

ASIE

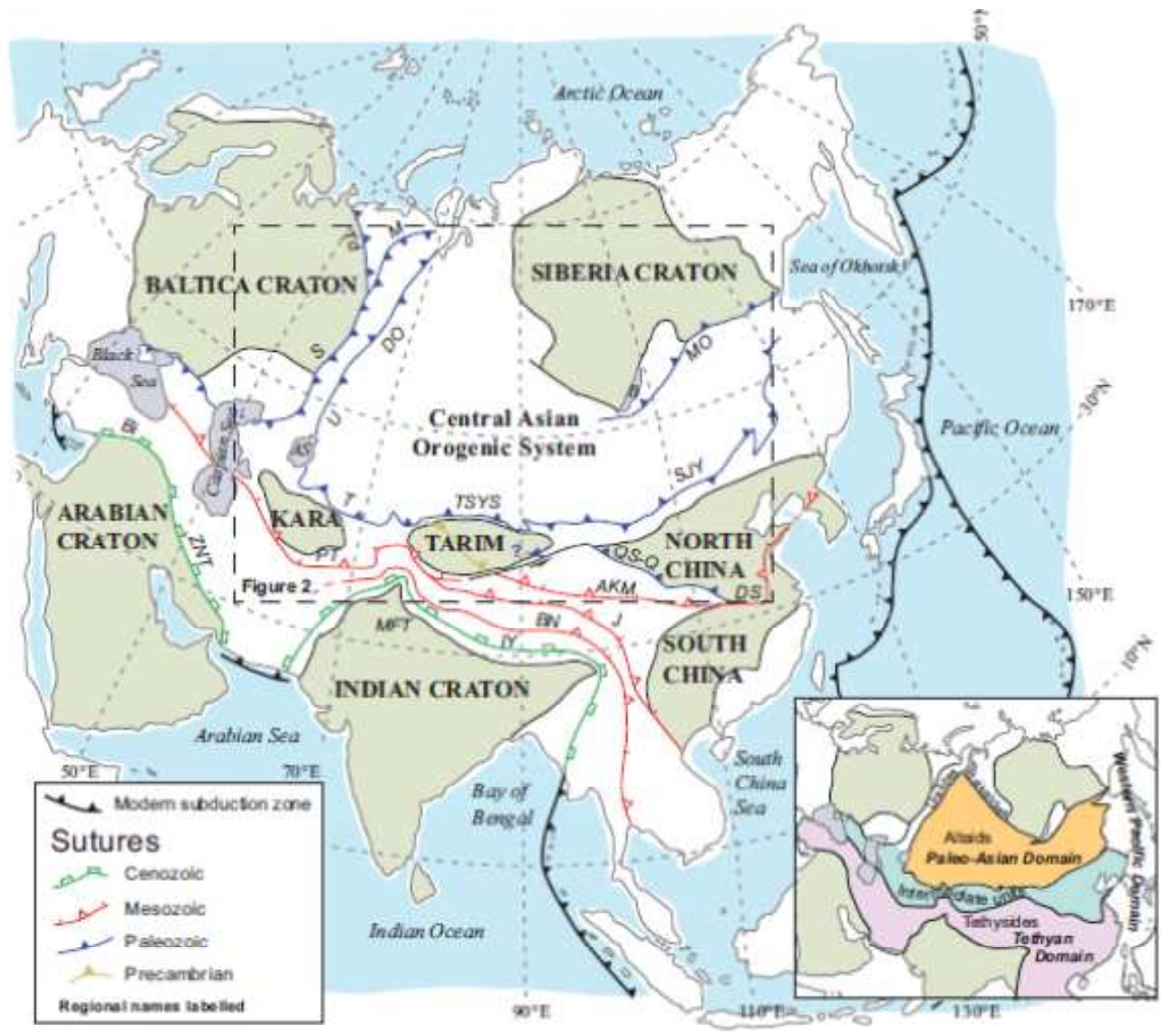


Figure 1. Simplified tectonic map of Asia showing cratons, sutures, and modern subduction zones. Teeth are on overriding plate. For simplicity, the structures and sutures within the Central Asian Orogenic System are omitted. Pre-Neoproterozoic sutures within cratons are not shown. The location of Figure 2 is outlined. Inset map shows major tectonic divisions and oceanic domains. AS—Aral Sea, B—Lake Baikal, Kara—Karakum craton, MFT—Main frontal thrust. Sutures: AKM—Anyimaqen-Kunlun-Muztagh, B—Baikun, BN—Bajbur-Najin, BC—Bajbur-Chirchik, BS—Bajbur-Saryköl, CA—Central Asian, DS—Daxiguan, EN—Erenqi-Ningxia, J—Jinshajiang, K—Kunlun, MO—Mongol-Okhotsk, PT—Pamir-Tibet, S—Siberia, SLY—Sulaymaniyah-Lake Urmia, TSYS—Tianshan-Yulghat-Sulaymaniyah, U—Ural, V—Vilayet, W—Wuyue, Y—Yunnan, Z—Zhetysay.



Hlavní stavební jednotky Asie

kontinentální jádra

mikrokontinenty

orogenetické zóny

Kontinentální jádra- štíty a platformy (kratony) stabilizované v prekambriu. Sem patří **angarský** (nebo sibiřský) kraton, **indický** kraton a **arabský** kraton. Mimoto existují ještě menší kratony, které byly deformovány ve větší míře. Tyto zahrnují **severočínský kraton**, kraton **Yangtze** (jihočínský) a Indočínu. Zvláštní postavení má **kazašský** kontinent tvořený z velké části oceanickou kůrou ostrovních oblouků a hlubokomořskými sedimenty akrečních prizmat a mikrokontinenty.

Vedle toho jsou součástí Asie menší úseky kontinentální kůry nazývané **mikrokontinenty** (tarimsky, karakumsky, Quaidam, Kara aj.).

Orogenetické zóny jsou tvořeny tektonickou koláží, která byla přiřčleněna ke kontinentálním jádrům. Do této kategorie spadají **altaidy**(centrálněasijské orogenetické pásmo), **přechodná zóna** a **tethysidy** dále dělené na **kimeridy** a **alpidy** a **cirkumpacifické pásmo** alpid. Do nich jsou zahrnovány čínské bloky a mikrokontinenty.



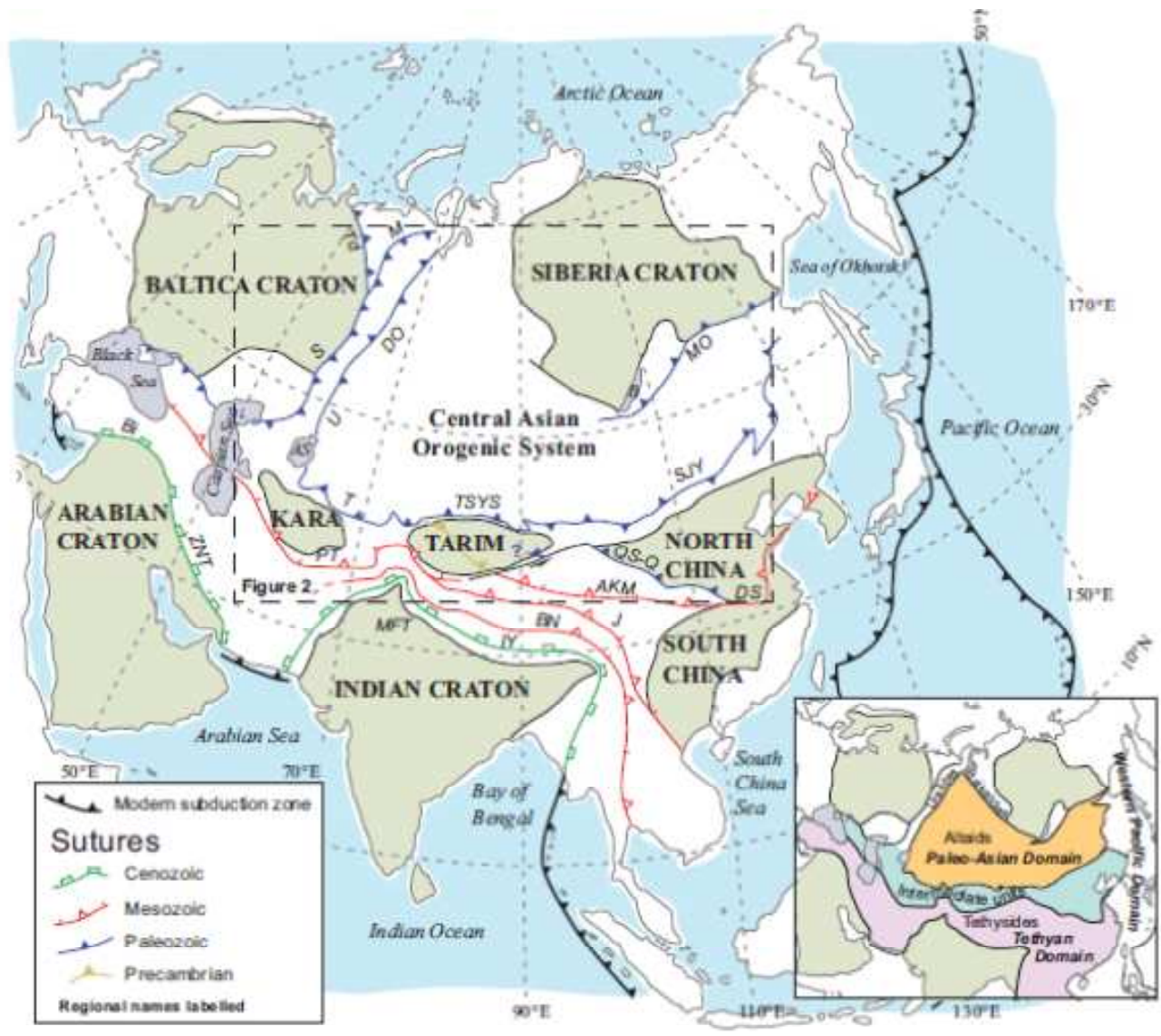
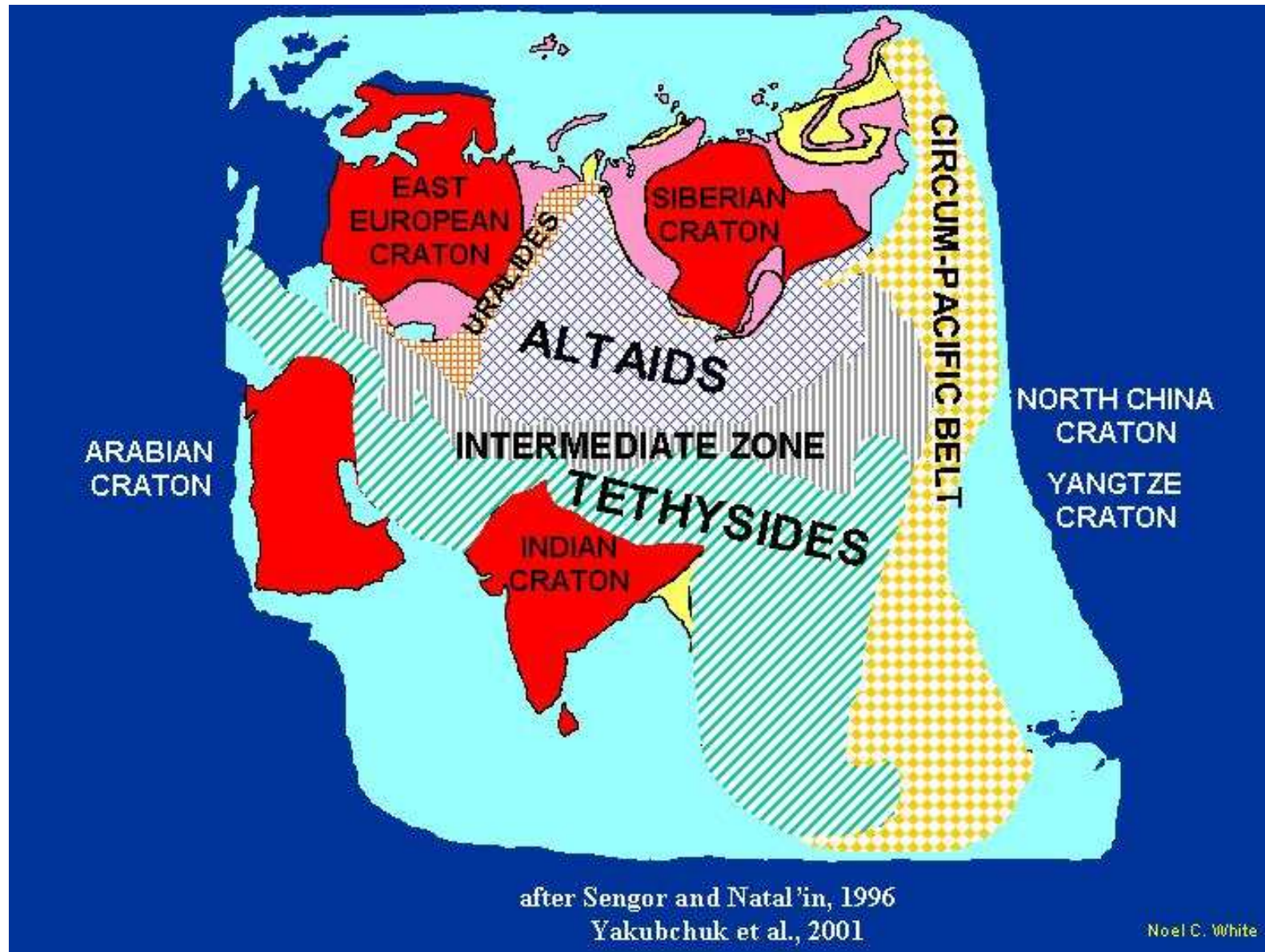
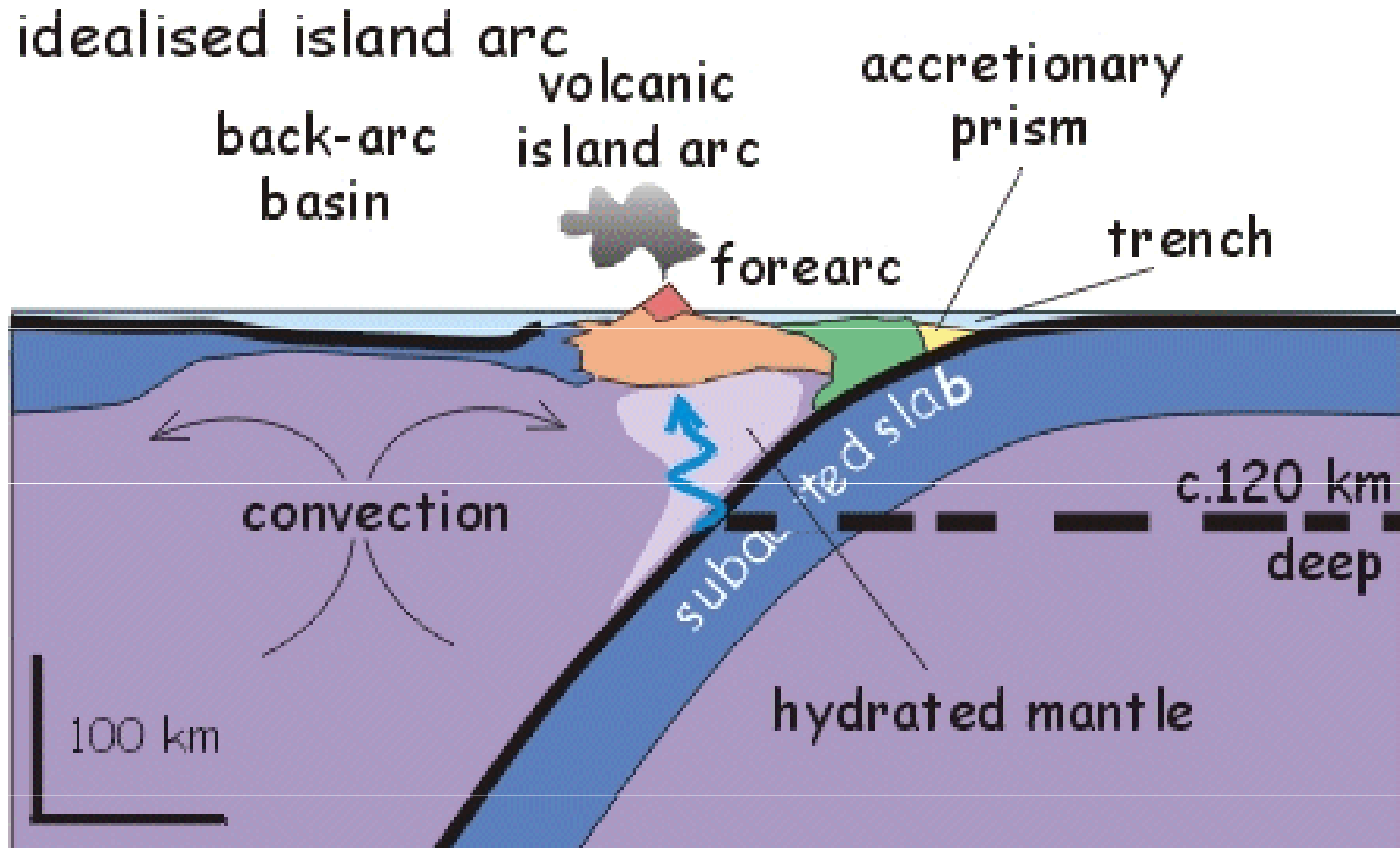


Figure 1. Simplified tectonic map of Asia showing cratons, sutures, and modern subduction zones. Teeth are on overriding plate. For simplicity, the structures and sutures within the Central Asian Orogenic System are omitted. Pre-Neoproterozoic sutures within cratons are not shown. The location of Figure 2 is outlined. Inset map shows major tectonic divisions and oceanic domains. AS—Aral Sea, B—Lake Baikal, Kara—Karakum craton, MFT—Main frontal thrust. Sutures: AKM—Anyimaqen-Kunlun-Muztagh, B—Bilbi, BN—Bajin-Najin, BC—Bajin-Chatkai, BS—Bajin-Saigun, CA—Central Asian, DS—Dunhuang-South China, EN—Ebinur, J—Junggar, MO—Mongol, PT—Pamir-Tianshan, S—Siberia, SLY—Sulaymaniyah, TSYS—Tianshan-Yulghat-Sulaymaniyah, U—Ural, V—Vilayet, W—Wuyue, Z—Zhetysay.

Orogenetické zóny jsou tvořeny tektonickou koláží, která byla přiřčleněna ke kontinentálním jádrům. Do této kategorie spadají **altajdy**, **přechodná zóna** a **tethysidy** dále dělené na **kimeridy** a **alpidy** a **cirkumpacifické pásmo alpid**.

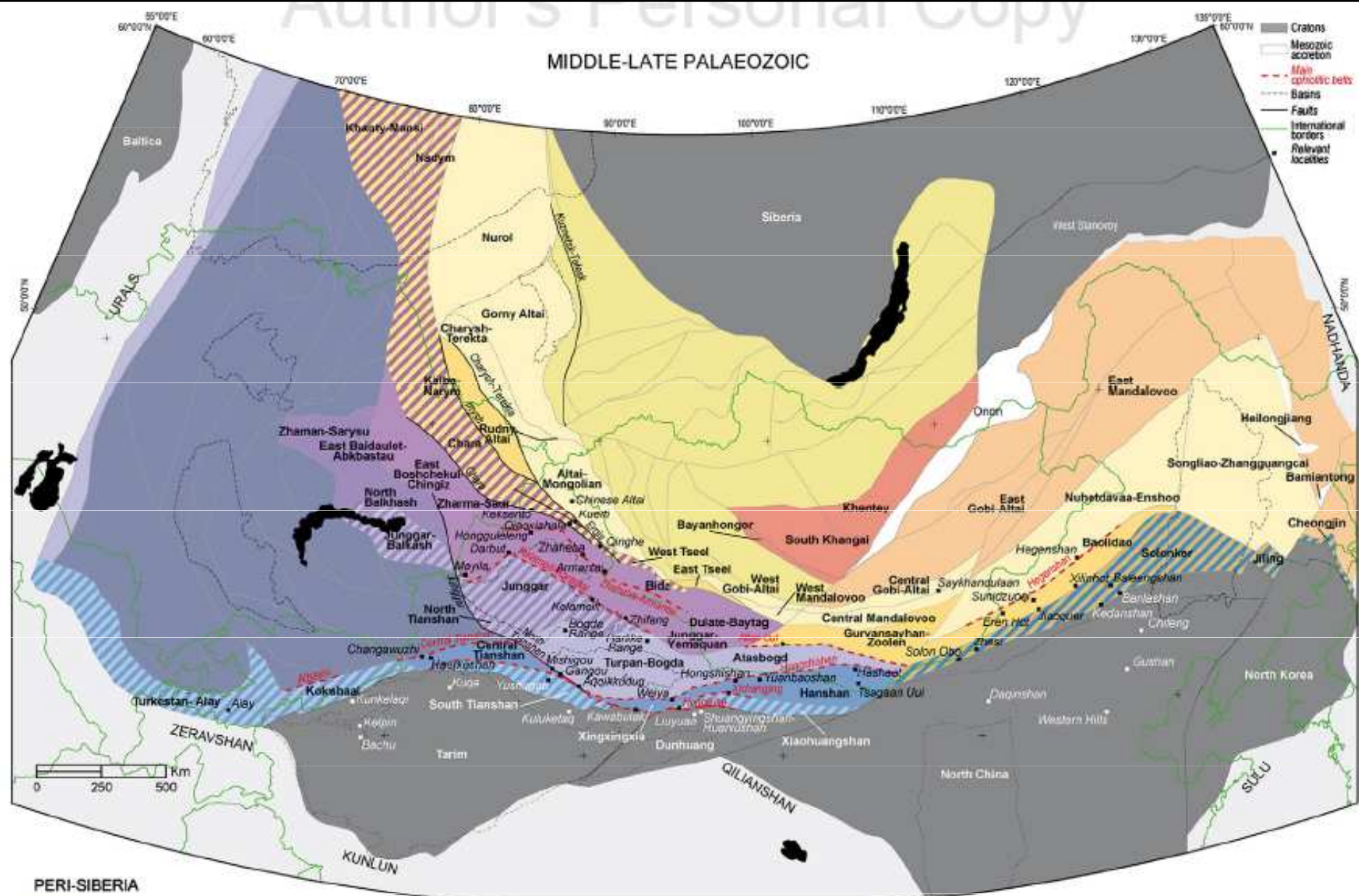


Altaidy a kazašský kontinent – akreční orogen
Akrečních klín sedimentů, vulkan. oblouků a mikrokontinentů



subduction of oceanic lithosphere under oceanic lithosphere





PERI-SIBERIA

- Peri-Siberian Continent (Early Palaeozoic accreted terranes)
- Devonian-Carboniferous back-arc basins (continental basin or margin)
- Middle-Late Palaeozoic peri-continental arc
- Khangai-Khenley Terrane of the Mongol-Okhotsk Realm (Devonian-Carboniferous)
- Mongolian Terrane (Silurian through Jurassic-Cretaceous)

KAZAKHSTAN

- Kazakhstan Continent (Pre-Silurian amalgamation) with Devonian-Carboniferous arc in its eastern part
- Devonian-Carboniferous arcs and accretionary wedges
- Middle-Late Palaeozoic Zharma-Junggar arcs
- Silurian-Devonian Zhaman-Sarysu accretionary wedge
- Junggar-Balkash "suture zone" (Late Carboniferous to Permian, northeastward diachronous formation)

TARIM-NORTH CHINA

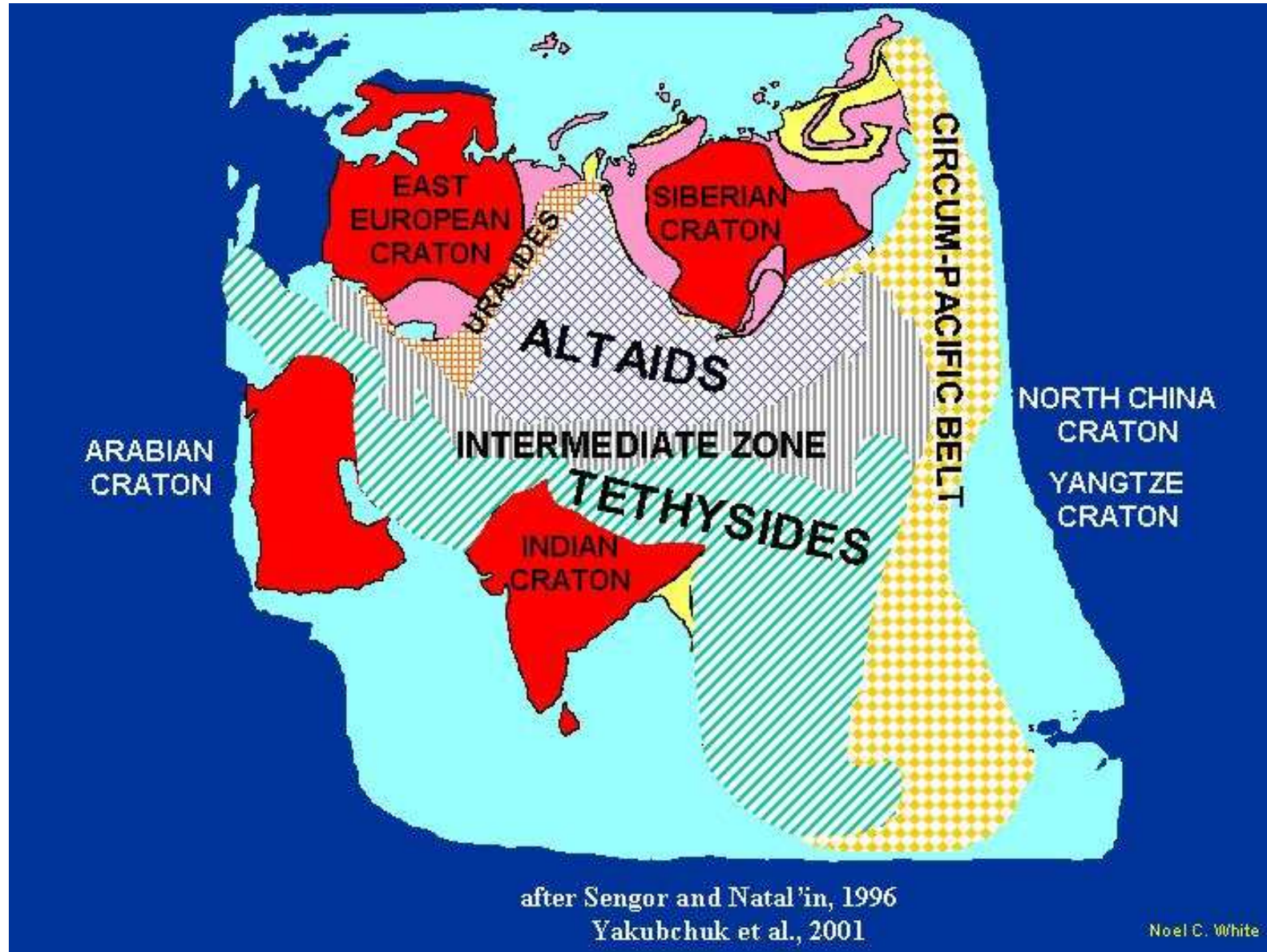
- Central Tianshan-Hanshan microcontinent (accreted to Kazakhstan during the Devonian)

