, which has forced itself into pre-existing rocks, either along some definite structural feature or by deformation and cross cutting of invaded rocks.

1. Abyssal rock: [Deep Intrusive]

Plutonic

- To describe a body of igneous material of presumed deep-seated origin.
- To describe a body of igneous rock implying a large intrusion formed at depth.
- Loosely as a synonym for coarse grained.
- H.H. Read, A division of rocks comprising granites and their associated (Migmatite: regionally metamorphosed rocks)

Stock

An intrusive mass of *plutonic* igneous rock smaller in size than a *batholith* and usually possessing a more or less circular or elliptical cross section.

Batholith
Any large intrusive mass of igneous rock (Mostly mean granite rock, in its widest sense.)
Laccolith
An intrusive dome-like mass of igneous rock which arches the overlying sediment and which has a more or less flat floor.
Lopolith
An intrusive saucer-shaped of igneous which is concave upwards.
2. Hypa-byssal rock: [Shallow Intrusive]
Dike (American) / Dyke (British)
A sheet-like body of igneous rock, which is discordant or cut across the bedding or structural planes of the host rock.
Sill
A sheet-like body of igneous rock, which is conform to bedding or other structural planes.

Extrusion
A body of igneous rock, which has flowed out at the surface of the Earth. It is synonymous with volcanic.

Shield
A major structure unit of the earth's crust, consisting of large mass of Pre-Cambrian rocks both metamorphosed and igneous which have remained unaffected by later orogenies.

Metamorphism
1. Local metamorphism:
- Thermal metamorphism (T): This involves heat alone, without significant pressure effect.(Aureole/Contact metamorphism)
- Dynamic/Dislocation metamorphism (P): This involves intense localised stress which tend to break up the rocks.(Sometime-> Mylonite)
2. Reginal metamorphism (T&P): This is involves both heat & pressure in large scale action producing a wide range of new minerals in Tectonite. (Assocated w/ orogenies & igneous intrusions)
3. Autometamorphism (RF): This involves change which occur during the cooling of an igneous mass as a result of the activity of residual fluids within the mass. (Hydrothermal, Pneumatolysis, Serpentinization)
4. Contact metamorphism: = Thermal metamorphism + Metasomatism
5. Metasomatism/replacement: A metamorphic change which involves the introduction of material from an external source.

Classification of ore deposit

Magmatic differentiation (1,000-500*C)

As magma cools, it crystallizes and separates into fractions.

- Mafic magma yield Cr, Ni, Pt
- Silicic magma yield Sn, Zr, Th

1. Pre-differentiation (Diamond-Chromite)
2. Gravity setting (Chromite in peridotite rocks)
3. Liquid immiscibility (Pyrrhotite-Pentlandite-Chalcopyrite in basic rocks)
4. Late stage magmatic differentiation (Titano-magnetite, Magnetite dep. with Apatite)

Pegmatite (<600*C)

Pegmatite are coarse grained igeous rock.

1. Acid pegmatite are consist of quartz and feldspars with subordinate mica.(Cassiterite, Columbite, Tantalite, Be-mins., Li-mins.)
2. Basic pegmatite do occur, but are rare/seldom contain economic minerals.

Contact metasomatism (400-800*C)

- Metasomatism/replacement is a metamorphic changed which involves the introduction of material from an external source. (Skarn deposit with magnetite, scheelite, molybdenite and sulfide ore)

Hydrothermal (500-90*C)

1. Hypothermal dep. (Sn) 300-500*C (3-10 km) Ore deposits within intrusive / peripheral zone / meta-sediment environments.
2. Mesothermal dep. (Cu) 200-300*C (1-4 km) Ore deposits within several environments (porphyry / tabular / limestone / metamorphic environments)
3. Epithermal dep. (Sb, Ag) 90-200*C (0.3-1.3 km)Ore deposits within extrusive / sedimentary environments.
4. Telethermal dep. (Hg) <90*C (<0.3 km)Epigenetic ore deposits far from source within little deformed sediment environment.
5. Xenothermal dep. T (high to low) P (low) Intrusion of plutonic rocks at shallow depth eject high-temperature fluids into low-pressure environment. (Dumping results of mixed high to low temperature ores deposited near the surface)

Surface process (T = 20*C)

1. Eluvial & Alluvial deps. (Placer)

- Eluvial deposits are weathered material (Float) which is still at, or near, its point of formation. The term is especially applied to deposit of economic substances

- Placer deposits are closely related to weathering and subsequent mechanical concentration of the heavy and not decomposed minerals.

2. Residual deps.(Bauxite, Laterite)
- Residual deposits are product of rock decomposition / chemical weathering.

3. Sedimentary deps.(Fe, Mn, S, PO4)
- The ores is deposited by chemical precipitation process after transported by rivers.

4. Supergene deps.(such as CuS)
- Secondary enrichment by meteoric waters that migrate downward to the ground water table

Estimate temperatures

1. Melting points of constituent mins. (Max.Temp.)
2. Inversion points-polymorphism (Definite T&P)
- Quartz: Hexagonal -> Trigonal @ 513*C/1Atm
- Chalcocite: Hexagonal -> Rhombic @ 100*C/1Atm

3. Exsolution
- Magmatite-Ilmenite sol. -> magnetite + ilmenite @700*C
- Ilmenite-Hematite sol. -> ilmenite + hematite @675*C
- Chalcopyrite-Sphalerite -> chalcopyrite + sphalerite @400*C

4. Fluid inclusions: It is assumed that fluid filled cavities, were completely filled with a single fluid phase when the mineral were formed. Upon heating one of the phases will disappear thus marking the lower limit of mineral genesis.

Search for new ore deposits

1. Knowledge
   Mineralogy Petrology
   Structural geology Economic geology
2. Method
   Geophysical exploration
   Geochemical exploration
3. Ore deposits consideration

-Content; Impurities -Size & regularity
-Location -Capital investments
-Smelting costs -Market analysis
-Transportation costs
-Taxes and government regulation
-Mining and milling costs; labour

General geology of Thailand

- A large part of Central Thailand is blanketed by Quaternary sediments which conceal a number of basins formed in response to dextral shear on the Mae Ping and Three Pagodas Fault Zone systems during the Tertiary.
- Palaeozoic rock dominates the N, W and peninsular regions of Thailand while extensive Mesozoic rocks occurs in NE Thailand.
- In the Khorat area the sedimentary sequence consists of an initial rift sequence of Carboniferous to Triassic and a sag sequence of Late Triassic to Cretaceous. The two sequences are separated by a regional erosive unconformity, known as the Indosinian orogeny, which represents the main collision of Indochina with its neighbours.
- The transition from an active margin in the Permian to subsequent continent-continent collision in the Early-Middle Triassic (Indosinian orogeny); Late Triassic extension; Thermal subsidence of Khorat sequence; Early Tertiary inversion.
- Compression structures formed during the Early Tertiary inversion are thick-skinned and Cooper et al. (1989) selected detachment depth of 15 km.
- The Phu Phan uplift originated as a Triassic depocenter, which is now inverted.

Regional Plate Tectonic

- Continental SE Asia has been shown to be a composite of alochthonous terranes which originated from rifting of the margin of Gondwana and accreted to one another during the Palaeozoic and Mesozoic (Metcalfe, 1988).
- There is general agreement that they had all sutured to each other by the Late Triassic.
- Indochina is sutured to South China at the Song Ma and Song Da sutures, and to Shan Thai (Sibumasu) along the Nan-Uttaradit suture.
- The sutures are indicated by ophiolites, metamorphic belts, imbricate thrust zones, major wrench faults, volcanic arcs and intrusive granites.

Basin evolution

Rifting (Devonian)

- Palaeomagnetic and faunal assemblage data (Metcafe, 1988; 1996) indicate that this occurred in the Late Devolnian, when five fragments, including Indochina, South China, became rifted and separated from the Northern margin of Gondwana. Fault blocks is occurred from the Devonian to the Late Permian
- The oldest rocks in loei and Chanthaburi are the meta-sedimentary rock (phyllite, tuff, chert) and meta-limestone. The meta-limestone

contains fossil of coral *Favosites Sp.* of Devolnian age (workman, 1972)

- The Esso Yang Talat-1 well drilled below the Variscan unconformity encountered undifferentiated volcanic, granite (329 ± 3 Ma), metasediment & sedimentary rock.

Indochina & South China Collision
(Variscan orogeny, Early Carboniferous)

- Thrusting as well as volcanic and plutonic activities were occurred.
- The closure of the Song Ma suture is thought to have occurred in the Early Carboniferous (Metcalfe, 1996) and to have resulted in the Mid Carboniferous unconformity.
- This may represent the full collision of Indochina with South China (Hutchison, 1989, Metcalfe, 1996), or a minor collision with the Song Da arc fragment (Mouret, 1994).

Back-arc:ShanThai/Sukhothai...Loei\Indochina
(Late Carboniferous – Late Permian)

- Extensional back-arc basin began in Late Carboniferous and fully developed in Permian. It is continuing extension and drift phase.
- After the deposition of Permian the area was emerged and the Tethys Sea existed only in the northern part of Thailand. However, it may abate in Late Permian and rejuvenated.
- They are predominantly widespread shelf carbonate with limited area of inferred reef.
- There are three units in Pm-Cb. Sequence
  1. Lower unit consists of clastic deposited in delta environment. Volcaniclastic deposited in continent and lagoon grading upward to shallow marine environment.
  2. Middle unit consists of shallow carbonate platform. These carbonates were found in the well Nam Phong-1, None Sung-1 and Phu Lop-1X (Phu Phan Anticlinorium area).
  3. Upper unit consists of bituminous limy-mudstone and laminated shale deposited in pro-delta shelf.

Shan-Thai & Indochina Collision I
(Indosinian orogeny I, Middle Triassic)

- Middle Triassic was a time of collision and suturing in this region.
  1. The closure of the Song Da suture (Metcalfe, 1996)
  2. The remote suturing between North China (Sino-Korea) and South China (Metcalfe, 1996; Mouret, 1994)
  3. The closure of Nan-Uttaradit suture between Indochina and Shan-Thai (Bunopas and Vella, 1983; Cooper et al., 1989, Metcalfe, 1988)
- Middle Triassic was a major compression uplifting and erosion of Indochina and Shan-Thai collision with a consequence of clockwise

rotation of Indochina (Mouret, 1994). He interpreted from seismic data in the Phu Phan area and called Indosinian I event.

- As the result of Indochina, Shan Thai and South China micro-plates collision, rhyolitic volcanic and granite plutonic are occurred.
- The orogeny caused inversion of the preexisting normal faults commonly 70-700 m. or 3,000 m. at Phu Kao area.
- Permian carbonates are uplifted and formed a Karst topography accompanied by the volcanic eruption.

Huai Hin Lat Extension
(Late Triassic)

- During the Late Triassic the extension movement was follow after the completion collision between Indochina and Shan Thai (Piyasin, 1995). The extension caused a number of intermontane basins of half grabens shape and accumulated Huai Hin Lat lacustrine sediment up to 800 m. thick or Kuchinarai continental red-bed sediment up to 1,500 m. thick (Pradidtan, 1995).

Shan-Thai & Indochina Collision II
(Indosinian II, Late Jurassic)

- Prior to the deposition of Khorat Group there was a significant compression which led to fault reactivation, folding and regional peneplanation. This event (Indosinian II) is generally dated as Late Triassic. However, Stokes et al. (1996) use west of Laos data to suggest the closure of the Nan-Uttaradit suture is Late Jurassic and Racey et al. (1996, 1997) use biostratigraphic data to suggest that the base Khorat unconformity is also Late Jurassic. The isotopic age data from metamorphic zircons sample across the suture in Thailand, which indicate a maximum age of Early Jurassic for the last amphibolite facies overprint (Ahrendt et al., 1993)
- The Indosinian orogeny I & II marks a change from dominantly marine to mainly continental sedimentation.

Khorat subsidence I (Jurassic)

- First thermal subsidence took place overmuch of northern Indochina after the Indosinian orogeny, Sag basin with an almost absence of syn-depositional faulting was developed and deposited Khorat group sediment which reaches a maximum thickness 4,200 m. in the Phu Phan Anticlinorium area (Canham et al., 1996).

Western Burma & Shan-Thai Collision
(Early Cretaceous)

- The first inversion is attributed to the closure of Western Burma with Shan-Thai along the Shan boundary suture during the Early Cretaceous (Metcalfe, 1996). The long wavelength structure which dominate the surface of the Sag basin have resulted from a

combination of Mid Cretaceous and Tertiary episodes of thick-skinned inversion.

Maha Sarakham subsidence II
(Late Cretaceous)

- Second thermal subsidence took place again and deposited the Late Cretaceous Maha Sarakham and Phu Tok formations in restricted basins (Sakhon Nakhon basin, Khorat basin and Sayabouri basin in Laos). The similarity of basin architecture to the earlier Sag basin indicates that thermal processes were the mechanism of subsidence.

India & Eurasia Collision
(Himalayan orogeny, Early Tertiary)

- The second inversion occurred during the Tertiary (Sattayarak and Porachan, 1990) was driven by the collision of India with Eurasia and the opening of the South China Sea. The NE Thailand was subjected to compression forming Phu Phan Anticlinorium and inversion of the preexisting faults. Fission track analysis (Mouret et al., 1993; Lovatt Smith et al., 1996) has identified the age of maximum paleo-temperature in the basin as 60-65 ma which is indicated that maximum burial occurred at this time. The latest phase of compression in the Tertiary has involved a substantial amount of uplift and erosion. However, the Late Cretaceous section is tectonically un-deformed, showing that this uplift has been regional.
- The top part of Khorat group was eroded only Phra Wihan formation is capped on the Phu Phan Anticlinorium.
- The age of maximum Tertiary uplift and erosion is suspected to coincide with the wrench-related rifting of the adjacent Central Plain/Gulf of Thailand to the west and the opening of the South China Sea to the east. Recent modelling shows that Indochina underwent extrusion towards the SE during the Oligocene-Miocene (Hall, 1996) thus suggesting an age for the related rifting and uplift.

Tectono-stratigraphic zone

Thailand can be divided into 3 tectonic area.

1. Shan Thai:
   Belt 1+2+3; Zone Western Thai + Inthanon
2. Yunnan-Malay Mobile belt:
   - Sukhothai fold belt
     Belt 4, 5; Zone/Terrane Sukhothai
   - Loei fold belt:
     Belt 6; Zone Phetchabun
3. Indochina:
   Belt 7; Zone None

Shan-Thai microplate

East: Yunnan-Malay mobile belt
Nan-Uttaradit Ophiolite (Thailand)
Mae Ping Fault Zone (Thailand)
Sra Kaeo-Chantaburi Ophiolite (Thailand)
Three Pagoda Fault Zone (Thailand)
Bentong-Raub Ophiolite (Malaysia)

West: Bhamo-Myitkyina Ophiolite (Burma)
Shan/Sagiang Fault Zone (Burma)
Mergui Fault Zone (Andaman sea)
Sumatra Fault Zone (Indonesia)

Belt 1+2; Western Thai Zone: *(Sil-Dev-Cb)*

This zone is foreland thrust belt in Early Mesozoic, folding is inclined to the west and lie on the Shan-Thai basement in the east. Thrust faults intruded with Cretaceous granite are commonly found in this region.

Stratigraphy

- Tr-Ju: Marine
- Mpm: Marine
- Cb-Epm: In the north is Cb red bed while in the south is Cb-Epm pebbly fine grain clastic rock or diamictite
- Sil-Cb: Fine clastic sediment, lst thin bed, nodular and chert overlie on siliclastic and carbonate rock

----- X -----

Kaeng Krachan G (Cb): (turbidite, glaciomarine)

Khao Phra Fm:
Mdst+Slt+Sst quartzitic/arkosic sst, bryozoa bed

Ko He Fm:
Mdst+Gvl diamictite, channel filled structure

Spillway Fm:
Slt worm burrow, lone stone, quartzitic sst, hummocky

Khao Wang Kadat Fm:
Sst+Mdst graywacky sst

Thong Pha Phum G (Sil-Dev-Cb): (South-Shelf)

Pa Samed Fm: (deep to shallow marine)

Sh gy-bk, lamination, ammonite, brachiopod deep
Sst bw, rd, bouma sequence, ammonite shallow
Sh bk deep
(Fossil: trilobite, brachiopod, cephalopod, graptolite, nautiloid)

Kuan Tung Fm: (shallow marine)

Lst rd, thin bed, stromatolite, mud crack
Lst gy, thin bed
(Fossil: trilobite, conodont)

Wang Tong Fm: (deep marine)

Sh bk, Cht bk, Sst gy-gn,
(Fossil: trilobite, brachiopod, graptolite)

---------- Continuous ----------

Belt 3; Inthanon Zone: *(PreCm - Pm)*

Basement is the dominant feather of Intranon zone. It is high-grade metamorphic and igneous rocks overlie by Paleozoic rocks. This zone is corresponding to granite belt in the northern part of Thailand. It is consist of Pre-Cm ortho-gneiss overlies by Cm-Ord continent shelf, Sil-Dev deep-water basin, Cb paralic basin and E-Mpm limestone. Ucb-Epm volcanic rocks are found in Chiang Mai belt (possible trench).

Thung Song G (Ord) 1,600 m: (shallow-deep marine)

Pa Kae Fm: (deep marine)

Lst rd, thin bed, inb w/ mdst
(Fossil: trilobite, stromatolite)

Rung Nok Fm: (barrier reef)

Lst wh, thick bed, inb w/ dol
(Fossil: trilobite, nautiloid, crinoid, bryozoa, coral)

Lae Tong Fm: (lagoon)

Lst nodular, hummocky, inb w/ rd, gy, sh
(Fossil: trilobite, nautiloid, brachiopod, หอยฝาเดียว)

Pa Nan Fm: (subtidal)

Lst gy, thin bed
(Fossil: stromatolite, sponge)

La Nga Fm: (shallow tidal)

Lst gy, thick bed, inb w/ thin dol, cross bedding, mud crack, tidal channel
(Fossil: U-shape worm borrows, หอยฝาเดียว)

Tolo Dang Fm: (lagoon)

Lst pk, gy, nodular, thin bed, inb w/ limy sh, gy-gn, rd, cross bedding,
(Fossil: Horizontal worm borrows)

Malaka Fm:

Lst mdst tex, thin bed, inb w/ dol-lst, mud crake

(Fossil: Vertical worm borrows, algal mat, inter-tidal)

---------- Transition contact ----------

Tarutao G (Cm) 800 m: (marine red bed)

Upper: Sst bw, thin-mod bed, inb w/ slt & sh

Middle: Sst bw, thick bed, ortho-quartzite, cross bedding (W->E), inb w/ gy to gn sh

Lower: Sst bw, thick bed, C gn, occ Cgl

(Fossil: trilobite, brachiopod)

^^^^^^^^^^ Unconformity ^^^^^^^^^^

Lan Sang Gneiss (Pre-Cm): (Shelf)

Marble |Calcareous increasing upward,
Quartzite |Cataclastic or Mylonization and
Calc-silicate |Lst

Mica-Schist |Sst (Arkosic, Graywacke), Sh Para-Gneiss |and Pyroclastic

Ortho-Gneiss (Anatexite/Migmatite) |Granite

^^^^^^^^ Variscan ^^^^^^^

2. Carboniferous to Permian

Ratburi G (Pm): (shallow marine) massive lst, sh, sst, congl

^^^^^^^^ Indosinian I ^^^^^

3. Triassic

Mae Moei G (Tr-Ju): (N) sh, sst (Shelf)

^^^^^^ Indosinian II & III ^^^^^^^^^^^

4. Jurassic to Cretaceous

Kalaw Redbeds: (W) lst (shallow marine)

Chumpon Redbeds (Ju-Cr): (S) sst, slt (shallow marine)

Khorat G (Ju-Cr): (E) congl, sst, sh (Molasse-like)

- Structure

Folding

The basement was folded during Pre-Cambrain. (Fold axes is NW-SE to N-S)

The cover rock, intensity of folding generally increases with increasing thickness from E to W.(Fold axes is NW-SE to N-S with W vergence)

Faulting

N-S fault: active since Carboniferou-Permian

NW-SE sinistral fault: active since Late Mesozoic

NE-SW dextral fault: active since Late Mesozoic

Indochina plate

East: Annamitic fold belts

Fault at the edge of the Vietnamese shelf

Salat fold belts

West: Yunnan Malay mobile belt

- Basement (Precambrain)

High grade metamorphic rocks (gneiss, schist)

- Cover rock

Divided into 3 units by unconformities.

1. Devonian to Carboniferous

Pak Chom Fm: (Shelf) clastic and calcareous

Wang Saphung Fm:

N: (Uplift, intermontane basin) clastic, coal

S: (Shelf)

^^^^^^^^^^^^^^^^ Variscan ^^^^^^^^^^^^^^^^^

2. Permian

Saraburi G: (Shallow marine) lst

^^^^^^^^^^^^^^^^^ Indosinian I ^^^^^^^^^^^^

Triassic (Scatter rift basin)

Huai Hin Lat G: (Fluvial and Lacustrine)

vol, sh, slt, sst

^^^^^^^^^^^^ Indosinian II & III ^^^^^^^^^^^^

3. Jurassic to Cretaceous

Khorat G: Uniform sedimentation (Molasse-like)

- Structure

Nothink is known about the structure.

Yunnan Malay mobile belt

Loei fold belt

Belt 6; Phetchabun zone:

It is consist of Sil-Dev shale, chert, Dev limestone Cb-Pm limestone, shale, chert, tuffaceous sandstone (gywk) Mpm limestone. The uppermost is shale and sandstone with leaves fossil. Upm-Etr volcanic is widely dispersed and indicated subduction. All of them are overlie unconformity (indosinian II) by Utr rocks and I-type granite.

Basement (Pre-Devonian)

Low grade metamorphic rock

(quartzite, phyllite, schist, amphibolite, marble)

- Cover rock

Divided into 5 units by unconformities.

1. Silurian

Na Mo Fm: (Slight metamorphism) sandy shale

^^^^^^^^^^^^^^^ Caledonian ^^^^^^^^^^^^^^^^

2. Devonian to Carboniferous
Pak Chom Fm: (Shelf) lst, sh , sst, congl
Wang Saphung Fm: chert, lst, sh
N: (Uplift, intermontane basin) clastic, coal
S: (Shelf)
^^^^^^^^^^^^^^^^^ Variscan ^^^^^^^^^^^^^^^^
3. Permian
Saraburi G: (Shallow marine) lst
^^^^^^^^^^^^^^^^^ Indosinian I ^^^^^^^^^^^^
4. Triassic
Nam Pat Fm: (Accretionary complex)
Lomsak, Nam Pha Fm: (?)
^^^^^^^^^^^ Indosinian II & III ^^^^^^^^^^^^
5. Jurassic to Cretaceous
Khorat G: Uniform sedimentation (Molasse-like)

- Structure
Folding
Variscan orogeny was folded during U-Dev/L-Carb
(Fold axes no data)
Indosinian orogeny was folded during U/L Norian (Fold axes is N-S with E vergence)

Sukhothai fold belt

Belt 4; Sukhothai zone: ***()***

Folding and thrusting in Paleozoic and Mesozoic rocks and volcanic rocks are the dominant feather of this zone. It is also intruded by I-type granite.