MAIN SUTURES ZONES

- Xichangshan-South Tianshan-Turkestan (Early Devonian to Late Carboniferous, westward diachronous formation)
- Chara (Late Carboniferous to Permian, southeastward diachronous formation)
- Solonker (Late Permian-Early Triassic)

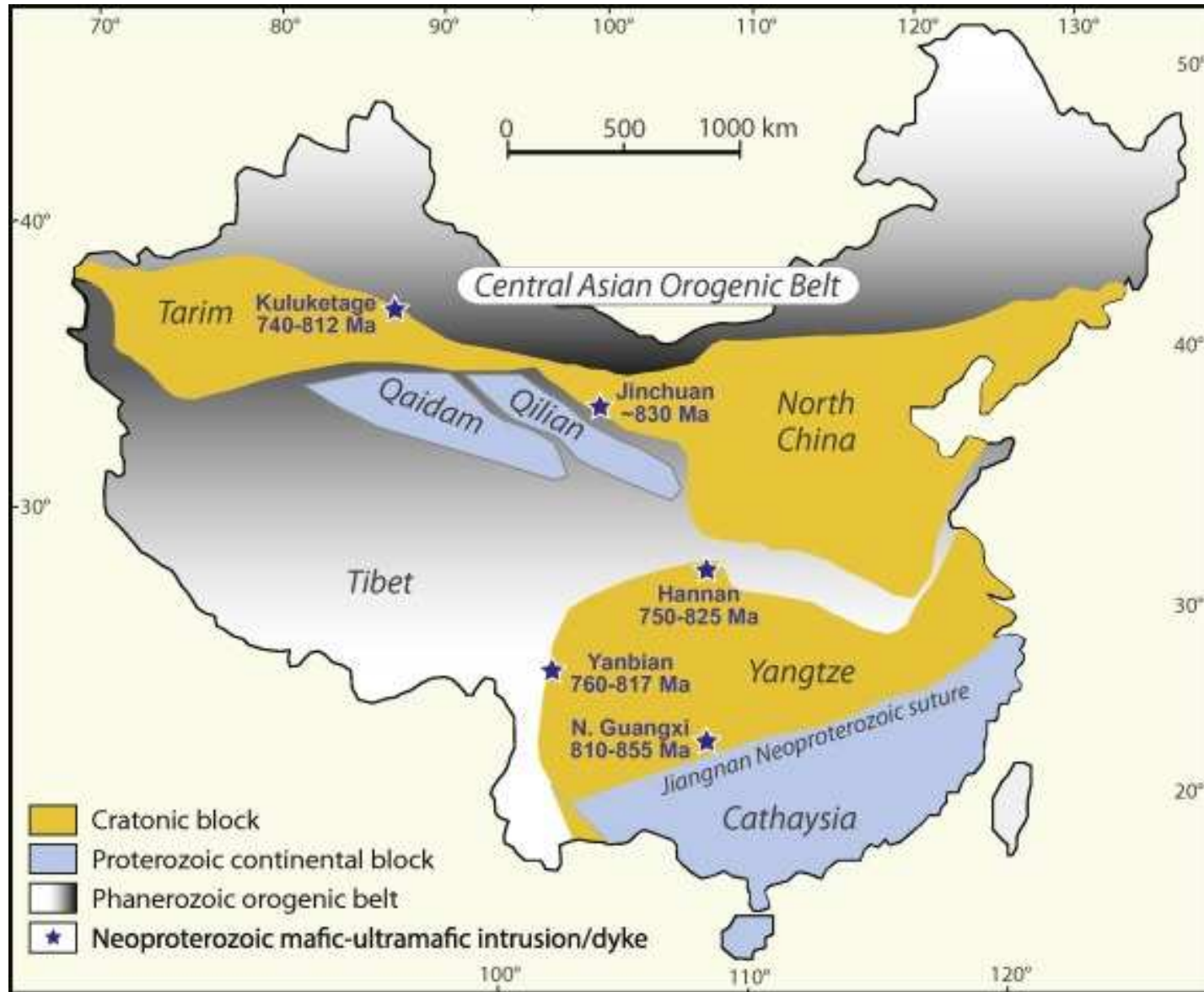
Fig. 9. Map showing the major terranes involved in the Middle-Late Palaeozoic formation of the Altai; the zones (regular and bold text) are mainly after the maps of Sengör and Natal'in (1996), Badarch et al. (2002), Naumova et al. (2006), Windley et al. (2007); precise zone boundaries are after Wilhem (2010). See name of zones forming the Kazakhstan, Peri-Siberian and Mongolian continents in Fig. 2. Capital letters: Some major basins (see legend of Fig. 2). This figure is in part derivative from the Neftekh Geodynamic Earth Model. © Neftekh Petroleum Consultants Ltd.

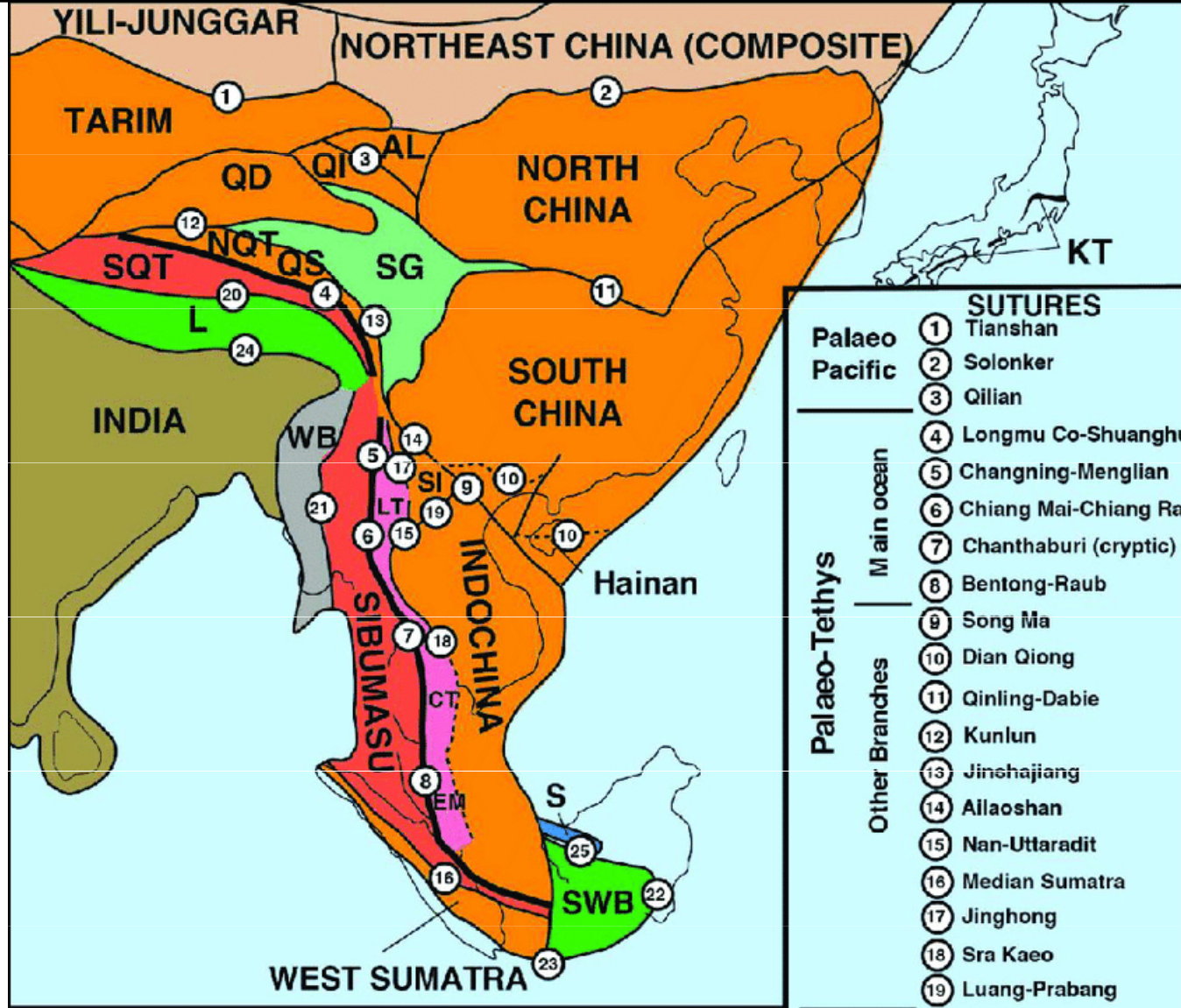
Orogenetické zóny jsou tvořeny tektonickou koláží, která byla přiřčleněna ke kontinentálním jádrům. Do této kategorie spadají **altaidy**, **přechodná zóna** a **tethysidy** dále dělené na **kimeridy** a **alpidy** a **cirkumpacifické pásmo alpid**.


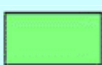



Přechodná zóna

Přechodná zóna - největším mikrokontinentem přiřčeným k Sibiři byl variský tarimský(karakumský) mikrokontinent na jihu a na jihozápadě podél altajské sutury (Ťan Šan). S ním kolidoval Qaidam. Patří sem rovněž čínské kontinenty volně přiřčené k Asii na konci paleozoika





- | | |
|---|--|
|  Terranes derived from Gondwana in the Devonian |  Terranes derived from Gondwana in the late Early Permian |
|  Terranes derived from Gondwana in the Late Triassic-Late Jurassic |  West Burma Block derived from Gondwana in the Permian |
|  Songpan Ganzi accretionary complex |  Terranes derived from Cathaysia in the Carboniferous-Permian |
|  Indian continent derived from Gondwana in the Cretaceous |  Terranes derived from Cathaysia in the Cretaceous-Tertiary |

- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| SUTURES | |
| Palaeo Pacific | ① Tianshan |
| | ② Solonker |
| | ③ Qilian |
| Palaeo-Tethys | ④ Longmu Co-Shuanghu |
| | ⑤ Changning-Menglian |
| | ⑥ Chiang Mai-Chiang Rai |
| | ⑦ Chanthaburi (cryptic) |
| | ⑧ Bentong-Raub |
| | ⑨ Song Ma |
| | ⑩ Dian Qiong |
| | ⑪ Qinling-Dabie |
| | ⑫ Kunlun |
| | ⑬ Jinshajiang |
| | ⑭ Allaoshan |
| | ⑮ Nan-Uttaradit |
| | ⑯ Median Sumatra |
| | ⑰ Jinghong |
| | ⑱ Sra Kao |
| ⑲ Luang-Prabang | |
| Meso-Tethys | ⑳ Banggong |
| | ㉑ Shan Boundary |
| | ㉒ Meratus |
| | ㉓ Lok Ulo |
| Ceno-Tethys | ㉔ Indus Yarlung Zangbo |
| | ㉕ Boyan |
| Proto South China Sea | |

— Palaeo-Tethys main ocean suture:
 — Late Palaeozoic Gondwana - Cathaysia biogeographic divide.



Prekambrium

Sibiřský kraton je největší tektonickou doménou staré kontinentální kůry mezi euroasijskými litosferickými deskami. Raně prekambričné metamorfované magmatické komplexy jsou nejlépe odkryty v **aldanském** a **anabarském** štítu, které byly spojeny během akitkanské a centrálně aldanské orogeneze před cca 1,8 Ma a vytvořily sibiřský kontinent. Ten pravděpodobně souvisel s Laurentií a dohromady ještě s Baltikou byly v období před 1,8 Ma součástí velkého superkontinentu Columbia.

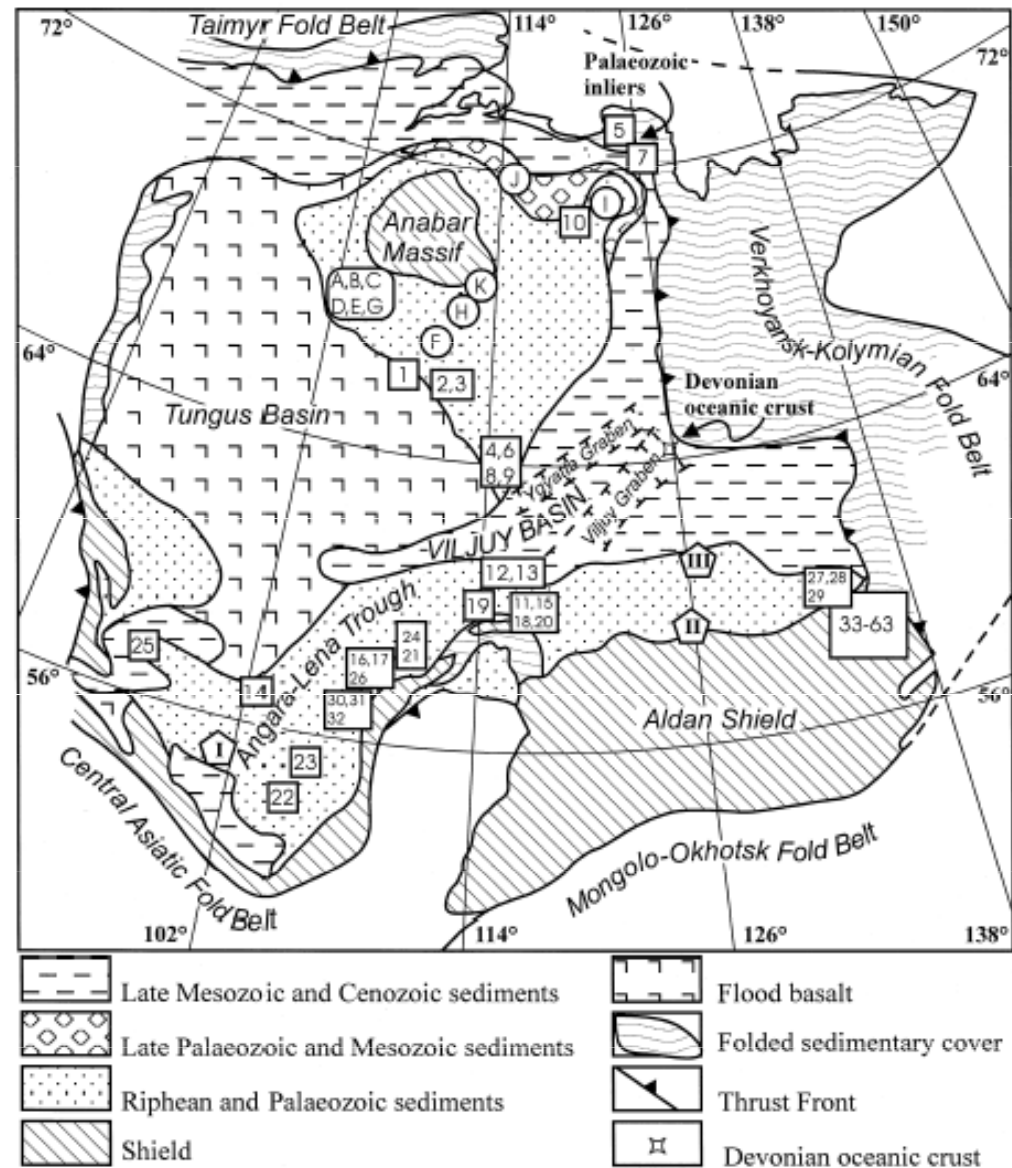
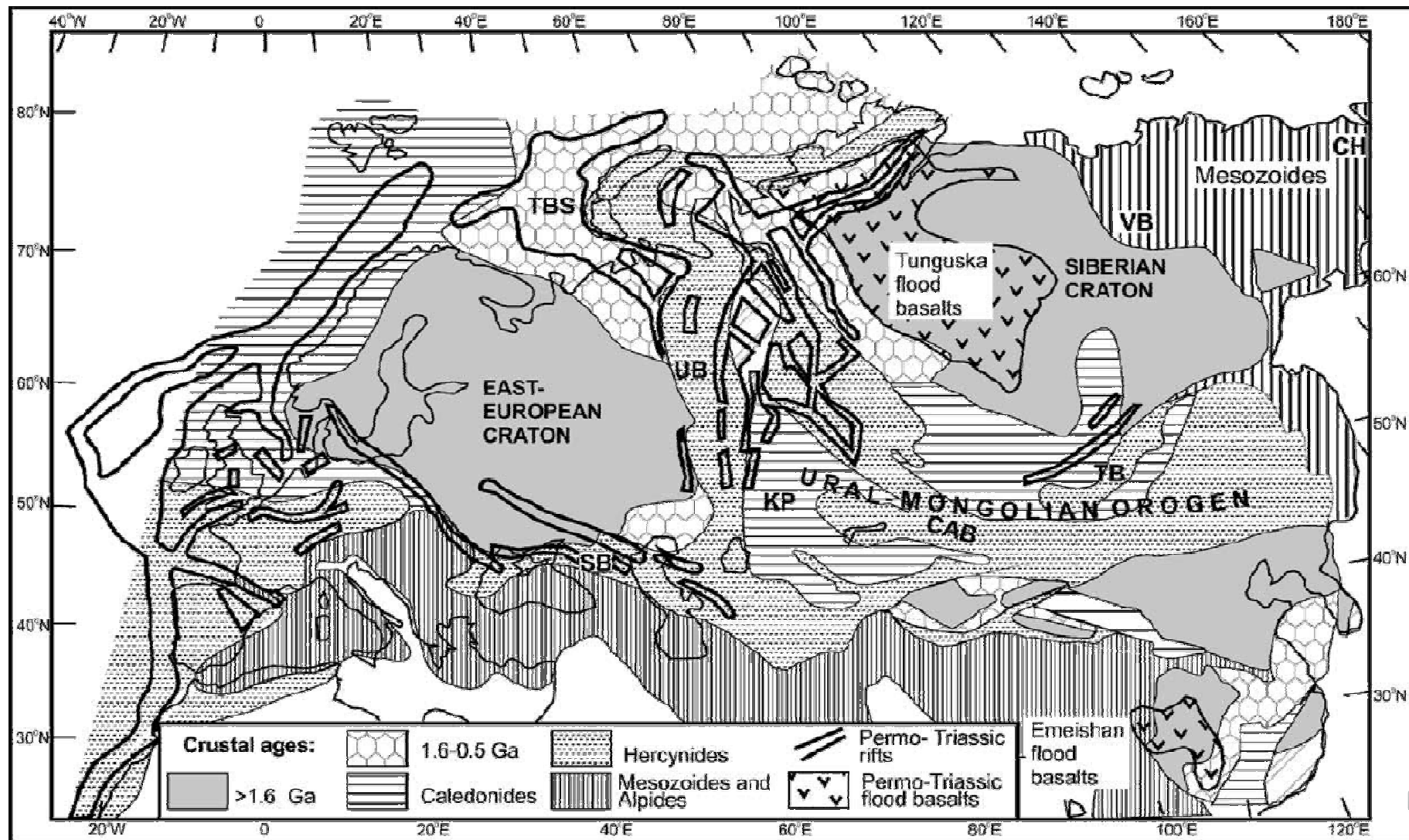
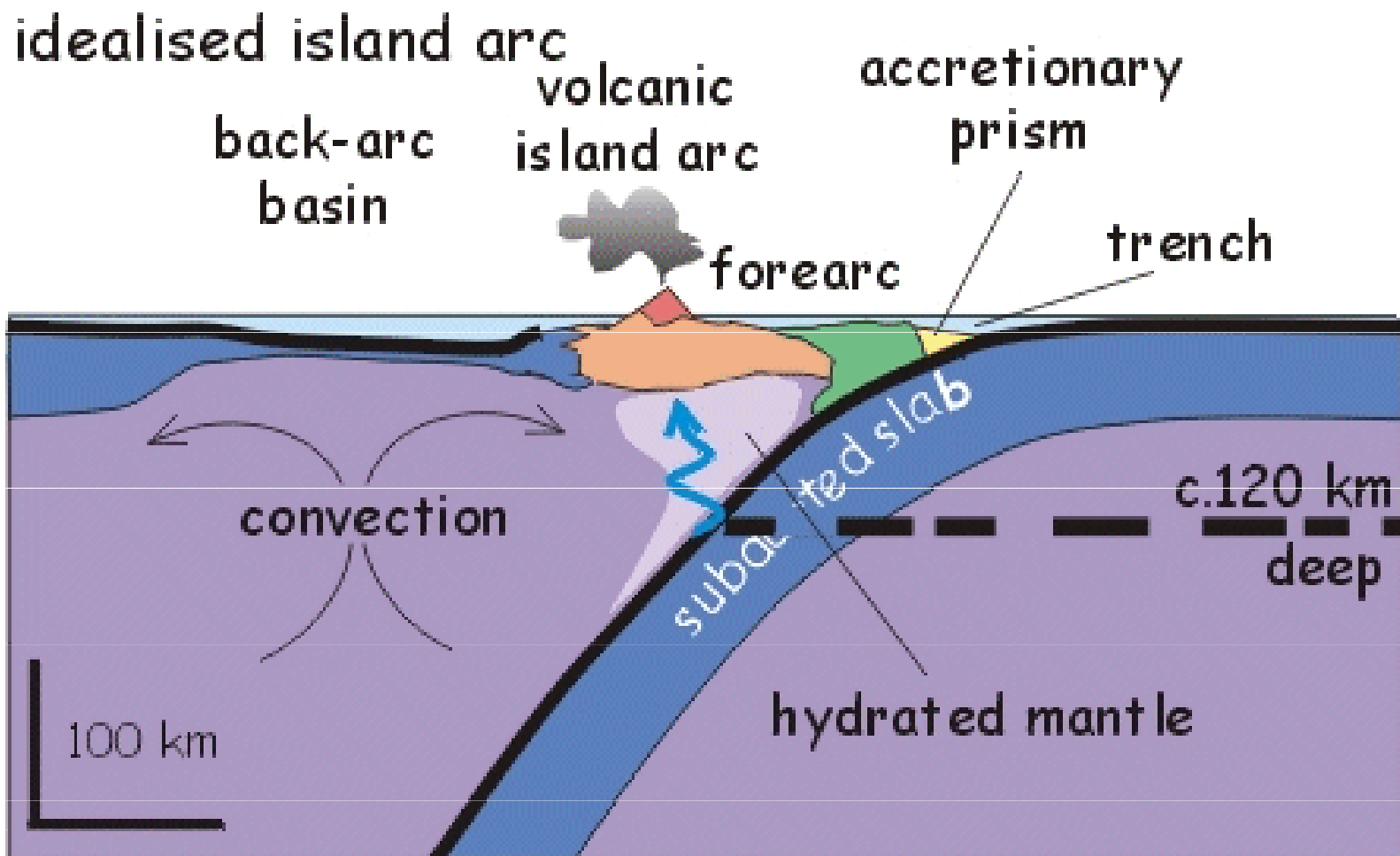


Fig. 1. Tectonic map of the Siberian Platform re-drawn and simplified from Zonenshain et al. (1990). Numbers in squares: sampling sites for selected palaeomagnetic studies in the southern Aldanian block and in post-Devonian rocks of the northern Anabar block. Numbers correspond to entries in Table 1. Letters in circles: sampling sites for selected palaeomagnetic studies in pre-Devonian rocks of the northern block (see Table 2). Roman numerals in pentagons: sampling sites for palaeomagnetic studies referred to in the text (see Table

Geologický vývoj Eurasie ve fanerozoiku byl určován do značné míry severovergentní subdukcí a transferem kontinentálních bloku gondwanského původu směrem na sever a jejich akrecí k Baltice a Sibiři. S těmito akrecemi souvisel jak vznik kaledonských a variských tak alpinských pohoří.





subduction of oceanic lithosphere under oceanic lithosphere



Paleozoická Asie

Jádro tvořil sibiřský kontinent, kolem kterého se na jihu a západě vytvářel postupně lem **altaid**.

Altaidy (centrálněasijské orogenetické pásmo) představují největší akreční orogenetickou jednotku na světě s průběžným vývojem od neoproterozoika až dokonce paleozoika. Nejstarší neoproterozoická část se nazývá **bajkalidy a tvoří pohoří Bajkal**, vytvořené mezi 850Ma a 570 Ma podél jižního okraje angarské platformy. Hlavní část altaid však vznikala v **paleozoiku**, kdy se při subdukcii utvářelo mohutné **akreční prisma** tvořené hlubokomořskými sedimenty, vulkanickými oblouky, ofiolity a drobnými **mikrokontinenty**. Do altaid je někdy začleňován i **kazašský kontinent**, který rovněž vznikl při subdukcii jako mohutné akreční prizma a kolidoval se sibiřským kontinentem a Laurussii ve svrchním paleozoiku.

Přechodná zóna - největším mikrokontinentem přičleněným k Sibiři byl **variský tarimský(karakumský)** mikrokontinent na jihu a na jihozápadě podél altajské sutury (Ťan Šan). S ním kolidoval Qaidam. Patří sem rovněž čínské kontinenty. Ke konci paleozoika došlo k prvnímu kontaktu Asie se skupinou **čínských teránů**.

Součástí Asie nebyla v paleozoiku východní část Sibiře tj. **omolonský** i další drobné mikrokontinenty. Naopak vzniklo pohoří Taimyr kolizi s mikrokontinentem Kara. Ty byly situovány na počátku svrchním paleozoika na jih od sibiřského kontinentu v oblasti teplejšího klimatu, postupně se ale posouval na sever.



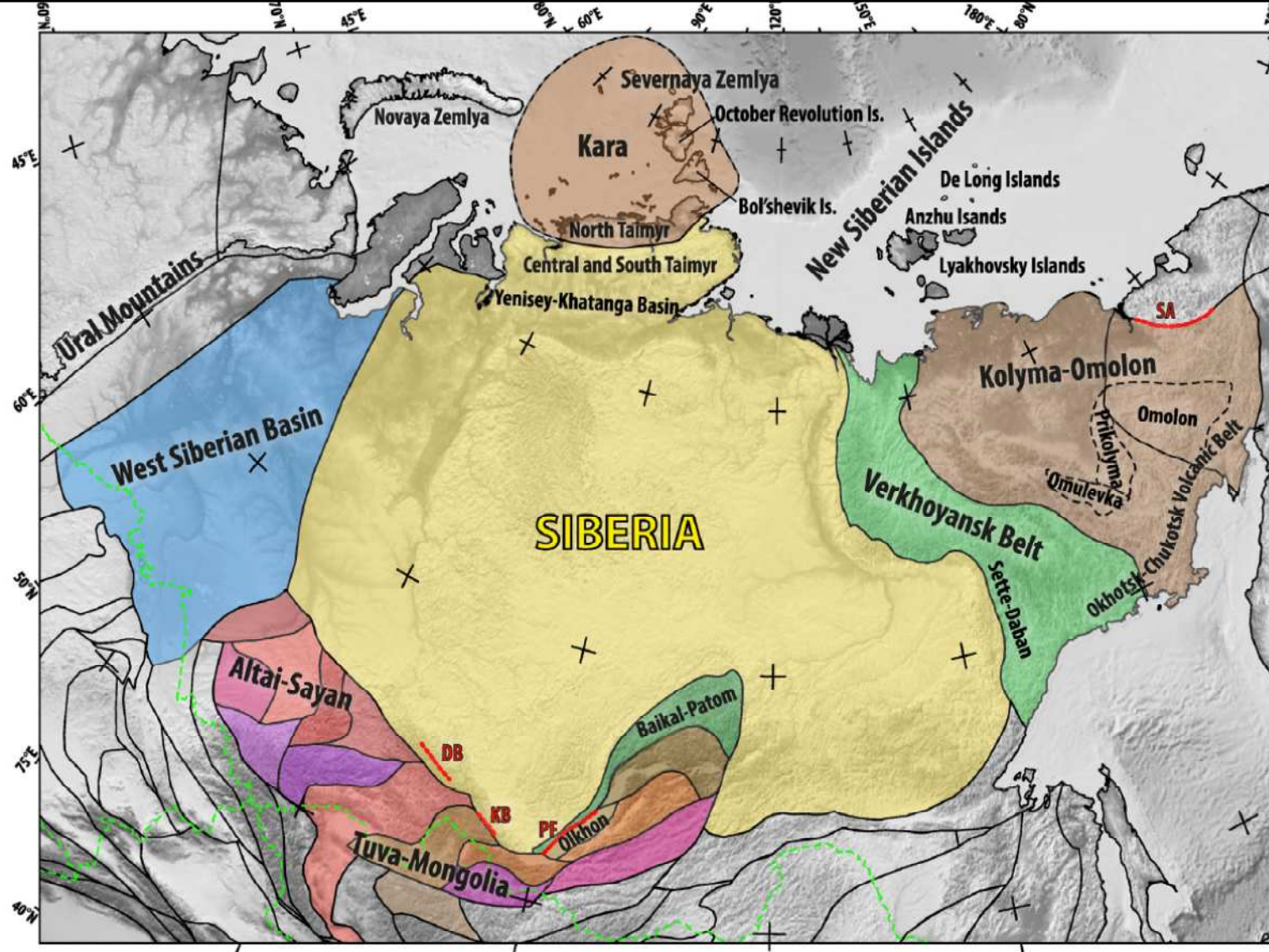
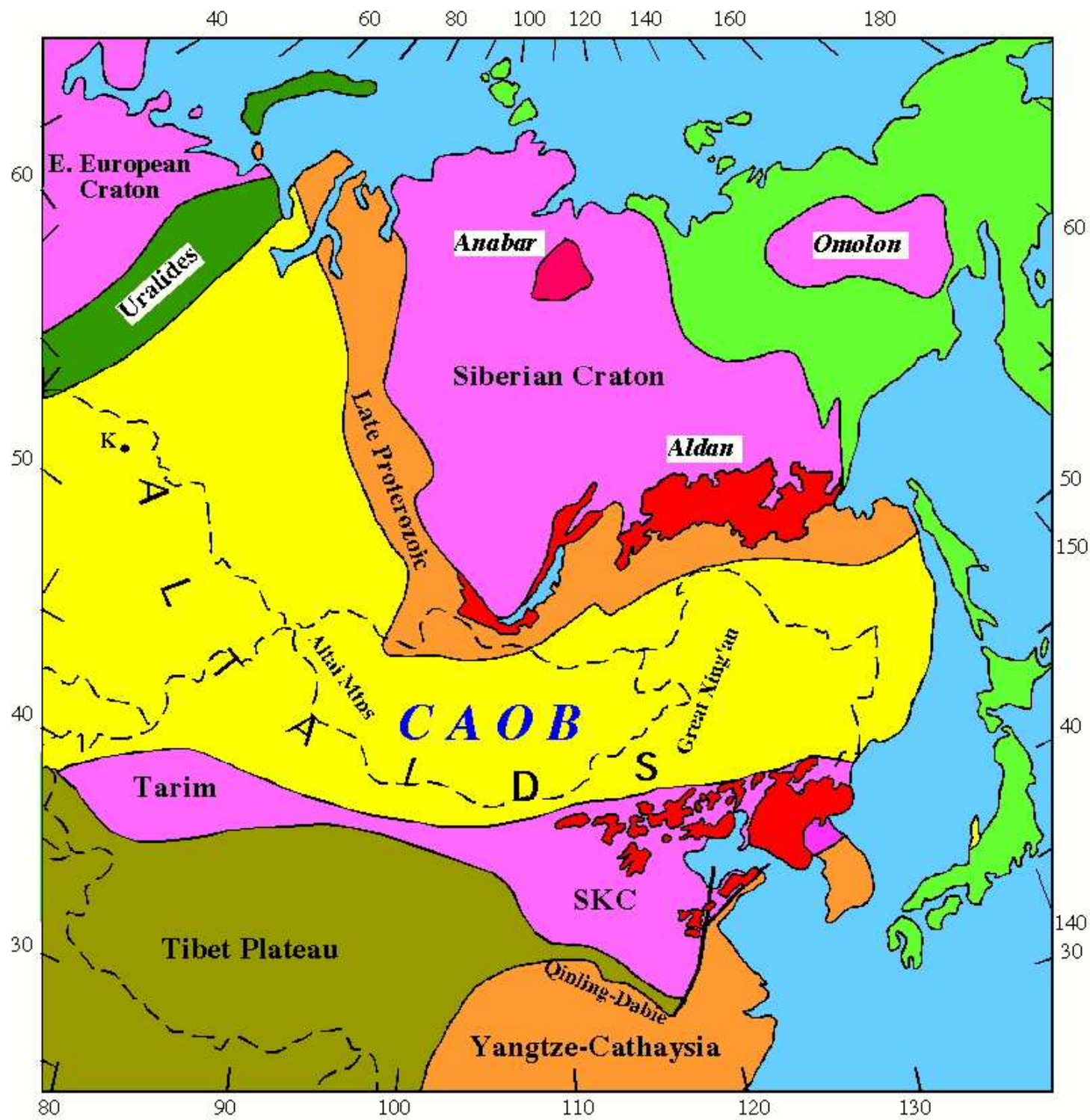
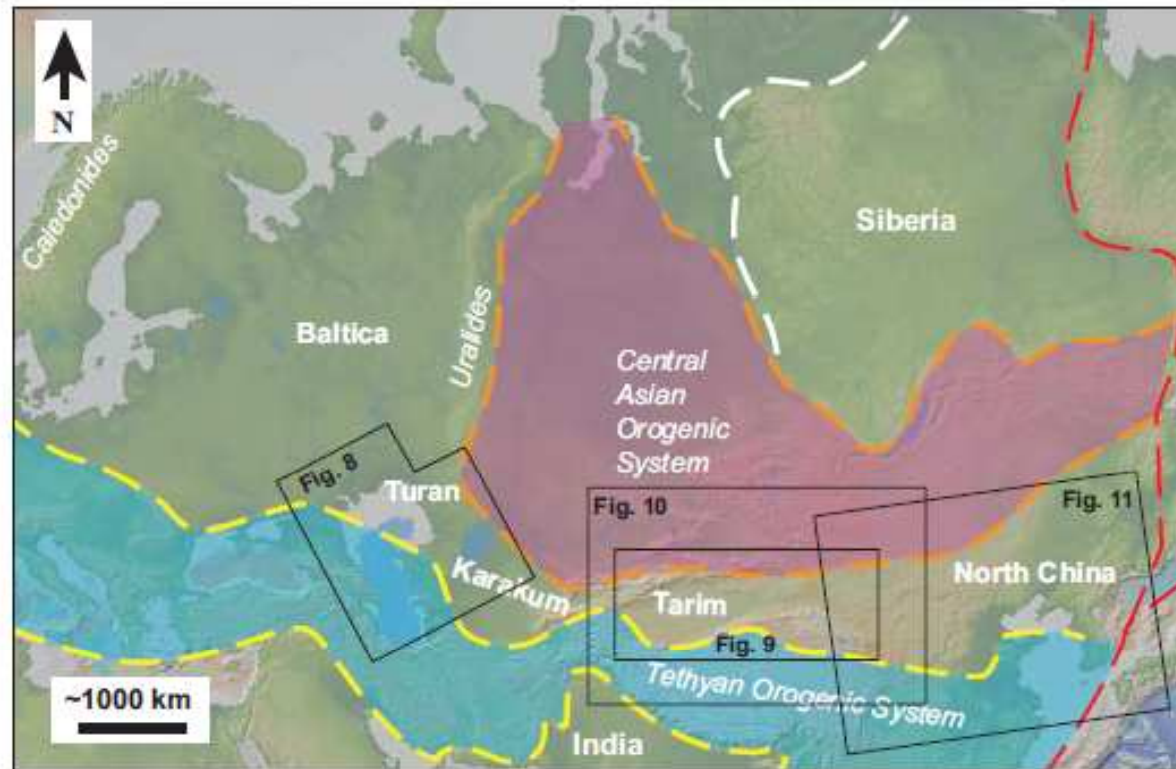


Figure 2. Overview map of Siberia and neighboring regions (section 4.1), Kolyma-Omolon (4.3), New Siberian Islands (4.4) and the North Kara terrane (4.16). Polygon colors depict generalized tectonic environment classifications: yellow, Siberian craton; brown shades, continental terranes/fragments; green shades, marginal fold-thrust belts; blue shades, sedimentary basins; red shades, continental/oceanic magmatic arcs; purple shades, oceanic/accretionary complexes. Dotted red lines denote important boundaries discussed in the text: DB, Derba belt; KB, Kitoikin belt; PF, Primorsky fault; SA, South Anyui suture. Dashed green lines show modern political boundaries for reference



Altaids
(Central Asian Orogenetic
System)



(b) Accretionary orogen (on-going subduction)

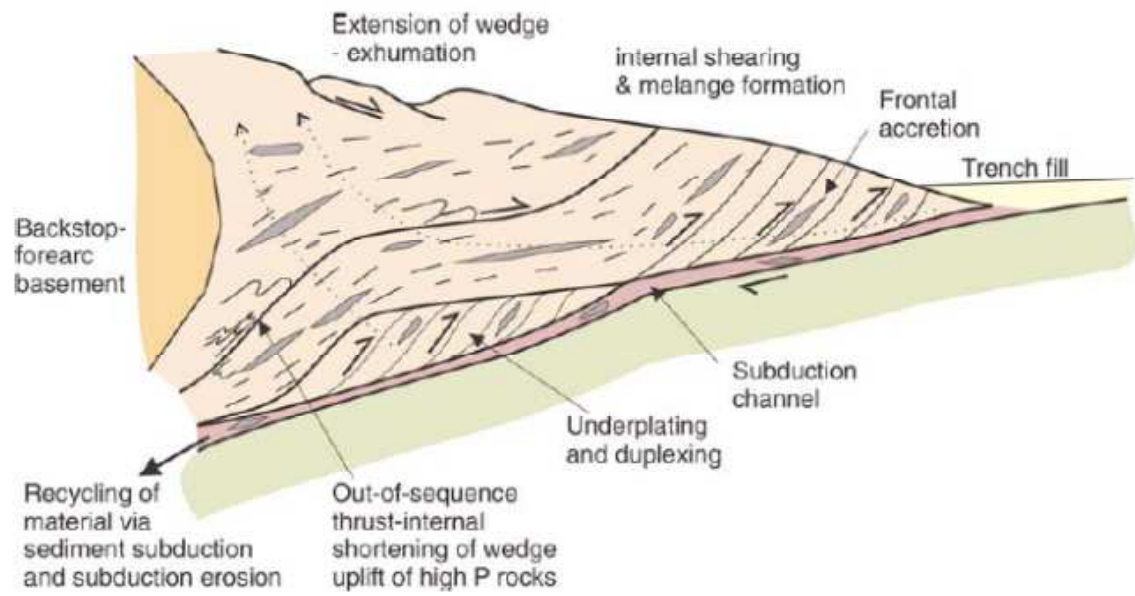
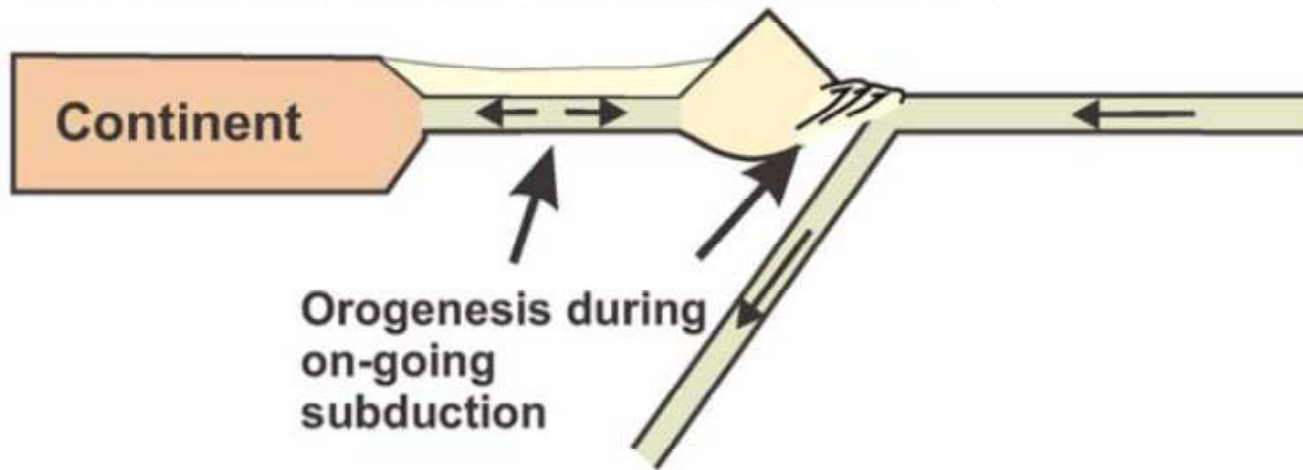
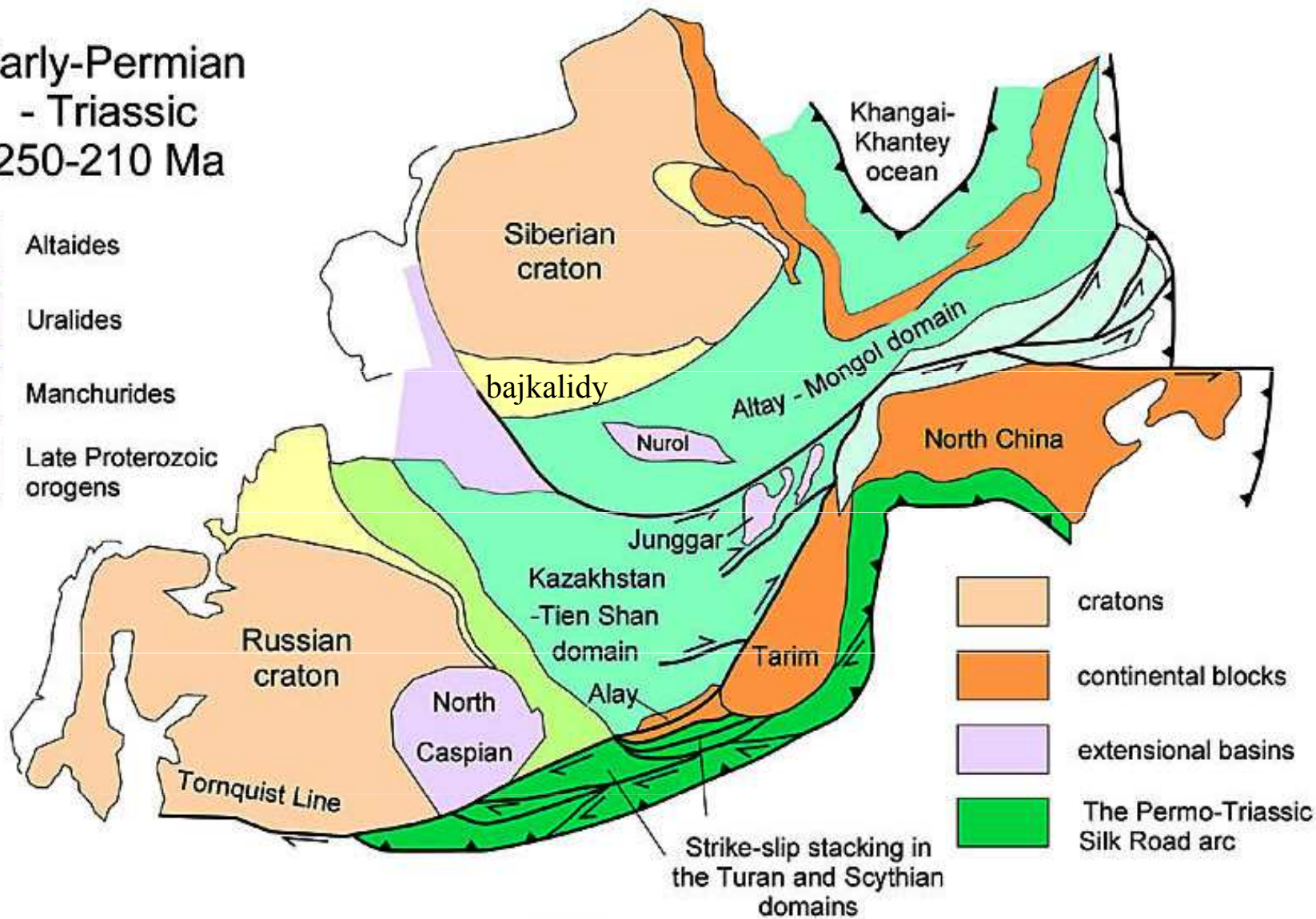


Fig. 9. Schematic section of accretionary prism showing sediment accretion through frontal accretion and basal accretion, and internal deformation of the wedge through contraction and extension (adapted from Kusky *et al.* 1997b). Particle paths are simplified net vectors and are drawn relative to backstop (see van Gool & Cawood 1994). Backstop is arc basement, and is composed of magmatic arc igneous rock or ophiolitic material.



Early-Permian - Triassic 250-210 Ma

- Altaides
- Uralides
- Manchurides
- Late Proterozoic orogens



- cratons
- continental blocks
- extensional basins
- The Permo-Triassic Silk Road arc