Basement (Lower Paleozoic)
Low grade metamorphism in Pm
1. Quartzitic series: (volcanic arc-trench)
Quartzite, quartzitic sandstone intercalated with phyllite. (volcanic, graywacke sandstone, argillite and Cb-Mpm limestone)
2. Underlying metavolcano-sedimentary series: (volcanic arc)
Quartzite, phyllite, quartzitic schist, tholeiitic basalt (graywacke sandstone, tuffaceous shale, radiolaria chert and limestone).
- Cover rock
Ju (Volcanic and Khorat G)
Tr (Lampang G)
^^
Upm-Etr volcanic and pyroclastic
M-Upm limestone

Sukhothai G: (Volcanic island arc)

(W) Back-arc	*Volcanic-arc*	*Fore-arc (E)*
Chert	Am/Hb schist	Chert
Lst	Tuff	Phyllite
Sh	Rhyolite	Sst (gywk)
Vol. (fine gn)	Andesite	

Dan Lan Hoi G: (Basin) sh, sst, congl

^^^^^^^^^^^^^^^^^^ Variscan ^^^^^^^^^^^^^^^^

2. Permian

Phrae & Chanthaburi G: (Subduction)

Ngao G: (Basin to arc)

^^^^^^^^^^^^^^^^^^ Indosinian I ^^^^^^^^^^^^

3. Triassic

Lampang G: basin: (Arc to trench)

^^^^^^^^^^^^ Indosinian II & III ^^^^^^^^^^^^

4. Jurassic to Cretaceous

Khorat G: Uniform sedimentation (Molasse-like)

- Structure

Folding

The basement was folded during 344+/-22 Ma
(Fold axes is N-S with non-uniform vergence)
The cover rocks was folded during 62 Ma
(Fold axes is N-S with E&SE vergence in the N, upright vergence in the C and E vergence in the W)

Tectonic evolution

Ancient cratons in South-East Asia

- Indochina plate
- South China plate
- Shan Thai plate
- West Burma plate

Archean (Precambrian)

- During the Precm the Shan-Thai craton were part of NW Australia (W of Gondwana).

Assyntic orogeny (Precm)

- The Shan-Thai and the Indochina were folded, metamorphosed and intruded by granite to be paragneisses or crystalline cratons. On the basic of the structure trend and composition of the two crystalline cratons, it is not possible to assign them to the same orogenic belt.

Paleozoic

Australia and Shan-Thai

- Paleomagmetic, geography and paleontology indicated that the Shan-Thai and the Australia is the same counter clockwise rotation around equator or low latitude of the Northern Hemisphere in Lcm-Eord.
- Ecb, rifting was occurred between the Shan-Thai and NW of the Australia.
- Mcb-Mpm, the Shan-Thai was separated form the Australia as evidenced by the Kaeng Krachan diamictite. This is confirmed by the Shan-Thai rotation had changed from counter clockwise to clockwise rotation in Ecb. However, Metcalfe (1997) believe that the rifting between the Shan-Thai and the Australia was formed in Epm and fully separated in Mpm.

Shan-Thai and Indochina

- During Ldev/Ecb, an ocean (mid ridge?) had been formed between the Shan-Thai and the Indochina.
- In Ldev the Indochina became a passive margin until Lpm as evidenced by thick bed of shelf sediment (Sil-Tr) without any volcanic island arc sediment in the Phetchabun fold belt. However, Intasopa (1993) proposed rhyolite along west of Indochina as an indicating subduction in the west of Indochina in Ldev-Ecb.
- In Sil/Lcb a subduction had been form in the east of Shan-Thai, which is evidenced by fore arc, Chieng Rai volcanic island arc (tholeiites basalt) and Chieng Mai back arc sediment along Sukhothai fold belt. According to Macdonald & Barr (1978), the tholeiites basalt presumably generated in an island arc above a westward-dipping subduction zone.

Variscan orogeny (Ldev-Cb)

- The Yunnan, Shan-Thai and Indochina were uplifted during Variscan orogeny as evidence by the Post-Variscan sediments contains mainly platform carbonate and minor narrow pelagic sediment was deposit between them.
- Hahn et al (1986) proposes two time of uplifting. 1st Uplift, Loei fold belt (Caledonian)
- Predev folding start at the eastern part of the ocean which are related to subduction & obduction as evidenced by the isolated ultrabasic in Thialand and eclogite in Laos.
- Ophiolites of Bentong-Raub line in Malaysia mark a former trench position with westward subduction.
- Final folded during Indosinian orogeny

2nd Uplift, Sukhothai fold belt (Variscan)

- Ldev/Ecb folding and metamorphism of the Sukhothai fold belt basement are related to closing of the ocean as evidenced by obduction of Nan-Uttaradit ophiolite.
- Final folded during Himalayan orogeny

Result of the two uplifting

- Intramontane grabens were formed at the rim of the Indochina while the Shan-Thai resulted in shelf carbonates and red bed.
- During Pm, the Shan-Thai moved northward with slow clockwise rotation and came very close to the South China as evidenced by passive margin. Until Lpm mid ocean ridge was formed between the Shan-Thai and the Indochina. The oceanic lithosphere subducted the Shan-Thai to the W and the Indochina to the E.

Indosinian orogeny (Lpm-Ltr)

- At the end of Epm South-China plate and Indochina plate are nearby as evidenced by Catheysia flora in the both plates while Shan-Thai plate is far away as evidenced by Walchia flora (Fontaine, 1986)
- Collision time of the Shan-Thai and Indochina plates along Yunnan Malay Mobile belt:-

  Cobbing et. al. 1986 Rb/Sr dating

  E-Central Thailand is I-type granite (260 Ma)

  W-Central Thailand is S-type granite (200-230 Ma)

  Cooper and Hurbert 1989

  Upper Permian, the Shan-Thai is subducted under the Indochina. After the collision Shan-Thai/Indochina is moved northward and subducted under South-China. Shan-Thai/Indochina collided with South-China along Song Ma Ophiolite at Upper Triassic.
- Collision time of the South-China and the Indochina plates along Song Ma Ophiolite have purposed by several authors:-

---

U. Paleozoic (Stauffer, 1973)

U. Permian to L. Triassic (Hutchison, 1975)

L. Triassic

(Thanasuthipitak, 1978; Cooper & Hurbert, 1989)

U. Triassic (Hahn, 1986)

U. Triassic

(Bunopas & Vella, 1978; Ounchanum, 1978)

U. Triassic/L. Jurassic

(Suensilpong & Puttapiban, 1979)

- Helmcke believed that Indosinian orogeny is the last stage of Variscan orogeny as the result of three cratons (South China, Indochina, Shan-Thai) are join together.
- Hahn (1974) divided Indosinian orogeny into 3 phases.

Phase I (Upper Permian-Lower Triassic)

- Occurrence of block faulting in both fold belts due to the collision between Shan-Thai and Indochina.
- First collision in Lpm, the Shan-Thai collided the Indochina in the south as indicated by isoclinal fold in Pm limestone, melange sediment and Tr granit (I-type and S-type).

Phase II (Upper Triassic)

- Occurrence of folding & uplifting in Loei fold belt, Lao, Vietnam while only block faulting in Sukhothai fold belt and less effected to West of Shan-Thai area due to the collision between Shan-Thai/Indochina and South-China.
- Second collision is in Etr as evidenced by Tr open fold to Ju gentle fold, Tr radiolaria in Nan-Uttaradit-Chanthaburi suture and unconformity between Ju Khorat group and Serpentinite melange of Nan-Uttaradit suture.

Phase III (Upper Triassic-Lower Jurassic)

- Occurrence of block faulting & uplifting to form a large landmass in Thailand except the western part was still be marine environment.
- Third collision is in Mtr-Ltr, the Shan-Thai was clockwise rotation and completed the collision as evidenced by Tr Lampang group and Tr-Eju granite.
- Indosinian orogeny effected Laos, Loei fold belt and Central Malaysia. The center of uplift was in the N of Indochina craton. As the result of folding & uplifting all marine environment was migrated out from Indochina to the west.
- Post Indosinian orogeny was dominated by molasse-like red sediments excepted W-Thailand and E-Burma, where marine continued to prevail.
- Due to Variscan and Indosinian orogeny the Shan-Thai plate was broken into small blocks along Ping, Three Pagodas, Ranong, Klongmarui faults.

Mesozoic

- As Western Burma collided with the Shan-Thai, marine Ju was in S/S faults, molass Cr sediment in Khorat plateau and Ltr-Cr basin in Nan area.

Cenozoic

- India collided with Eurasia in Eocene (50 my) producing Phetchabun fold belt, Phu Phan uplift and reverse the S/S faults movement. N-S rifting occurred in the gulf of Thailand and progressive upward to the central of Thailand.

Himalayan/Alpine orogeny (Lju-Eter)

- As India plate collided with Eurasia plate during Early Tertiary age.
- Two phase folding are effected S-Thailand & Malaysia first and N-Thailand later, while the intensity of folding decreases from W to E.
- However, Mitchell (1981) suggest the orogeny resulted from the collision of the W-Burma island arc with Shan-Thai plate along Shan boundary fault during Jurassic age.
- In Early Tertiary, it has been associated with mostly antithetic block faulting.

Periodic intrusions of granitic magma

1. Shan Thai Plate
Late Cretaceous-Early Tertiary (K/Ter)...Himalayan
Late Jurassic-Early Cretaceous (J/K)...Indosinian3
Late Triassic-Early Jurassic (Tri/J)...Indosinian2
Late Permian-Early Triassic (P/Tri)...Indosinian1
Late Carboniferous-Early Permian (C/P)...Variscan
Precambrian (Pre∈)...Assyntic
2. Sukhothai Fold Belt
Late Cretaceous-Paleogene (K/Ter)...Himalayan
Late Jurassic-Early Cretaceous (J/K)...Indosinian3
Late Triassic-Early Jurassic (Tri/J)...Indosinian2
Late Permian-Early Triassic (P/Tri)...Indosinian1
Late Carboniferous-Early Permian (C/P)...Variscan
No data
3. Loei Fold Belt
No data
No data
No data
Late Permian-Early Triassic (P/Tri)...Indosinian1
Late Carboniferous-Early Permian (C/P)...Variscan
No data
4. Indochina Plate
No data

Mineral deposits in Thailand

Mineral Potential

Marine volcanic-sedimentary sequence are considered to be the original host rocks of mineralization, which were remobilized by hot aqueous solution and precipitation either in the original mineralization or in the overlying rock.

Deposits:

1. Epigenetic deposits:

They are associated with granite in Shan-Thai plate and Sukhothai fold belt (western part). Both areas are post-orogenic elevated basement (fault-block) and high temperature gradients (hydrothermal veins).

(Epigenetic: Ore formed later than the host rock)

2. Syngenetic deposits:

They are deposited in the basement of Shan-Thai plate and Sukhothai fold belt.

(Syngenetic: Ore formed at the same time as the host rock)

3. Secondary deposits:

They are representing the major part of ore potential in eluvial and alluvial placer deposits.

(Eluvial deposit is the weather material (float) which is at/near its point of formation.)

Metallic mineral resources

Tin, Tungsten

Source:

I. Mesozoic Granite (K/Ter)

The ore is not a function of either age or chemical composition of the granite but depends on S-type granite. Sn and W had been concentrated since magmatic differentiation and precipitated in pegmatitic stage. (S-type granite: back arc, fore arc-thrust belt, outer arc related granite)

II. Shan-Thai (Precambrain)& Sukhothai fold belt (Lower Paleozoic)

The western part of Thailand from Tak-Phuket is a back arc belt. During upper Mesozoic (K/Ter) the India plate subducted under-neat the western part of Thailand. Stratiform ores in the basement of the Shan-Thai plate and the Sukhothai fold belt were melted and provided plutonic rock, which are biotite, biotite-muscovite, tourmarine granite and adamelite.

Deposits:

There are 3 types of primary Sn & W deposit.

I. Stratiform (Syngenetic)

They were formed in Paleozoic & Precambrian basement (metavolcano-sedimentary rocks) and were formed before metamorphism. (Some of them are synsedimentary origin as they were formed outside area of granite influence.)

II. Contact zone of granite (Transition)
The zone is between granite & stratiform which is associated with veins/veinlets. It is less often disseminated in the granite.

III. Roof zone of granite (Epigenetic)
They were formed in the cover rocks of basement as veins or in the surrounding sedimentary rocks.

Example 1: Sukhothai fold belt

I. Doi Mok (Chiang Rai)...Sukhothai G
Stratiform: Scheelite-sulfide ores occur in three horizontal layers in the lower Paleozoic metamorphic sequence (calc-silicate + quartzite) which is intercalated with volcanic rocks.

II. Doi Mok (Chiang Rai)...K/Ter granite
Contact zone: Scheelite-sulfide ores occur only where discordant early Mesozoic granite contacts with the lowest of stratiform layer.

III. Doi Ngom (Northern Thailand)...Lampang G
Roof zone: Ferberite, associated with fluorite & stibnite in silicified breccia zone of Triassic sandstone & shale.

Example 2: Shan-Thai plate

I. Samoeng (Northern Thailand)...Lan Sang
Stratiform: Scheelite and cassiterite with a very low percentage of sulfide ores occur in Precambrian blocks of high graded metamorphic rocks (gneiss, marble, calc-silicate) in Mesozoic granite. Near Kong Loi and Bo Luang intercalation of basic volcanic rocks in the form of orthoamphobolites have been found below small scheelite occurrences in this Pre cambrian sequence.

II. Samoeng (Northern Thailand)...K/Ter granite
Contact zone: Scheelite and cassiterite with a very low percentage of sulfide ores occur only where mica granite contacts with the ore bearing Precambrian rocks.

III. Mae Lama (Northern Thailand)...Thung Song G
Roof zone: The variety of sulfides in addition to wolframite, scheelite, cassiterite are associated with granite intruded into the cover rocks. The granite body is about 4 km in diameter and shows a gradual change from biotite to muscovite granite while the cover rock is limestone, sandstone and shale of Cambrian-Ordovician age.

Note

1. Together with cassiterite, tantalum & niobium are the most important by products and decreases from north to south.
2. Secondary deposits are increases toward the south due to chemical weathering increase in this direction.

Lead, Zinc

Source:

I. Shan Thai (Paleozoic) & Sukhothai/Loei fold belts (Paleozoic marine vol.)
The major source rocks of Pb, Zn is stratabound ores in Ordovician limestone of Shan Thai and Paleozoic marine volcanic rocks of Sukhothai & Loei fold belts that were remobilize due to the intrusion of granite. (I-type granite: magmatic arc related granite)

II. Sukhothai/Loei fold belts (Mesozoic vol.)
The minor source rocks of Pb, Zn is Mesozoic volcanic rocks in Sukhothai & Loei fold belts.

Deposits:

- Stratabound or hydrothermal remobilize deposits

Example:

1. Southern Thailand...Thung Song G
- The present of Lead, Zinc in the Ordovician limestone of the Shan Thai is due to acid volcanic activity (Rhyoritic tuff and Tuffite)
- Remobilization of stratiform and thermal processes has resulted in the Ordovician limestone and surrounding sediments.

2. Song Tho mine (Kanchanaburi)...Thung Song G
- Lead, Zinc ores locally reach 20 m. thick extend N-S several km. are in Ordovician limestone.
- The main minerals are silver-bearing galena, sphalerite and pyrite in fine crystalline form while accessory min. are fahlore and Sb-Ag Sulfosalt.
- Lead-rich slags of old smelters were discovered due to extraction of silver in old chinese archives.

3. Ban Muang Kut (Chiang Mai)...Thung Song G
- Metasomatic sphalerite, galena occurs in recrystallized Ordovician limestone in the contact zone with Triassic granite.

Note:

- Mining took place since about 14^{th} century as proven by C-14 analysis on charcoal of the old smelters. (Bundesanstalt, 1972)
- A model age is 1600 +/- 55 years BP as proven by C-14 analysis on timber and bamboo.

Copper

Source:

I. Sukhothai/Loei fold belts (Triassic ophiolite/ intrusive/extrusive)

The major source of Cu is in Sukhothai fold belt as ophiolite and in Loei fold belt as Triassic acid-intermediate extrusive or associated diorite intrusive, porphyry copper.

II. Sukhothai/Loei fold belts (Paleozoic marine vol.)

The minor source of Cu is in Sukhothai/Loei fold belts as Paleozoic marine volcanic rocks.

Deposit:

- Stratabound or hydrothermal remobilize deposits

Example:

1. Kaeng Ngu Hao mine (Petchaburi)
- Ordovician remobilization of stratiform, vein-like galena, barite with minor sphalerite, chalcopyrite, pyrite occur in Silurian-Devonian graywacke, shale and unconformity.

Antimony

Source:

I. Mesozoic granite

II. Shan-Thai (Paleozoic)/Sukhothai fold belt (Lower Paleozoic)

Deposits:

Mostly Hydrothermal vein and some Stratabound

Example:

1. Mae Fa mine (Lampang)... Lampang G
- Stibnite-stibioconite-quartz veins (15 m. length, 2-3 m wide, NE-SW strike and dip 55* SE) occur in breccia zones of Triassic shale and sandstone.

2. Pha Had mine (Phrae)...Ngao/Phrae G
- Stibnite vein is 500-700 m. long and up to 3 m. thick occurs/replaced in Permo-Carboniferous shale with intercalation of quartzite.

3. Sriwirakul mine (Phrae)...Granite
- Stibnite-quartz vein occurs in Mesozoic granite

4. Huai Hia mine (Chiang Rai)...Sukhothai G
- Stratabound mineral occurs in silicified tuffs and silexited of Paleozoic metavolcano-sedimentary.

5. Kanchanaburi...Thong Pha Phum G
- Stibnite is found in fine clastic rocks in rings around lead-zinc ores.

Manganese

Source:

I. Cenozoic hydrothermal

II. Sukhothai/Loei fold belts (Paleozoic)

Mn occurs mainly in Cenozoic hydrothermal vein deposits in association with Paleozoic sediments that may be regarded as the source rocks.

Deposits:

Primary deposit in hydrothermal vein and secondary deposits in tropical weathering process

Example:

1. Mae Jong mine (Lamphun)... Sukhothai-Ngao G
- Veins of psilomelane and pyrolusite occur in 20 m. wide, fissure in Paleozoic limestone & shale. Secondary deposits of manganese-bearing laterite occur in 1-8 m. thick, covers the Paleozoic shale.

2. Loei...Sukhothai-Ngao G
- Hydrothermal with resecondary deposit occurs in steeply dipping beds of Devonian and Lower Carboniferous quartzite, phyllite and shale.
- Manganese oxides, Rhodochrosite have formed as pod fillings in breccia fractures or porous rocks and narrow veins.

3. Mae Tang mine (Chiang Mai)...Sukhothai-Ngao G
- Secondary deposits of manganese oxides occur in the form of unconsolidated pebbles and nodules as residual concentrations in Permo-Carboniferous shale and quartzites.

Uranium

Source:

I. Triassic granite

Triassic granite in the northern Thailand has a high uranium background (6.1-12.3 ppm U).

Deposits:

Epigenetic and Hydrothermal vein

Example:

1. Phu Wiang (Khon Kaeng)...Khorat G
- Three lenticular of U_3O_8 occurs in channel sandstone of Sao Khua formation. The ore is associated with calcareous mudstone chips, plant material and humate matter. (Epigenetic)
- The major U mineral is coffinite with minor in carnotite and torbernite
- There is a good correlation with Cu mineral

2. Ban Doi Tao (Chiang Mai)...Hydrothermal
- U is associated with fluorite and pyrite, occurs in vertical quartz-fluorite vein strike NE, 610 m. long, 5 m. wide in Triassic muscovite granite.
- Pitchblende was found in the vein and meta-autunite as secondary deposit in the altered muscovite granite.

Non-metallic mineral resources

Fluorite

Source:

I. Cenozoic hydrothermal

II. Triassic Granite

III. Shan Thai/Sukhothai fold belt (Paleozoic)

Deposits:

Hydrothermal vein and metasomatism along fractures / faults in Shan-Thai and Sukhothai fold belt

Example:

1. Ban Hong (Lamphun)...Ngao G
- Vein-like type of 800 m. long and 30 m. thick, is occurred with a vertical fault striking N40*W in Permo-Carboniferous limestone, shale and tuff.
- In the limestone metasomatism are also found.

2. Mahalarna mine (Mae Hong Son)...Granite
- Fluorite occurs in a vertical vein several hundred m. long, 3 m. thick, NE strike in Triassic granite.

Barite

Source:

I. Cenozoic hydrothermal

II. Triassic granite

Deposit:

Stratiform, Hydrothermal veins and cavity fillings

(Barite is not associated/contact with granite body.)

Example:

1. Ban Hin Khao (Loei)...Wang Saphung Fm
- Barite deposited as stratiform (syngenetic) or metasomatism in steep dipping of Lower Carboniferous (dolomite, shale, tuff) over 1200 m. long with 5 m. thick.

2. Phu Mai Tong (Chiang Mai)
- Barite occurs as stratiform or concordant veins in Silurian/Devonian shale. (Sukhothai G)

- Barite also occurs as residual/bedded type in Doi Tao (Chiang Mai), Nam Pad (Uttaradit), W-Tak.
- In Uttaradit barite lenses, 1 m. wide, 3 m, long, occur in sandstone of Khorat group indicate chemical precipitation.
- In W-Tak several thin barite beds of 10 m. wide dip 50, are interbedded in sandy shale.

3. Ban Thimongtha (Kanchanaburi)

- Barite occurs in veins in Upper Ordovician-Silurian shale and sandstone. (Thong Pha Phum G)
- Mahavajana (1972) suggest that most of the barite occurs as veins and cavity fillings along local structure such as in Chiang Rai, Mae Hon Son, Chiang Mai, Phrae, Uttaradit, Loei, Tak, Petchabun, Petburi, Ratburi, Kanchanaburi, Surathani, Nakon Srithamarat.
- Barite occurs in the same form as fluorite deposit on the Shan-Thai and Sukhothai fold belt, during Cenozoic hydrothermal phase.

Gemstones

Source:

I. Alkaline basalt (Pliocene/Pleistocene)

Alkaline basalt is originated in mantle. Corundum crystallized from the basaltic magma when it moved to shallow depth. Sapphires and rubies are the most important gemstones found in Thailand.

Deposit:

I. Gemstones are recovered in eluvial/alluvial placer/residual soil from basaltic lava.

Example:

Gemstones occur in Chanthaburi, Trat, Kanchnaburi, Phrae and Ubon Ratchatani.