8300 km



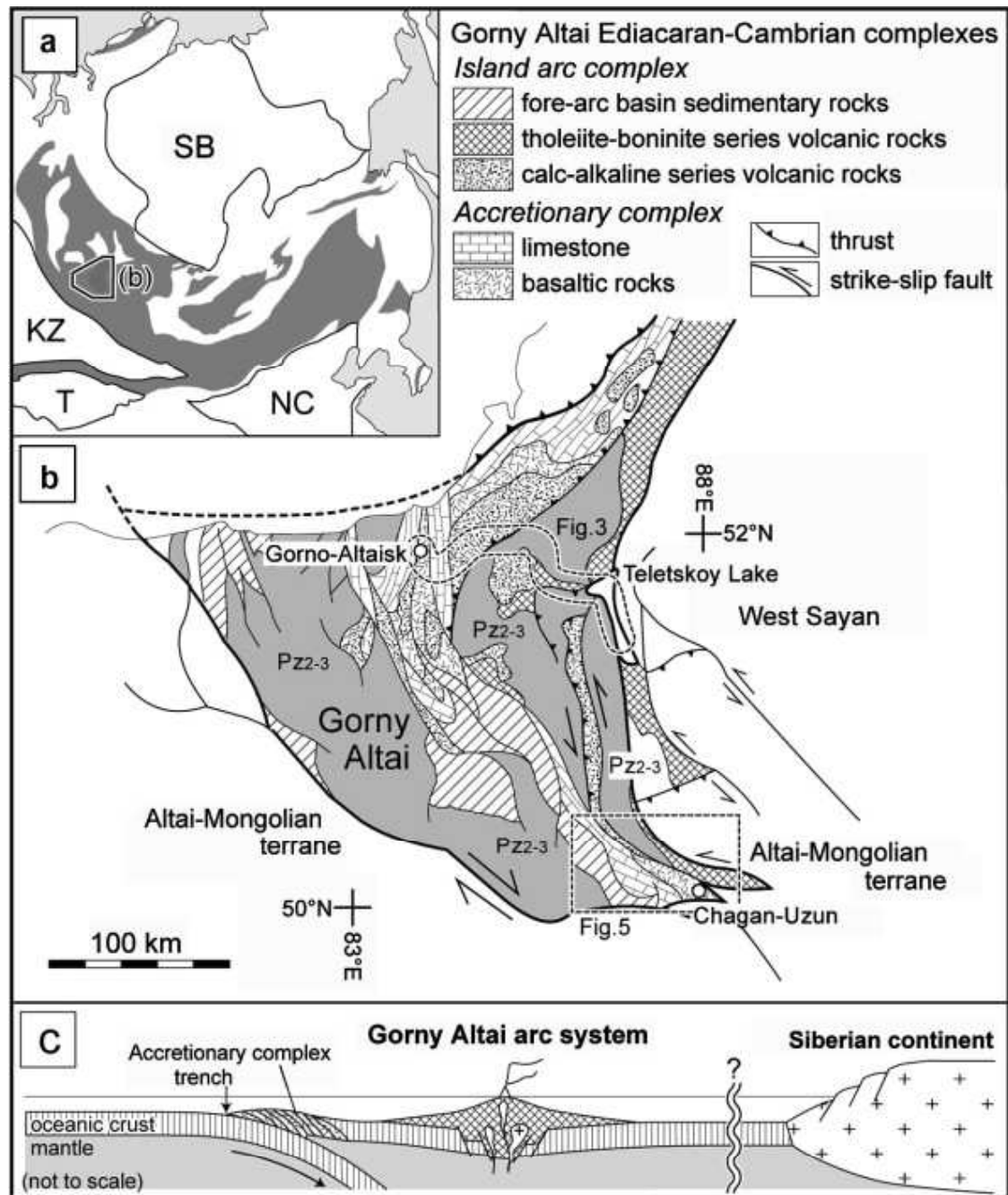
Paleo-Tethyan arc before shearing

6600 km



Paleo-Tethyan arc after late Permian shearing





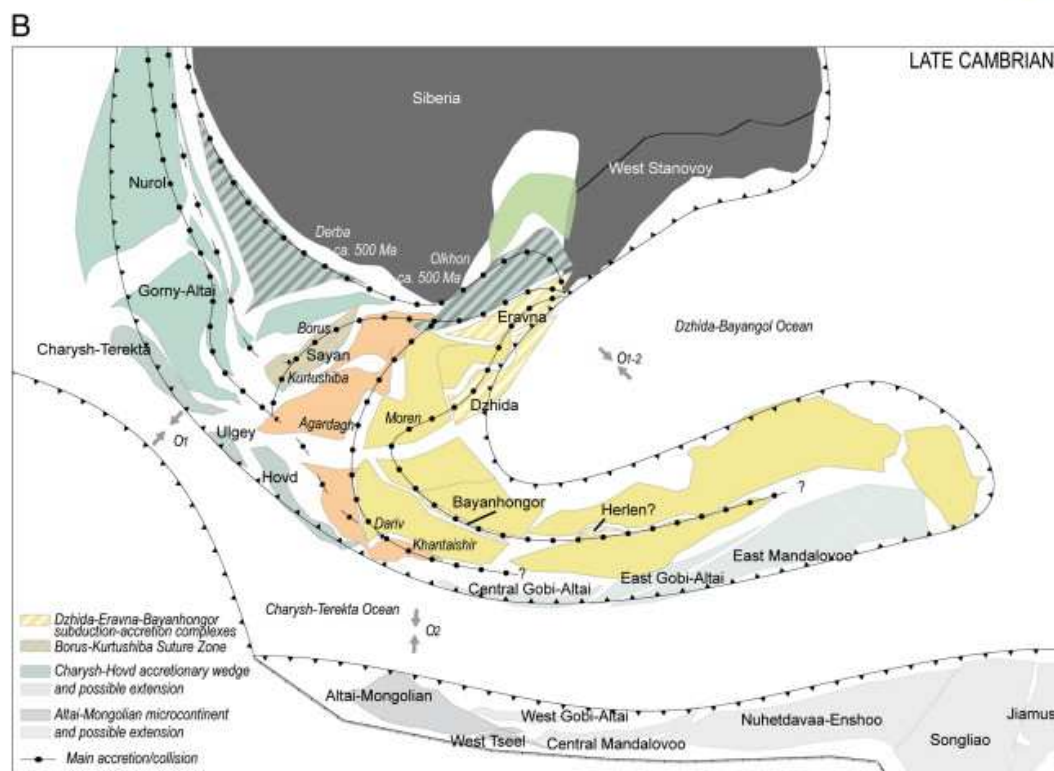
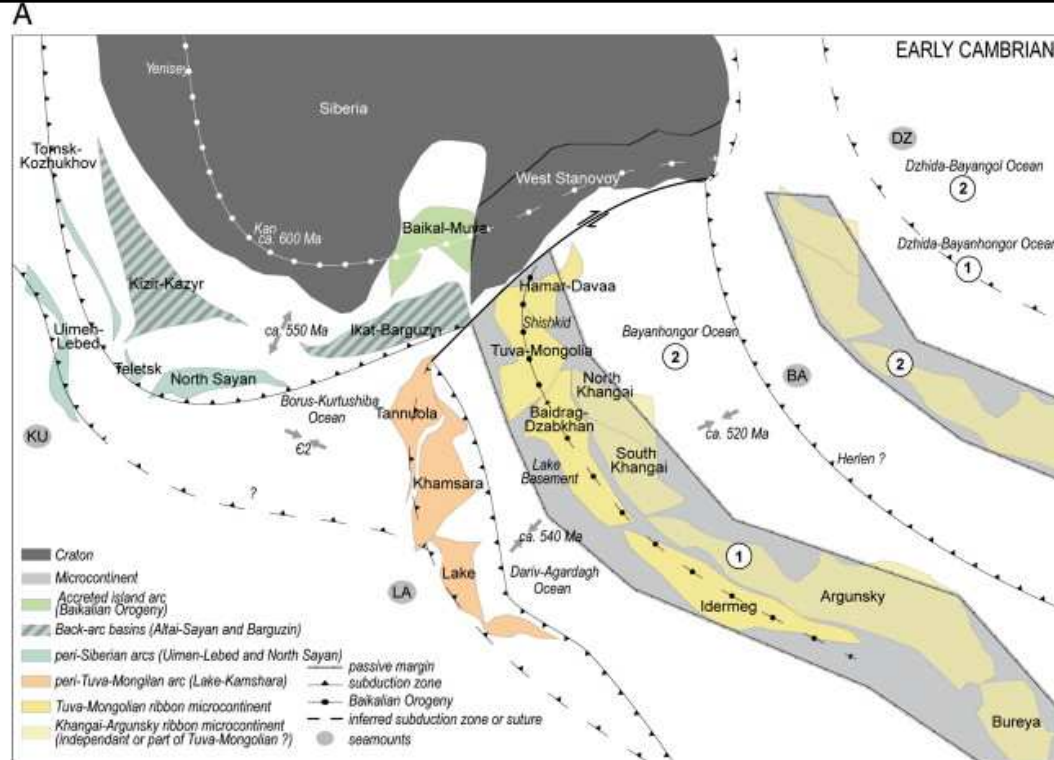
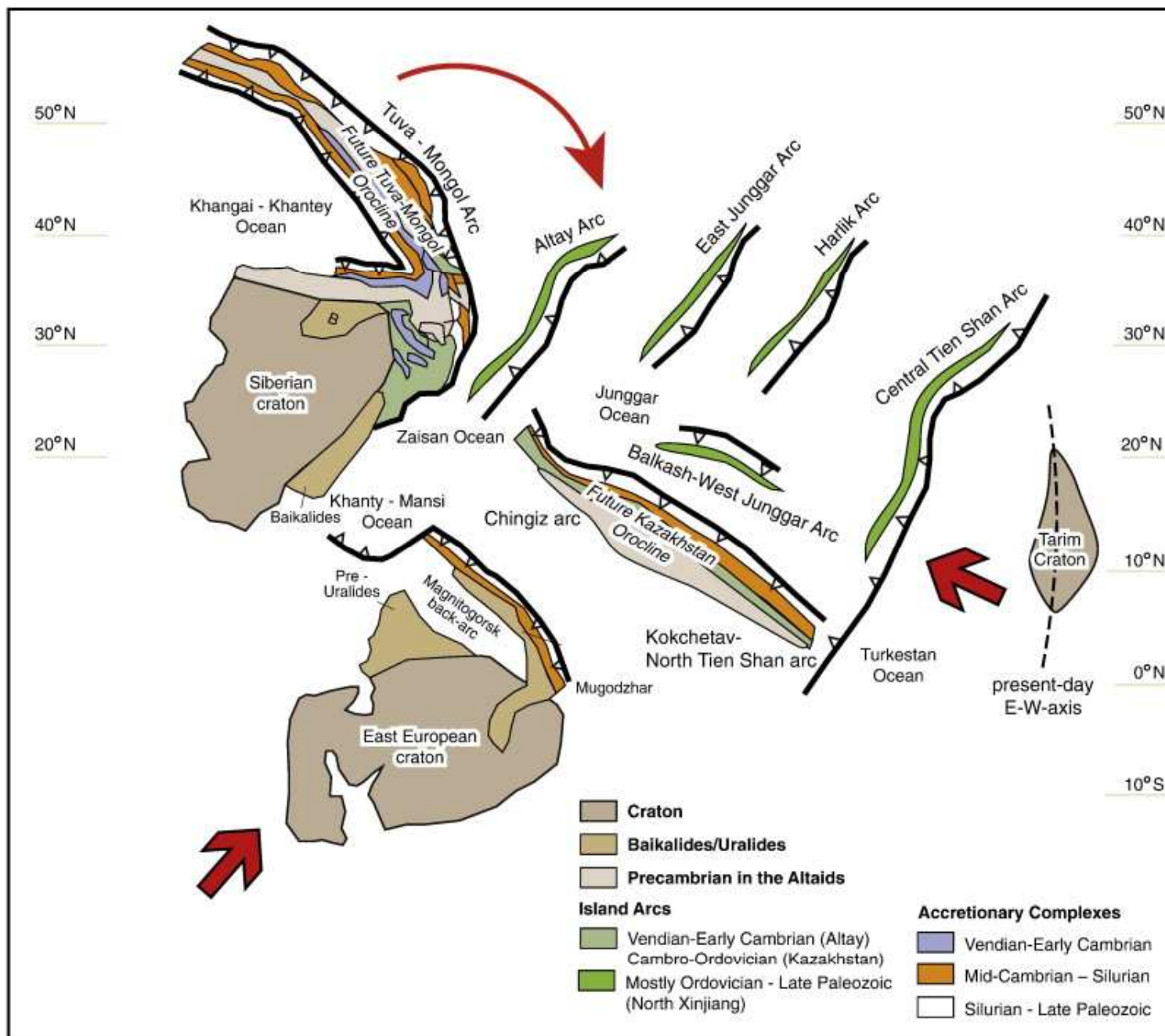


Fig. 5. A tentative tectonic sketch of the Vendian–Cambrian continental growth of Siberia (see Fig. 2 for zones and localities): A) Early Cambrian: two potential scenarios (1 and 2) for the formation of the Tuva-Mongolian Ribbon-microcontinent and the origin of the Bayanhongor Ocean; seamounts: KU: Kurai, BA: Bayanhongor, DZ: Dzhida, and LA: Lake; and B) Late Cambrian: Assuming scenario 1 (i.e. Khangai–Argunsky microcontinent as a part of the Tuva-Mongolian terrane, obduction of the Bayanhongor/Dzhida ophiolites on the microcontinent passive margin).





Tectonic reconstruction of the archipelago in the Western Altaids during the Middle Paleozoic



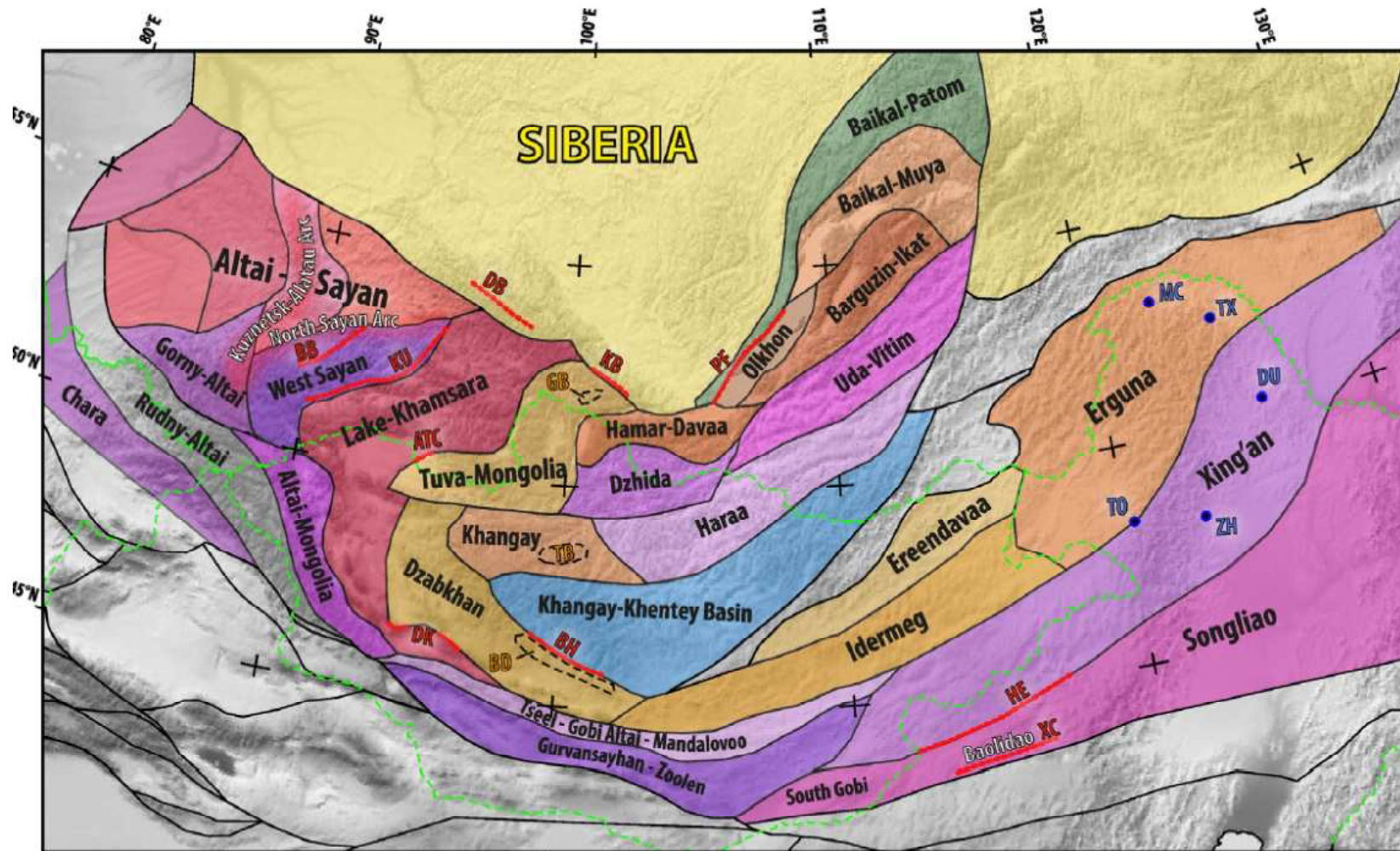
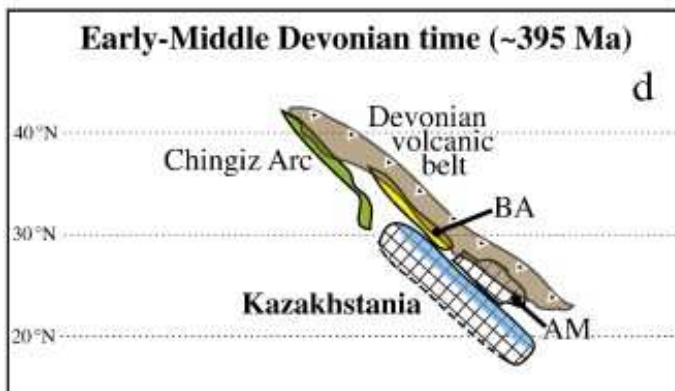
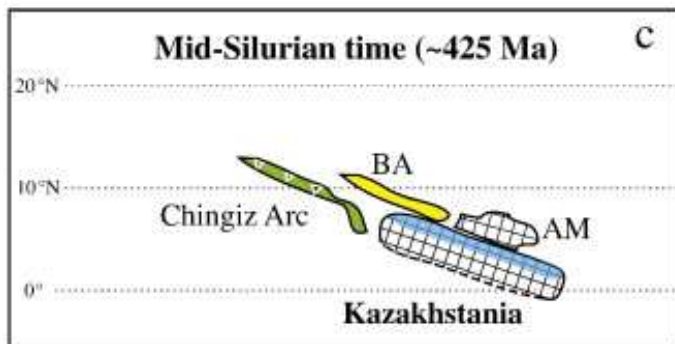
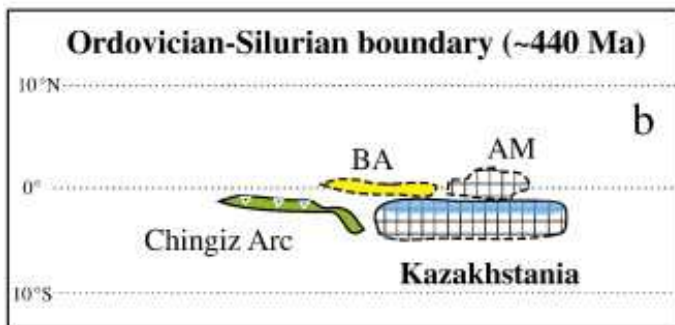
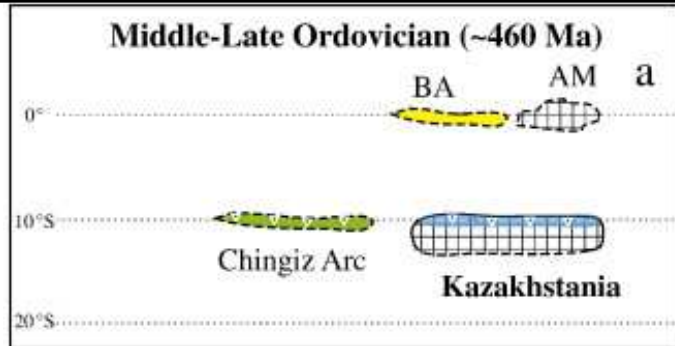


Figure 3. Overview map of southern Siberia (section 4.1) and central Mongolia (section 4.2). Polygon colors depict generalized tectonic environment classifications as in Fig. 2. Dotted red lines denote important boundaries discussed in the text: ATC, Agardagh Tes-Chem ophiolite; BB, Borus belt; BH, Bayankhongor ophiolite; DB, Derba belt; DK, Dariv-Khantaishir ophiolite; HE, Hegenshan ophiolite; KB, Kitoikin belt; KU, Kurtushiba belt; PF, Primorsky fault; XC, Xilinhot complex. Dashed black lines denote Precambrian continental blocks: BD, Baydrag; GB, Gargan; TB, Tarvagatay. Blue circles denote areas discussed in the text: DU, Duobaoshan area; MC, Mohe complex; TO, Toudaoqiao complex; TX, Tahe-Xinghuadukou area; ZH, Zhalantun area. Dashed green lines show modern political boundaries for reference

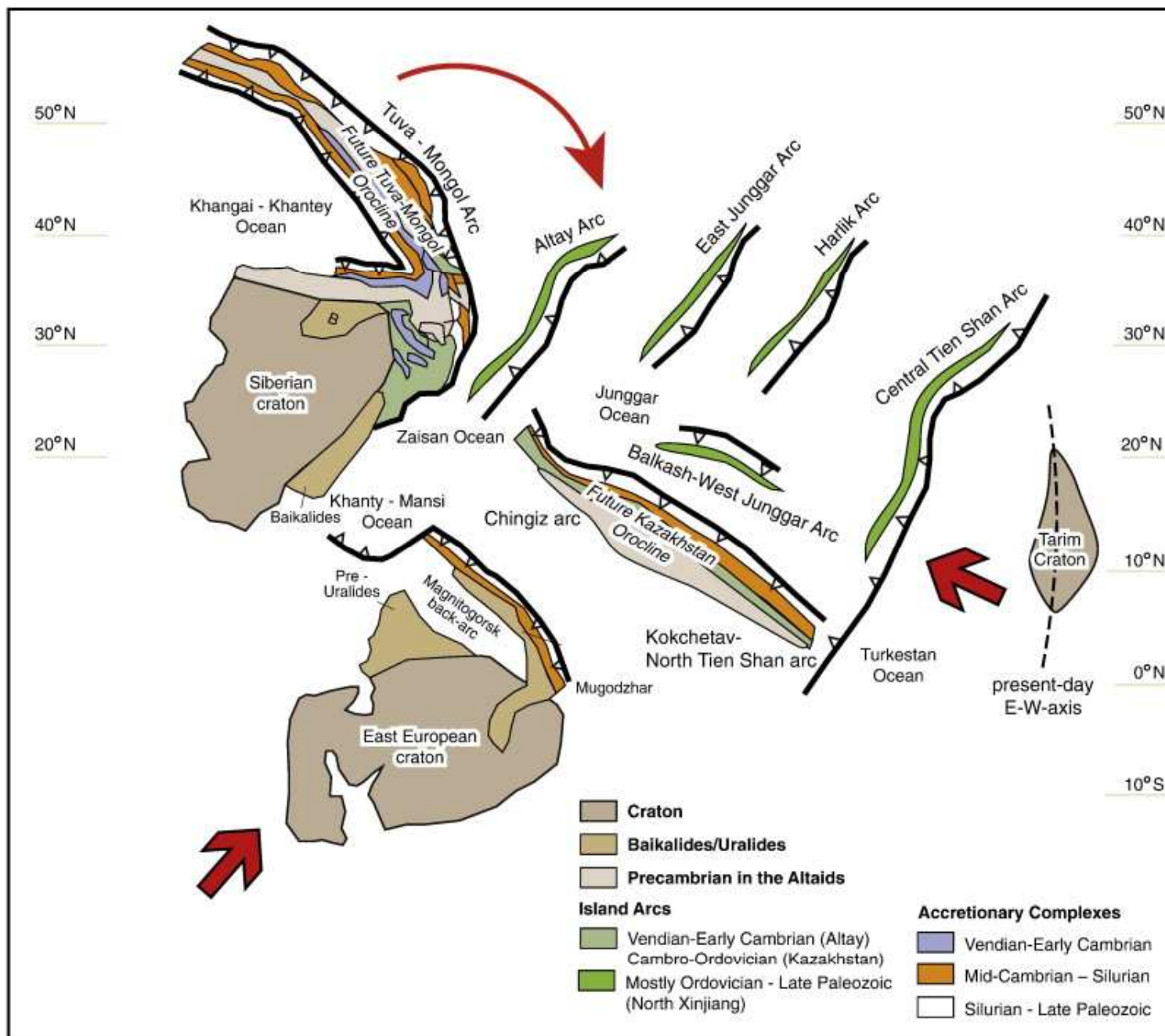


Kazakh continent

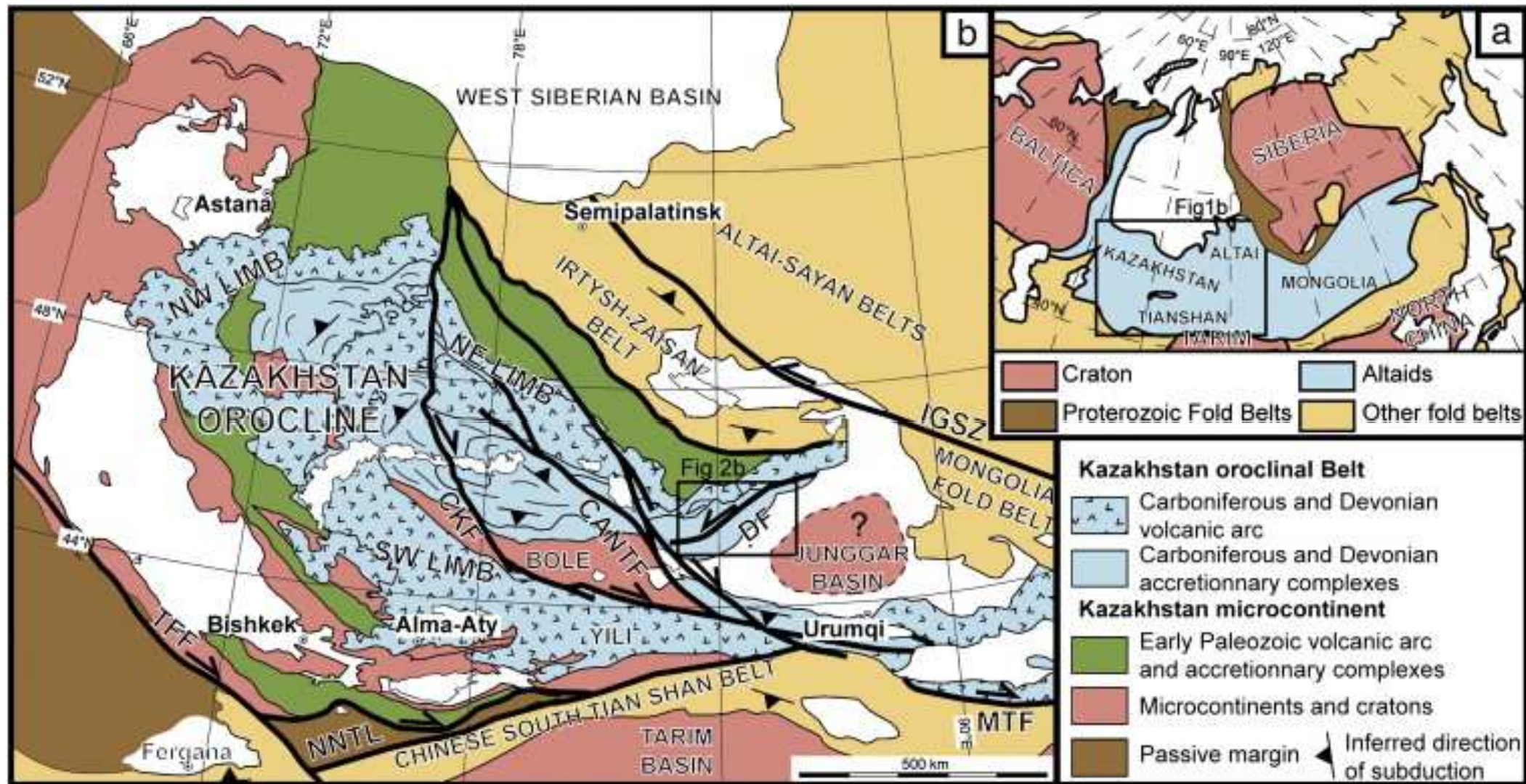


-  Microcontinents with Precambrian basement (AM - Aktau-Mointy Massif)
-  Middle Cambrian-Early Silurian Chingiz island arc
-  Middle-Late Ordovician Baydaulet-Akbastau island arc (BA)
-  Middle-Late Ordovician North Tien Shan - Stepnyak active continental margin
-  Late Silurian - Middle Devonian volcanic belt (DVB)





Tectonic reconstruction of the archipelago in the Western Altaids during the Middle Paleozoic



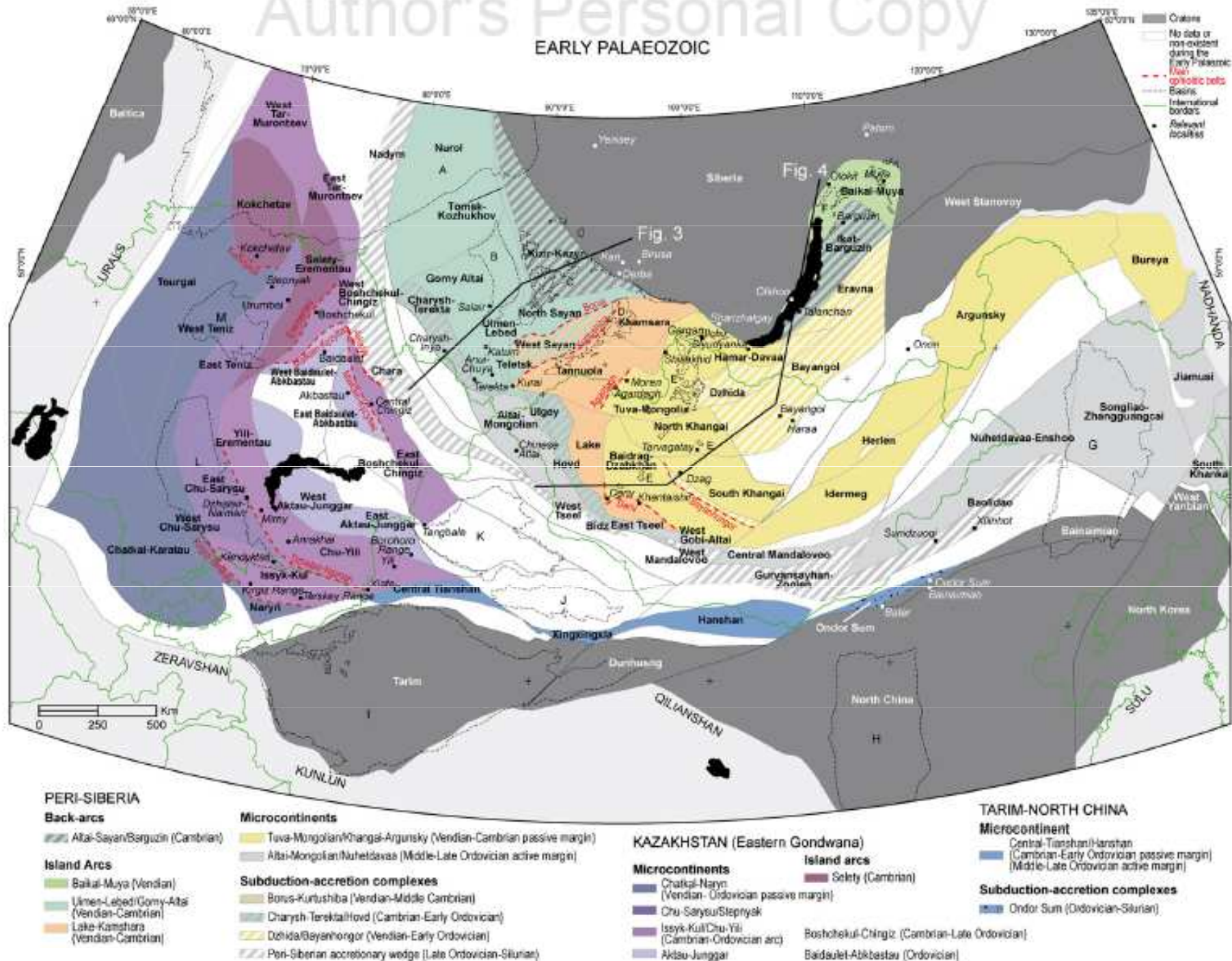
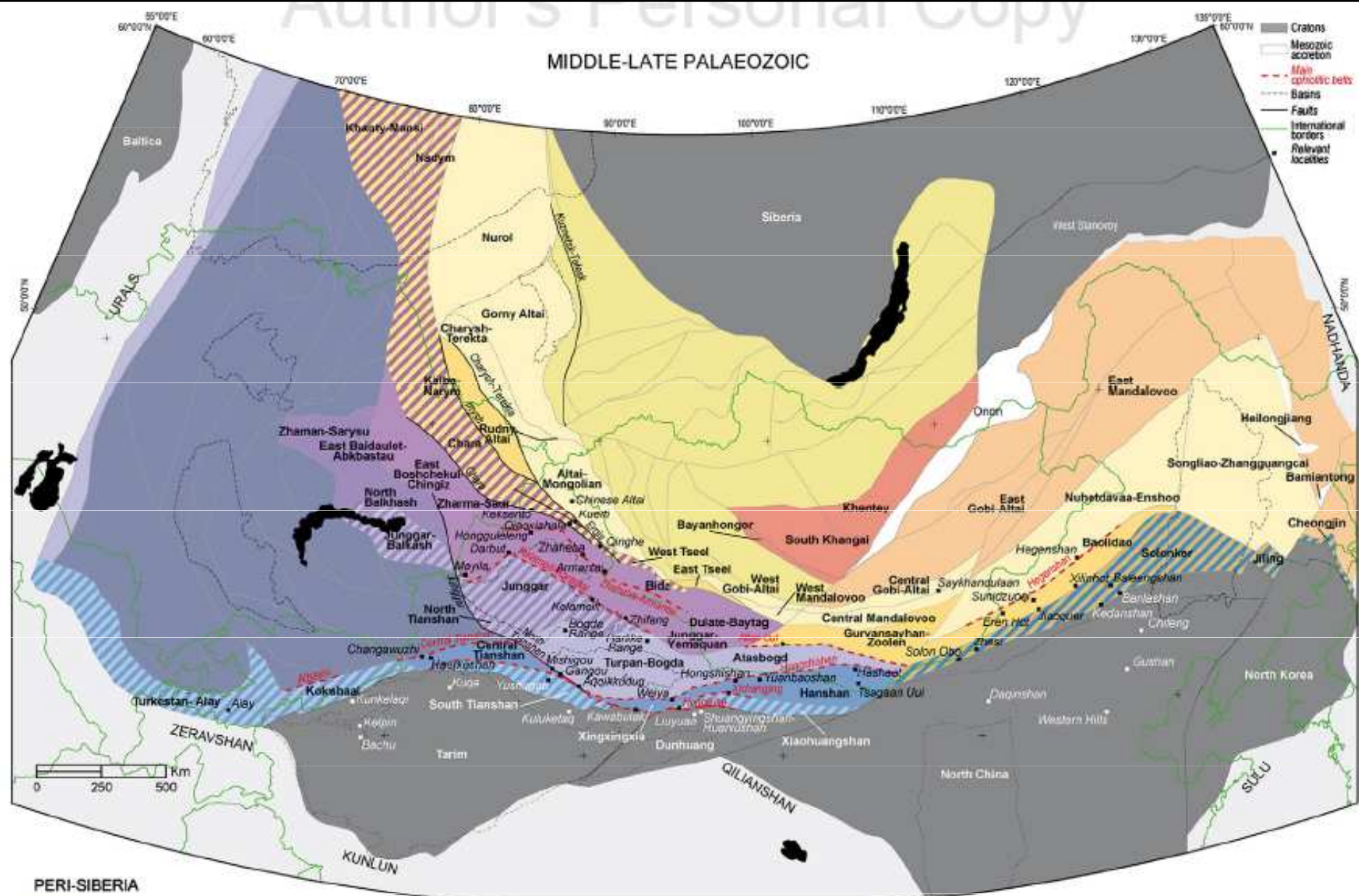


Fig. 2. Map showing the major terranes involved in the Early Palaeozoic formation of the Altaids; most zones (regular and bold text) were adapted from Sengör and Natal'in (1996), Badarch et al. (2002), Naumova et al. (2006) and Windley (2007); boundaries of zones are precisely defined after Wilhem (2010). See names of white zones in Fig. 9. Capital letters: Major basins: A: West Siberian, B: Kuznetsk, C: Altai-Sayan, D: Khemchik-Sst'gkhem, E: Huvagol-Bokson, F: Upper Ang... G: Songliao, H: Ordos, I: Tarim, J: Turfan, K: Junggar, L: Chu-Sarysu, and M: Teniz. Black lines: Stratigraphic transects presented in Figs. 3 and 4. This figure is in part derivative from the Nexlex Geodynamic Earth Model. © Nexlex Petroleum Consultants Ltd.



- Cratons
- Mesozoic accretion
- - - Main suture belts
- Basins
- Faults
- International borders
- Relevant localities

PERI-SIBERIA

- Peri-Siberian Continent (Early Palaeozoic accreted terranes)
- Devonian-Carboniferous back-arc basins (continental basin or margin)
- Middle-Late Palaeozoic peri-continental arc
- Khangai-Khenley Terrane of the Mongol-Okhotsk Realm (Devonian-Carboniferous)
- Mongolian Terrane (Silurian through Jurassic-Cretaceous)

KAZAKHSTAN

- Kazakhstan Continent (Pre-Silurian amalgamation) with Devonian-Carboniferous arc in its eastern part
- Devonian-Carboniferous arcs and accretionary wedges
- Middle-Late Palaeozoic Zharma-Junggar arcs
- Silurian-Devonian Zhaman-Sarysu accretionary wedge
- Junggar-Balkash "suture zone" (Late Carboniferous to Permian, northeastward diachronous formation)

TARIM-NORTH CHINA

- Central Tianshan-Hanshan microcontinent (accreted to Kazakhstan during the Devonian)

MAIN SUTURES ZONES

- Xichuangshan-South Tianshan-Turkestan (Early Devonian to Late Carboniferous, westward diachronous formation)
- Chara (Late Carboniferous to Permian, southeastward diachronous formation)
- Solonker (Late Permian-Early Triassic)

Fig. 9. Map showing the major terranes involved in the Middle-Late Palaeozoic formation of the Altai; the zones (regular and bold text) are mainly after the maps of Sengör and Natal'in (1996), Badarch et al. (2002), Naumova et al. (2006), Windley et al. (2007); precise zone boundaries are after Wilhem (2010). See name of zones forming the Kazakhstan, Peri-Siberian and Mongolian continents in Fig. 2. Capital letters: Some major basins (see legend of Fig. 2). This figure is in part derivative from the Neftekh Geodynamic Earth Model. © Neftekh Petroleum Consultants Ltd.

EARLY DEVONIAN (KASKASKIA I)

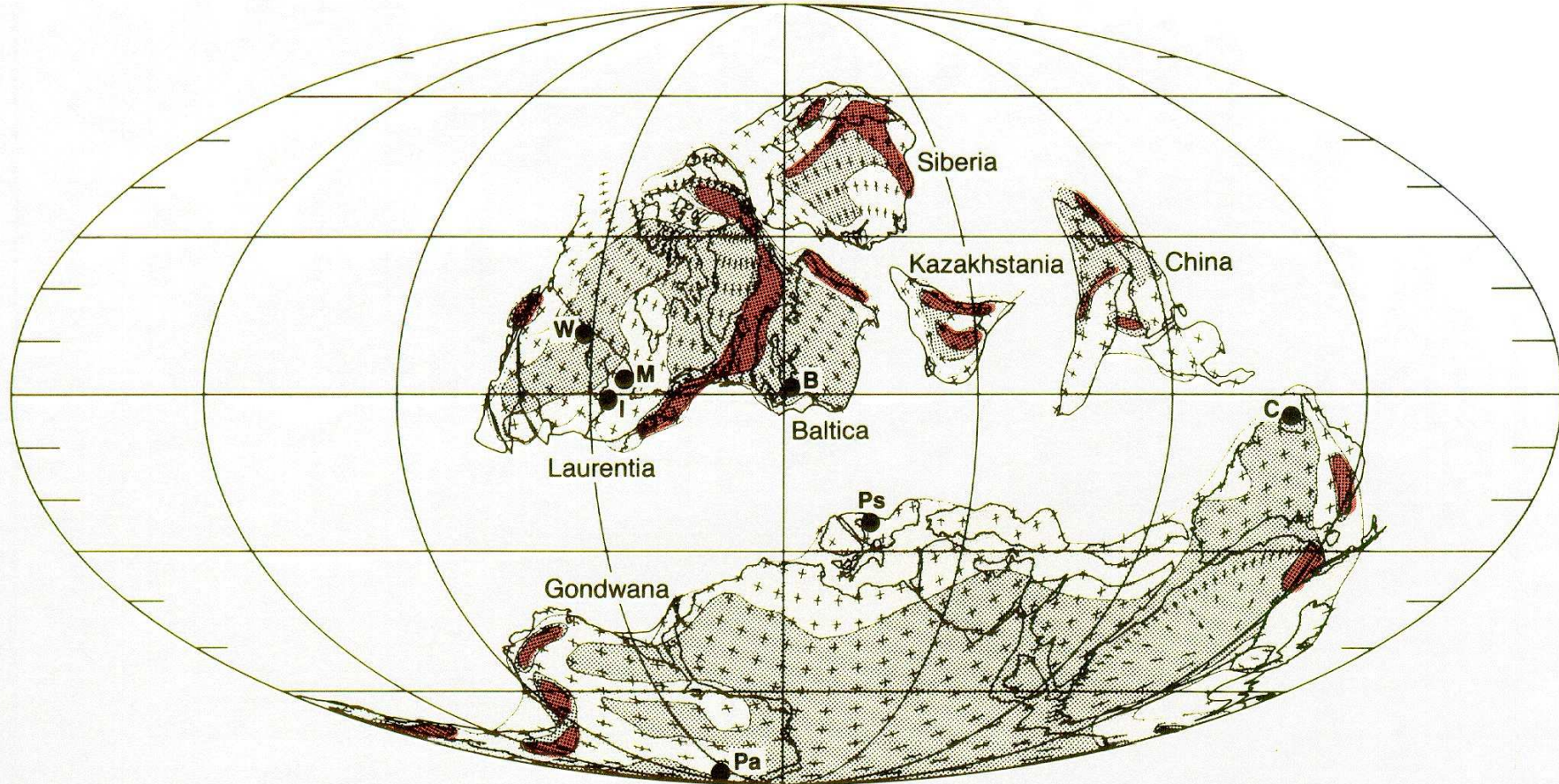


Figure 21. Early Devonian (Emsian) paleogeography during Kaskaskia I deposition (395–390 Ma) (after Scotese et al., 1979).

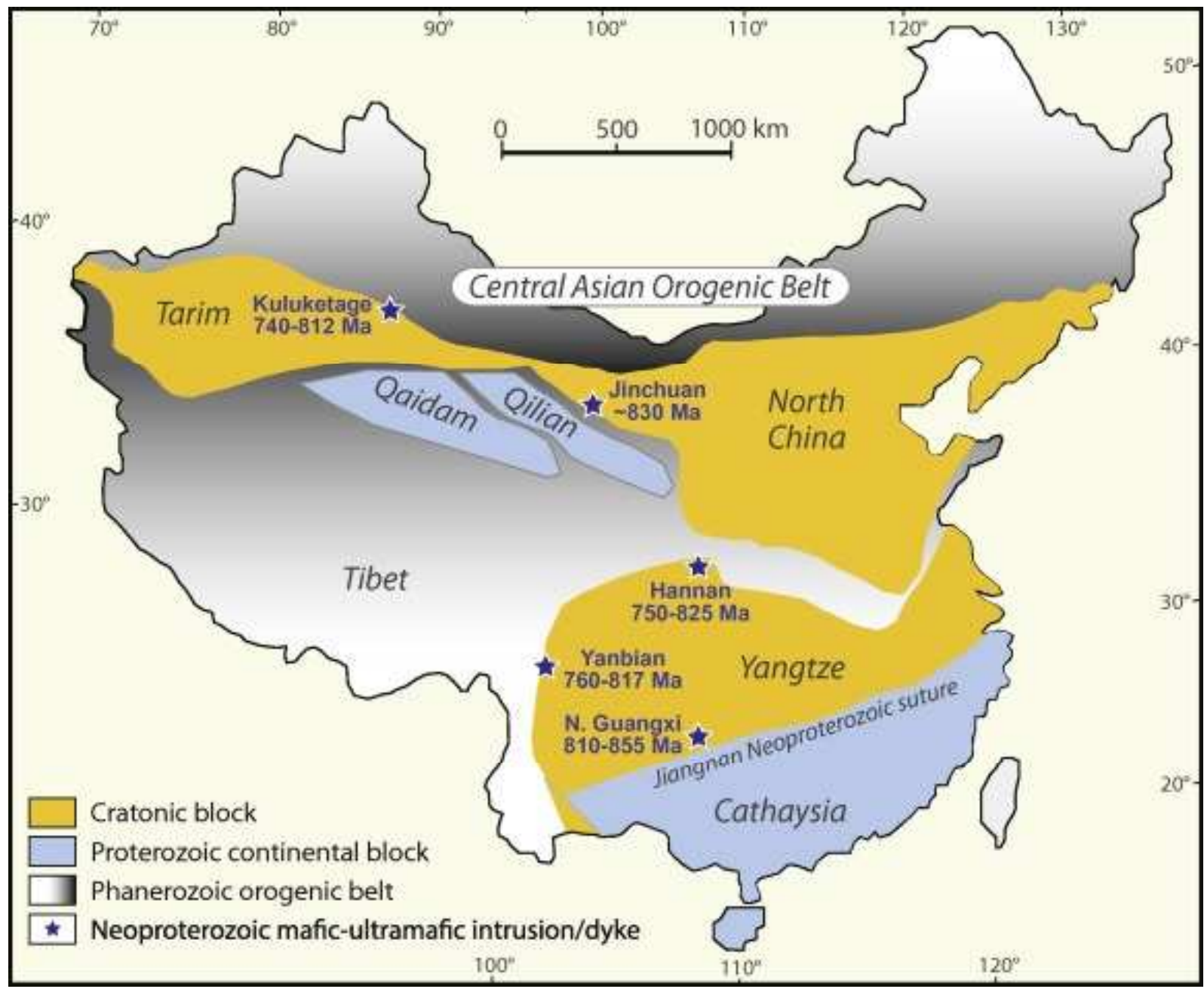


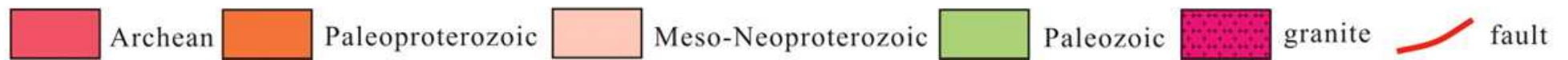
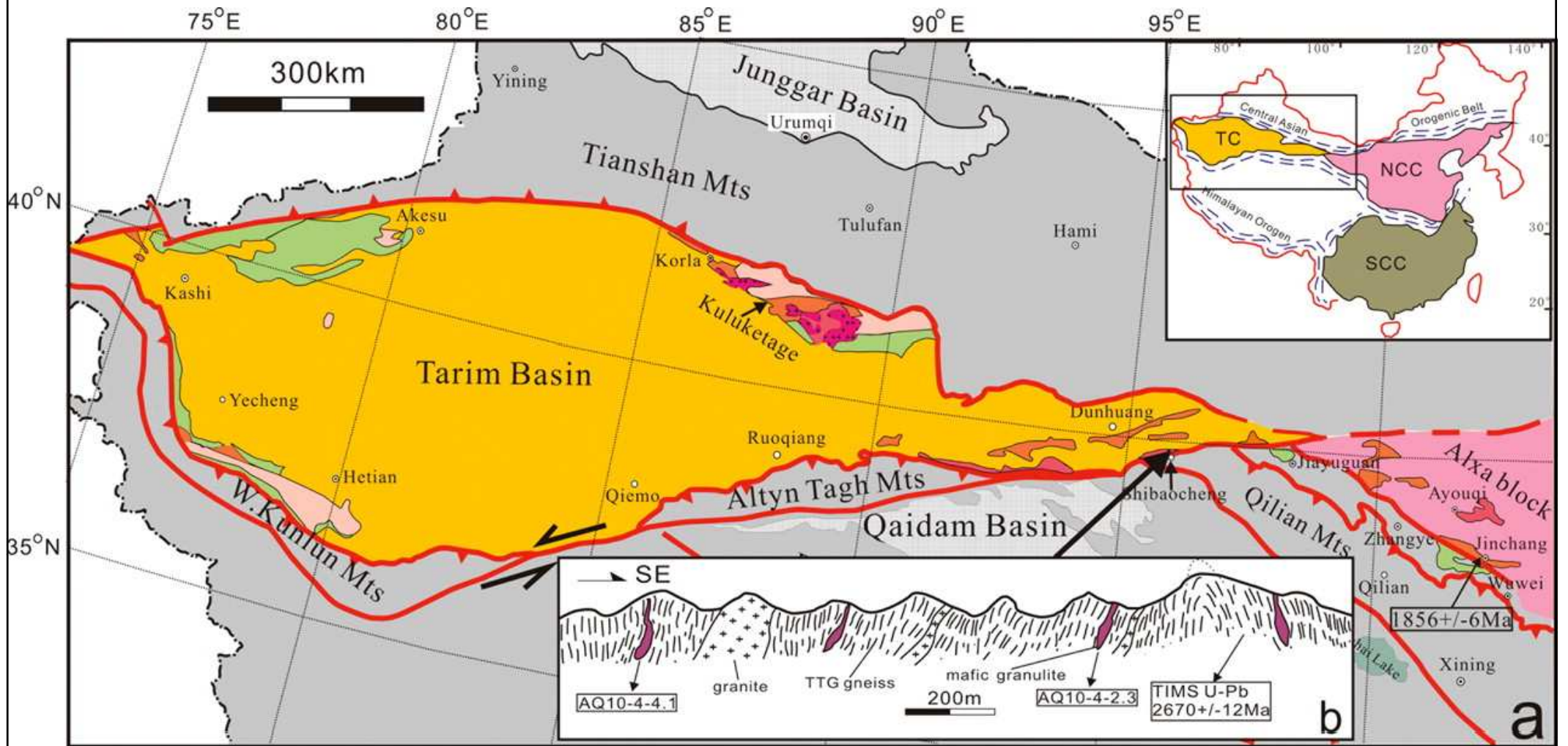
Intermediate Zone

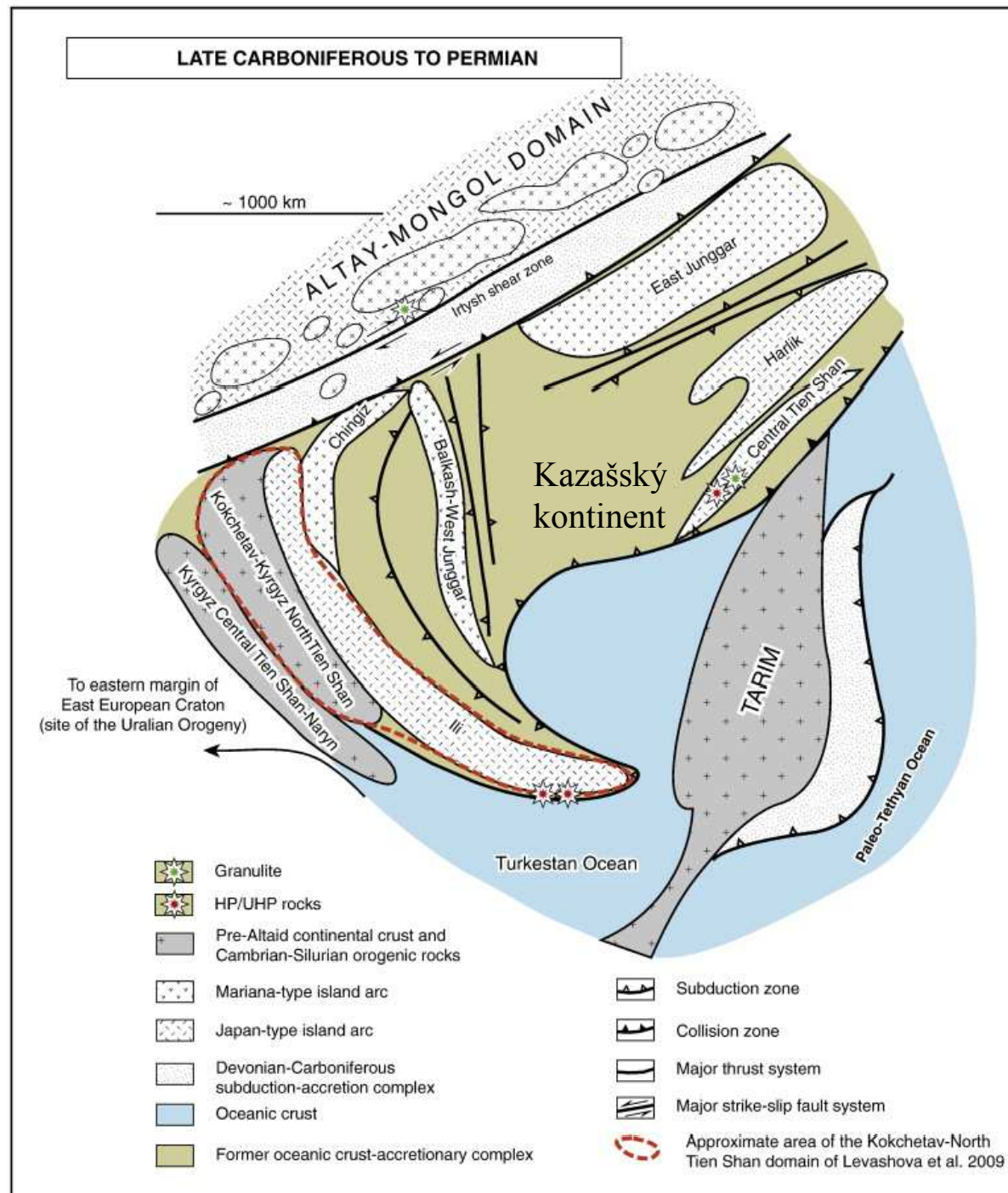
Akrece v paleozoiku, popř. na začátku mesozoika

Tarim-Karakum, Qaidam, Qilian, Alashan terranes, Chinese terranes







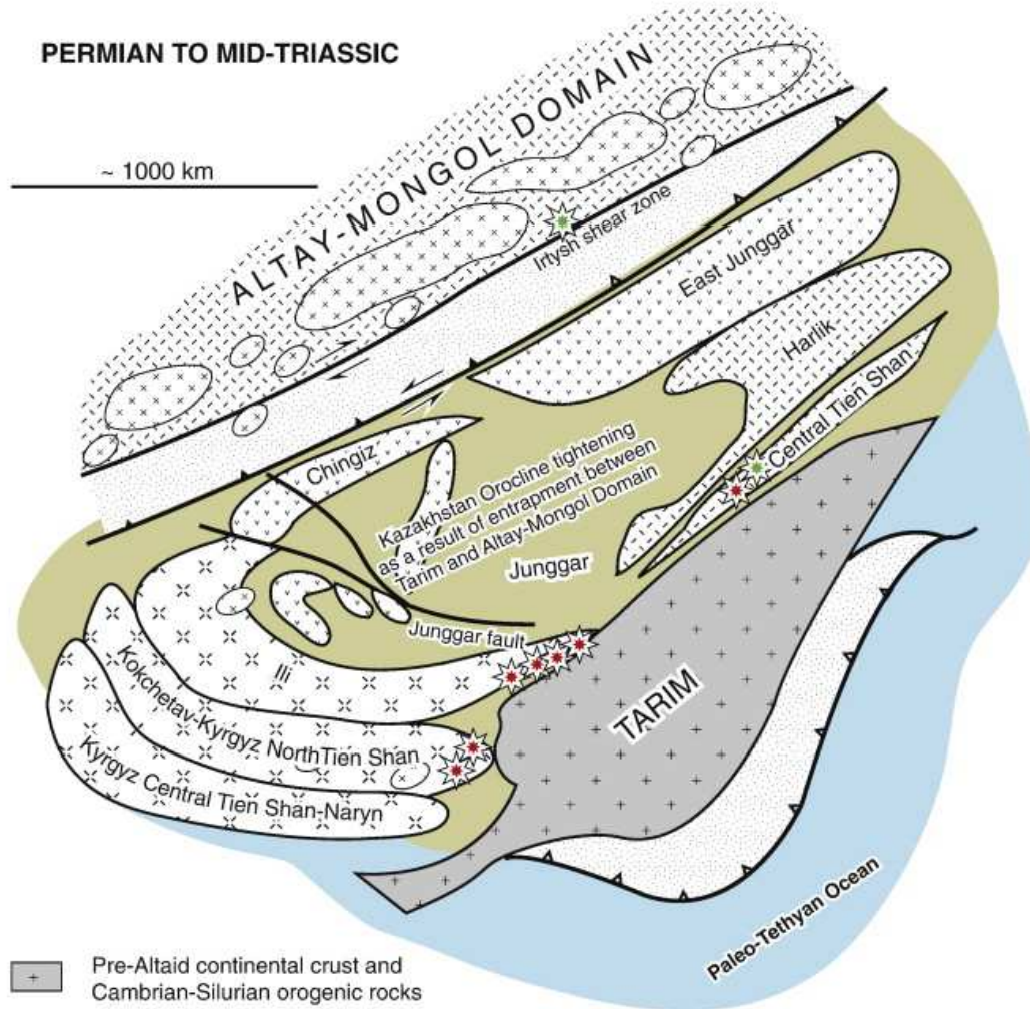


Tectonic reconstruction of the archipelago in the Western Altsids during the late Carboniferous to Permian. The granulite in Central Tien Shan is after Li and Zhang (2004).