Quartz and Feldspar

Source:

I. Granite/Pegmatite

Deposit:

I. Porphyritic Granite or Pegmatite vein

II. Shoreline sand

Example:

Quartz and Feldspar are used for glass and ceramic.

1. Orthoclase feldspars have been mine from pegmatite veins and porphyritic granite such as Chonburi, Nakon Srithamarat, Ratburi, Kanchanaburi, Tak.

2. Silica sand, have been found along shoreline Nakon Srithamarat-Pattani, several islands of the West Coast, Lam Mae Pim (Rayong).

Asbestos

Brown et al. (1951) reported Uttaradit asbestos are associated with dike, sill, pyroxenite, serpentinite and diorite which intruded into a sequence of strongly folded, interbedded, shale, sandstone, slate, quartzite, argillaceous schist and greywacke.

Diatomite

Brown et al. (1951) reported diatomite only from the Lampang basin. Diatomite is exposed on the south bank of Mae Chang (a tributary of Mae Wang), military head quarters at Km 4 Lampang-Ngao, Ban Phichai, Ko Kha.

Potash

Source:
I. Maha Sarakham formation (U-Cretaceous)
Deposit:
I. Hyper-saline lake
II. Secondary solution processes
Sylvite is interpreted as secondary solution processes. (Most of the potash deposit consists of carnallite with accessory sylvite.)
Example:
1. Sombun mine (Udontani)
- Upper salt
Halite
Anhydrite/Residual bed (erosion)
.....non-calcareous soft claystone, mudstone.....
- Middle salt
Halite (massive)
Anhydrite
Residual bed (erosion)
.....non-calcareous soft claystone, mudstone.....
- Lower salt
Halite
Carnallite (more pollution)
Sylvite (primary deposit approximately is 3 m. thick, fine grain, red-orange, homogeneous)

Gypsum

Source:

I. Pha Nok Khao formation (Permian)

Deposit:

I. Re-hydration

Massive gypsum with thin carbonate points toward being deposited in hyper-saline lagoons as bedded selenite. Core observation shows that it was formed by re-hydration on the upper part of the formerly anhydrite mass, which resulted in profound swelling and probably fracturing of the overlying limestone.

Example:

Three commercial deposis of gypsum in Thailand: Surat Thani, Nakhon Sawan, Pichit. They are all mined by open-pit of high quality and is marketed without further dressing.

1. Loei

- Gypsum and anhydrite are thought to be much more older than the evaporites found in Sakon NaKhon and Khorat basins.
- Gypsum and anhydrite of 220 m. thick are associated with U-Paleozoic limestone. Anhydrite with gypsum were found in Chiengkhan area (Jacobson et al., 1969) is interbedded with limestone, tuff, shale and mudstone.
- Gardner (1969) suggest that the ore were probably flowage during folding and faulting.

2. Phichit

- The ore body is gypsum and anhydrite of 650 m. wide, 3000 m. long and > 400 m. thick. It lies between parallel to steep-dipping faults, strike N (15-25)* E.
- 96% of the ore is gypsum, white, massive, granular, which reserve is 11.5-25 million ton of gypsum.

Oil shale

Oil shale occurs in many Cenozoic basins in Thailand. In Mae Sot, Oil shale of varying thickness is intercalation with fluvial and lacustrine sequence. The oil yield from this oil shale amounts to about 5%.

Lignite

Lignite occurs in lacustrine deposits mainly in post Himalayan intermontain rift basin. More than 50 lignite has been discovery in Thailand, 80% in the N and 20% in the S.

1. Mae Moh basin
Several lignite seams of 25-45 m. thick occurs in Miocene/Pliocene claystone-siltstone sequence.
2. Li basin
Fine clastic sediments accompany lignite seams of 60 m. thick.
3. Krabi basin
Palaric lignite of Paleogene age is being mined.

Clay

Domestic industry clays are classified into: residual, transported, bedded by Brown et al. (1951)

1. Residual clay (Kaolinite) derived from the weathering of granite have been mine in Prachiburi and used as filler in paper or second grade porcelain.
2. Transported clay (black, plastic) is found throughout the Chao Phraya River. It is raw material for common bricks, water jars, basins, stoves etc. in Nonthaburi.
3. Bedded clay (Kaolin) is found at Sawankalok, Chonburi and Chantaburi. Nattori (1969) also found Kaolin on the bank of Yom River.

[Aranyakanon (1969) postulated that Kaolinite in S-Thailand was the alteration product of alumino-silicate in granite by pneumatolytic process.]

Clay reserves, given by Puengrusami (1972)

Amphur	Changwat	Reserve (million tone)
Kaolin		
Chae Hom	Lampang	>100
Muang	Uttaradit	73
Na San	Surathani	1
Muang	Ranong	0.5
Klaeng	Ranong	0.03
Ball clay		
Muang	Prachinbury	0.4(black), >4(white)
Na San	Surathani	>0.2
Ban Song	Surathani	>0.04

ทองแดง

แร่ทองแดงที่พบมีหลายชนิด เช่น แร่ทองแดงธรรมชาติ (native copper, Cu) คาลโคไพไรต์ (chalocpyrite, $CuFeS_2$) บอร์ไนต์ (bornite, Cu_5FeS_4) คาลโคไซต์ (chalcocite, Cu_2S) เททราฮีไดรต์ (tetrahedrite, Cu_3SbS_7) คิวไพต์ (cuprite, Cu_2O) มาลาไคต์ (malachite, $CuCO_3Cu(OH)_2$) อะซูไรต์ (azurite, $2CuCO_3Cu(OH)_2$) และ คริโซคอลลา (chrysocolla, $CuSi_3.2H_2O$)

การกำเนิด

แหล่งแร่ทองแดงที่พบส่วนใหญ่มีการกำเนิดดังนี้

1) แบบฝังประในหินพอฟีรี เช่น ที่ภูหินเหล็กไฟและภูทองแดง อำเภอเมือง จังหวัดเลย
2) แบบฝังประในหินชีสต์ เช่นที่บริเวณเขาดิน เขาตาจี๊ด อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา
3) แบบเกิดในเขตแปรสัมผัส ระหว่างหินไดออไรต์และหินปูน เช่นที่เขาพุคา อำเภอโคกสำโรง เขาพระงาม และ เขาพระบาทน้อย อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี และที่ภูโล้น อำเภอสังคม จังหวัดหนองคาย
4) แบบเกิดเป็นสายแร่แยกจากหินอัคนีชนิดไดออไรต์ เช่นที่บ้านจันทึก อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

แหล่งในประเทศไทย

ทองแดง พบที่จังหวัดเลย หนองคาย ขอนแก่น นครราชสีมา ตาก อุตรดิตถ์ แพร่ ลำปาง ลำพูน เพชรบูรณ์ ลพบุรี ฉะเชิงเทรา และ กาญจนบุรี

ตะกั่ว-สังกะสี

ตะกั่ว-สังกะสี ที่พบในประเทศมักจะกำเนิดในสภาพแวดล้อมทางธรณีวิทยาเดียวกัน

แร่ตะกั่วที่พบมีทั้งแร่ตะกั่วซัลไฟต์ คือ แร่กาลีนา (galena, Pbs) และตะกั่วคาร์บอเนต ได้แก่ แร่เซรัสไซต์ (cerussite, $PbCO_3$)

แร่สังกะสี ได้แก่ แร่สฟาเลอไรต์ (sphalerite, ZnS) เฮมิเมอร์ไฟต์ (hemimorphite, $Zn_4(Si_2O_7)(OH)_2.H_2O$)) ซิงค์ไคต์ (zincite, ZnO) และแร่สมิทซอไนต์ (smithsonite, $ZnCO_3$)

การกำเนิด

แหล่งแร่จะกั่ว-สังกะสี มีกำเนิดทั้งแบบแหล่งแร่ปฐมภูมิซึ่งให้สินแร่ที่เป็นสารประกอบซัลไฟต์ ได้แก่ แร่ตะกั่ว-กาลีนา และแร่สังกะสี-สฟาเลอไรต์ และ แหล่งแร่ทุติยภูมิ

แหล่งแร่ปฐมภูมิ ได้แก่

1) แหล่งแร่สะสมตัวในชั้นหินอุ้มแร่ (Stratabound-massive sulfide deposite) เช่น แหล่งแร่ตะกั่ว-สังกะสี บ้านสองท่อ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี
2) แหล่งแร่แบบสการ์น (skarn deposite) ซึ่งเกิดจากการแปรสภาพโดยการแทนที่ ระหว่างหินอัคนีแทรกซ้อน เช่น หินไดออไรต์พอฟีรี กับหินคาร์บอเนต เช่น หินปูน ตัวอย่างแหล่งแร่แบบ

นี้ คือ ที่แหล่งตะกั่ว-สังกะสีซัลไฟต์ ภูขุม บ้านโคกมน อำเภอเมือง จังหวัดเลย ที่บ้านแม่กี๊ด อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ และที่เขาถ้ำทะลุ อำเภอบันนังสตาร์ จังหวัดยะลา

3) แหล่งแร่แบบสายแร่ (vein-type deposit) ส่วนใหญ่เป็นแร่ตะกั่ว-สังกะสีซัลไฟต์ ซึ่งเกิดในสายแร่ที่น้ำแร่แยกตัวออกจากหอนอัคนี เช่นที่ภูช้าง บ้านโคกใหญ่ อำเภอท่าลี่ จังหวัดเลย ที่บ้านแม่กะใน บ้านดงหลวง อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน

แหล่งแร่ทุติยภูมิ เป็นแหล่งแร่ที่เกิดจากกระบวนการแปรสภาพของแร่ปฐมภูมิซึ่งส่วนใหญ่เป็นแร่ซัลไฟต์ เป็นแร่ที่เป็นสารประกอบของออกไซด์ คาร์บอเนต และซิลิเกต เช่นที่แหล่งแร่ตะกั่วคาร์บอเนต-เซรัสไซต์ ที่บ้านบ่องาม อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี และแหล่งแร่สังกะสีซิลิเกต-เฮมิมอร์ไนต์ ที่ดอยผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

แหล่งในประเทศไทย

แร่ตะกั่ว-สังกะสีพบที่จังหวัดกาญจนบุรี ตาก เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง ลำพูน แพร่ เพชรบูรณ์ เลย เพชรบุรี นครศรีธรรมราช พัทลุง และ ยะลา

พลวง

แร่พลวงที่พลส่วนใหญ่เป็นแร่พลวงซัลไฟต์ คือแร่สติบไนต์ (stibnite, Sb_2S_3) หรือที่เรียกว่าแร่พลวงเงิน และแร่พลวงไฮดรอกไซด์ คือแร่สติบิโคไนต์ (stibiconite, $Sb_2O_4H_2O$) หรือที่เรียกว่าแร่พลวงทอง

การกำเนิด

แร่พลวงเกิดขึ้นได้ทั้งในหินชั้นแปร และ หินอัคนี มีการเกิดแหล่งแร่ที่สำคัญ 2 แบบ คือ

1) แบบสายแร่และแบบกระเปาะแร่ (cavity filling type) แต่เนื่องจากน้ำแร่พลวงมีอุณหภูมิการตกผลึกที่ค่อนข้างต่ำจะไหลแยกออกไปจากหินอัคนี ซึ่งเป็นหินต้นกำเนิด แทรกตามรอยแตกหรือโพรง หรือเขตที่เกิดการชะล้างได้ง่าย (weak zone) ในหินต่างที่สัมผัสหรือใกล้เคียงกับหินอัคนี น้ำแร่พลวงจะตกผลึกเป็นแร่พลวงเงินตามรอยแตกหรือโพรงหินนั้น และเมื่อแร่พลวงเงินนี้ผุก็จะเกิดเป็นแร่พลวงทอง แหล่งแร่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยและของโลกจะมีกำเนิดแบบกระเปาะแร่
2) ลานแร่พลัด เกิดจากการผุพังของสายแร่ หรือ กระเปาะแร่ แร่ถูกพัดพาไปสะสมตัวในที่ราบที่อยู่ไม่ไกลจากแหล่งต้นกำเนิดเดิมมากนัก แร่ที่พบมีทั้งแร่พลวงเงินปนกับแร่พลวงทอง

แหล่งในประเทศไทย

แหล่งแร่พลวงที่สำคัญพบที่จังหวัดลำพูน ลำปาง ชลบุรี ระยอง และจันทบุรี นอกจากนี้ยังพบแร่พลวงอีกหลายแห่งในจังหวัดต่างๆ เช่น เชียงใหม่ แพร่ ตาก สุโขทัย กาญจนบุรี ฉะเชิงเทรา สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พัทลุง และ สตูล

ดีบุก

ดีบุกนับเป็นแร่เศรษฐกิจที่สำคัญยิ่งของประเทศไทยในอดีตที่ผ่านมา จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์

ได้มีการกล่าวถึงแร่ดีบุกว่า " ในปี พ.ศ. 2061 แผ่นดินสมเด็จพระรามาธิบดีที่ 2 แห่งกรุงศรีอยุธยา ได้มีการทำสัญญาทางพระราชไมตรีกับโปรตุเกส เพื่อให้โปตุเกสตั้งห้างร้านรับซื้อแร่ทองคำ ดีบุก รัตนชาติ และ หินสี ที่ได้จากกรุงศรีอยุธยา ปัตตานี นครศรีธรรมราช และมะริด (จารุวุดม เรืองสุวรรณ, 2534) ยับเป็นการส่งออกแร่ดีบุกครั้งแรกที่มีบันทึกในประวัติศาสตร์

แร่ดีบุกที่พบในประเทศไทยมี 2 ประเภท คือ แคสซิเทอร์ไรต์ (cassiterite, SnO_2) ซึ่งพบและเป็นแร่เศรษฐกิจเพียงชนิดเดียว โดยมีส่วนประกอบของ Sn และ O ประมาณ 78.6% และ 21.4% ตามลำดับ อีกชนิดหนึ่งคือ สแตนไน์ (stannite) พบน้อยมาก และไม่มีการผลิต คุณสมบัติทางกายภาพของ แคสซิเทอร์ไรต์ มีดังนี้ รูปผลึกระบบเทตราโกนาล แข็ง 6-7 ทนทานต่อการสึกกร่อนได้ดี ความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.) 6.8-7.1 วาวอโลหะแบบเพชรหรือกึ่งโลหะ สีของแร่ส่วนมากที่พบมักเป็นสีน้ำตาลดำหรือดำ สีน้ำผึ้ง เหลือง แดง และ ม่วงคล้ายเปลือกมังคุด สีจำปาผงละเอียดสีขาว

การกำเนิด

การกำเนิดของแร่ดีบุกในประเทศไทยนั้นมีความสัมพันธ์แบบใกล้ชิดกับหินอัคนีแทรกซ้อนชนิดกรด (acid rock) โดยทั่วไปแล้วจะเกิดในสายแร่แบบน้ำร้อนแทรกในหินพวกแกรนิตหรือหินชั้นที่อยู่ข้างเคียง และอาจเกิดเป็นก้อนหรือผลึกเล็กๆ ฝังในหินเพกมาไทต์ หินสการ์น รวมถึงในหินแกรนิตที่อยู่ใกล้กับบริเวณเขตสัมผัสกับหินข้างเคียงด้วย

เนื่องจากดีบุกเป็นแร่ที่ทนทานต่อการสึกกร่อนทางกายภาพสูง เมื่อหินต้นกำเนิดผุพัง จึงมักจะถูกนำพาไปสะสมตัวตามเชิงเขาหรือแอ่งและที่ราบลุ่มต่างๆ เกิดเป็นแหล่งแร่ดีบุกแบบลานแร่ (placer)

สายแร่ดีบุกโดยปกติมักมีแร่ที่มีฟลูออรีนหรือโบรอนอยู่ด้วย เช่น ทัวร์มาลีน โทแพซ ฟลูออไรต์ และอะพาไทต์ ส่วนแร่อื่นที่พบเกิดร่วมกันแร่ดีบุก เช่น วุลแฟรไมต์ ซีไลต์ แร่ธาตุกลุ่มไนโอเบียม-แทนทาลัม อิลเมไนต์ โมนาไซต์ ซีโนไทม์ และเซอร์คอน

แหล่งในประเทศไทย

ส่วนใหญ่พบทางด้านตะวันตกของประเทศติดกับขายแดนประเทศสหภาพพม่า โดยพบในภาคใต้ทุกจังหวัด ภาคกลางมีที่จังหวัดอุทัยธานี ชัยนาท สุพรรณบุรี กาญจนบุรี ราชบุรี และเพชรบุรี ภาคเหนือพบในจังหวัดกำแพงเพชร ตาก เชียงใหม่ ลำปาง เชียงราย และ แม่ฮ่องสอน ส่วนภาคตะวันออกพบที่จังหวัดชลบุรี ระยอง และจันทบุรี

ทังสเตน

ทังสเตนเป็นโลหะสีเทาเงิน มีจุดหลอมเหลวและความหนาแน่นสูง เป็นตัวนำความร้อนและไฟฟ้าที่ดี มีสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวต่ำ เมื่อสัมผัสกับคาร์บอนแล้วจะมีความแข็ง.มาก

สินแร่ของโลหะทังสเตนที่พบในประเทศมี 2 ชนิด คือ วุลแฟรไมต์ (wolframite) และชีไลต์ (scheelite)

แร่วุลแฟรไมต์ สูตรเคมี (Fe, Mn)WO_4 รูปผลึกระบบโมโนคลินิก คล้ายกับปิรามิดประกบกัน 2 ด้าน อาจพบเกิดเป็นแบบมวลเมล็ด เนื้ออัดกันแน่นหรือมีเนื้อแน่นแข็ง 4.0-4.5 ถ.พ. 7.0-7.5 น้ำหนักจะมากขึ้นตามเปอร์เซ็นของเหล็ก วาวกึ่งโลหะไปจนถึงวาวเหมือนยางสน มีสีน้ำตาลถึงดำ ผงแร่มีสีน้ำตาลจนถึงน้ำตาลดำ ติดแม่เหล็กแรง

แร่ชีไลต์ สูตรเคมี ($CaWO_4$) ประกอบด้วย CaO 19.4% WO_3 80.6% มีรูปผลึกระบบเททราโกนาล แข็ง 4.5-5.0 ถ.พ. 5.9-6.1 วาวคล้ายแก้วจนถึงคล้ายเพชร มีสีขาว เหลือง ขาวอมเหลือง เขียว น้ำตาล จนถึงน้ำตาลอมแดง เนื้อแร่โปร่งแสง เรืองแสงสีฟ้าอ่อนภายใต้รังสีเหนือม่วง

การกำเนิด

การเกิดของแร่ทังสเตนนั้นมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับหินแกรนิต มักพบในสายเพกมาไทต์ สายแร่ควอตซ์ ชนิดอุณหภูมิสู.ที่แทรกอยู่ในหินแกรนิตหรือหินชั้นที่อยู่ข้างเคียง เกิดร่วมกับแร่ดีบุก หรืออาจพบเกิดในบริเวณเขตสัมผัสระหว่างหินแกรนิตกับหินข้างเคียง โดยเฉพาะอย่างยิ่งระหว่างเขตสัมผัสระหว่างหินแกรนิตกับหินปูนนั้น มีโอกาศพบแหล่งแร่ชีไลต์ขนาดใหญ่ เช่น แหล่งแร่ชีไลต์ดอยหมอก อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย บางครั้งอาจพบสะสมตัวอยู่ในห้องห้วย

แหล่งในประเทศ

ส่วนใหญ่พบเกิดร่วมกับแร่ดีบุก ภาคเหนือพบที่จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง แม่ฮ่องศอน แพร่ และ ตาก ภาคกลางที่จังหวัดสุพรรณบุรี กาญจนบุรี ราชบุรี เพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์ ส่วนภาคใต้พบที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช ระนอง พังงา ภูเก็ต สงขลา ปัตตานี และยะลา

เหล็ก

แร่เหล็ก (iron ore) เป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญเป็นอันดับสูงในยุคอุตสาหกรรม แร่เหล็กที่พบมากและนำไปใช้ประโยชน์ภายในประเทศมีดังนี้

Magnetite (Fe3O4) มี Fe 72% พบเป็นเนื้อเม็ดเกาะกันแน่น สีดำ สีผงสะเดียดดำ ความแข็ง 6 ถ.พ. 4.9-5.2 มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กในตัวเอง

Hematite (Fe2O3) มี Fe 70% ลักษณะเนื้อสมานแน่นเป็นแผ่นซ้อนกันหรือรูปไต สีแดงเลือดหมูจนเกือบดำและสีเทา สีผงละเอียดสีน้ำตาลแดง ความแข็ง 6.5 ถ.พ. 4.6-5.3

Limonite ($2Fe_2O_3.3H_2O$) มี Fe 60% มักจะพบเป็นรูปหินงอก มนโค้งหรือดูดล้ายดิน สีน้ำตาลแก่ถึงดำ และผงละเอียดสีน้ำตาลเหลือง ความแข็ง 5.0 – 5.5 ถ.พ. 4.0 – 4.8

การกำเนิด

แหล่งแร่ที่พบในประเทศไทยเกดอยู่ 4 แบบ ด้วยกัน คือ

1) เกิดแบบแทนที่ (replacement deposit) ในหินคาร์บอเนตใกล้เขตการแปรสภาพโดยการแทนที่ (contact metasomatic zone) หินท้องที่ที่พบอยู่ในยุคออร์โดวิเชียน หรือเพอร์เมียน และคาร์บอนิเฟอรัส ส่วนหินอัคนีแทรกซ้อนชนิดกรดหรือปานกลางมักอยู่ในยุคไทรแอสซิก
2) เกิดแบบสายแร่ (vein deposit) ในหินชั้นและหินแปรซึ่งมีอายุในช่วงมหายุคพาลีโอโซอิกเป็นส่วนใหญ่
3) เกิดเป็นชั้นร่วมกับหินชั้น (stratiform deposit) ตัดผ่านในหินซึ่งคาดว่ามีอายุในยุคพรีแคมเบรียน
4) เกิดแบบตกตะกอนทับถมอยู่กับที่ (residual deposit) ในลักษณะศิลาแลง (laterite) โดยเกดจากการผุพังของหินชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีธาตุเหล็กในปริมาณสูง

แหล่งในประเทศ

แร่เหล็กพบที่ จังหวัดกระบี่ กาญจนบุรี กำแพงเพชร จันทบุรี ฉะเชิงเทรา ชลบุรี เชียงใหม่ ตรัง ประจวบคีรีขันธ์ ปราจีนบุรี พัทลุง เพชรบูรณ์ แม่ฮ่องสอน ระนอง ระยอง ลพบุรี ลำปาง นครศรีธรรมราช นครสวรรค์ เลย สระบุรี และสุโขทัย