PERMIAN TO MID-TRIASSIC

~ 1000 km



- | | | | |
|--|---|--|--------------------------------|
| | Pre-Altaid continental crust and Cambrian-Silurian orogenic rocks | | Granulite |
| | Alaska-type arc system | | HP/UHP rocks |
| | Mariana-type arc system | | Subduction zone |
| | Japan-type arc system | | Collision zone |
| | Devonian-Carboniferous subduction-accretion complex | | Major thrust system |
| | Oceanic crust | | Major strike-slip fault system |
| | Former oceanic crust-accretionary complex | | |

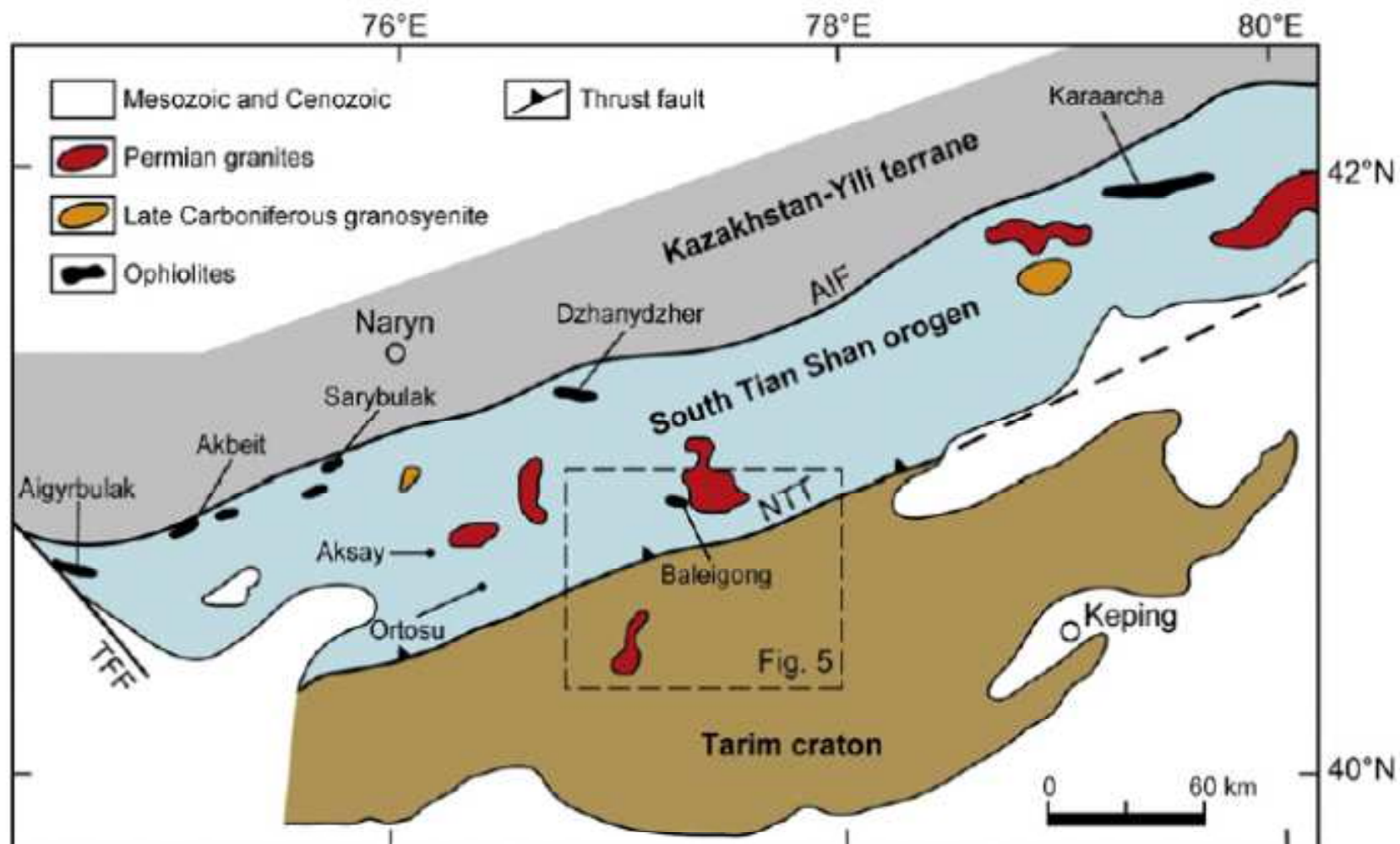


Fig. 4. Sketch map showing distributions of main ophiolites and the latest Carboniferous and Permian granitoid plutons in China–Kyrgyzstan contiguous regions (modified from Burtman, 2008). AIF — Atbashy–Inylchek Fault, TFF — Talas–Fergana Fault, and NTT — North Tarim Thrust.



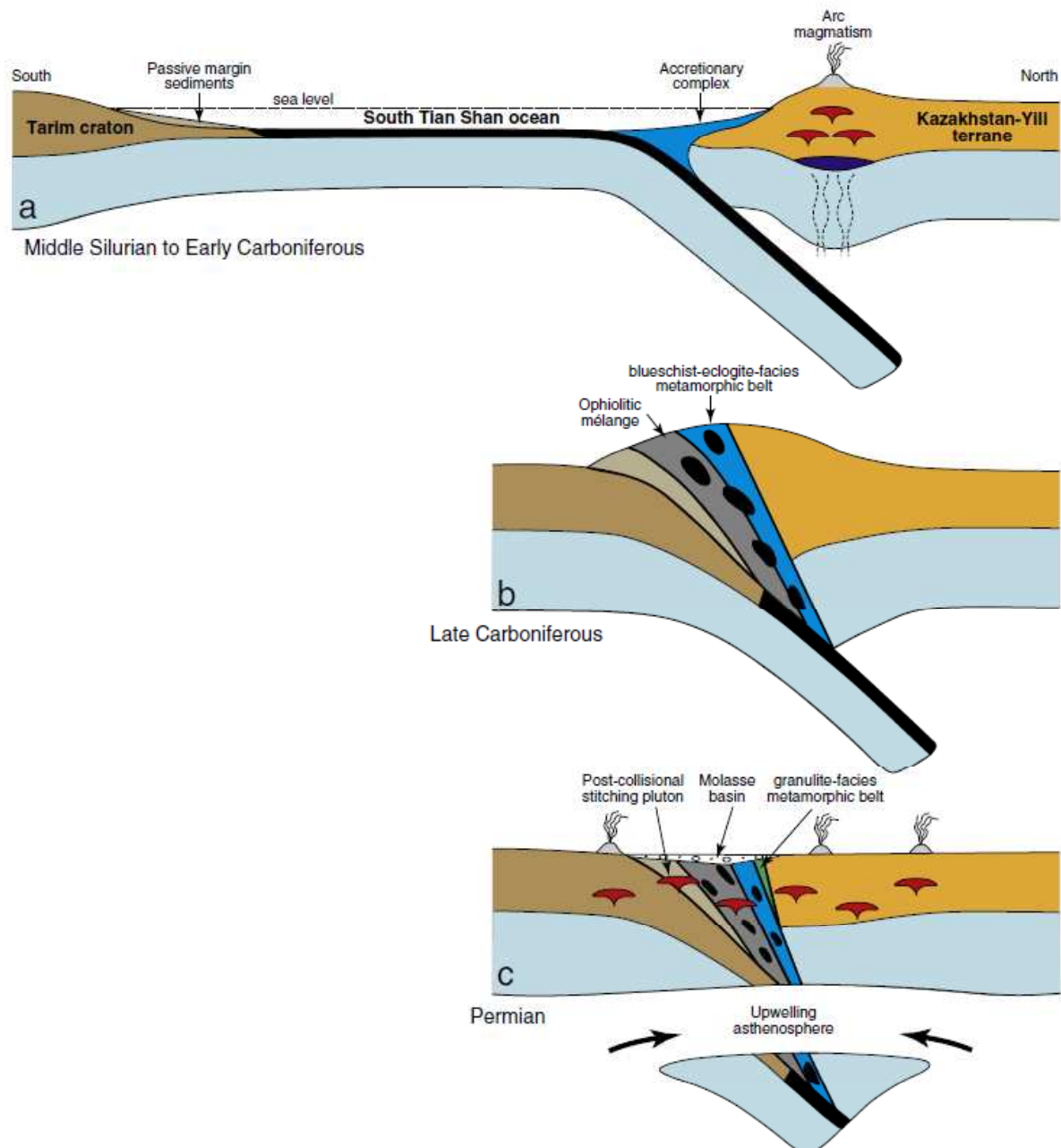
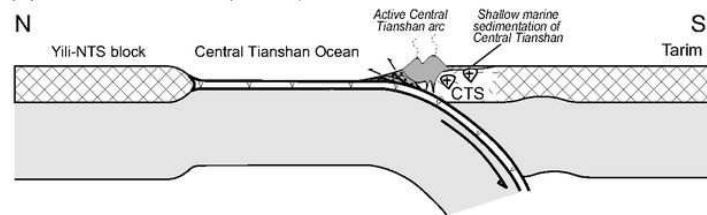
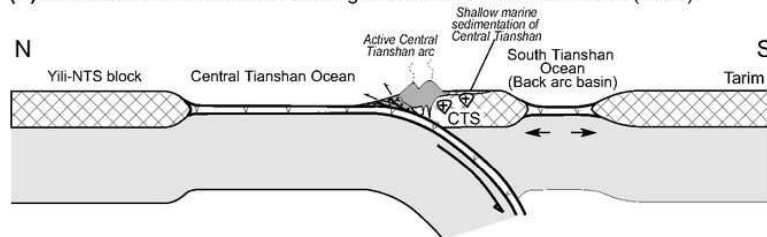


Fig. 10. Schematic model illustrating tectonic evolution of the western segment of the South Tian Shan Orogen in China–Kyrgyzstan contiguous regions. (a) Northward subduction of the South Tian Shan Ocean beneath the Kazakhstan–Yili terrane during the Middle Silurian to Early Carboniferous generated the southern arc magmatic belt of the Kazakhstan–Yili terrane; (b) exhumation of high to ultrahigh pressure metamorphic rocks during the Late Carboniferous collision between the Tarim craton and the Kazakhstan–Yili terrane, which were seldom accompanied by syn-collisional magmatism; and (c) Permian post-collisional plutonism, molasse sedimentation, and local low pressure, high temperature metamorphism. The post-collisional magmatism might be caused by delamination of the thickened lithospheric root, accompanied by upwelling of the asthenosphere, and the resultant plutons crosscut the high to ultrahigh pressure metamorphic belt, ophiolitic mélangé and previous passive margin of the Tarim craton.

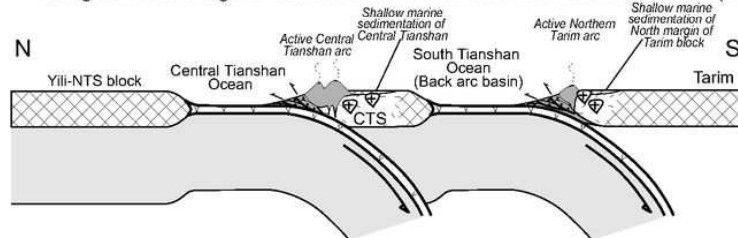
(A) Oceanic subduction (O_3-S_1 ?)



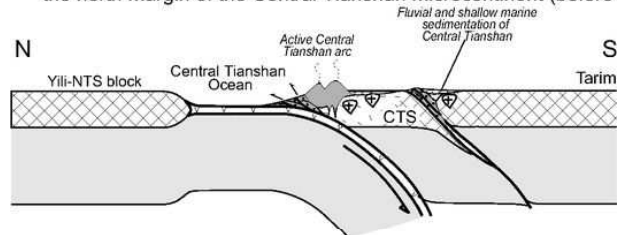
(B) back-arc extension and the forming of the South Tianshan Ocean (S_1-S_3)



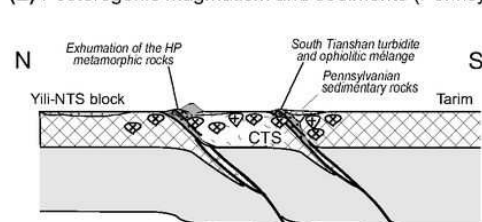
(C) Oceanic subduction of Central and South Tianshan and occurrence of magmatic arc along the north margin of Central Tianshan microcontinent and Tarim block (S_3-C_1)

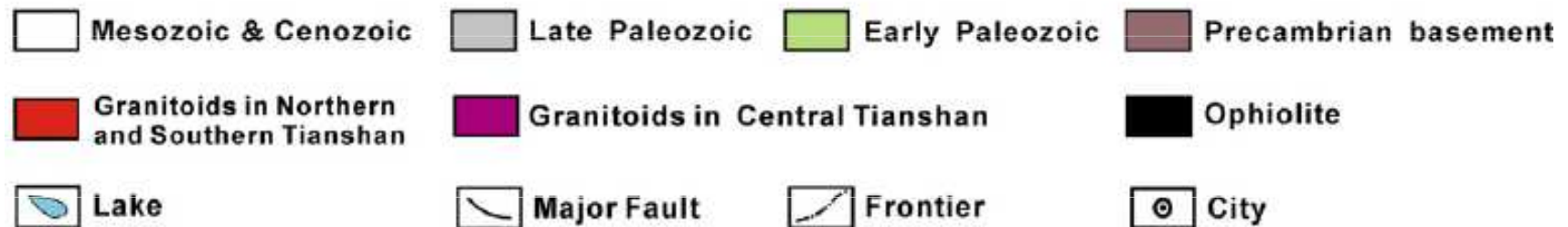
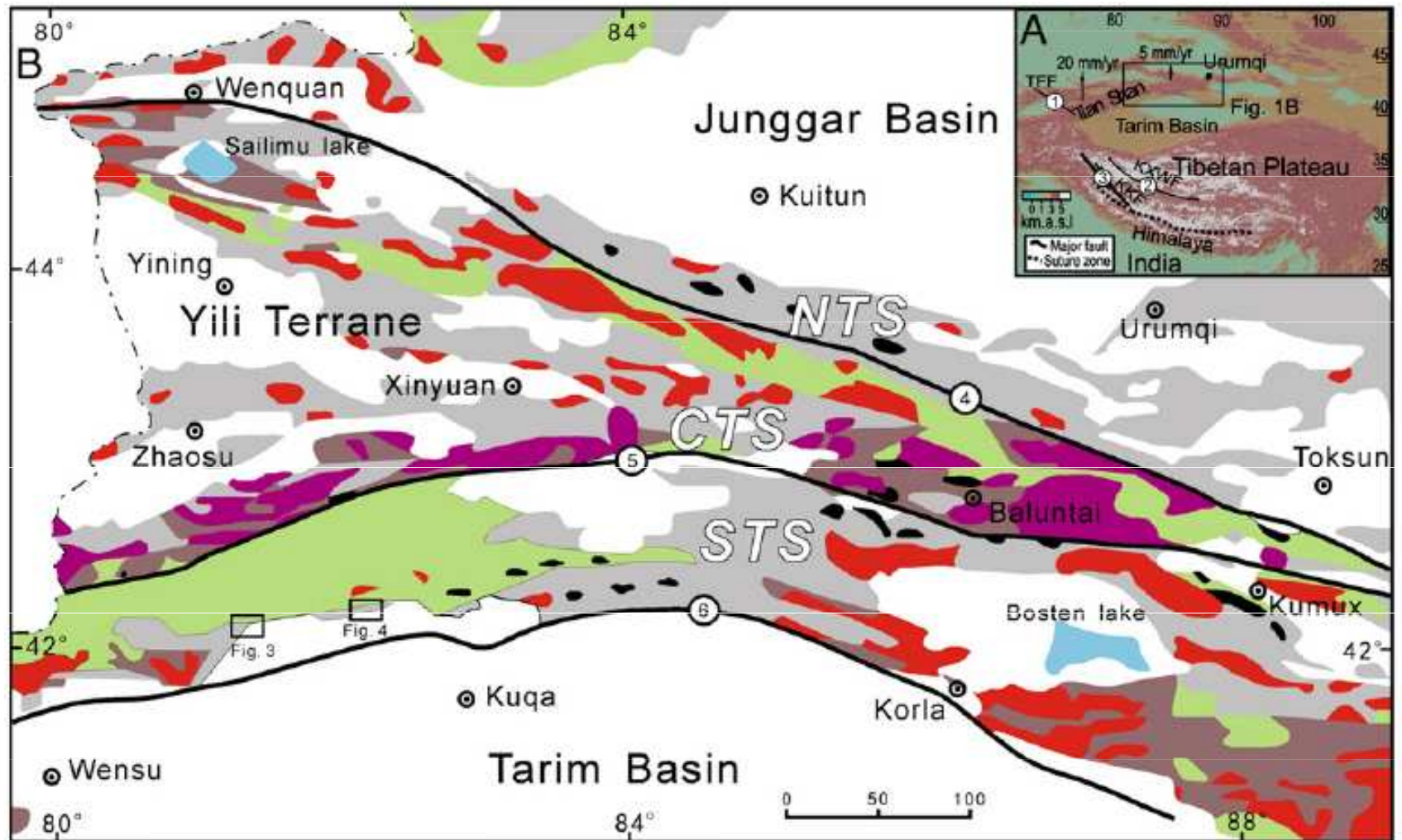


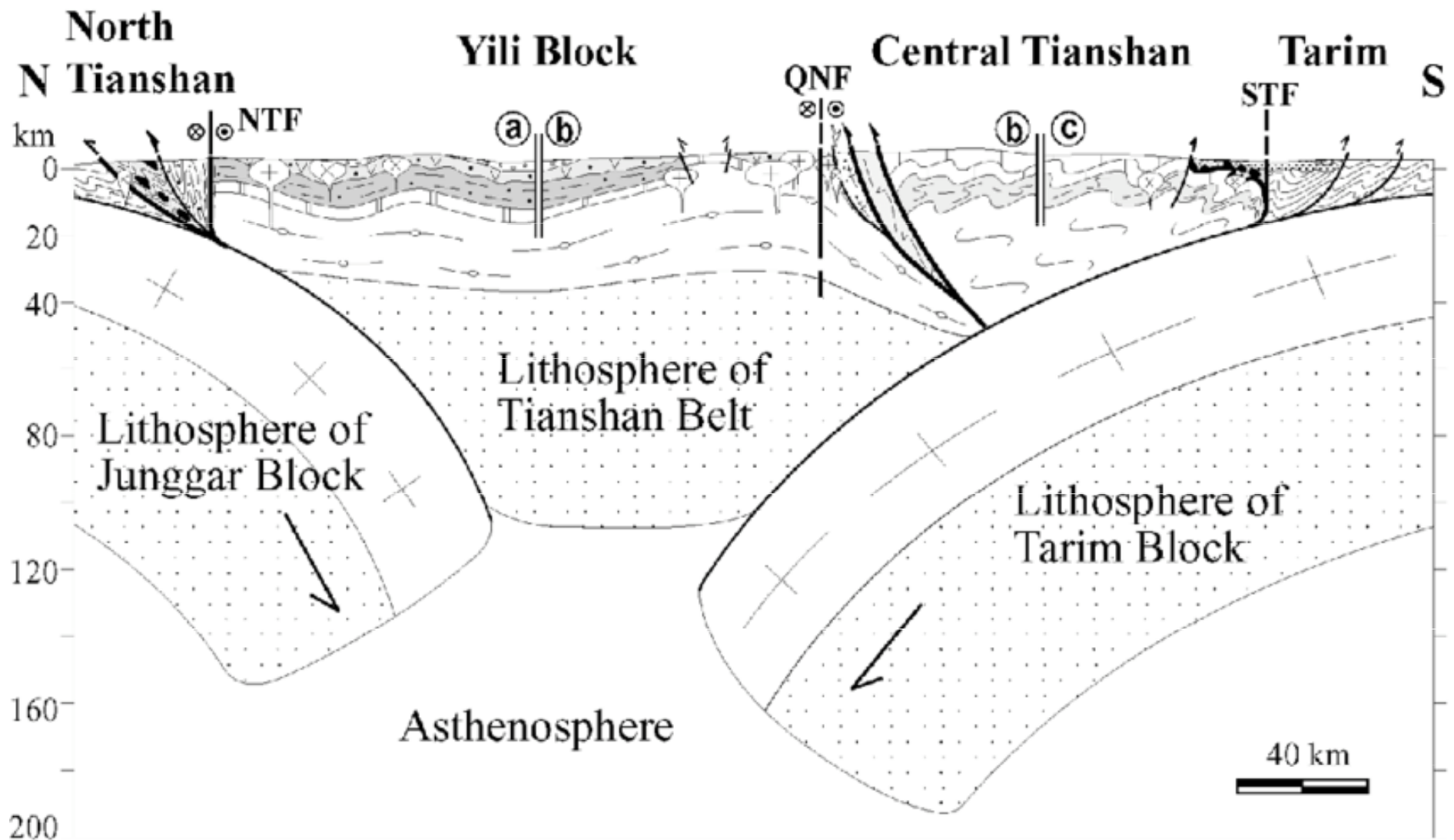
(D) Closure of South Tianshan Ocean and continuance of the magmatic arc along the north margin of the Central Tianshan microcontinent (before Pennsylvanian)



(E) Postorogenic magmatism and sediments (Pennsylvanian)







Permian-Mesozoic-Cenozoic deposits

Permian alkaline plutonic rocks

Carboniferous sedimentary rocks

Carboniferous turbidite (accretionary prism)