แมงกานีส

แร่แมงกานีส (manganese) มีมากมายหลายชนิด แต่ชนิดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากที่สุด ได้แก่ ชนิดที่อยู่ในรูปของออกไซด์ แร่แมงกานีสที่มีธาตุแมงกานีสมากกว่า 35% ขึ้นไป ซึ่งมักพบกันมากและนำมาใช้ประโยชน์ภายในประเทศ ดังนี้

ไพโรลูไซต์ (pyrolusite, MnO_2) มี Mn 60 – 63% มักพบในรูปแบบรัศมี รูปไต รูปกิ่งไม้ สีเทาอ่อนถึงดำ ความแข็ง 1 – 2.5 ถ.พ. 4.73 – 4.86

ไซโลมิเลน (psilomelane, $(Ba.H_2O)_2Mn_5O_{10}$) มี Mn 45 – 60% มีเนื้อแน่น มักจะพบในลักษณะ เป็นรูปพวงองุ่น รูปไต สีดำและสีน้ำตาลดำ สีผงละเอียดสีดำ ความแข็ง 5 – 6 ถ.พ. 3.7 – 4.7

แร่แมงกานีสสมารถแบ่งตามประโยชน์ของการใช้งานได้ 3 เกรด คือ เกรดโลหกรรม เกรดเคมีและเกรดแบตเตอรี่

การกำเนิด

แร่แมงกานีสในประเทศไทยมีการกำเนิด 3 แบบ คือ

1) เกิดเป็นชั้นร่วมกับหินชั้นพบมากในหินดินดานหรือหินทรายมหายุคมีโซโซอิกและพาลีโอโซอิก

2) เกิดแบบสายแร่ ในหินชั้นหรือหินแปร หินที่พบส่วนใหญ่อยู่ในยุคคาร์บอนิเฟอร์รัสและไซลูเรียน – ดีโวเนียน

3) เกิดแบบตะกอนทับถมอยู่กับที่เป็นชั้น (blanket) วางตัวอยู่บนผิวหน้าที่มีการผุกร่อน (old erosional surface) ของหินเดิมหรือเกิดในชายฝั่งทะเล (littoral zone) ของอ่าวไทย

แหล่งในประเทศไทย

แร่แมงกานีสพบที่ จังหวัดกาญจนบุรี จันทบุรี ชุมพร เชียงราย เชียงใหม่ น่าน เพชรบูรณ์ แพร่ แม่ฮ่องสอน ยะลา ระยอง ลำปาง ลำพูน เลย สงขลา สุโขทัย และอุทัยธานี

โครไมต์

แร่โครไมต์ (chromite, $FeCr_2O_4$) จัดเป็นแร่ที่สำคัญที่สุดในการผลิตโลหะโครเมียม มักจะพบเป็นแบบมวลเมล็ดหรือเนื้อแน่น สีน้ำตาลดำหรือดำ ความแข็ง 5.5 ถ.พ. 4.6 แร่โครไมต์ โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 เกรด คือ เกรดเคมี และ เกรดทนไฟ

การกำเนิด

ในประเทศไทยพบแร่โครไมต์เกิดแบบตกผลึกแยกตัวออกจากหินอัคนีแทรกซ้อนชนิดอัลตราเบสิก โดยมักจะพบเกิดเป็นกระเปาะ (Podiform) สายขนาดเล็ก เป็นมวล (mass) และเป็นรูปเลนส์ (lense) และเกิดแบบฝังประ (dissemination) ในหินเพริโดไทต์ (peridotite) ไพรอกซีไนต์ (Pyroxenite) และแอมฟิโบไลต์ (amphibolote)

แหล่งในประเทศ

พบที่จังหวัดนราธิวาส ปราจีนบุรี และอุตรดิตถ์

นิกเกิล

แร่นิกเกิล (nickel) ที่สำคัญมีอยู่ 2 ชนิดคือ แร่ปฐมภูมิและทุติยภูมิ แร่ปฐมภูมิ ได้แก่ เพนท์แลนไดต์ (pentlandite, $(FeNi)_9S_8$) เป็นโลหะสีบรอนซ์ซีด ความแข็ง 3.5 – 4 ถ.พ. 4.6 – 5.0 รูปผลึกจัดอยู่ในระบบไอโซเมตริก แต่มักจะพบเกิดในลักษณะเป็นมวลเมล็ดเนื้อแน่น ส่วนแร่ทุติยภูมิ ได้แก่ การ์เนียไรต์ (garnierite, $(NiMg)SiO_3nH_2O$) มีสีเขียวหรือขาว ความแข็ง 2 – 3 ถ.พ. 2.2 – 2.8 ไม่มีรูปผลึกมีลักษณะคล้ายดิน

การกำเนิด

แร่นิกเกิลที่พบในประเทศไทย พบเกิดแบบเดียวเท่านั้นคือแบบตกตะกอนทับถมอยู่กับที่ โดยวางตัวอยู่บนหินต้นกำเนิดอัลตราเมฟิก ได้แก่ เซอร์เพนทิไนต์ (serpentinite) แร่นิกเกิลที่พบคือชนิด การ์เนียไรต์ โดยปนอยู่กับดินหรือศิลาแลง

แหล่งในประเทศไทย

พบที่จังหวัดปราจีนบุรี จันทบุรี และน่าน

โมลิบดีไนต์

แร่โมลิบดีไนต์ (molybdenite, MoS_2) มักจะพบในลักษณะที่เป็นแผ่นเนื้อแน่นหรือเป็นเกล็ด สีเทาปนน้ำเงิน สีผงละเอียดสีเขียวน้ำเงิน ความแข็ง 1.5 ถ.พ. 4.7

การกำเนิด

ในประเทศไทยพบแร่โมลิบดีไนต์ เกิดแบบฝังประและกลุ่มายแร่เล็ก ๆ (stockwork) ในหินไบโอไทต์ – มัสโคไวต์ แกรนิตยุคไทรแอสซิก ที่น้ำขุ่น จังหวัดจันทบุรี และพบเกิดเป็นเพื่อนแร่ในสายแร่ควอตซ์ ที่ให้แร่แคสซิเทอไรต์ (cassiterite) วุลแฟรไมต์ (wolframite) และชีไลต์ (scheelite) ที่เหมืองปีล๊อก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

แหล่งในประเทศไทย

พบที่จังหวัดจันทบุรีและกาญจนบุรี

โคลัมไบต์-แทนทาไลต์

โคลัมไบต์ (columbite) และ แทนทาไลต์ (tantalite) เป็นแร่ที่มีธาตุไนโอเบียม (โคลัมเบียม) และแทนทาลัมเป็นส่วนประกอบหลัก สูตรเคมี $(Fe,Mn)(Nb,Ta)_2O_6$ ส่วนประกอบของธาตุไนโอเบียมและแทนทาไลต์จะมีในการเรียนชื่อแร่โดยจะเรียกแร่โคลัมไบต์เมื่อแร่นั้นมีธาตุไนโอเบียมมากกว่าแทนทาลัม และเรียกแทนทาไลต์เมื่อแร่นั้นมีธาตุแทนทาลัมมากกว่าไนโอเบียม

แร่โคลัมไบต์-แทนทาไลต์ มีรูปผลึกแบบออร์โทรอมบิก รอยแตกกึ่งเว้าแบบก้นหอยไปจนกระทั่งแตกแบบไม่เรียบ เปราะ โดยปกติมีสีดำ เทาเข้ม น้ำตาลดำ และมีส่วนของน้ำตาลแดงให้เห็นตามขอบเศษชิ้นแร่บาง ๆ ผงแร่สีแดงเข้มไปจนกระทั่งดำ ความวาวกึ่งโลหะถึงกึ่งยางสน

แร่โคลัมไบต์แข็ง 6 ถ.พ. 5.2 ส่วนแร่แทนทาไลต์แข็ง 6.0 – 6.5 ถ.พ. ประมาณ 7.95 น้ำหนักของแร่จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีส่วนของแทรทาลัมปนมากขึ้น

การกำเนิด

แหล่งกำเนิดของแร่โคลัมไบต์-แทนทาไลต์นั้นมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับหินแกรนิตและหินคาร์บอเนไทต์ ในประเทศไทยพบร่ไมอยู่กับแร่ดีบุก มัสโคไวต์ ทัวร์มาลีน เบริล โมนาไซต์ และ ซีโนไทม์ ในหินแพกมาไทต์

แหล่งในประเทศ

ส่วนใหญ่พบในลานแร่ดีบุก ภาคเหนือพบที่จังหวัดเชียงใหม่ ถาดกลางที่จังหวัดอุทัยธานี กาญจนบุรี ราชบุรี ภาคใต้ที่จังหวัด ระนอง พังงา ภูเก็ต สงขลา และตรัง

เซอร์คอน

แร่เซอร์คอน (zircon, $ZrSiO_4$) หรือเพทาย มี ZrO_2 67.2% และ SiO 32.8% มีรูปผลึกแบบเทตราโกนาล ลักษณะเป็นแท่งยาวมียอดแหลมปิดหัวและท้าย แข็ง 7.5 ถ.พ. 4.68 วาวแบบเพชร ใส ไม่มีสี หรืออาจมีสีน้ำตาลเทา เขียว แดง ผงละเอียดไม่มีสี ปกติจะแสดงคุณสมบัติโปร่งแสงแต่บางครั้งก็โปร่งใส

การกำเนิด

แร่เซอร์คอน เป็นแร่รองในหินอัคนีแทรกซอนแทบทุกชนิดโดยเฉพาะชนิดกรด เช่น หินแกรนิต แกรโนไดโอไรต์ ไซอีไนต์ พบมากในหินเนฟีลีนไซอัไนต์ เซอร์คอนเป็นแร่ซิลิเกตัวแรกที่ตกผลึกจากหินหนืดที่เย็นตัว นอกจากนี้ยังอาจพบได้ใน หินไนส์ ชีสต์ หรือพบเป็นเมล็ดกลม ๆ หรือผลึกเล็ก ๆ ตามลำธารหรือชายฝั่งทะเล

แหล่งในประเทศไทย

ในประเทศไทย แร่เซอร์คอนชนิดผลึกละเอียดพบในเหมืองลานแร่ดีบุกทุกแห่ง และตามชายทะเลฝั่งทะเลทั่วไป ที่สำคัญได้แก่ ชายทะเลที่ ระยอง ประจวบคีรีขันธ์ และชุมพร ส่วนชนิดที่เป็นรัตนชาติหรือผลึกโต ๆ พบเกิดร่วมกับหินภูเขาไฟ ชนิดหินบะซอลต์ที่จังหวัดจันทบุรี ตราด อุบลราชธานี ศรีสะเกศ และแพร่

อิลเมไนต์

อิลเมไนต์ (ilmenite, $FeTiO_3$) มี Fe 36.8% Ti 31.6% O 31.6%เป็นหนึ่งในสามแร่เศรษฐกิจที่สำคัญของโลหะไททาเนียม ที่เหลืออีก 2 ชนิด ได้แก่ แร่รูไทล์ (rutile) และ ลูโคซีน (leucoxene) ปริมาณของไทเทเนียมกับเหล็กอาจแปรเปลี่ยนได้เนื่องจากมลทินของโลหะอื่น

แร่อิลเมไนต์ มีรูปผลึกระบบเฮกซะโกนาล ผลึกมักจะเป็นแผ่นหนสหรือเป็นชั้น ปกติจะเป็นเนื้อสมานแน่นหรือเป็นเม็ดขยายเท่าเม็ดทราย แข็ง 5.5-6.0 ถ.พ. 4.7 ความวาวคล้ายโลหะหรือกึ่งโลหะ สีดำ ผงละเอียดสีดำหรือแดงน้ำตาล อาจมีคุณสมบัติแม่เหล็กสูงได้โดยไม่ต้องเผาให้ร้อน เนื้อทึบแสง (opaque)

การกำเนิด

แร่อิลเมไนต์เป็นแร่รองในหินอัคนีและหินแปรหลายชนิดโดยเฉพาะหินแกบโบร และหินไดออไรต์ โดยการแยกตัวหรือตกผลึกในช่วงต้น ๆ ของหินหนืด มีส่วนสัมพันธ์กับแร่แมกนีไทต์ พบปนอยู่ในทรายร่วมกับแมกนีไทต์ รูไลต์ เซอร์คอน และโมนาไซต์ พบเสมอในแหล่งดีบุก

แหล่งในประเทศ

แร่อิลเมไนต์พบทั่วไปในแหล่งดีบุก และในแหล่งพลอยบางแหล่ง แร่อิลเมไนต์ในแหล่งดีบุกจะมีขนาดเท่าเม็ดทราย พวกทำเหมืองดีบุกมักเรียกว่าขี้แร่ (อามัง) ส่วนที่พบในแหล่งพลอยส่วนใหญ่เป็นชนิดที่เป็นก้อนหรือผลึกขนาดโต (megacryst)

โมนาไซต์

โมนาไซต์ (monazite) เป็นแร่ในกลุ่มฟอสเฟต ที่มีธาตุทอเรียม และกลุ่มธาตุหายาก ได้แก่ ซีเรียม แลนทานัม เป็นส่วนประกอบ สูตรเคมี $(Ce,La,Th)PO_4$ มีทอเรียมไดออกไซด์ (ThO_2) ประมาณ 2 – 20%

การกำเนิด

โดยทั่วไปแร่โมนาไซต์เกิดเป็นแร่รองในหินแกรนิต ไนส์ แอไพลต์ และเพกมาไทต์ มักพบในลักษณะเป็นเม็ดขนาดเม็ดทราย แสดงรอยถูกครูดเพราะการผุสลายของหินที่กล่าวข้างต้น แล้วถูกพัดพามาสะสมตัวอยู่ร่วมกับแร่หนักชนิดอื่น ๆ เช่น แมกนีไทต์ ดีบุก โคลัมไบต์-แทนทาไลต์ อิลเมไนต์ รูไทล์ การ์เนต ซีโนโทรม์ และ เซอร์คอน

แหล่งในประเทศ

ส่วนใหญ่พบในลายดีบุกเกือบทุกแหล่ง พบตามหาดทรายและตามท้องน้ำลำธารทั่วไปที่ใกล้ภูเขาหินแกรนิต หนือไนส์

ซีโนไทม์

ซีโนไทม์ (xenotime) เป็นแร่ในกลุ่มฟอสเฟต ที่มีอิเทียม (Y) ซึ่งเป็นธาตุที่หายากชนิดหนึ่งเป็นส่วนประกอบหลัก สูตรเคมี YPO_4 ประกอบด้วย $Y2O_3$ และ P_2O_5 ประมาณ 61.4% และ 38.6% ตามลำดับ บางครั้งธาตุอิตเทรียมอาจถูกแทนที่ด้วยธาตุเออร์เบียม (Er) เป็นจำนวนมาก และอาจถูกแทนที่ด้วยธาตุซีเรียม ซิลิคอน หรือทอเรียม ได้บางเล็กน้อย

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของแร่ซีโนไทม์ รูปผลึกระบบเททราโกนาลเช่นเดียวกับแร่ดีบุก และเซอร์คอน แข็ง 4-5 ถ.พ. 4.45-4.56 วาวแบบแก้วจนถึงวาวแบบยางสน สีน้ำตาลเหลืองถึงสีน้ำตาลแดง แดงเรื่อ ขาวอมเทา เหลืองแบบไวน์ เหลืองซีด คล้ายกับแร่โมนาไซต์แต่มีคุณสมบัติทางแม่เหล็กสูงกว่า ผงละเอียดสีน้ำตาลอ่อนอมเหลืองหรืออมแดง

การกำเนิด

ส่วนใหญ่เกิดเป็นแร่รองในหินเพกมาไทต์ หรืออาจพบได้บางในหินแกรนิต และหินไนส์ มักพบร่วมกับแร่เซอร์คอน เมื่อหินในแร่ดังกล่าวข้างต้นผุพัง แร่ซีโนไทม์มักจะถูกนำพาไปสะสมตัวตามแอ่งหรือที่ราบต่าง ๆ ร่วมกับแร่หนักหรือแร่หายากชนิดอื่น ๆ ได้แก่ โมนาไซต์ เซอร์คอน แมกนีไทต์ ดีบุก โคลัมไบต์-แทนทาไลต์ อิลเมไนต์ รูไทล์ และ การ์เนต

แหล่งในประเทศ

ในประเทศไทยพบในลายแร่ดีบุก จังหวัดระนอง พังงา ภูเก็ต ประจวบคีรีขันธ์ กาญจนบุรี ราชบุรี และ เชียงใหม่

ทองคำ

ทองคำมีสูตรเคมี Au มักเกิดเป็นธาตุอิสระตามธรรมชาติ แต่อาจจะเกิดผสมกับธาตุอื่น เช่น เงิน ทองแดง เหล็ก เทลรูไลน์ เป็นต้น ความแข็ง 2.5 – 3.0 ค่า ถ.พ. 15.6 – 19.3 แล้วแต่มลทินปนเปื้อนในเนื้อ มีสีเหลือง วาวโลหะ หนักมาก อ่อนและทุบเป็นแผ่นบางได้ ดัดและดึงเป็นเส้นได้ ละลายในกรดกัดทองเท่านั้น ความบริสุทธิ์ของทองคำจะคิดเป็นกะรัตหรือไฟน์เนส (karat or fineness) โดยทองคำบริสุทธิ์จะเท่ากับ 24 กะรัต หรือ 1,000 ไฟน์ ดังนั้นทองคำ 18 กะรัต หมายถึง

โลหะที่มีทองคำ 18 ส่วน อีก 6 ส่วนเป็นโลหะชนิดอื่น (เช่น เงิน ทองแดง นิกเกิล) หรือมีทองคำ 750 ไฟน์ หรือ 75%

การกำเนิด

แหล่งแร่ทองคำแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบปฐมภูมิ และ ทุติยภูมิ

แบบปฐมภูมิ มักพบในสายแร่ควอรตซ์ ปะปนกับแร่ไพไรต์ คาลโคไพไรต์ หรือฝังประในเนื้อหินที่มีการเปลี่ยนสภาพ (alteration) หรือ การแปรสภาพโดยการแทนที่ (metasomatism) จากกระบวนการทางธรณีวิทยา ทองคำที่พบส่วนใหญ่มีขนาดเล็กมากมองไม่เห็นด้วยตาเปล่าหรือต้องใช้แว่นส่องขยายดู เป็นส่วนน้อยที่จะมีขนาดโตพอที่จะมองเห็นชัดเจน แหล่งแร่ทองคำแบบนี้มักจะมีคุณค่าในเชิงพาณิชย์หากมีปริมาณทองคำมากกว่า 3 กรัมต่อหินหนัก 1 ตัน

แบบทุติยภูมิ มักจะพบเป็นเม็ดกลม เกล็ดหรือไร (< 0.5 mm) เล็ก ๆ และพบใกล้เคียงกับแหล่งแร่ปฐมภูมิ แล้วสะสมตัวในที่เดิมหรือถูกน้ำชะล้างพัดพาไปสะสมตัวในบริเวณต่าง ๆ ที่เหมาะสม เช่น เชิงเขา ลำห้วย หรือในตะกอนกรวดทรายในลำน้ำใหญ่

แหล่งในประเทศ

บริเวณที่มีแร่ทองคำกระจายตัวอยู่ทั่วไปในหลายจังหวัด ยกเว้นพื้นที่ส่วนที่เป็นที่ราบสูงโคราช และพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่าง พื้นที่ที่ศักยภาพแร่ทองคำสูงจะมีอยู่ 2 บริเวณ คือ ขอบตะสันตกของที่ราบสูงโคราช ตั้งแต่จังหวัดเลย หนองคาย เพชรบูรณ์ พิจิตร นครสวรรค์ ลพบุรี ปราจีนบุรี สระแก้ว ชลบุรี และระยอง และทางภาคเหนือตั้งแต่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง แพร่ อุตรดิตถ์ สุโขทัย และตาก ส่วนพื้นที่อื่น ๆ พบทองคำกระจัดกระจายอยู่ทั่วไป เช่น บริเวณบ้านป่าร้อน อำเภอบางสะพาน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ แหล่งโต๊ะโมะ อำเภอสุคิริน จังหวัดนราธิวาส อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน และอำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี เป็นต้น

ทองคำขาว

ทองคำขาวมีสัญลักษณ์ Pt หากพบในแหล่งแร่ทุติยภูมิจะเป็นเม็ดกลม หรือเกล็ดเล็ก ๆ ความแข็ง 4.0 – 4.5 ถ.พ. 14 – 19 สีเทาเงิน วาวโลหะ ทุบเป็นแผ่นบางได้ มักติดแม่เหล็กเพราะมักมีเหล็กเกิดร่วมด้วย และมักเกิดร่วมกับโลหะชนิดอื่น ๆ เช่น เหล็ก ทองแดง ทองคำ นิกเกิล อิริเดียม แพเลเดียม โรเดียม เป็นต้น

การกำเนิด

แหล่งแร่ทองคำขาวซึ่งมีคุณค่าทางเศรษฐกิจมักเกิดเป็นโลหะธรรมชาติในหินอัคนีชนิดเมฟิกและอัลตราเมฟิก และเกิดร่วมกับสายแร่นิกเกิล – ทองแดง

แหล่งในประเทศ

ในประเทศไทยพบแหล่งทองคำขาวเกิดแบบ ทุติยภูมิเป็นแหล่งลานแร่สะสมตัวอยู่ในตะกอนกรสดทรายตามลำน้ำพบแหล่งเดียวที่บ้านคำด้วง อำเภอบ้านผือ จังกวัดอุดรธานี กรมทรัพยากรธรณีได้ดำเนินการเจาะสำรวจด้วยเครื่องเจาะแบบบังก้าแล้วพบว่ามีความสมบูรณ์ต่ำ ไม่

สม่ำเสมอ โดยหลุมที่ค่าความสมบูรณ์สูงสุดมีค่าทองคำเขา 0.02643 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร จึงไม่สามารถทำเหมืองได้ (อมร เมธีกุล และ อกนิษฐ์ สุวรรณสิงห์, 2524) อย่างไรก็ตามบริเวณที่พบหินอัคนีชนิดอัลตราเมฟิกซึ่งเป็นหินต้นกำเนิดของทองคำขาว ที่อาจนับเป็นพื้นที่ศักยภาพของแหล่งแร่นี้ด้วย เช่น พื้นที่ที่ในจังหวัดอุตรดิตถ์ น่าน ปราจีนบุรี สระแก้ว เลย และ เชียงราย เป็นต้น

เงิน

เงินมีสัญลักษณ์เป็น Ag ส่วนใหญ่แล้วเงินมักจะเป็นแร่พลอยได้จากการทำเหมืองตะกั่ว ทองคำ หรือทองแดง โลหะเงินจะอ่อนทุบเป็นแผ่นได้ วาวโลหะ หากทิ้งไว้นานผิวมักมัวหมองและจะมีสีดำ

การกำเนิด

เงินมักเกิดแบบปฐมภูมิปะปนกับแร่อื่น เช่น ทองคำ ทองแดง ตะกั่ว-สังกะสี เป็นต้น โดยเฉพาะแหล่งแร่ตะกั่วจะมีเงินปนด้วยอยู่ด้วยทุกแห่ง

แหล่งในประเทศ

ในประเทศไทยไม่มีการผลิตแร่เงิน แต่จะเป็นแร่พลอยได้จากการทำเหมืองแร่ตะกั่ว ที่อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี โดยพบว่าจะมีปริมาณเงินปะปนประมาณ 0.12% นอกจากนี้ยังพบว่ามีแร่เงินเกิดร่วมกับแร่ทองคำที่บริเวณรอยต่อยของจังหวัดพิจิตร เพชรบูรณ์ โดยมีประมาณ 5 เท่า ของปริมานทองคำและพบว่ามีแร่เงินปะปนอยู่ประมาณ 27 กรัมต่อตัน ในแหล่งแร่โลหะซัลไฟด์ ที่บ้านยางเกี๋ยง อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่

ยิปซัม

ยิปซัม ($CaSO_4.2H_2O$) เป็นแร่ที่ตกตะกอนในแอ่งที่มีการระเหยของน้ำสูงมากและต่อเนื่อง ทำให้น้ำในส่วนที่เหลือมีความเข้มข้นสูงขึ้น ถึงจุดที่แร่กลุ่มที่เรียกว่า "อีแวพอไรต์ (evaporites)" จะสามารถตกตะกอนออกมาตามลำดับความสามารถในการละลาย (solubility) ซึ่งโดยทั่วไปเริ่มจากพวกคาร์บอเนต (carbonates) ซัลเฟต (sulphates) และ เฮไลด์ (halides)

การกำเนิด

แร่ยิปซัมของไทยมีเนื้อเป็นเกล็ดเล็ก ๆ สมานแน่นเรียกว่า "อะลาบาสเตอร์ (alabaster)" ซึ่งมิได้เกิดจากการตกตะกอนทับถมกันในสภาพการณ์ปฐมภูมิจากการระเหยของน้ำ แต่เกิดจากการเติมน้ำ (rehydration) ให้กับช่วงบนสุดของมวลแอนไฮไดรต์ จะเกิดการเปลี่ยนแปลง ชนิดแร่ยิปซัม ในประเทศไทยมีประวัติที่ค่อนข้างซับซ้อน และการศึกษาธรณีวิทยาแหล่งแร่พบว่า เคยผ่านการเปลี่ยนแปลงชนิดแร่ไปมา ระหว่างยิปซัมกับแอนไฮไดรต์ ($CaSO_4$) หลายครั้ง (Utha-aroon and Ratanajarurak, 1996) ก่อนจะมีสภาพเช่นปัจจุบัน

ในแง่ของการใช้ประโยชน์ ยิปซัมจากทุกแหล่งในประเทศไทย ใช้สำหรับเป็นตัวเติมสำหรับปูนซีเมนต์ได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้เนื่องจากมีความบริสุทธิ์ของแร่สูงเกินเกณฑ์ คือ มีแคลเซียมซัลเฟตพร้อมน้ำ ($CaSO_4.2H_2O$) มากกว่า 95% และมีมลทินค่อนข้างน้อย

แหล่งในประเทศ

1) บริเวณเขตติดต่อ อำเภอหนองบัว จังหวัดนครสวรรค์ กับ อำเภอบางมูลนาก จังหวัดพิจิตร ซึ่งมีเหมืองเปิดทำการอยู่ 9 เหมือง
2) บริเวณจังหวัดสุราษฎร์ธานี มีเหมืองเปิดทำการ 12 เหมือง
3) บริเวณจังหวัดนครศรีธรรมราช มีเหมืองเปิดทำการ 9 เหมือง

นอกจากแหล่งที่มีการทำเหมืองอยู่แล้ว ยังมีแหล่งแร่ยิปซัมที่กรมทรัพยากรธรณีเพิ่งค้นพบใหม่เมื่อปี พ.ศ. 2538 ที่อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย ซึ่งในการสำรวจในปีต่อ ๆ มา ทำให้สามารถกำหนดขอบเขตแร่ได้ชัดเจนขึ้นได้อีกระดับหนึ่ง แหล่งแร่นี้ มีลักษณะทางธรณีวิทยาและองค์ประกอบทางเคมีคล้ายคลึงกับแหล่งที่มีการทำเหมืองอยู่ก่อนแล้ว นับเป็นแหล่งแร่ที่มีศักยภาพแร่สูงอีกแหล่งหนึ่ง

ฟลูออไรต์

แร่ฟลูออไรด์ (fluorite) มีส่วนประกอบทางเคมีที่เป็นแคลเซียม ฟลูออไรด์ (CaF_2) ในทางการค้าอาจเรียกว่า "ฟลูออสปาร์" ปกติจะมีเนื้อโปร่งแสงถึงโปร่งใส มีสีต่าง ๆ กันเช่น สีเงิน ม่วง เขียว เหลือง มี ถ.พ. 3.18 ความแข็ง 4 ถูกขูดขีดเป็นรอยได้ง่าย บางครั้งเรียกกันว่า "พลอยอ่อน" การผลิตแร่ฟลูออไรด์ในประเทศไทยมีอยู่ด้วยกัน 3 เกรด ตามเปอร์เซ็นของ CaF_2 คือ เกรดโลหกรรม เป็นเกรดต่ำสุดมี CaF_2 ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70, เกรดเซรามิก เป็นเกรดปานกลางมี CaF_2 ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 75, และเกรดเคมี เป็นเกรดสูงสุดมี CaF_2 ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 98 และมีซิลิกาต่ำกว่าร้อยละ 1.5

การกำเนิด

ฟลูออไรด์พบเกิดได้หลายแบบ แบบสายแร่น้ำร้อน (hydrothermal vein) แทรกผ่านตามรอยในหินแกรนิตต่าง ๆ แบบแทนที่(replacement) ในหินท้องที่ เช่น ในหินปูน หินดินดาน และหินทราย หรือเกิดร่วมกับสายเพกมาไทต์หรือเป็นแร่ประกอบหินอัคนี

แหล่งในประเทศ

ส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณเทือกเขาฝั่งตะวันตกของประเทศเป็นแนวยาว เริ่มจาก จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง แพร่ กำแพงเชร สุโขทัย ตาก ลงมาจนถึง จังหวัดกาญจนบุรี ราชบุรี และเพชรบุรี ส่วนทางภาคใต้นั้นพบที่จังหวัดกระบี่ และสุราษฎร์ธานี

แบไรต์

แร่แบไรต์ (barite) มีส่วนประกอบทางเคมีที่เป็นแบเรียมซัลเฟต ($BaSo_4$) สีขาวหรือเทาอ่อนเนื้อแร่โปร่งแสงถึงโปร่งใส และมีน้ำหนักมากเนื่องจากค่าความถ่วงจำเพาะสูงประมาณ 4.5 เมื่อคะเนด้วยมือจะรู้สึกหนักผิดปกติต่างไปจากแร่ชนิดอื่น ๆ ที่มีขนาดเท่า ๆ กัน

การกำเนิด

แร่แบไรต์ในประเทศไทย พบเกิดเป็นสายแร่แทรกในบริเวณที่มีรอยแตก หรือรอยเลื่อน โดยมีความสัมพันธ์กับหินแกรนิตยุคคาร์บอนิเฟอรัสและไทรแอสซิก ซึ่งพบมากทางภาคตะวันตก

ของไทย นอกจากนี้ยังพบแร่แบไรต์เกิดร่วมกับแร่ตะกั่วและสังกะสีในหินปูนหินดินดานและหินทรายในบริเวณภาคเหนือและภาคกลาง

แหล่งในประเทศ

แร่แบไรต์พบที่จังหวัดเลย เพชรบูรณ์ อุดรธานี เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง แพร่ แม่ฮ่องสอน ตาก นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี กาญจนบุรี เพชรบุรี อุทัยธานี และ ราชบุรี

เบนทอไนต์

เบนทอไนต์ (bentonite) เป็นแร่ดินอีกชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติแตกต่างไปจากดินขาวหรือบอลล์เคย์ แร่เบนทอไนต์มักมีสีขาวเทา หรือขาวคล้ำ เมื่ออยู่ในน้ำจะพองตัวมากกว่าเดิมหลายเท่าตัว ลื่นเหมือนสบู่ แร่เบนทอไนต์แบ่งออกเป็น 2 ชนิดที่สำคัญ ได้แก่ แคลเซียมเบนทอไนต์ และโซเดียมเบนทอไนต์ แร่ทั้ง 2 ชนิดแตกต่างกันที่ความสามารถในการขยายตัว โซเดียมเบนทอไนต์ขยายตัวมากกว่าแคเซียมเบนทอไนต์มาก จึงมีราคาสูงกว่าในการซื้อขายในตลาดมาก

การกำเนิด

โดยทั่วไปเป็นแหล่งแร่ทุติยภูมิเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพของหินอัคนีส่วนใหญ่เนื่องจากน้ำร้อน ส่วนใหญ่เป็นหินไรโอไลต์ นอกจากนี้บางแห่งเกิดร่วมกับแร่เคลิโอไนต์และอิลไลต์

แหล่งในประเทศ

แหล่งใหญ่ที่สุดพบที่ อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี ซึ่งส่วนใหญ่จะมีแคลเซียมเบนทอไนต์ หรือมีส่วนผสมกันทั้ง 2 ชนิด ส่วนในบริเวณอื่นที่พบบ้าง เช่นที่ จังหวัดกาญจนบุรี ลำปาง เชียงใหม่ ตาก เพชรบูรณ์ และขอนแก่น

ไดอะทอไมต์

ไดอะทอไมต์ (diatomite) ซึ่งมีชื่อเรียกได้หลายชื่อ เช่น ดินส้มและดินเบา ความจริงเป็นหินตะกอนชนิดหนึ่ง มีน้ำหนักเบาเป็นพิเศษ ประกอบด้วยซากพืชเซลล์เดียวที่เรียกกันว่า "ไดอะตอม" ซึ่งเมื่อตายลงก็จะตกลงทับถมกันเกิดเป็นหินชั้นขึ้น เป็นหินที่มีเนื้อพรุน ลักษณะคล้ายชอล์ก สีขาวหรือสีน้ำตาลเหลือง มีรูพรุนสูงถึงร้อยละ 70 หรือมากกว่า ไม่ละลายในสารเคมีโดยทั่วไป และเป็นตัวนำความร้อนที่เลว

การกำเนิด

ไดอะทอไมต์ เกิดจากการทับถมและสะสมตัวกันของไดอะตอมในทะเลสาบน้ำจืด โดยพบชั้นของไดอะทอไมต์เกิดแทรกสลับกับชั้นดินเหนียวปนไดอะทอไมต์ และมีชั้นดินลูกรังปิดทับอยู่บนสุด

แหล่งในประเทศ

ไดอะทอไมต์พบมากที่ อำเภอเกาะคา อำเภอแม่ทะ อำเภอสบปราบ อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง

โพแทชและเกลือหิน

กลุ่มแร่อุตสาหกรรมที่สำคัญ ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมเคมี และ ปุ๋ย ประกอบด้วยแร่หลายชนิด ที่สำคัญได้แก่

เกลือหิน (rock salt หรือ halite) องค์ประกอบคือ NaCl มีสีขาวใส เนื้อแร่โปร่งแสง รูปผลึกเป็นรูปลูกบาศก์หรืออาจเกิดเป็นเม็ดสมานแน่น รสเค็ม เป็นแร่อุตสาหกรรมที่สำคัญที่สุด

โพแทช (potash) เป็นกลุ่มแร่ มีหลายชนิด ที่สำคัญได้แก่

1. แร่ซิลไวต์ (sylvite, KCl) สีส่วนประกอบของโพแทชเซียม (K) 52.44% หรือ K_2O 63.17% สีขาวขุ่นแบบเทียนไข สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเคมีและปุ๋ยได้โดยตรง
2. แร่คาร์นัลไลต์ (carnallite, $KCl.MgCl_2.6H_2O$) มีส่วนประกอบของ K 14.07% หรือ K_2O 16.95% สีชมพู สีขาวใส สีส้ม ละลายได้ง่าย การนำมาใช้ต้องแยกโพแทชเซียมออก
3. แร่แทชีไฮไดรต์ (tachyhydrite, $CaCl_2.2MgCl_2.12H_2O$) ประกอบด้วย $CaCl_2$ 21.44% และ $MgCl_2$ 36.79% เป็นแร่ที่เยิ้มละลายในอากาศได้ง่าย มีสีเหลือง สีส้ม สีขาว เป็นแหล่งวัตถุดิบของ แคลเซียมคลอไรด์ และ แมกนีเซียม

การกำเนิด

โพแทชและเกลือหิน เป็นแร่ที่เกิดจากการตกตะกอน โดยกระบวนการการระเหยจากน้ำทะเล (evaporite mineral) ในแอ่งปิด อาจจะเป็นแอ่งแผ่นดินที่อยู่ภายใต้พื้นทวีป (playa) ใจกลางทะเลทราย หรือ ลากูน (lagoon) โดยมีสภาพภูมิอากาศที่แห้งแล้ง เมื่อมีน้ำทะเล หรือน้ำจากแม่น้ำลำธารไหลรวมกันในแอ่ง ภายใต้สภาวะที่อัตราการระเหยสูงกว่าอัตราที่น้ำไหลเข้าแอ่ง เกลือแร่ที่อยู่ในน้ำจะเริ่มตกตะกอน จากแร่ยิปซัม แร่เกลือหิน และ กลุ่มแร่โพแทชเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียมคลอไรด์

ลักษณะทางธรณีวิทยา

ชั้นแร่โพแทชและเกลือหิน จัดร่วมอยู่ในหน่วยหินมหาสารคามยุคครีเทเชียส ซึ่งอยู่ในกลุ่มหินตะกอนทวีป กลุ่มหินโคราช มหายุคมีโซโซอิก

หน่วยหินมหาสารคาม มีลำดับชั้นหินจากล่างสุดไปหาบนสุด ดังนี้: ชั้นแอนไฮไดรต์ วางตัวอยู่ด้านล่างสุดของชั้นเกลือหิน หนา 1 – 5 เมตร; ชั้นเกลือชั้นล่างประกอบด้วย แร่เกลือหิน ด้านล่างหนาเฉลี่ย 100 – 500 เมตร และชั้นแร่โพแทช ที่วางตัวอยู่ส่วนบนสุด หนาเฉลี่ย 30 เมตร; ชั้นดินดานชั้นล่าง; ชั้นเกลือหินชั้นกลาง ปนะกอบด้วยแร่เกลือหิน เฉลี่ย 60-80 เมตร; ชั้นดินดานชั้นกลาง; ชั้นเกลือหินชั้นบน ประกอบด้วยแร่เกลือหิน หนาเฉลี่ย 20 – 40 เมตร; และชั้นแอนไฮไดร์ตและยิปซัมด้านบนสุด ส่วนใหญ่จะเป็นแร่ที่เหลือจากการละลาย

แหล่งในประเทศ

ประเทศไทยเป็นแหล่งแร่โพแทชและเกลือหิน ที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก อีกทั้งเป็นแหล่งแร่ที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยปริมาณสำรองและมูลค่ามากเป็นอันดันต้น ๆ ของแหล่งแร่ที่มีอยู่ทั้งหมดในประเทศไทย แหล่งแร่ชนิดนี้ส่วนใหญ่พบอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ ครอบคลุมพื้นที่แอ่งสกลนคร และ แอ่งโคราช มีเนื้อที่ประมาณ 64,000 ตารางกิโลเมตร นอกจากนี้ยังมีรายงานการพบ แหล่งแร่เกลือหิน ในเขตจังหวัดน่าน พิษณุโลก และ เลย

ปริมาณสำรองของแหล่งแร่โพแทชและเกลือหิน จากรายงานของ Suwanich (1986) มีดังนี้ แหล่งเกลือหินที่ไม่น้อยกว่า 18 ล้านล้านตัน; แหล่งโพแทชชนิดคาร์นัลไลต์ ประมาณ 1 ล้านล้านตัน; แหล่งโพแทววนิดซิลไวต์ ประมาณ 35,000 ล้านตัน ; แหล่งแร่แทชีไฮไดร์ต ประมาณ 400,000 ล้านตัน

แหล่งโพแทชที่สำคัญ ซึ่งอยู่ระหว่างการพัฒนาทำเหมือง ได้แก่ แหล่งแร่ซิลไวต์ บ้านโนนสูง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี แหล่งแร่คาร์นัลไลต์ และซิลไวต์ บ้านตาล ตำบลบ้านตาล อำเภอบำเหน็จณรงค์ จังหวัดชัยภูมิ แหล่งกร่ซิลไวต์ บ้านทุ่ม ตำบลบ้านทุ่ม อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น และ แหล่งแร่ซิลไวต์ บ้านวานรนิวาส อำเภอวานรนิวาส จังหวัดสกลนคร

แหล่งเกลือหินพบอยู่ทั่งไป แต่มีการผลิตทำเหมืองแล้ว ได้แก่แหล่งเกลือหิน บริษัทเกลือไทย (อาซาฮี) จำกัด ตำบลกระเบื้องใหญ่ อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา แหล่งเกลือหินบ้านส้ม ตำบลโตนด อำเภอโนดสูง จังหวัดนครราชสีมา นอกจากนี้ยังมีการผลิตเกลือ จากการสูบน้ำเลือใต้ดินและตากด้วยกรรมวิธีง่ายๆ โดนราษฎรในท้องถิ่น

ทัลก์

แร่ทัลก์ (talc) เป็นแร่ไฮเดรต แมกนีเซียมซิลิเกต (hydrate magnesium silicate) สูตรเคมี $Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2$ รูปผลึกระบบโมโนคลินิก ลักษณะผลึกเป็นแผ่นหนา รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน และหกเหลี่ยม ถ้ามีเนื้อสมานแน่นเรียก "หินสบู่ (soapstone)" ความแข็ง 1 ใช้มีดตัดเป็นชิ้นได้ ถ.พ. 2.7 – 2.8 มีความวาวแบบมุก และแบบน้ำมันฉาบ มีหลายสี ได้แก่สีเขียวต่าง ๆ เทา ขาวหรือสีเงิน และน้ำตาล

การกำเนิด

ทัลก์มักจะเกิดเป็นแร่ทุติยภูมิ ที่เกิดจากการผุสลายแปรสภาพของแร่แมกนีเซียมซิลิเกต เช่น โอลีวีน ไพรอกซีน และ แอมฟิโบล ทัลก์อาจพบเป็นส่วนประกอบของหินแปรพวกชีสต์ เช่นทัลก์ชีสต์ ในประเทศไทยมีการกำเนิดสัมพันธ์กับหินเซอร์เพนทีไนต์และแร่คลอไรต์ในบริเวณที่มีหินอัลตราเมฟิก (จุมพล คืนตัก และธงชัย พึ่งรัศมี, 2530?)

แหล่งในประเทศ

แร่ทัลก์พบในจังหวัดอุตรดิตถ์ กำแพงเพชร เพชรบูรณ์ และ จันทบุรี

เพชร

เพชรมีเนื้อส่วนประกอบของธาตุถ่านหรือคาร์บอน (C) ประมาณร้อยละ 99.95 ส่วนที่เหลือเป็นธาตุมลทินชนิดอื่น เช่น ไนโตรเจน โบรอน และอลูมิเนียม มีความแข็ง 10 แข็งกว่าแร่ทุกชนิดที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีความวาวสูง พบได้ตั้งแต่ไร้สีไปจบถึงสีดำ อาจมีสีเหลือง เทา น้ำตาล เขียว น้ำเงิน ชมพู ม่วง และแดงได้ มีค่า ถ.พ. 3.47 – 3.55 และค่าดัชนีหักเห 2.417 – 2.419

การกำเนิด

เพชรในประเทศพบกันมานานเกินกว่า 40 ปีมาแล้ว โดยมีรายงานพบรวมกับแร่ดีบุกในลานแร่บริเวณจังหวัดภูเก็ต และพังงา ทั้งในแหล่งแร่ดีบุกและนอกชายฝั่งทะเลอันดามันด้านตะวันตกของอำเภอตะกั่วป่าเรื่อยไปทางใต้จนถึงจังหวัดภูเก็ต (โพยม อรัณยกานนท์ 2498; 2528) บริเวณที่พบเพชร เพชรที่พบส่วนใหญ่มีขนาด 1.8 – 4.7 mm (0.004 – 0.89 กะรัต) เคยมีรายงานพบโตขนาด 6 กะรัต จากบริเวณอำเภอกะปง จังหวัดพังงาบางส่วนสามารถนำมาเจียระไนทำเครื่องประดับได้ สำหรับต้นกำเนิดเพชรยังไม่ทราบกันแน่ชัด เพียงแต่เชื่อกันว่าอาจผุพังมาจากหินโคลนปนกรด (pebbly mudstone) ซึ่งแตกต่างจากแหล่งเพชรในส่วนอื่น ๆ ของโลกที่พบในหินคิมเบอร์ไลต์ (Garson et al., 1975; โพยม อรัณยกานนท์, 2528)

พลอยทับทิม-แซปไฟร์

พลอยคอรันดัมหรือกะรุน มีส่วนประกอบทางเคมีเป็นอะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) มีความแข็ง 9 ตำจากเพชร 1 อันดับ ค่า ถ.พ. 3.94 – 4.08 ค่าดัชนีหักเห 1.768 – 1.778 (o) และ 1.760 – 1.769 (e) ชนิดที่มีสีแดงไปจนถึงสีแดงปานกลาง เรียก "ทับทิม" ส่วนที่มีสีอื่น ๆ เรียก "แซปไฟร์" ทั้งหมด แซปไฟร์สีน้ำเงิน เรียก "ไพลิน" สีเหลืองเรียก "บุษราคัม" สีเขียวเรียก "เขียวส่อง" หรือ "เขียวมรกต" ส่วนชนิดที่มีเนื้อทึบเจียระไนรูปหลังเบี้ยซึ่งมีสีเทาและเทาดำเป็นส่วนใหญ่และเป็นรูปดาวเรียก "พลอยสตาร์" หรือพลอยสาแหรก (star sapphire) "

พบมากในจังหวัดจันทบุรี

การกำเนิด

ทับทิม – แซปไฟร์มีต้นกำเนิดจากหินภูเขาไฟชนิดบะซอลต์ (basalt) ปกติจะพบพลอยฝังอยู่ในหินบะซอลต์นั้นได้น้อยมาก โดยทั่วไปจะพบพลอยหลุดผุพังจากหินต้นกำเนิดมาแล้ว ซึ่งมีทั้งหมดหลุดผุพังอยู่กับที่ในดินบะซอลต์ (residual basaltic soil) และแบบเคลื่อนย้ายจากต้นกำเนิดไปสะสมตัวที่อื่น ตามลำห้วย ลำธาร และที่ราบลุ่มเรียก "แบบลานแร่ (placer)"