Carboniferous arc volcanic and sedimentary rocks

Carboniferous calc-alkaline granitoids

Ophiolitic mélange

Lower-Middle Paleozoic rocks

Late Silurian-Devonian carbonate

Ordovician-Silurian volcano-sedimentary rocks

Greenschist/blueschist HP metamorphic rocks

Sinian carbonate

Foreland fold belt

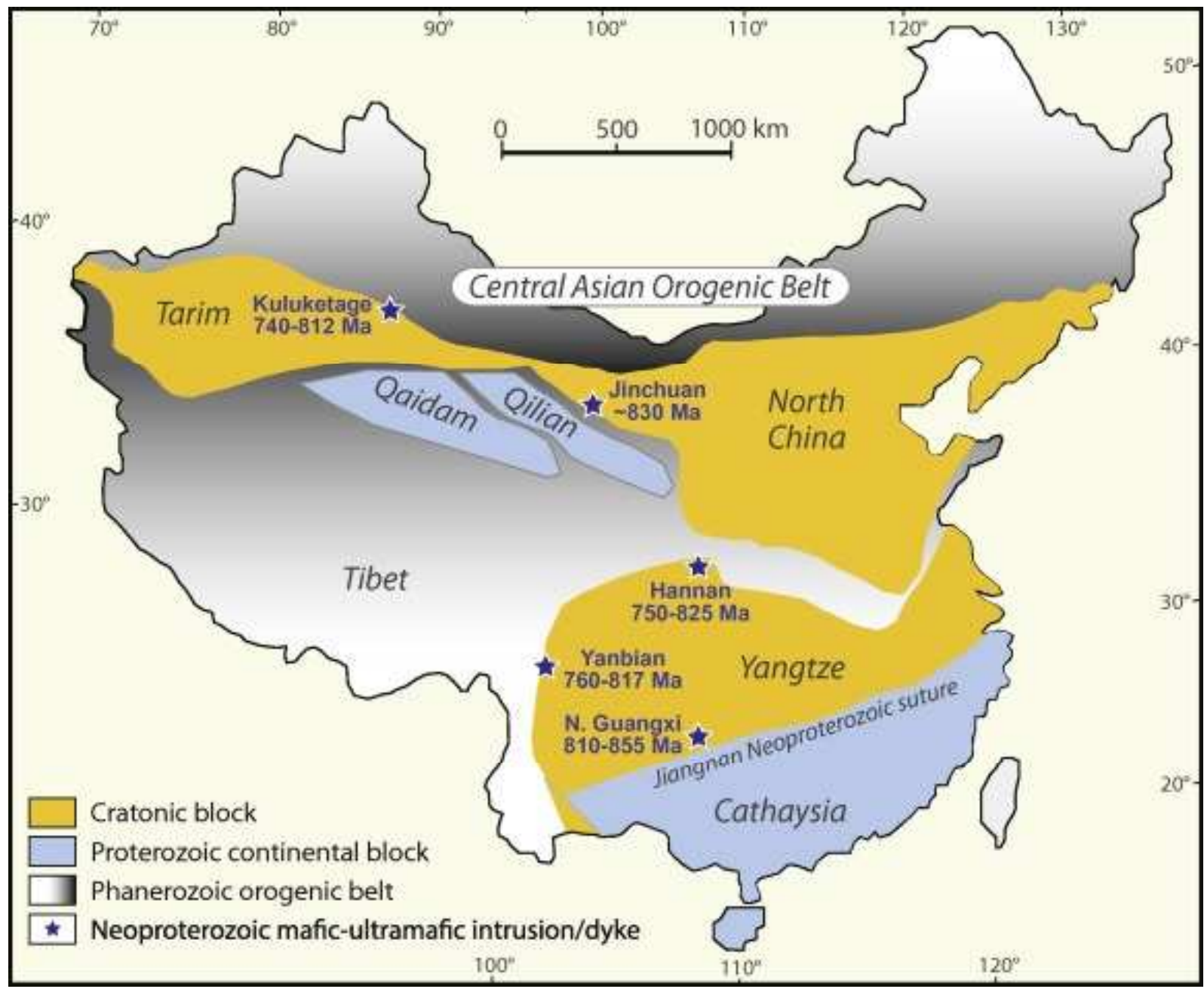
Basement of Yili Block/Central Tianshan

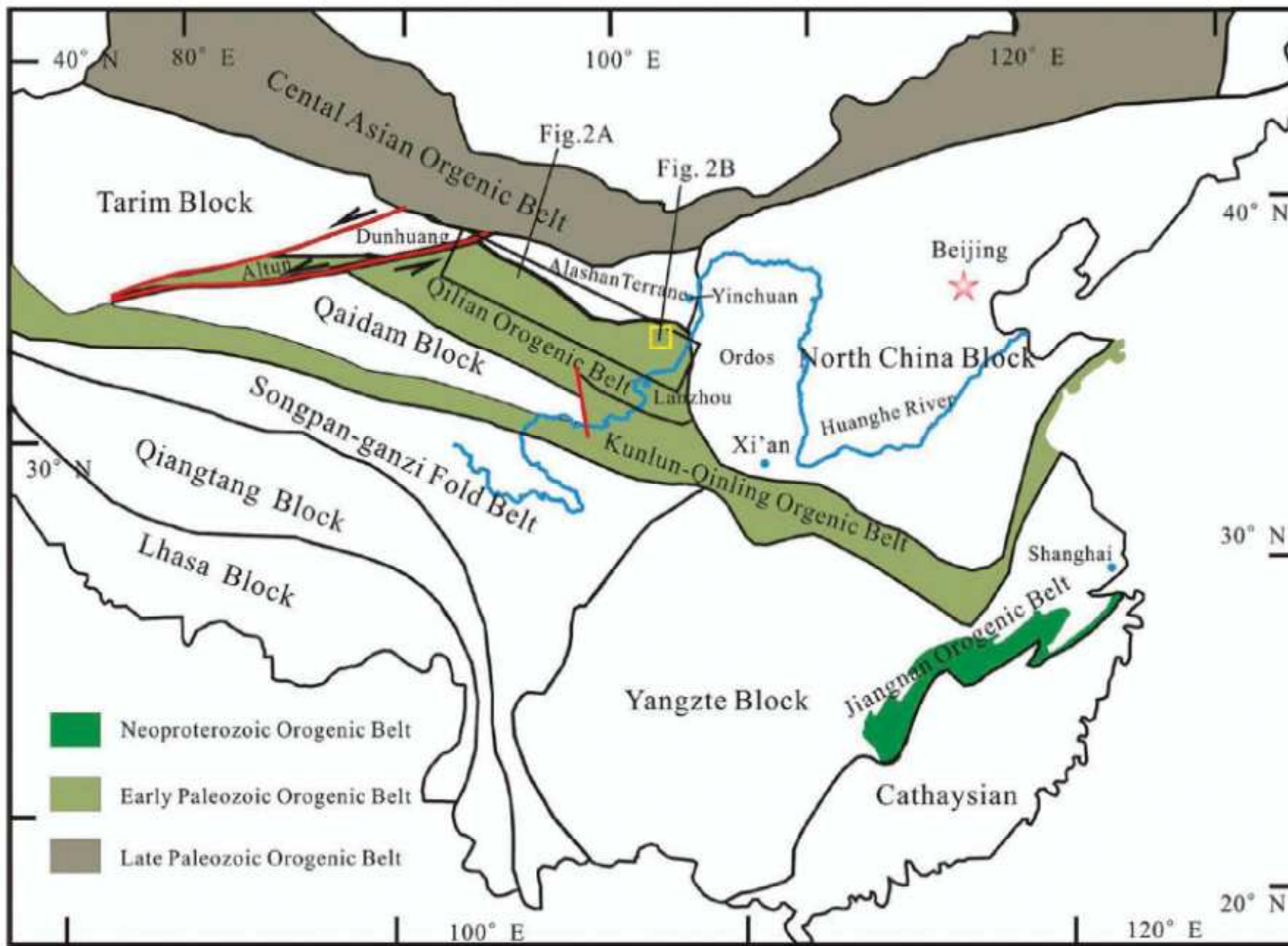
Cenozoic thrust

Permian ductile strike-slip fault

Normal fault

Paleozoic thrust





The Alashan Terrane was considered to be the westernmost part of the North China Block (NCB)

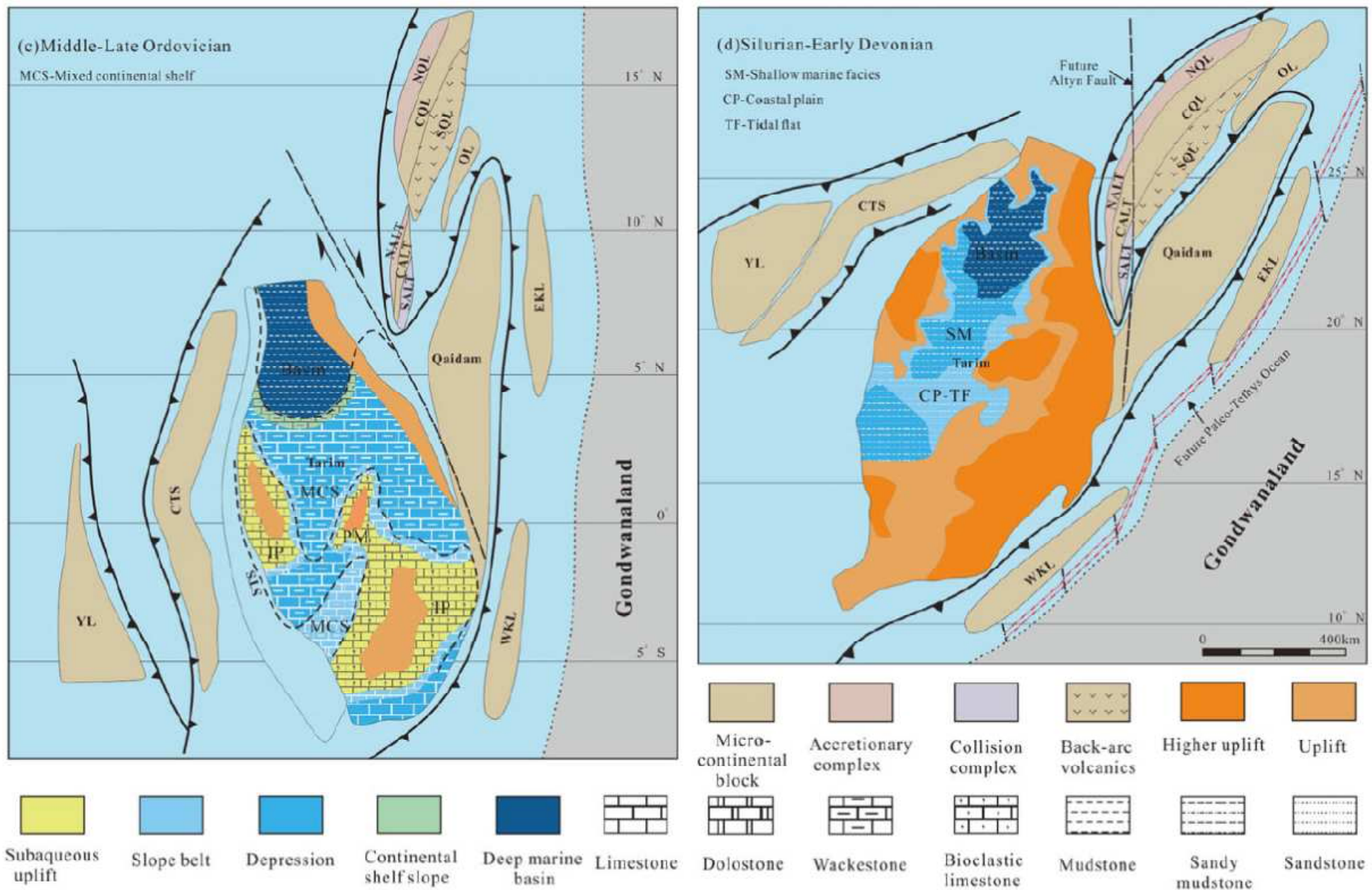
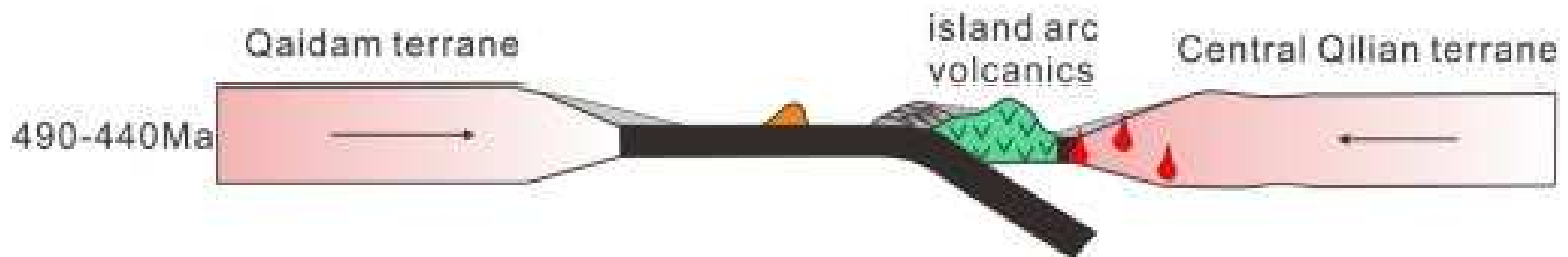
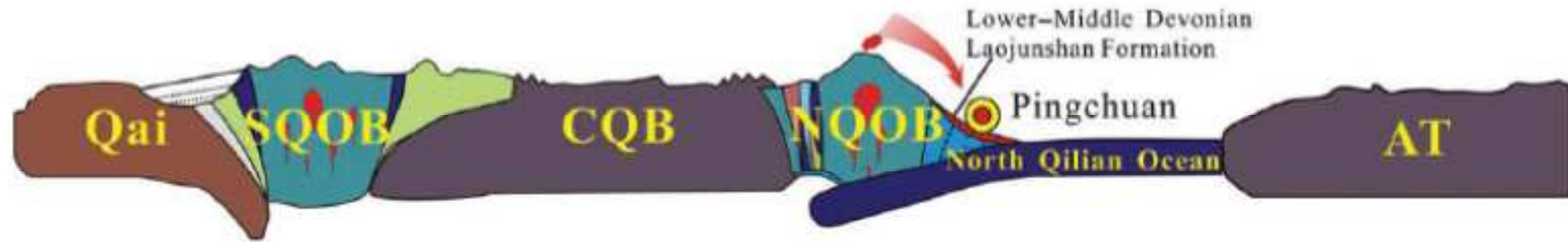


FIGURE 3 Tectono-paleogeography evolution of the Tarim and adjacent micro-continental blocks (revised after Liu et al., 2016; Li, Zhao, et al., 2017; Liu et al., 2016; Gao & Fan, 2014) Abbreviations of micro-continental blocks: NQL = North Qilian; CQL = Central Qilian; SQL = South Qilian; NALT = North Altyn; CALT = Central Altyn; SALT = South Altyn; WKL = West Kunlun; EKL = East Kunlun; OL = Oulongbuluke; CTS = Central Tianshan; YL = Yili





(a) Early–Middle Devonian

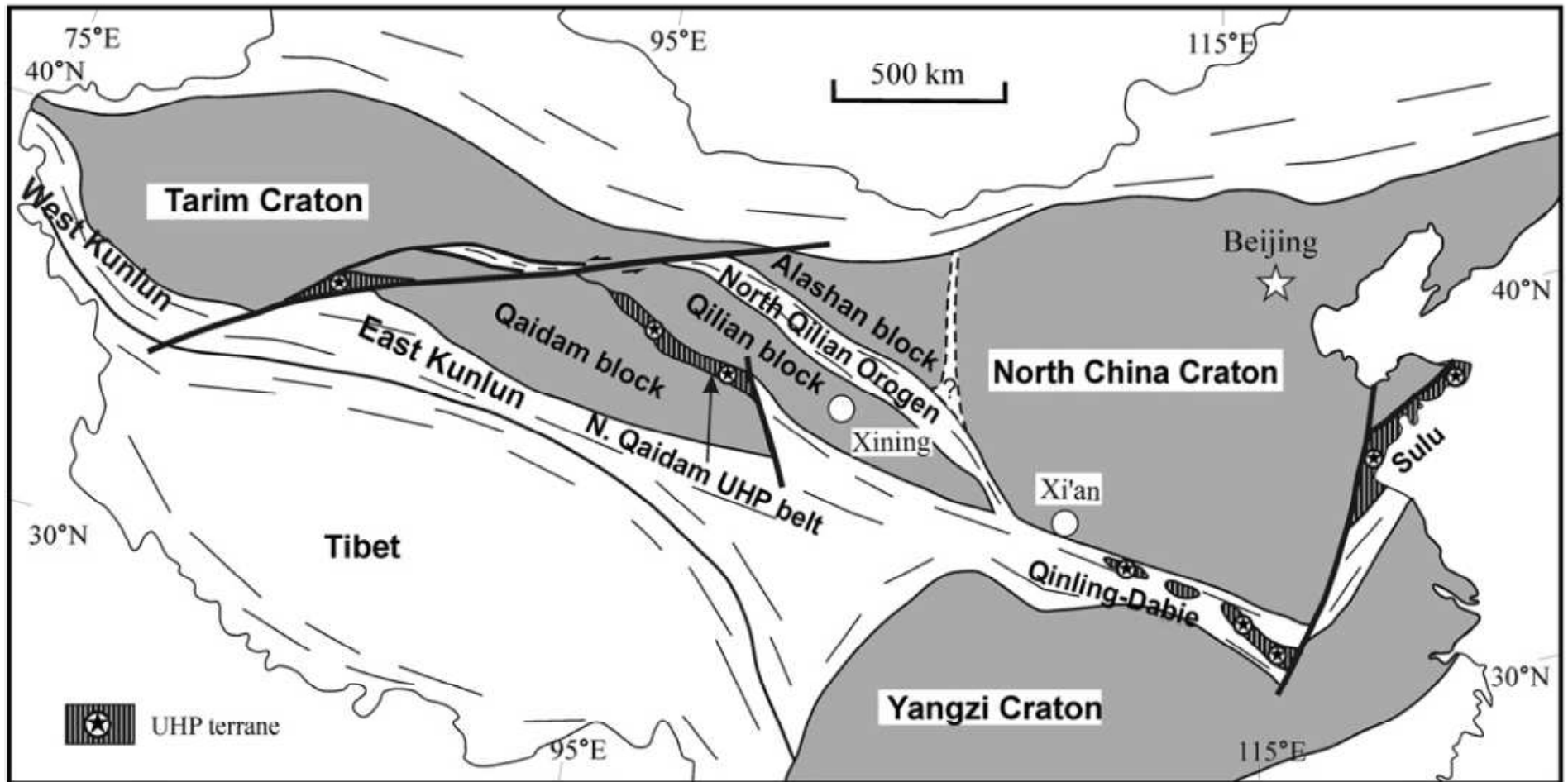


(b) Late Devonian



Figure 10. Possible tectonic processes that have led to the provenance shift in NQOB during the Devonian. Qai = Qaidam Block; SQOB = South Qilian Orogenic Belt; CQB = Central Qilian Block; NQOB = NQOB; and AT = Alashan Terrane

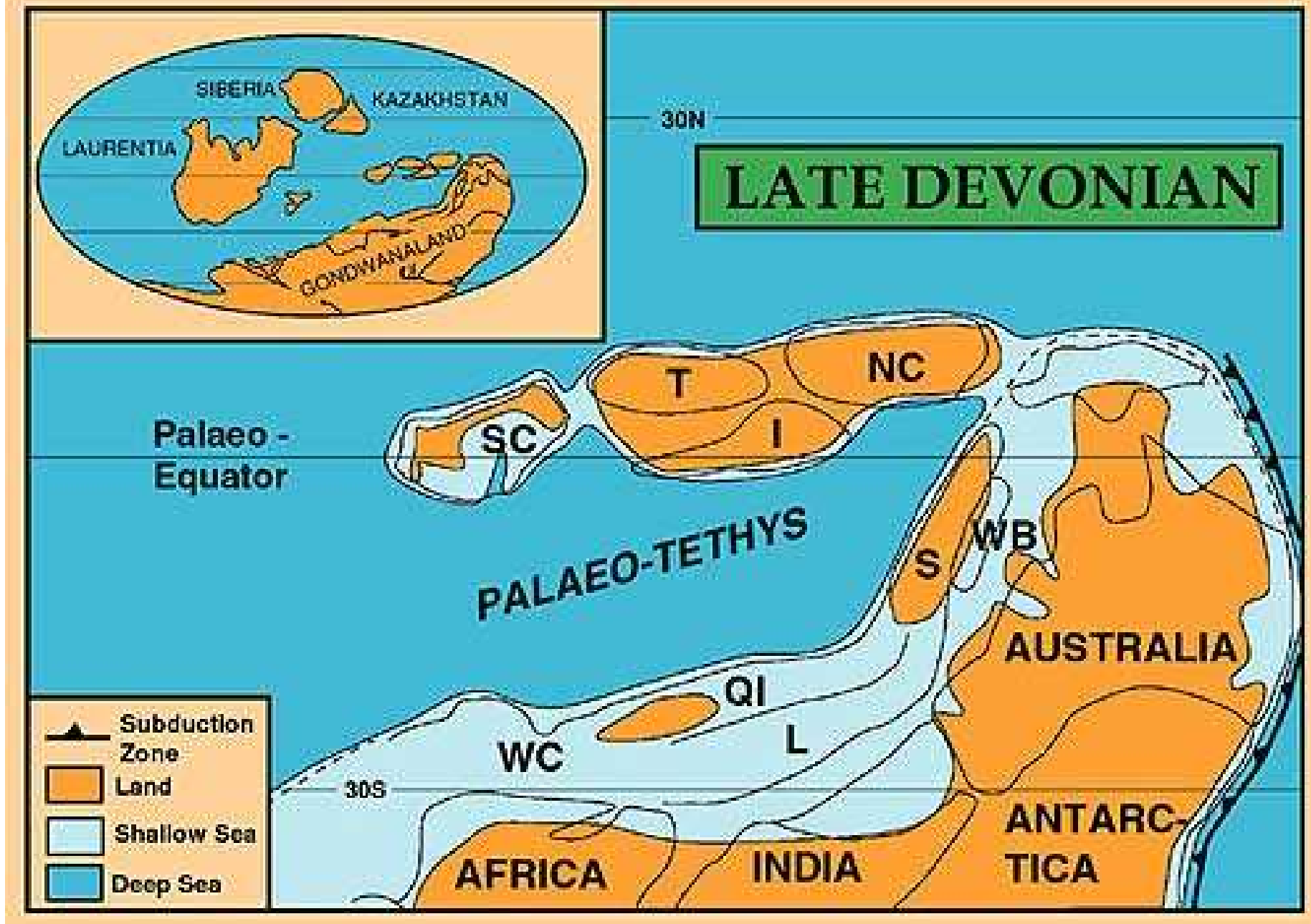




The Alashan Terrane (also called Alxa), which bridges the Mongolian fold belt and the Tarim, Qaidam, is situated at the north of Qilian Orogen. The Alashan Terrane was considered to be the westernmost part of the North China Block (NCB). However, palaeomagnetism and geochronological analyses of detrital zircons suggested that the Alashan Terrane was not connected with the NCB prior to the Early to Middle Triassic

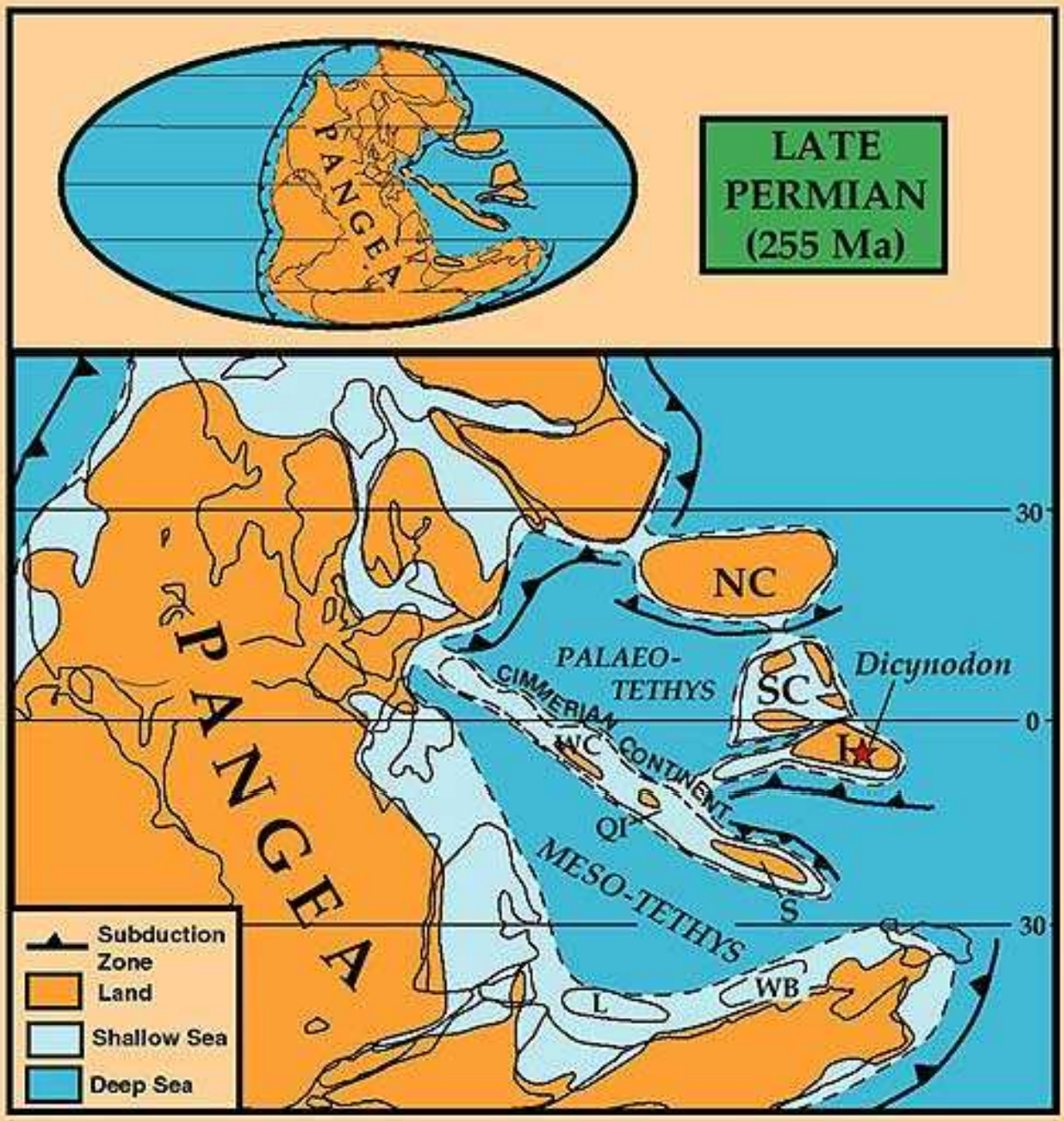
Prakticky skoro všechny kontinentální bloky přiřčené k Sibiři během paleozoika, mesozoika a kenozoika byly původně součástí **Gondwany**. Pokud jde o **paleozoický vývoj** dalších kontinentálních bloků tvořících Asii byl spojen s otevřením oceánu **Paleotethys ve svrchním devonu**, když se **jižní a severní Čína** spolu s **Tarimem a Indočínou** oddělily od okraje Gondwany. Během spodního karbonu byly již tyto bloky kompletně oddělené od Gondwany. **Indočína a jižní Čína** se sloučily podél sutury **Song Ma** na konci paleozoika. **Ve svrchním paleozoiku severní Čína se sloučila s jižní Čínou a kolidovala svým severním výběžkem s okrajem Asie**, nadále však zůstávala otevřená k východu se rozevírající oceanická zóna mezi nimi.

Indická a arabská deska zůstávaly spolu kimerskou skupinou teránů do permu součásti Gondwany. Od permu se datuje rifting a oddělování kimerské skupiny od Gondwany. Svrchopaleozické **zalednění Gondwany** je tak dokladováno rovněž v rámci indického kontinentu a arabské desky i v rámci většiny kimerských mikrokontinetů (Sibumasu, Lhasa, Qiantang, Karakoram, střednoafghanský blok)



Reconstruction of eastern Gondwanaland for the Late Devonian showing the postulated positions of the East and Southeast Asian terranes, distribution of land and sea, and opening of the Palaeo-Tethys ocean at this time. Present day outlines are for reference only. NC = North China SC = South China T = Tarim I = Indochina Qi = Qiangtang L = Lhasa S = Sibumasu WB = West Burma GI = Greater India.