แหล่งในประเทศ

ทับทิมจะพบมากในเขตอำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี และอำเภอเขาสมิง แลพบิอไร่ จังหวัดตราด นอกจากนี้พบทับทิมบางเล็กน้อยในเขตอำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี แซปไฟร์พบมากในเขตอำเภอเมือง อำเภอท่าใหม่ และอำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรีอำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี อำเภอเด่นชัย และวังชิ้น จังหวัดแพร่ อำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี อำเภอกันทรลักษณ์และขุน

หาร จังหวัดศรีษะเกษ อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับการกำเนิด และแหล่งพลอยโดยทั่วไป พงศ์ศักดิ์ วิชิต (2531) และ Vichit (1992)

ปิโตรเลียม

"ปิโตรเลียม" ตามพระราชบัญญัติปิโตรเลียม พ.ศ. 2514 หมายความว่า น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซธรรมชาติเหลว สารพลอยได้และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ ที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ และอยู่ในสภาพอิสระ ไม่ว่าจะมีลักษณะเป็นของแข็ง ของหนืด ของเหลว หรือก๊าซ และให้หมายความรวมถึงบรรดาไฮโดรคาร์บอนหนักที่อาจนำขึ้นมาจากแหล่งโดยตรง โดยใช้ความร้อนหรือกรรมวิธีทางเคมี แต่ไม่หมายความรวมถึงถ่านหิน หินน้ำมันหรือหินอื่นที่สามารถนำมา กลั่นเพื่อแยกเอาน้ำมันด้วยการใช้ความร้อนหรือกรรมวิธีทางเคมี

ประวัติการสำรวจหาปิโตรเลียมในประเทศไทย

- ปี พ.ศ. 2461 พบน้ำมันดิบไหลขึ้นมาบนผิวดิน บริเวณบ่อต้นขาม บ้านฝาง จังหวัดเชียงใหม่ เจ้าหลวงเมืองเชียงใหม่จึงสั่งให้ขุดบ่อกักน้ำมันไว้เรียกกันว่า "บ่อเจ้าหลวง" หรือ "บ่อหลวง"
- ปี พ.ศ. 2464-2465 พระเจ้าบรมวงศ์เธอกรมพระกำแพงเพชรอัครโยธิน ผู้บัญชาการกรมรถไฟหลวงติดต่อว่าจ้าง "Mr. Wallace Lee" นักธรณีวิทยาชาวอเมริกัน ให้สำรวจน้ำมันและถ่านหินเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถจักรไอน้ำในกิจการรถไฟ
- ก่อนสงครามโลกครั้งที่สองได้มีการเจาะสำรวจในบริเวณดังกล่าวหลายหลุมเพื่อหาชั้นทรายน้ำมันที่อยู่ใกล้ผิวดิน โดยหน่วยงานราชการหลายหน่วย ภายหลังสงครามโลกครั้งที่สองสิ้นสุดลง ได้มีการโอนภาระกิจการสำรวจหาปิโตรเลียมมาให้ "กรมโลหะกิจ" (ปัจจุบันกรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงานเป็นผู้ดำเนินการ) และเปลี่ยนแผนการสำรวจหาปิโตรเลียมโดยให้บริษัทเอกชนเข้ามามีส่วนร่วม

ปิโตรเลียมในประเทศไทย

- ปกติในการสำรวจและผลิตปิโตรเลียมจะพิจารณาปิโตรเลียมทั้งระบบ อันประกอบด้วย หินต้นกำเนิด การเคลื่อนย้าย หินกักเก็บ หินปิดกั้น และโครงสร้างปิโตรเลียม
- หินต้นกำเนิดปิโตรเลียมที่พบในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 2 ยุค คือ ยุคเทอร์เชียรี และยุคก่อนเทอร์เชียรี แต่ส่วนใหญ่หินต้นกำเนิดปิโตรเลียมที่พบในประเทศไทยเป็นหินตะกอนที่ตกสะสมในทะเลสาปยุคเทอร์เชียรี

ภาคเหนือ

- ประกอบด้วยแอ่งยุคเทอร์เชียรีหลายแอ่งมีขนาดตั้งแต่ 300-1,400 ตารางกิโลเมตร มีรูปร่างยาวรีในแนวเหนือ-ใต้ แม้ว่าแอ่งจะแคบแต่ก็ลึกและความร้อนใต้ผิวโลกบริเวณนี้จะสูงกว่าระดับปกติดังจะเห็นได้จากพุน้ำร้อนที่พบกระจายอยู่ทั่วไป เช่น แอ่งฝาง แอ่งเชียงใหม่ แอ่งลำปาง แอ่งแพร่ แอ่งแม่สอด แอ่งเชียงราย แอ่งพะเยา แอ่งปัว และแอ่งน่าน เป็นต้น
- แอ่งฝางนับเป็นบริเวณแรกที่พบน้ำมันดิบในประเทศไทย คือแหล่งน้ำมันดิบฝาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ปัจจุบันก็ยังทำการผลิตอยู่ หินกักเก็บเป็นหินทรายที่เกิดจากทางน้ำไหลลงสู่

ทะเลสาปสมัยไมโอซีน หินต้นกำเนิดและหินปิดกั้น เป็นหินดินดาน สีเทาดำ สะสมตัวในทะเลสาปสมัยไมโอซีน

ภาคกลาง

- เช่นเดียวกับภาคเหนือประกอบด้วยแอ่งยุคเทอร์เชียรีหลายแอ่ง มีรูปร่างยาวรีในแนวเหนือ-ใต้ โดยมีแอ่งพิษณุโลกอยู่ทางตอนเหนือ และแอ่งเพชรบูรณ์อยู่ทางตะวันออก ส่วนด้านใต้มีรอยเลื่อนแม่ปิงขั้นอยู่ ประกอบด้วย แอ่งสิงห์บุรี แอ่งสุพรรณบุรี แอ่งกำแพงแสน แอ่งอยุธยา แอ่งธนบุรี เป็นต้น
- แอ่งที่รู้จักกันดีคือแอ่งพิษณุโลกที่มีขนาดใหญ่ความลึกมากกว่า 8 กิโลเมตร และพบน้ำมันดิบในปริมาณมากหลายแหล่งเช่น แหล่งน้ำมันดิบสิริกิติ์ บึงหญ้า และบึงม่วง เป็นต้น
- ในแอ่งเพชรบูรณ์พบแหล่งน้ำมันดิบนาสนุ่น ศรีเทพ และวิเชียรบุรีเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบน้ำมันดิบ
- ในแอ่งด้านใต้คือแอ่งสุพรรณบุรีพบแหล่งน้ำมันดิบอู่ทอง แอ่งกำแพงแสนพบแหล่งน้ำมันดิบกำแพงแสน โดยส่วนใหญ่มีหินกักเก็บเป็นหินทรายที่เกิดจากทางน้ำไหลลงสู่ทะเลสาปสมัยไมโอซีน หินต้นกำเนิดและหินปิดกั้นเป็นหินดินดานสีเทาดำที่สะสมตัวในทะเลสาปสมัยไมโอซีน

ภาคอีสาน

- บริเวณที่ราบสูงโคราชเป็นชั้นหินโค้งรูปประทุนหงายลูกฟูกแบบกว้าง มีแนวสันเทือกเขาภูพานเป็นตัวแบ่งที่ราบสูงโคราชออกเป็นสองแอ่งคือแอ่งสกลนครทางตอนเหนือและแอ่งโคราชทางตอนใต้ แอ่งทั้งสองมีหินมหายุคมีโซโซอิคและพาลีโอโซอิครองรับอยู่ข้างใต้
- ในปัจจุบันมีการสำรวจพบโครงสร้างปิโตรเลียมสามบริเวณ ได้แก่โครงสร้างปิโตรเลียม น้ำพอง ดงมูล และภูฮ่อม แต่ที่ผลิตแล้วคือแหล่งก๊าซธรรมชาติน้ำพอง ที่อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น หินกักเก็บคือหินปูนที่ตกตะกอนในทะเลยุคเพอร์เมียนโดยเฉพาะชั้นที่มีรอยแตก หินปิดกั้นเป็นหินดินดานและหินปูนยุคเพอร์เมียนและยุคไทรแอสซิก ธรณีวิทยาโครงสร้างของหินยุคเพอร์เมียนและยุคไทรแอสซิกค่อนข้างซับซ้อนเนื่องจากถูกแรงมากระทำหลายครั้ง

อ่าวไทย

- ประกอบด้วยแอ่งยุคเทอร์เชียรีมากมาย รูปร่างแอ่งยาวรีในแนวเหนือ-ใต้ โดยมีสันเกาะกระแบ่งอ่าวไทยออกเป็นสองส่วนคือส่วนด้านตะวันตกและด้านตะวันออก
- ด้านตะวันตกประกอบด้วยแอ่งที่มีขนาดเล็กกว่า เช่น แอ่งชุมพร แอ่งตะวันตก แอ่งกระ แอ่งนคร และแอ่งสงขลา เป็นต้น ด้านตะวันออกประกอบด้วยแอ่งที่มีขนาดใหญ่สามแอ่ง คือแอ่งปัตตานี แอ่งมาเลย์ และแอ่งกัมพูชา

- อ่าวไทยนับเป็นบริเวณที่พบแหล่งปิโตรเลียมมากที่สุดในประเทศไทย พบทั้งน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติ น้ำมันดิบมักพบในบริเวณที่มีความร้อนข้างใต้ต่ำ ส่วนก๊าซธรรมชาติมักพบในบริเวณที่มีความร้อนข้างใต้สูง ที่ทำการผลิตแล้วคือ แอ่งชุมพร แอ่งปัตตานี และแอ่งมาเลย์
- หินกักเก็บส่วนใหญ่เป็นหินทรายที่ตกสะสมสมัยโอลิโกซีน และสมัยไมโอซีน ยกเว้นแหล่งน้ำมันดิบนางนวล ในแอ่งชุมพรที่หินกักเก็บเป็นหินปูนยุคเพอร์เมียน
- หินต้นกำเนิดสมัยโอลิโกซีนเป็นหินดินดานที่ตกสะสมในทะเลสาปมักจะกลั่นตัวให้น้ำมันดิบมากกว่าก๊าซธรรมชาติ ส่วนหินต้นกำเนิดสมัยไมโอซีนเป็นหินดินดานที่ตกสะสมในบริเวณทางน้ำและดินดอนสามเหลี่ยมปากน้ำมักจะกลั่นตัวให้ก๊าซธรรมชาติมากกว่าน้ำมันดิบ

ปริมาณสำรองของปิโตรเลียมในประเทศไทยที่พิสูจน์แล้ว (Prove reserve)

ภาค (แอ่ง)	น้ำมันดิบ (ล้านบาเรล)	ก๊าซธรรมชาติ (พันล้าน ล.บ.ฟุต)	ก๊าซธรรมชาติเหลว (ล้านบาเรล)	บริษัท
เหนือ				
ฝาง	1.66	-	-	กรมการพลังงานทหาร
กลาง				
พิษณุโลก	110.57	256.70	-	Thai Shell, Sino US
กำแพงแสน	0.04	-	-	ปตท. สผ.
สุพรรณบุรี	0.66	-	-	ปตท. สผ.
เพชรบูรณ์	0.97	-	-	Pacific Tiger
อีสาน				
น้ำพอง	-	147.00	-	Esso
ภูฮ่อม	-	276.25	-	Amerada Hess
อ่าวไทย				
ปัตตานี	261.72	4,502.74	290.15	Unocal, Harod, Chevron
มาเลย์	5.0	7,342.88	129.25	MTJA, ปตท. สผ.

(จากรายงานประจำปี กองเชื้อเพลิงธรรมชาติ กรมทรัพยากรธรณี พ.ศ. 2544)

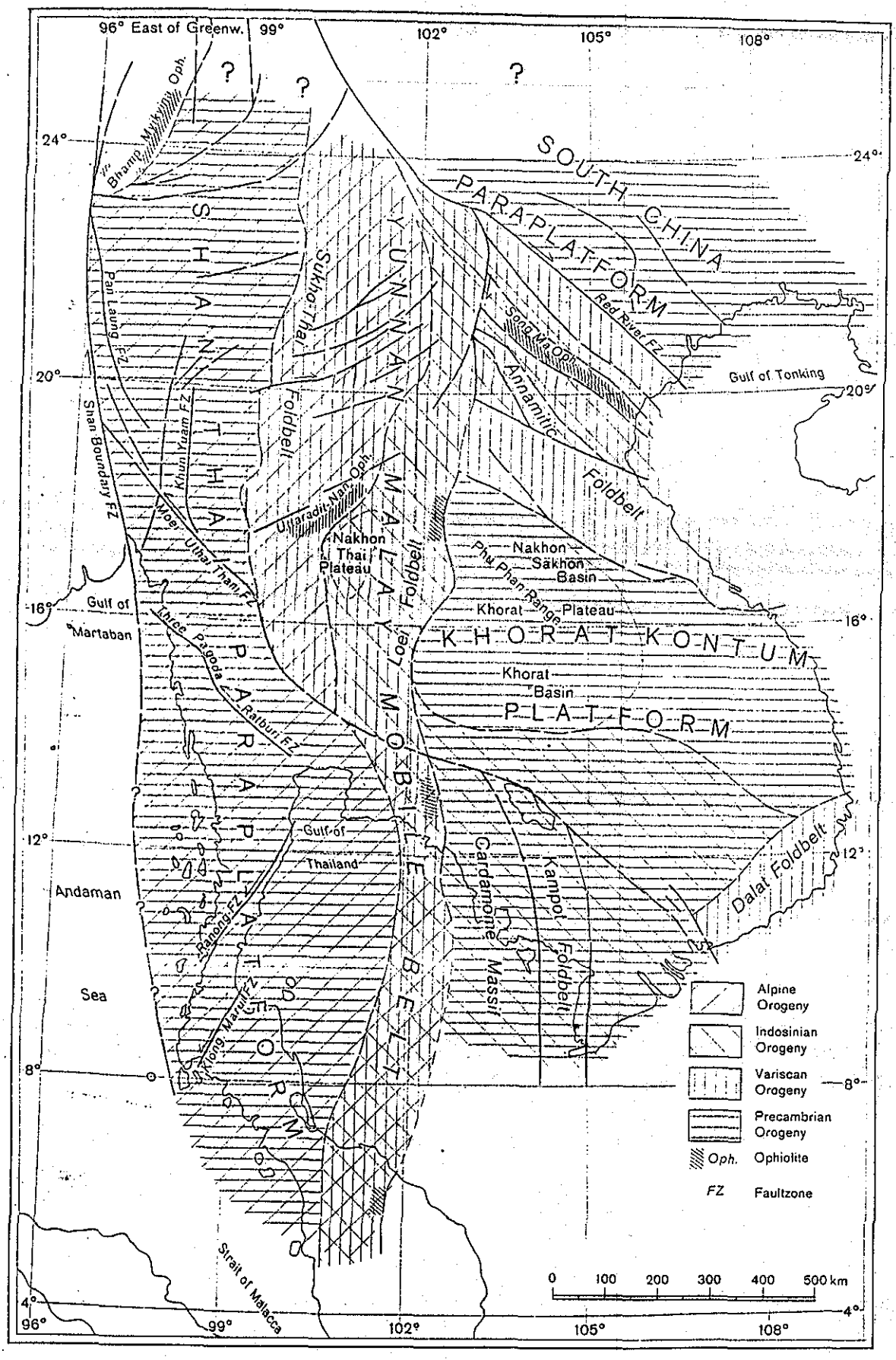


Fig. 1: Tectonic Subdivision of Thailand

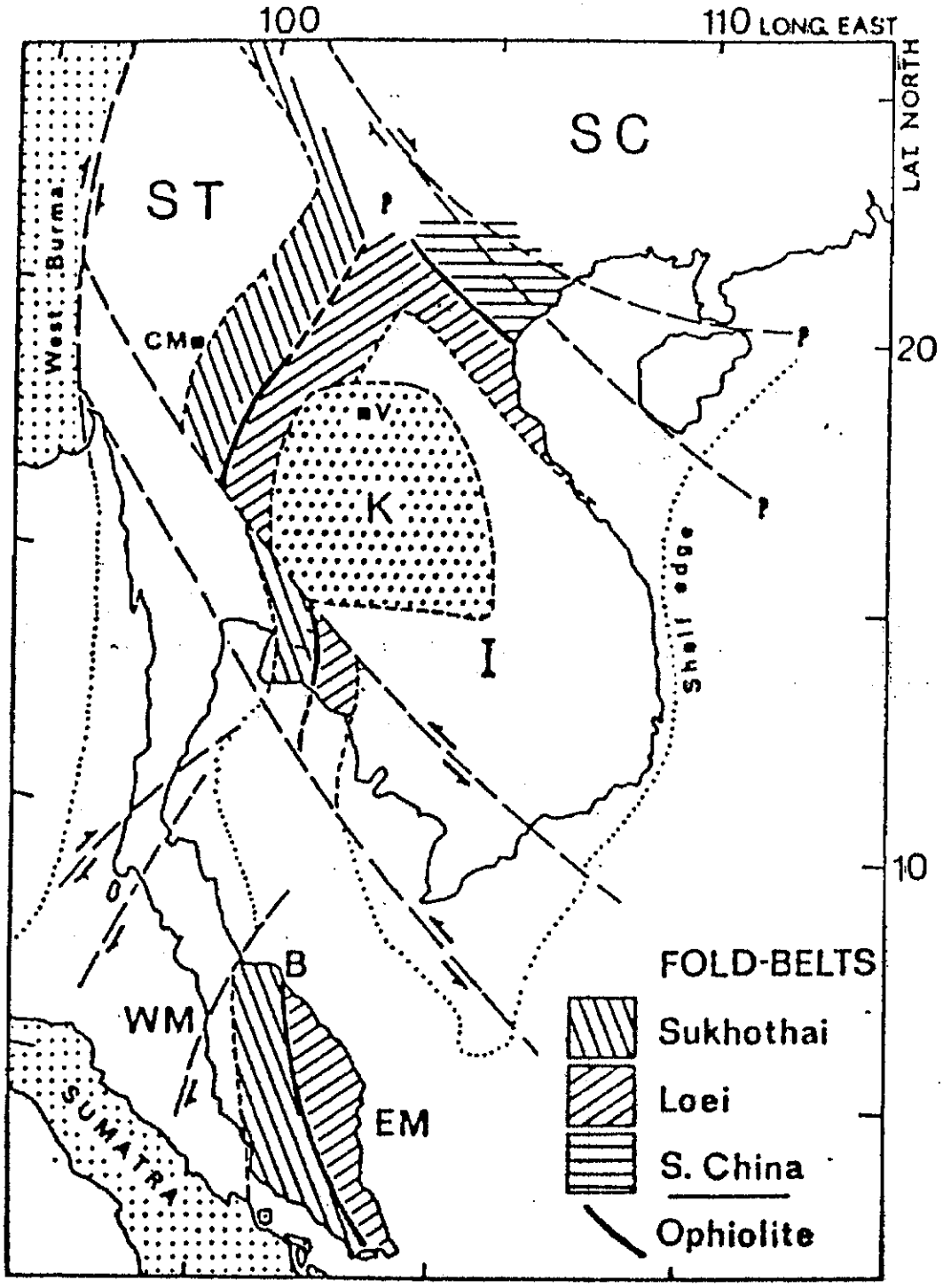


Figure 2. Ancient cratonic areas; I, Indochina (including eastern Thailand); SC, South China and ST, Shan-Thai-Thai (eastern Burma, western Thailand and Northwestern Malay Peninsula). Adjacent fold-belts are formed of thick mainly marine Paleozoic to Triassic sediments and tholeitic volcanic rocks that accumulated along the margins of the cratons. Ophiolites lie between contiguous fold belts. Sinistral faulting and oroclinal bending occurred mainly during the Jurassic and Cretaceous. K, Khorat Basin; CM, Chiengmai; V, Vietiane; WM, West Malay Peninsula; EM, East Malay Peninsula; B, Bentong ophioolite line.

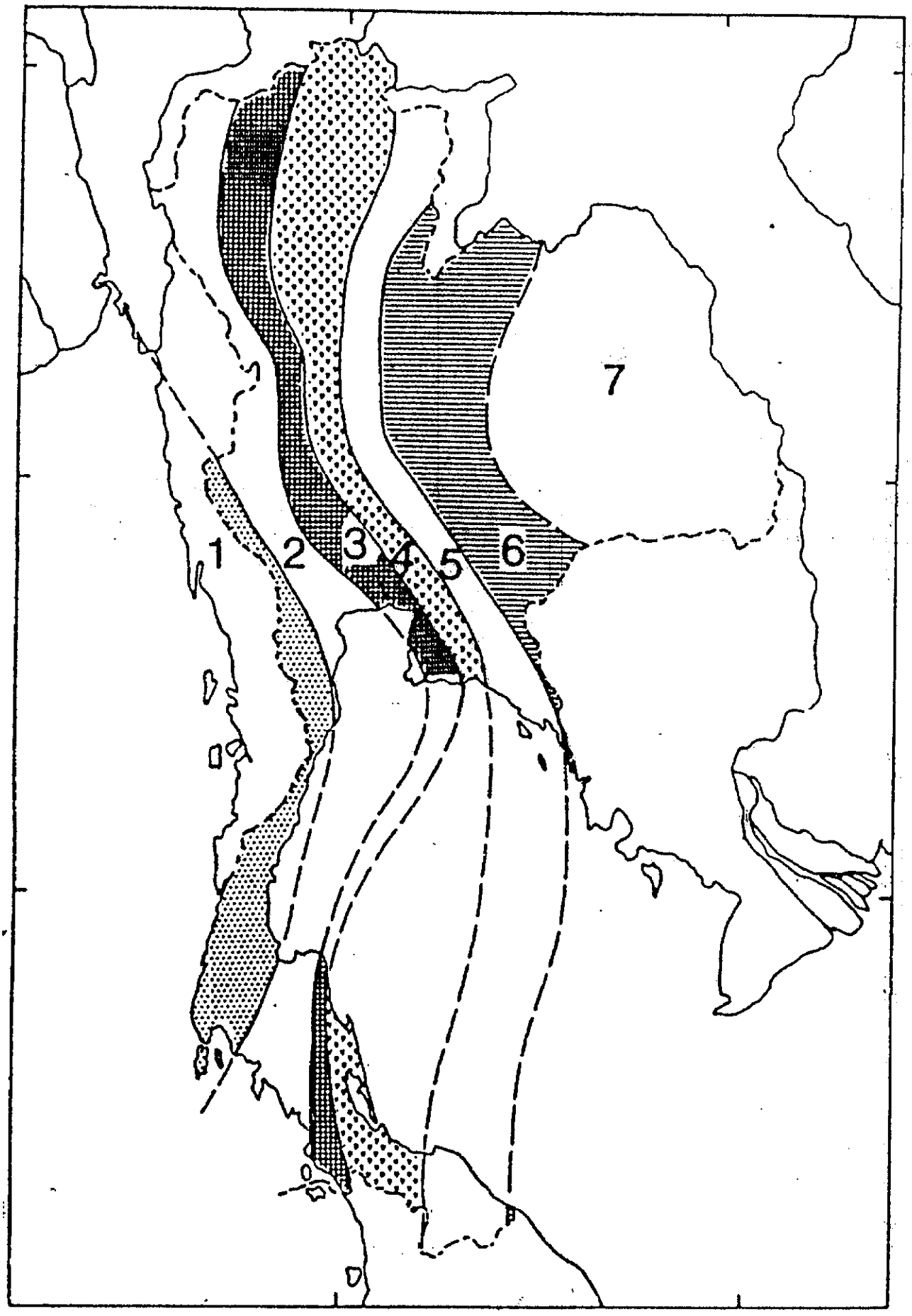


Figure 3. Seven stratigraphic belts of Thailand: 1-5 on Shan-Thailand 6-7 on Indochina terranes.

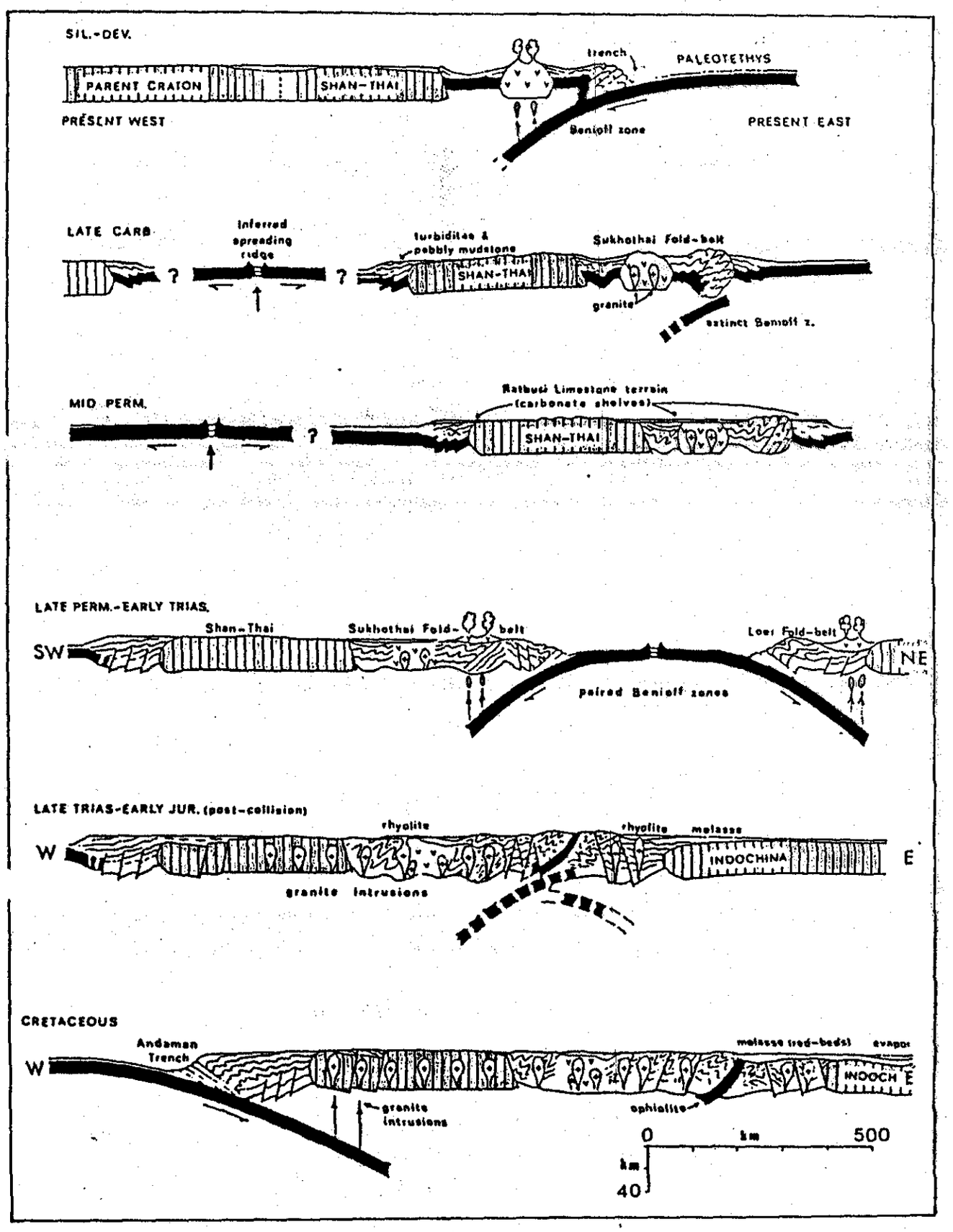


Figure 6. Plate tectonic history of Thailand, consisting of Shan-Thai (west) and Indochina (east) (from Bunopas, 1981).

Muscovite Si2O5

K2Al4(Si6Al2)O20(OH,F)4

Quartz SiO2

SiO2

K-fsp SiO2

K(Al,Si3)O8

Biotite Si2O5

K2(Mg/Fe'''/Fe"/Al)6(Si6-5Al2-3)O20(OH,F)4

Albite SiO2

Na(Al,Si3)O8

Amphibole Si4O11

(K/Ca/Na)2-3(Mg/Fe'''/Fe"/Al/Ti)5(Si/Al)8O22(OH)2

SiO2

Pyroxene SiO3

(Ca/Na)1-p{(Mg/Fe)"(Al/Fe''')}1+p(Si/Al)2O6

SiO2

Olivine SiO4

(Mg,Fe)2SiO4

Anorthite SiO2

Ca(Al2Si2)O8

Bowen's reaction series of the Igneous rock-forming minerals.

Table 20. Classification of minerals according to temperature at time of deposition.

Falling temperature; increasing dilution →

Element	Pegmatites	Hypothermal	Mesothermal	Epithermal	Secondary
Li	lepidolite amblygonite spodumene petalite				
Be	beryl				
B	tourmaline axinite				
F	topaz apatite				
	fluorite				
R.E., Y, Th	monazite				
Nb, Ta	samarskite pyrochlore				
(P)	(monazite apatite amblygonite)				
Fe	magnetite				jarosite copiapite limonite
Sn		cassiterite			
Mo		molybdenite			
As		arsenopyrite		realgar orpiment	realgar orpiment
W		wolframite scheelite			tungstite
Bi		native bismuth bismuthinite		tetradymite	
Au		native gold (with glassy quartz)	native gold (with milky quartz)	Au selenides and tellurides native gold electrum (with chalcedony)	
Cu		chalcopyrite tetrahedrite bornite			native Cu cuprite chalcocite covellite bornite malachite azurite chrysocolla
Co Ni		niccolite smaltite-chloanthite linnaeite			nickel and cobalt blooms
Zn			sphalerite		smithsonite hemimorphite willemite
Pb			galena (argentiferous)		cerussite anglesite linarite pyromorphite mimetite wulfenite crocoite
Ag			argentite	ruby silver hessite	native Ag cerargyrite stephanite
Sb				stibnite	cervantite senarmontite valentinite
Hg				cinnabar native Hg	
	quartz changing from glassy through milky to chalcedonic and opaline				
	pyrite				
Gangue minerals	microcline albite biotite muscovite	albite garnet pyroxene biotite muscovite magnetite ilmenite calcite	calcite dolomite ankerite barytes	calcite dolomite barytes adularia alunite sericite kaolin chlorite zeolites	

Commercially worthless mineral

Table 1. Generalted stratigraphic nomenelature for Thailand within the seven stratigraphic belts on Shan-Thai and the Indochina cratons disided by the Nan Suture. Names with (*) are adopted by the DMR in new 1:2,500,000 geologic map.

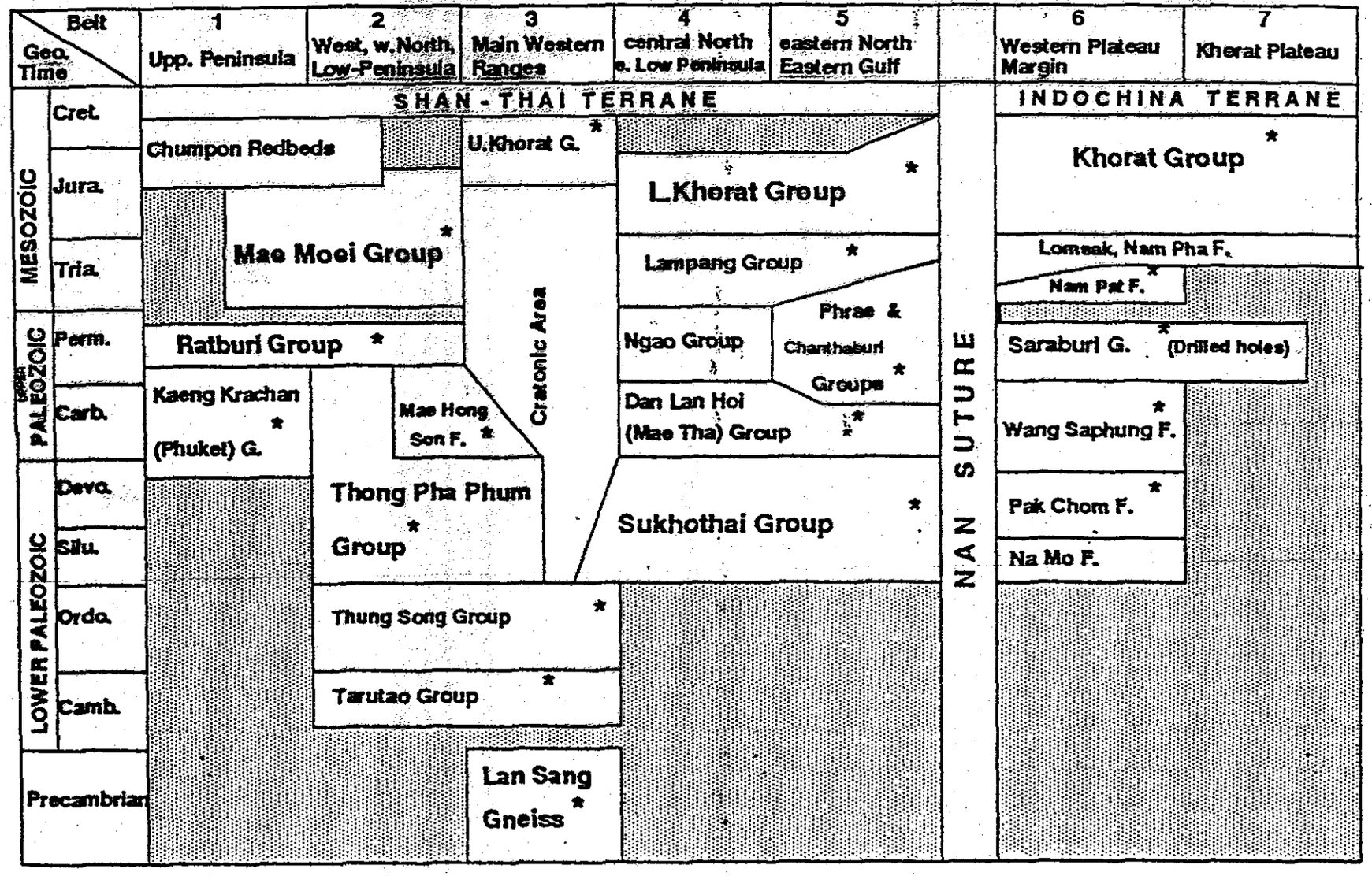


Table 2. Stratigraphy of Upper Paleozoic to Jurassic rocks in the Nan Suture zone, in Nan-Uttaradit and in Sra Kaco-Chanthaburi areas.

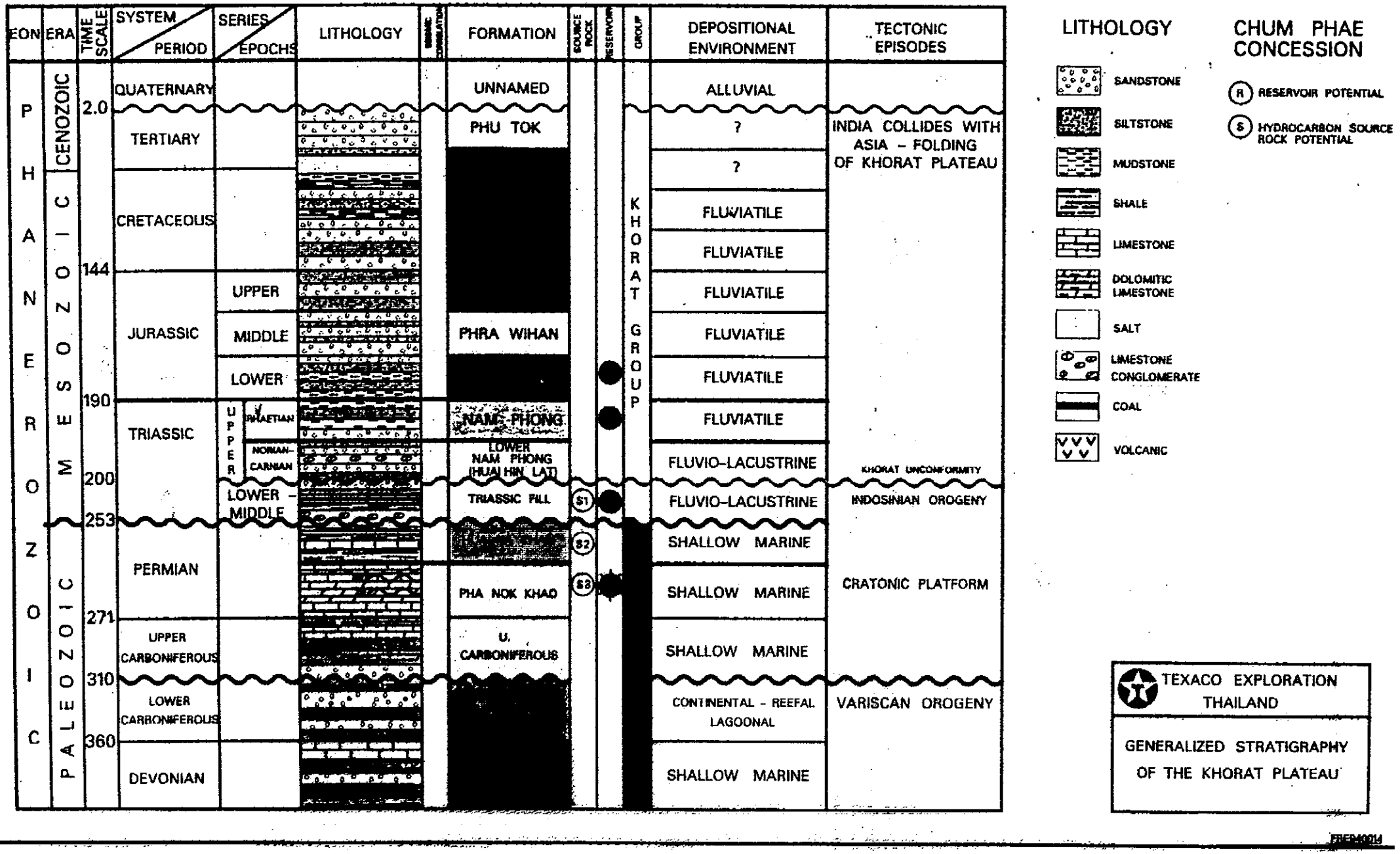


Figure 4 – Generalized Stratigraphic Column of the Khorat Plateau – Onshore Thailand

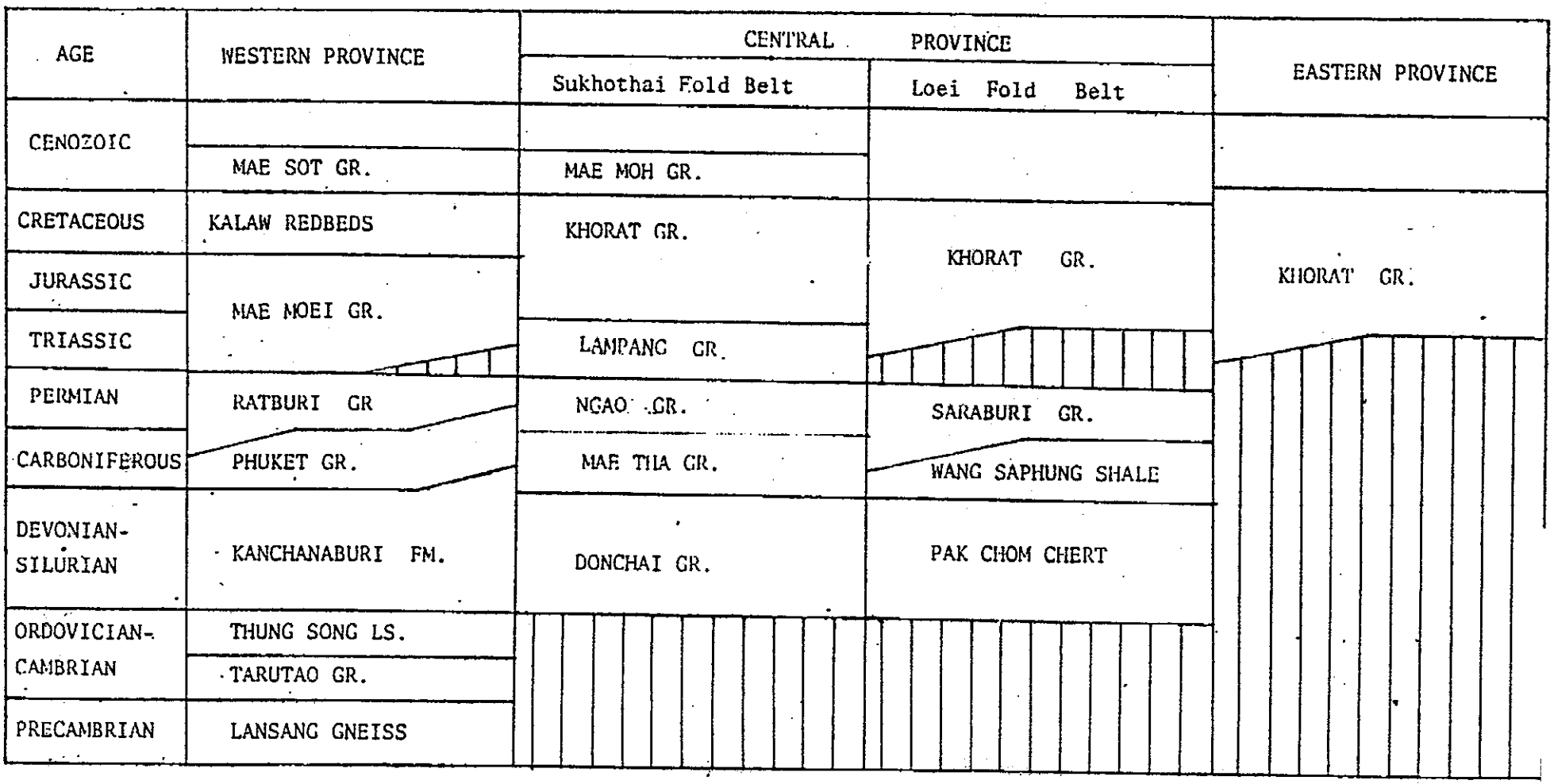
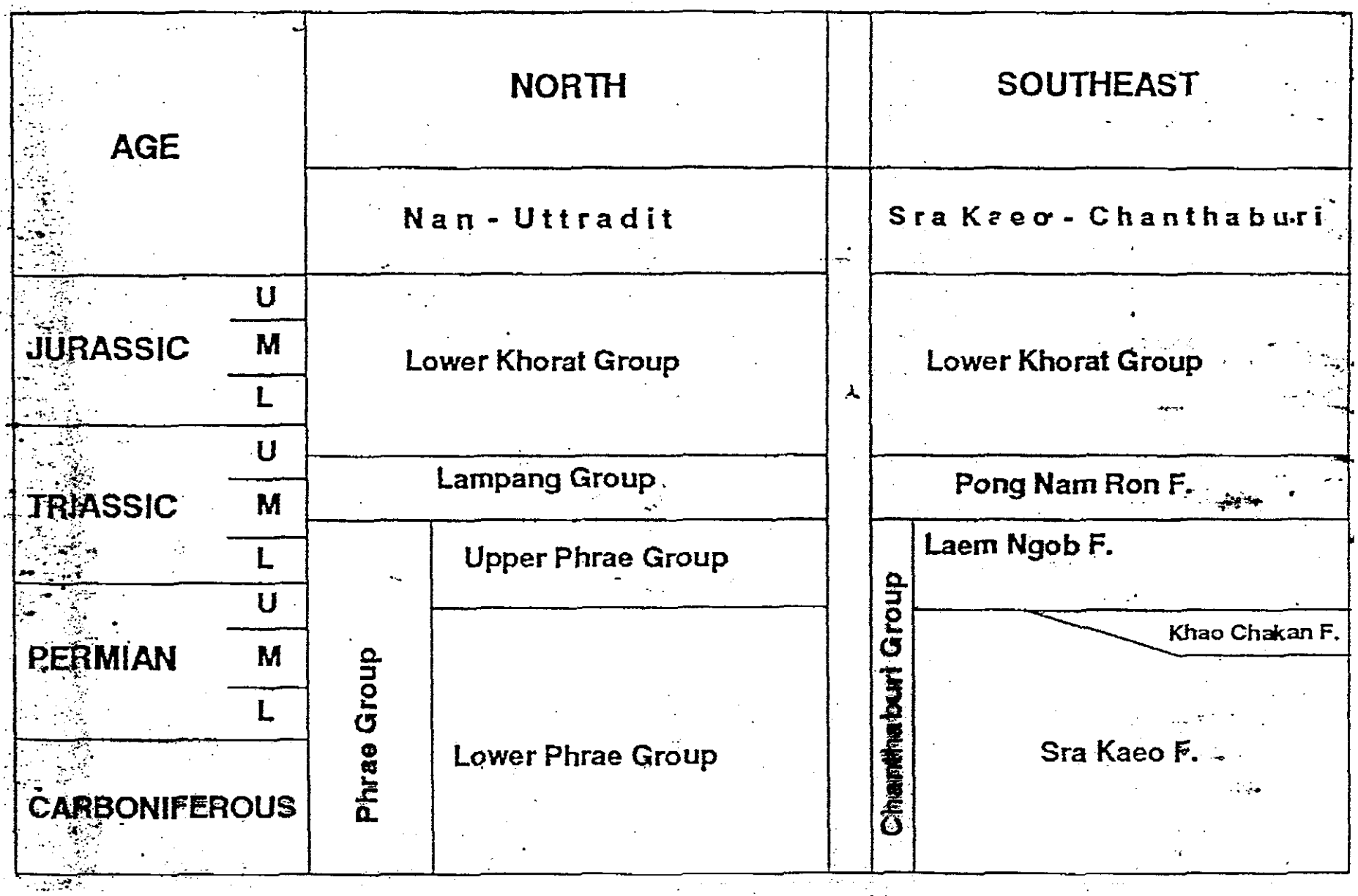


Table 1. Stratigraphic classification of rock units in Western, Central, and Eastern Geological Provinces.

Table 2. Stratigraphy of Upper Paleozoic to Jurassic rocks in the Nan Suture zone, in Nan-Uttaradit and in Sra Kaco-Chanthaburi areas.



GENERALIZED STRATIGRAPHY OF NORTHEAST THAILAND

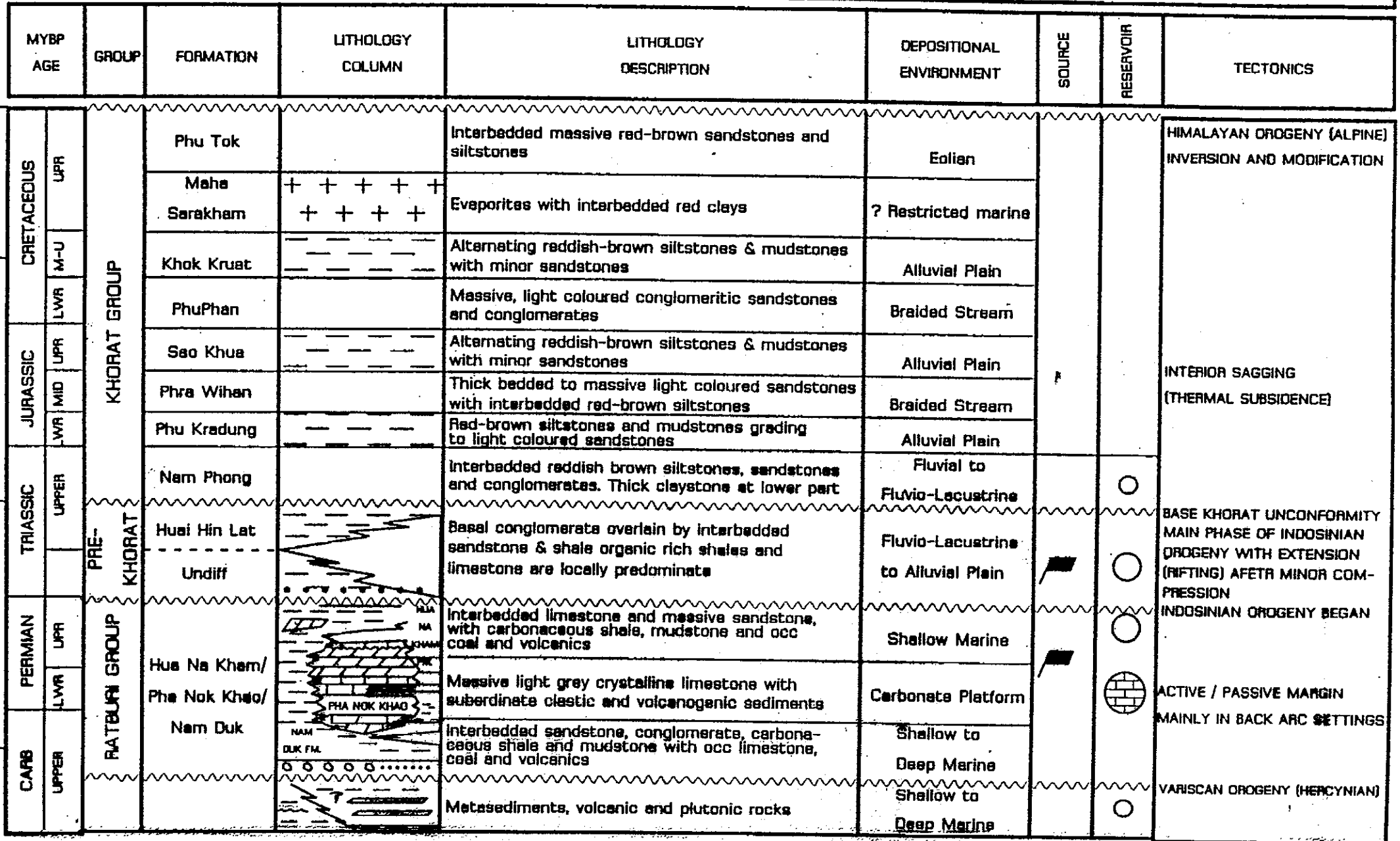
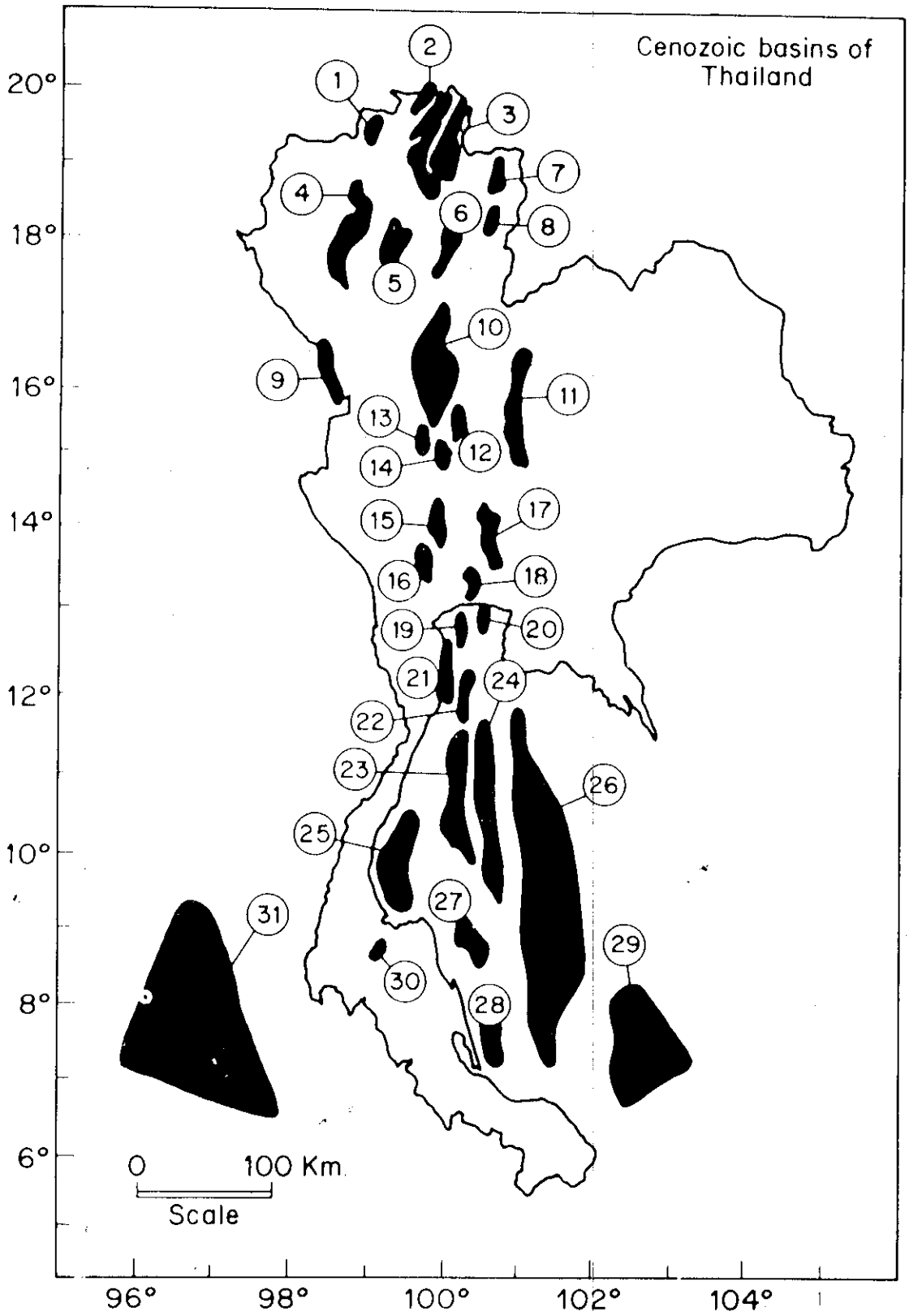


FIGURE 3

GROUP	FORMATION	THICKNESS METE	OROGENY	PERIOD	EVENT
—	—	—	STRIKE - SLIP BASIN SETTING	TERTIARY	DEPOSIT OF SEDIMENTS IN INTERMONTANE BASIN
			HIMALAYAN	TERTIARY	COLLISION OF INDIAN PLATE AND SE - ASIA
KHORAT	MAHASARAKHAM	500	—	CRETACEOUS	CONTINENTAL, SALT MARSHES
	KHOK KRUAT	350			LAGOONAL, SALT MARSHES
	PHRA WIHAN	150			FLUVIAL FAN
			INDOSINIAN IV (LATE KIMMERIDGIAN)	LATE JURASSIC	SLOWLY EMERGED LAND - MASS NEW SEDIMENTARY PROVENANCE
	PHU KRADUNG / NAM PHONG	2850	—	JURASSIC	ALLUVIAL AND FLOOD PLAIN
	600m		INDOSINIAN III (EARLY KIMMERIDGIAN)	LATE TRIASSIC	GRANITIC INTRUSION VOLCANIC ERUPTION EMERGED LAND - MASS
	HUAI HIN LAT	1500	—	LATE TRIASSIC	LACUSTRINE RESTRICTED HALF GRABEN
	600m		INDOSINIAN II	PERMO - TRIASSIC	FINAL COLLISION OF SHAN-THAI AND INDOCHINA GRANITIC INTRUSION VOLCANIC ERUPTION METAMORPHISM
RATBURI	—	1100 - 2400	—	PERMO CARBONIFEROUS	SHALLOW MARINE, LAGOONAL POST OROGENIC SEDIMENTS
			INDOSINIAN I (VARISCAN - HERCYNIAN)	CARBONIFEROUS	COLLISION OF SHAN-THAI MICROCONTINENT AND ISLAND ARC OF THE INDOCHINA MICROCONTINENT

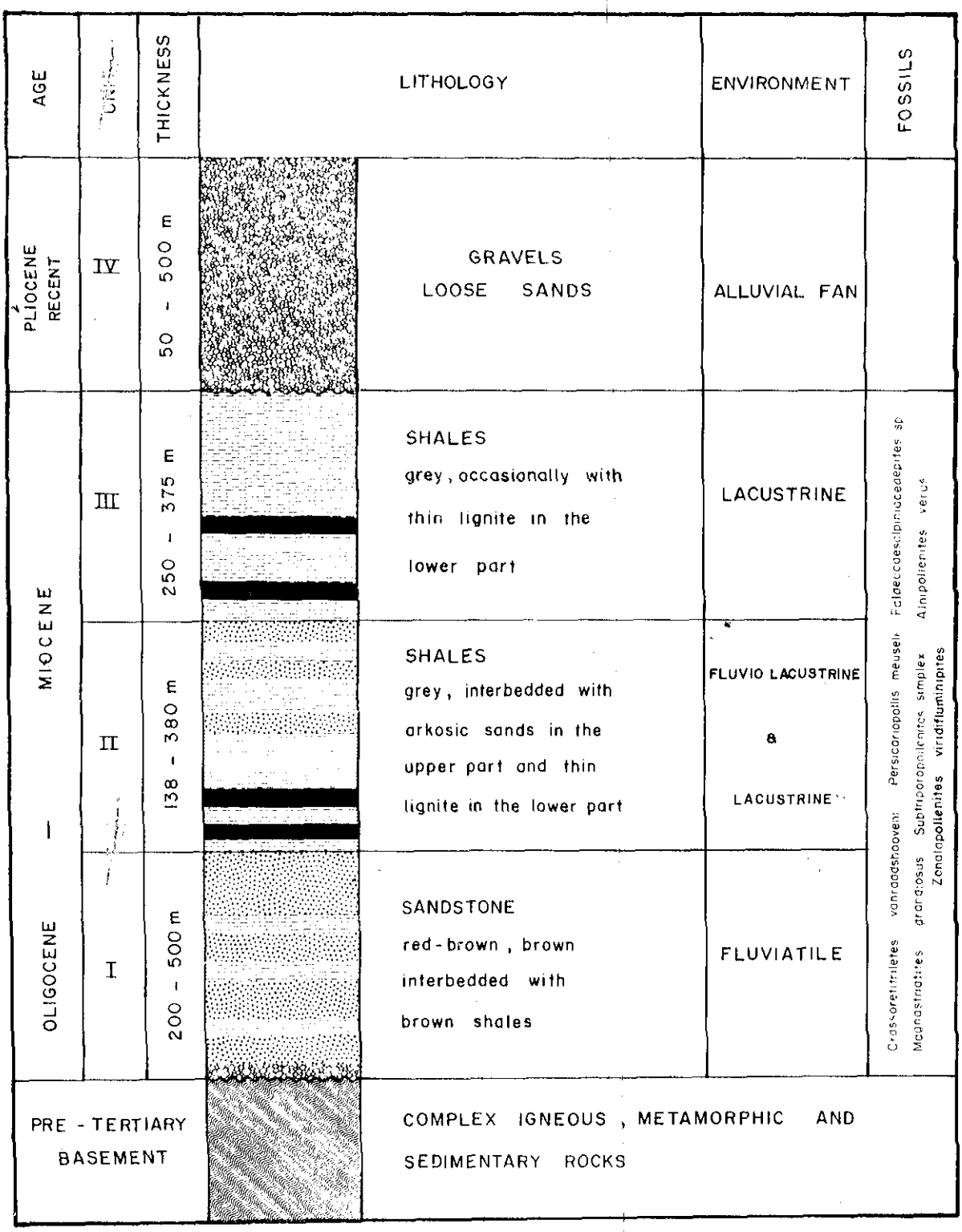
Figure 5 TECTONIC EVENTS OF THE KHORAT PLATEAU



1. Fang
2. Mae Sai
3. Chiang Rai-Payao
4. Chiang-Mai
5. Lampang
6. Phrae
7. Pua
8. Nan
9. Mae Sod
10. Phitsanulak
11. Phetchabun
12. Nang Bua
13. Lad Yao
14. Nakhon Sawan
15. Suphan Buri
16. Kamphaeng Saen
17. Ayutthaya
18. Thon Buri
19. Sakhan
20. Paknam
21. Hua Hin
22. N.Western
23. Western
24. Kra
25. Chumphon
26. Pattani
27. Nakhon
28. Songkhia
29. Malay
30. Khiensa
31. Mergui

Figure 1 Significant Cenozoic basins in Thailand

GENERALIZED STRATIGRAPHY OF CENOZOIC BASINS IN NORTHERN THAILAND



(Compiled after Sethakul, 1984)

Table 4 Generalized stratigraphy of Cenozoic basins in Northern Thailand

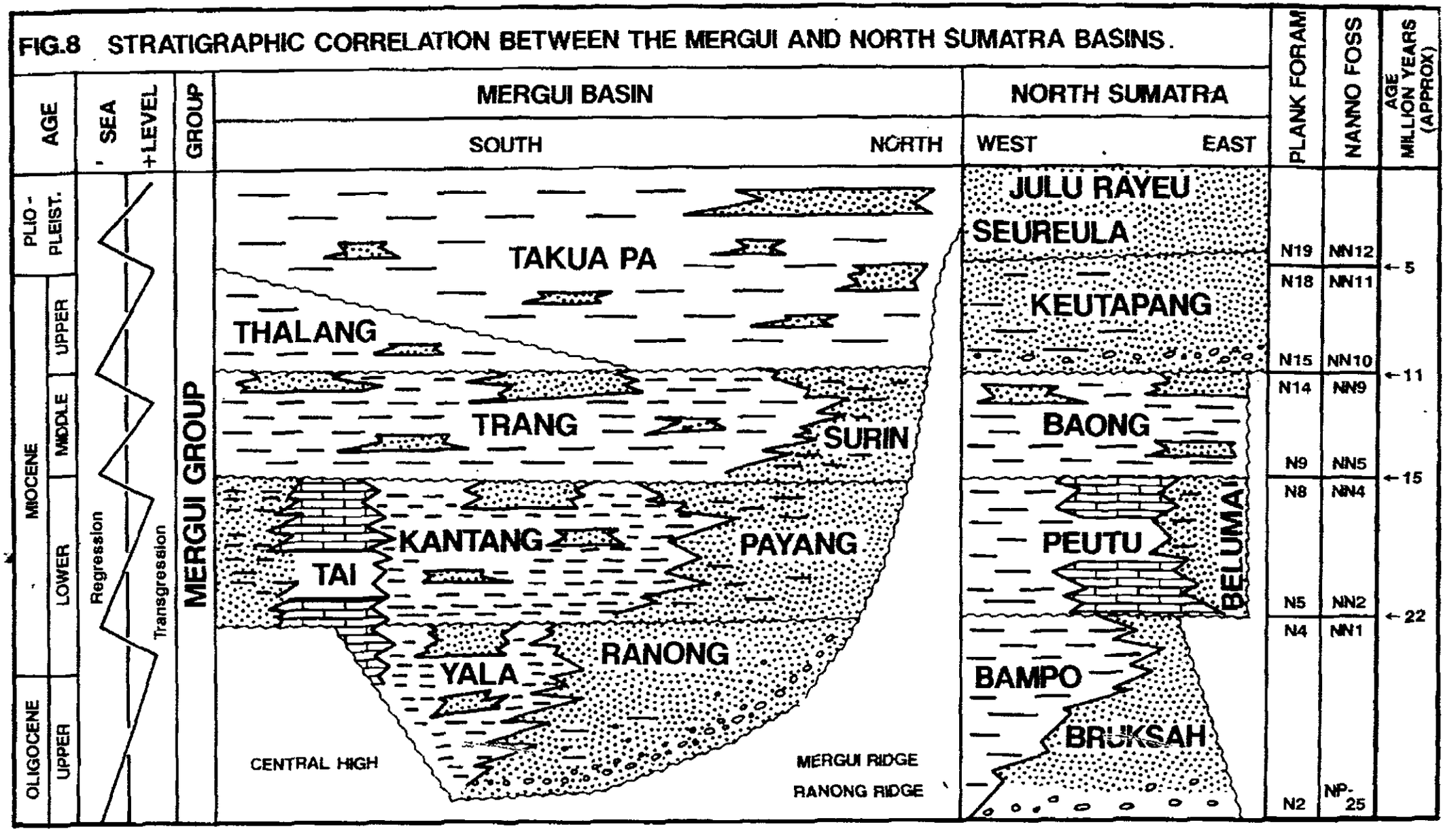


Fig. 8. Stratigraphic correlation between the Mergui and North Sumatra Basins.

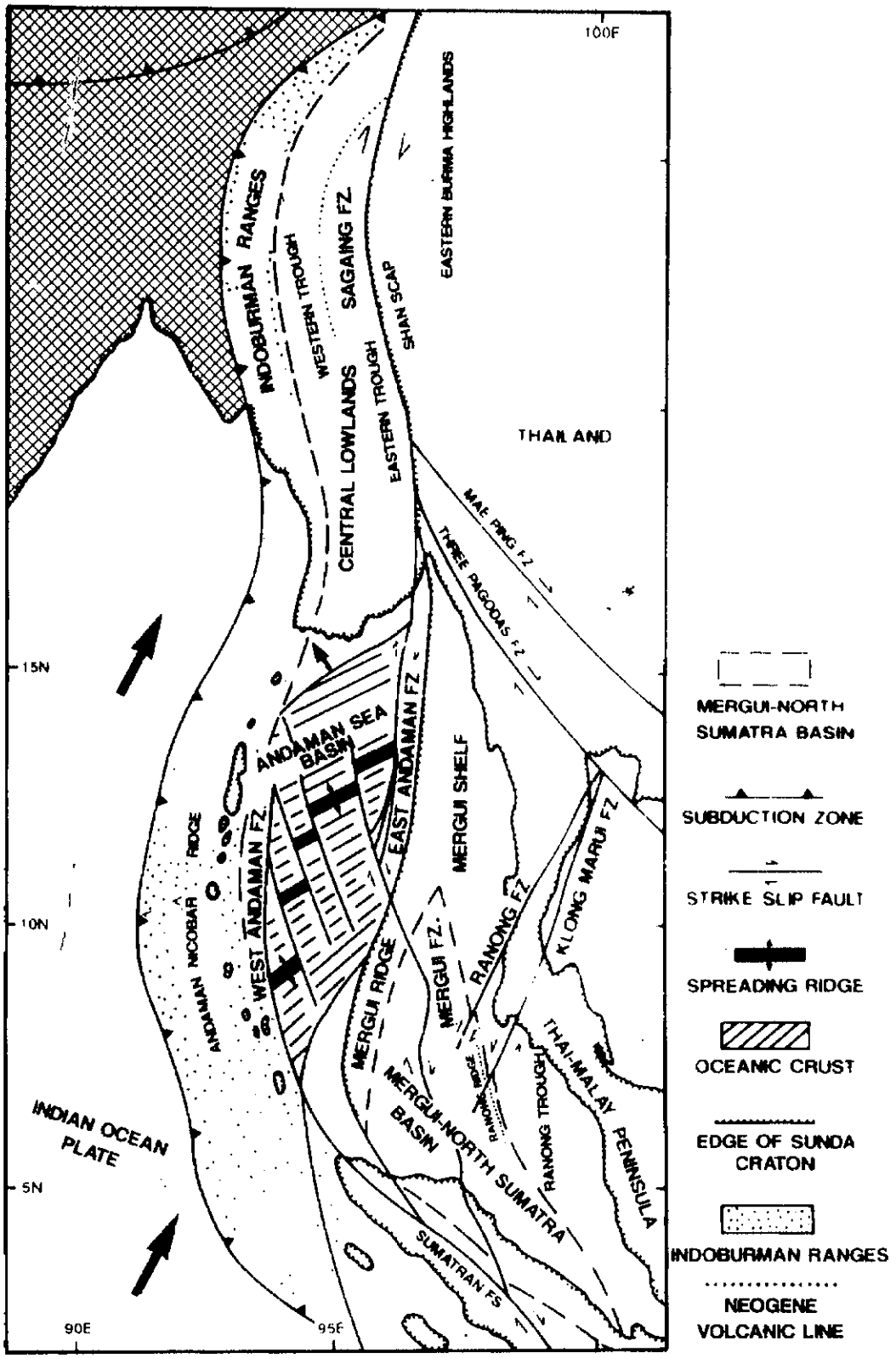


Fig. 5. Simplified tectonic map of the Mergui-North Sumatra Basin and Andaman Sea region (after Polachan, 1988).