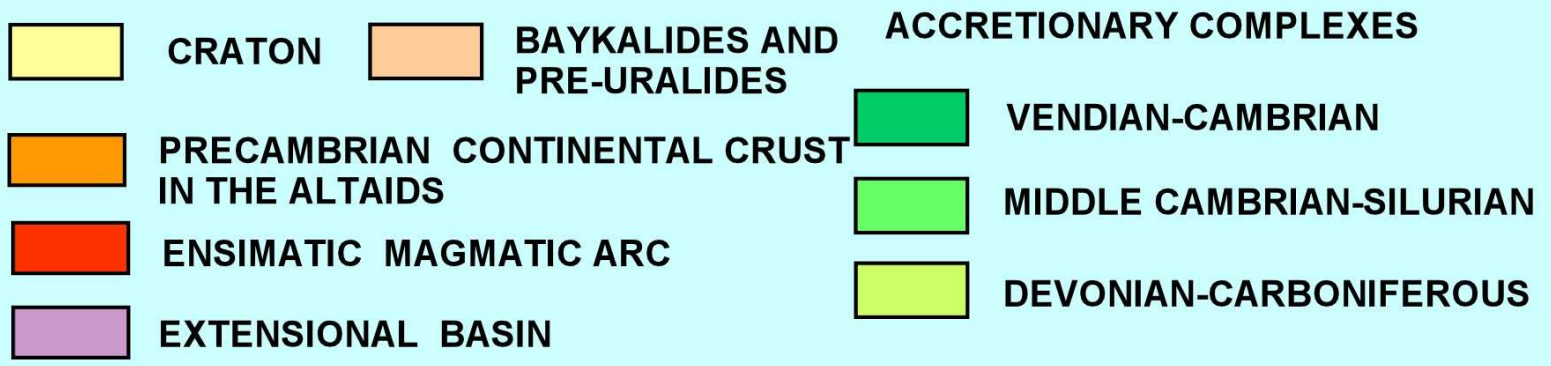
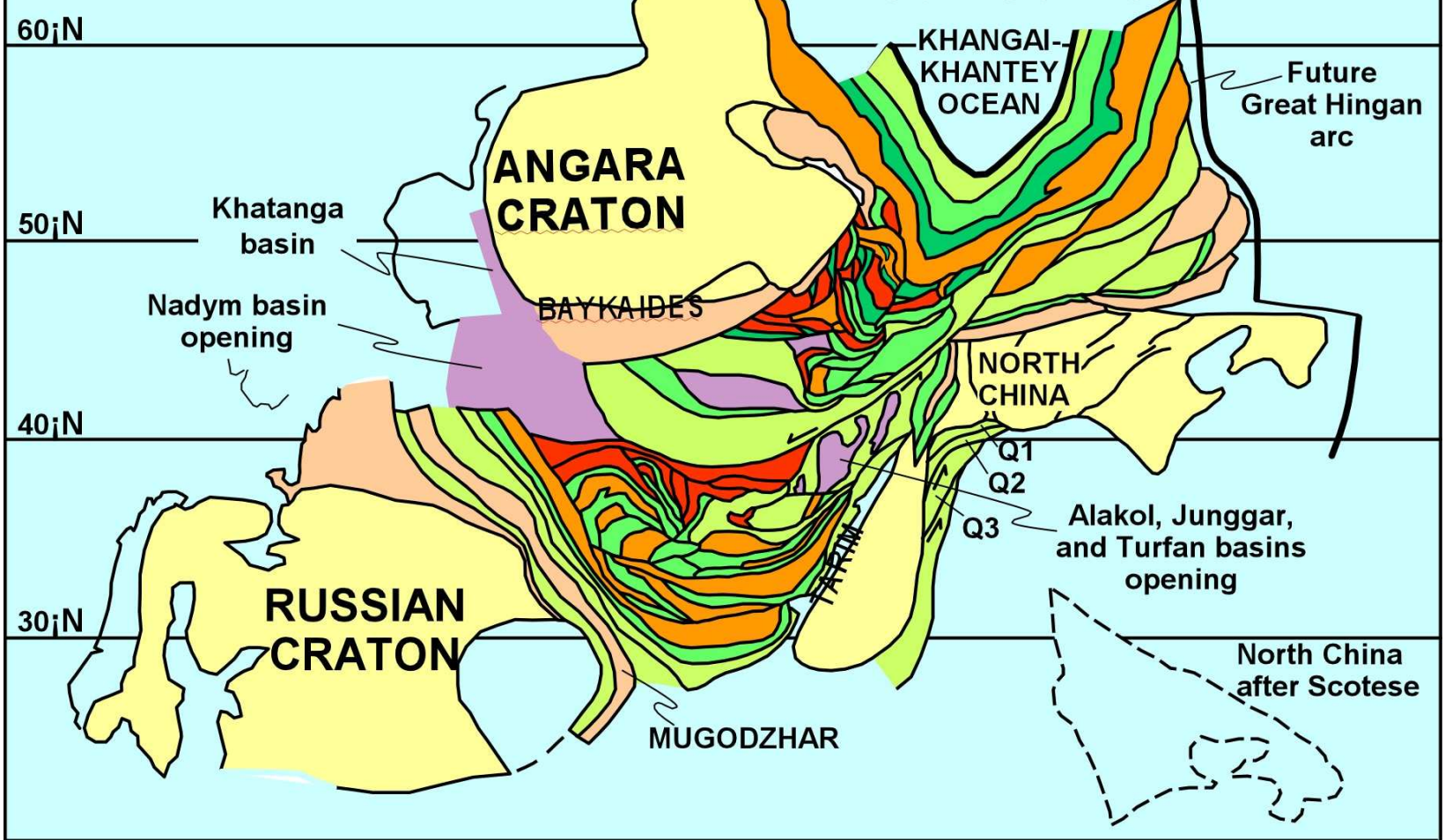




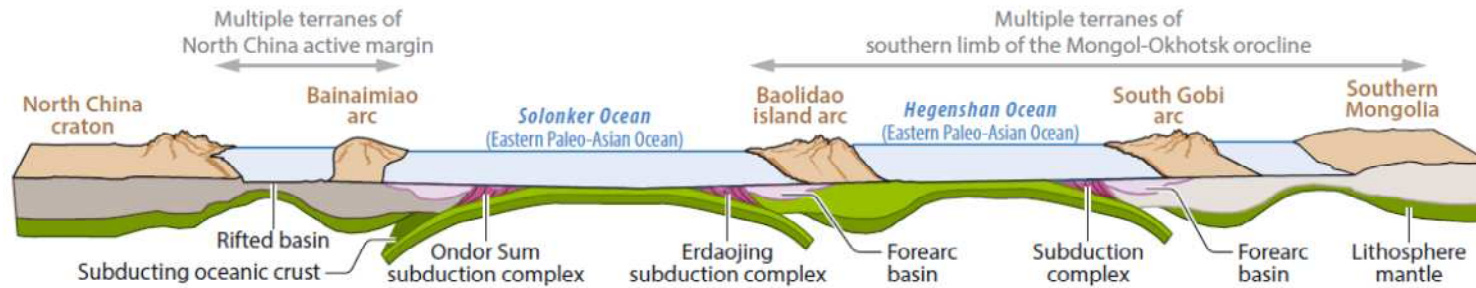
Palaeogeographic reconstructions of the Tethyan region for Late Permian showing relative positions of the East and Southeast Asian terranes and distribution of land and sea. The distribution of the Late Permian *Dicynodon* from Laos is also shown. Present day outlines are for reference only.



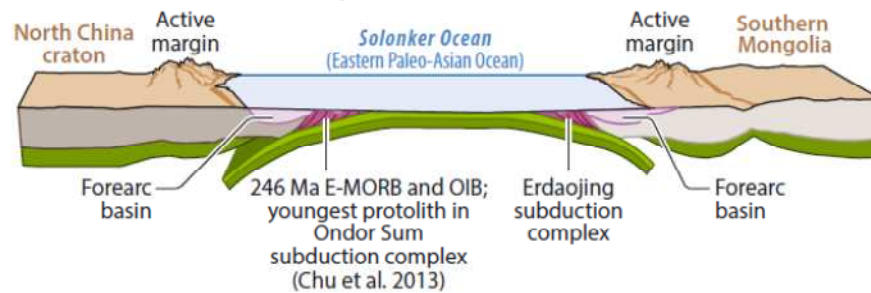
LATE PERMIAN 250-255 Ma



a Early to middle Permian



b Late Permian to Early Triassic



c Middle Triassic

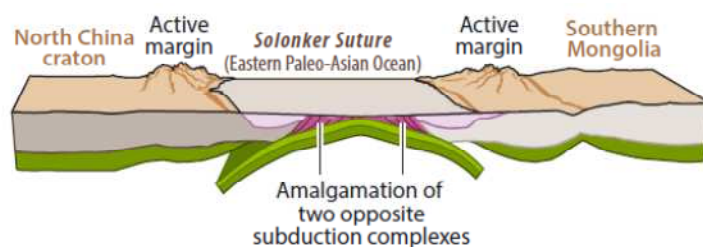
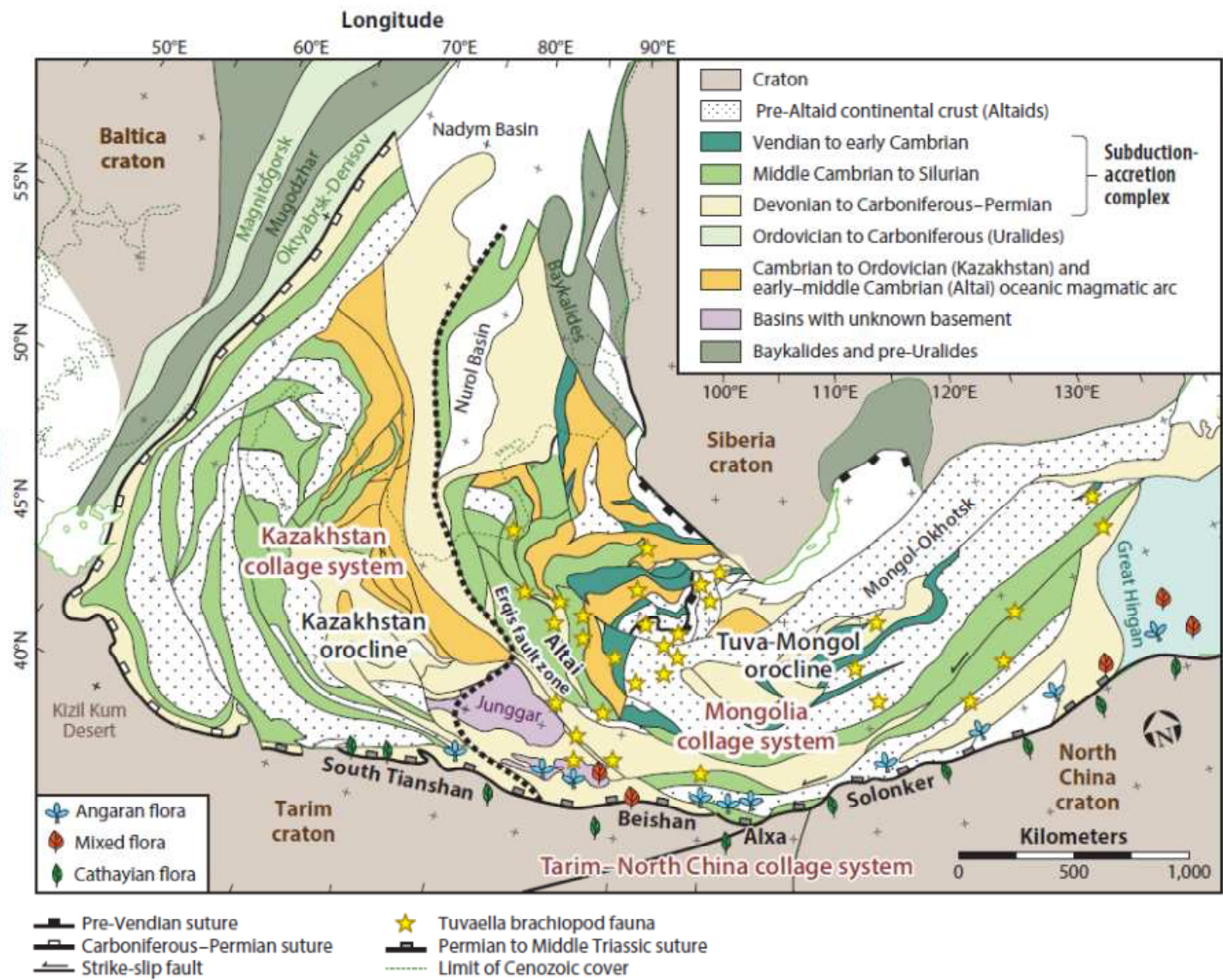
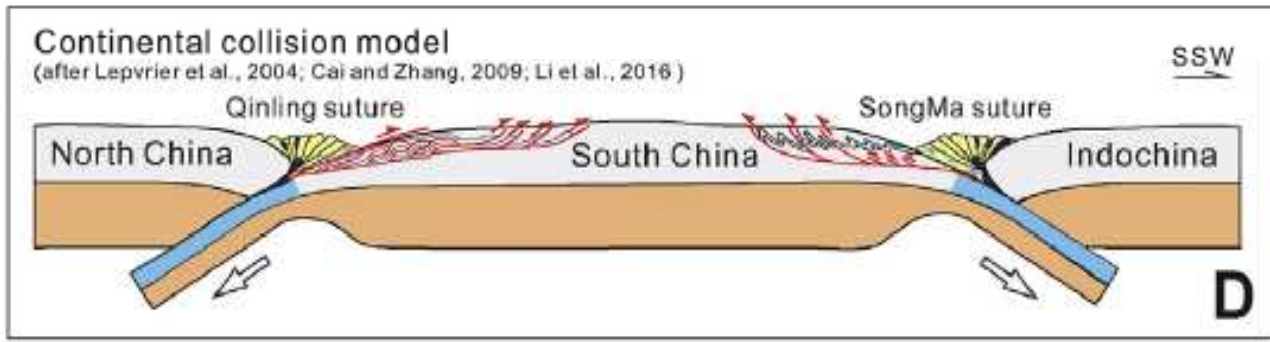
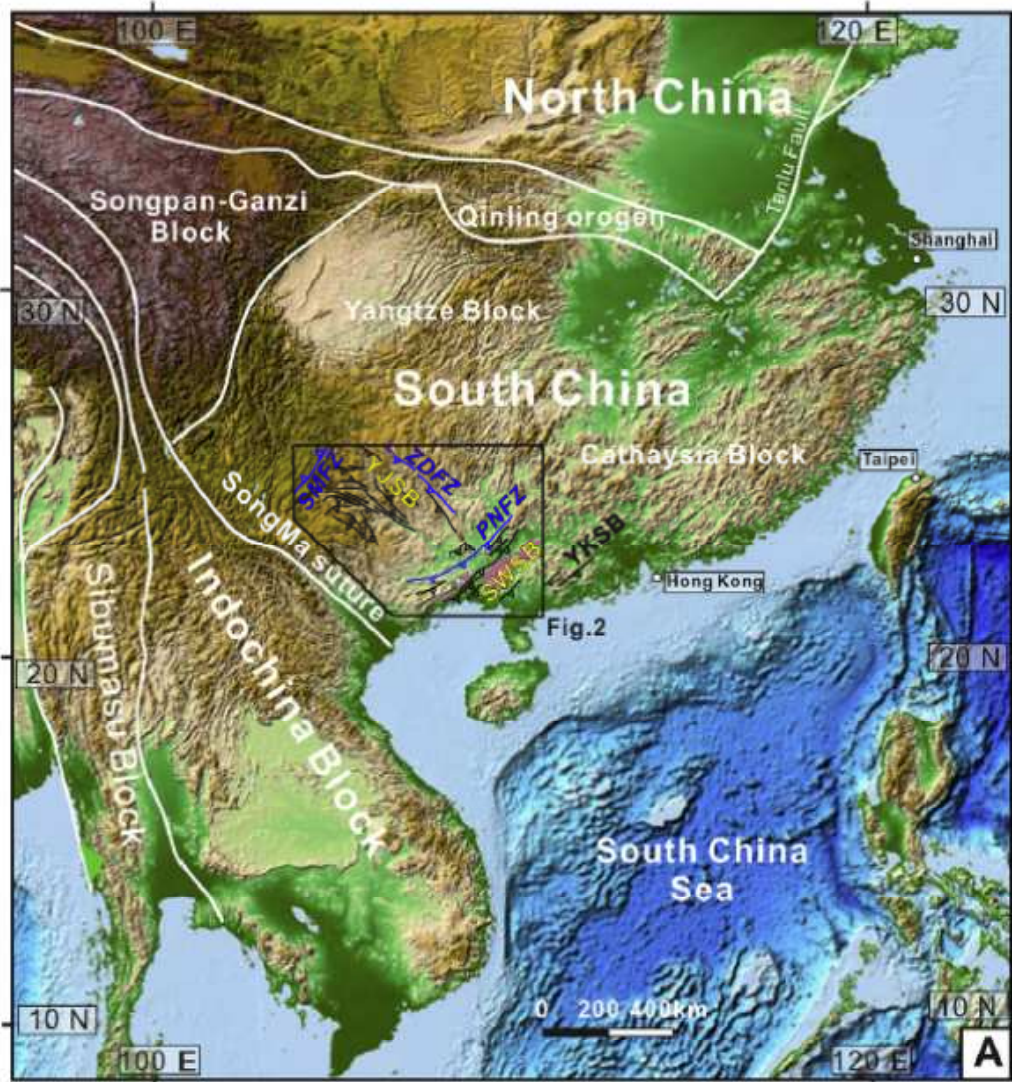


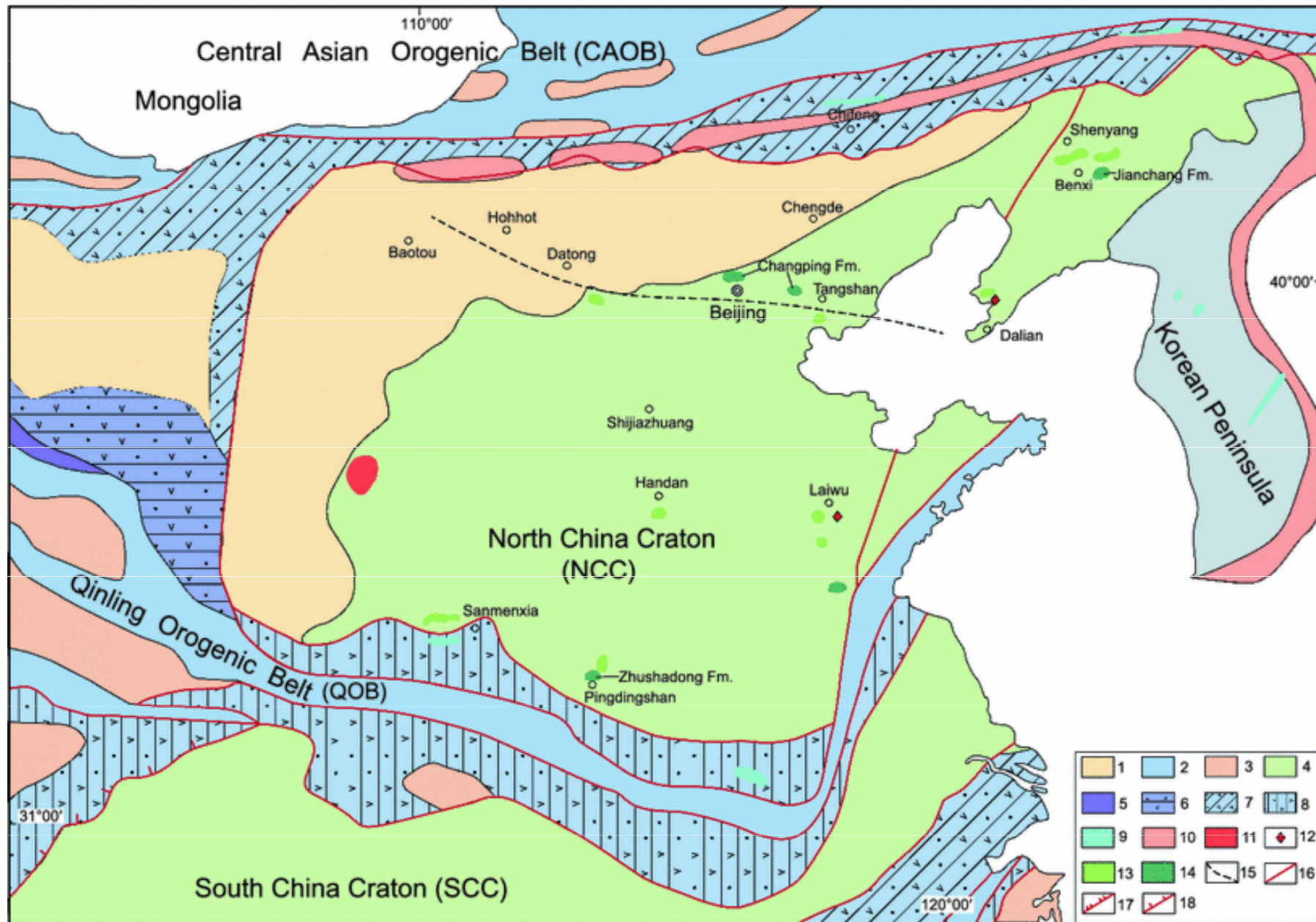
Figure 10

Diagrams illustrating the amalgamation of two opposite-dipping subduction complexes in Inner Mongolia in the eastern Central Asian Orogenic Belt. (a) Early to middle Permian. (b) Late Permian to Early Triassic. (c) Middle Triassic. Multiple terranes of southern limb of the Mongol-Okhotsk orocline correspond to those in **Figure 5**. Abbreviations: E-MORB: enriched mid-ocean ridge basalt; OIB, ocean island basalt.









1. Craton uplift 2. Ocean basin 3. Displace block 4. Carbonate platform 5. Continental margin magmatic arc 6. Back-arc basin 7. Passive continental margin basin 8. Continental margin depressed basin 9. Outcrops of Silurian (S) 10. Silurian sediments distribution inferred 11. Potash saline 12 Kimberlites at ~ 470 Ma 13. Fengfeng Formation (Late Ordovician) 14. Outcrops of Early Cambrian (Є₁) 15. Northern margin of Fengfeng Formation (O₃) 16. Fault 17. Subduction zone 18. Boundary fault on depressed basin margin

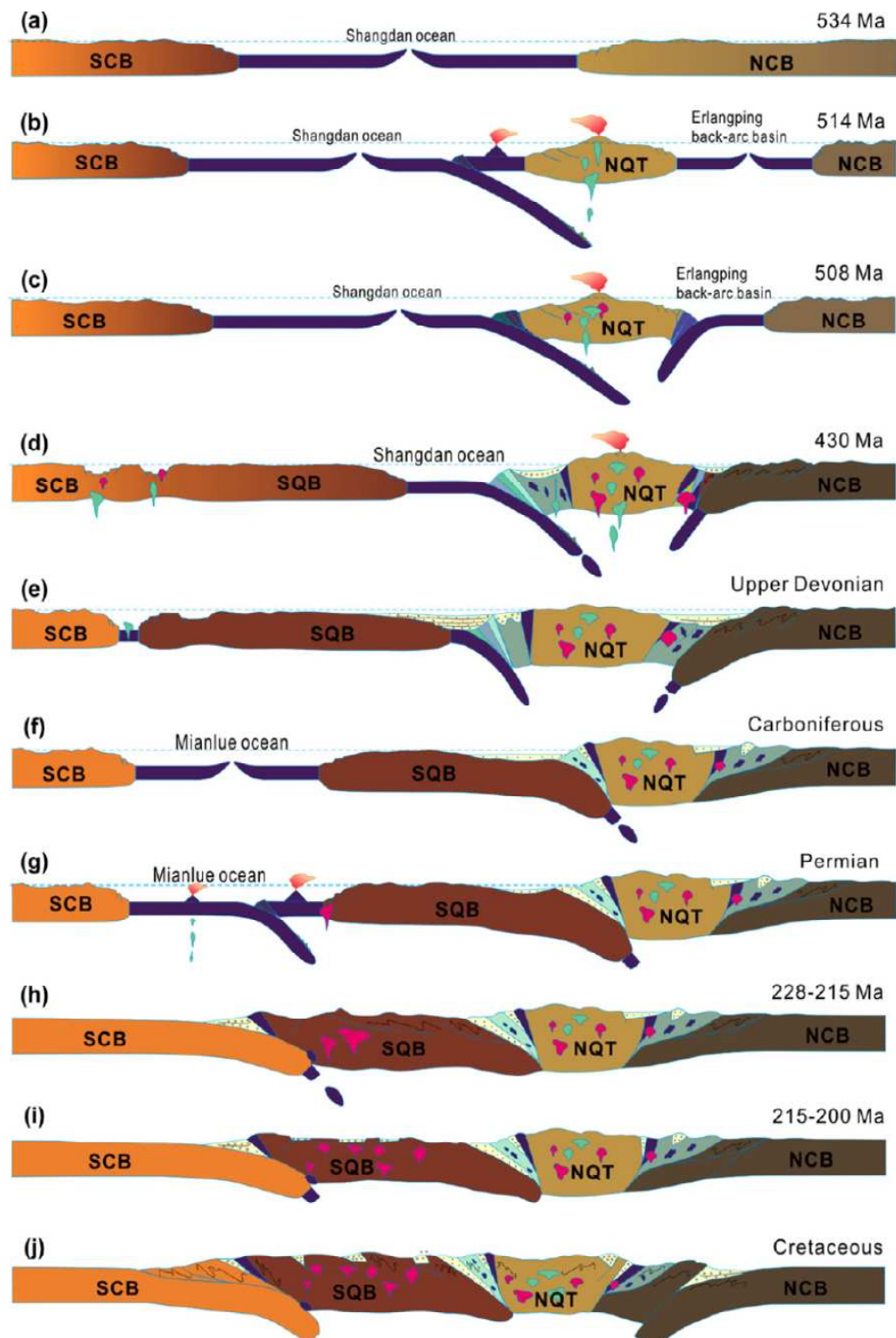


Fig. 10. Schematic cartoon showing the tectonic evolutionary history of the Qinling orogen. For explanation see text. North Qinling Belt (NQB), South Qinling Belt (SQB)



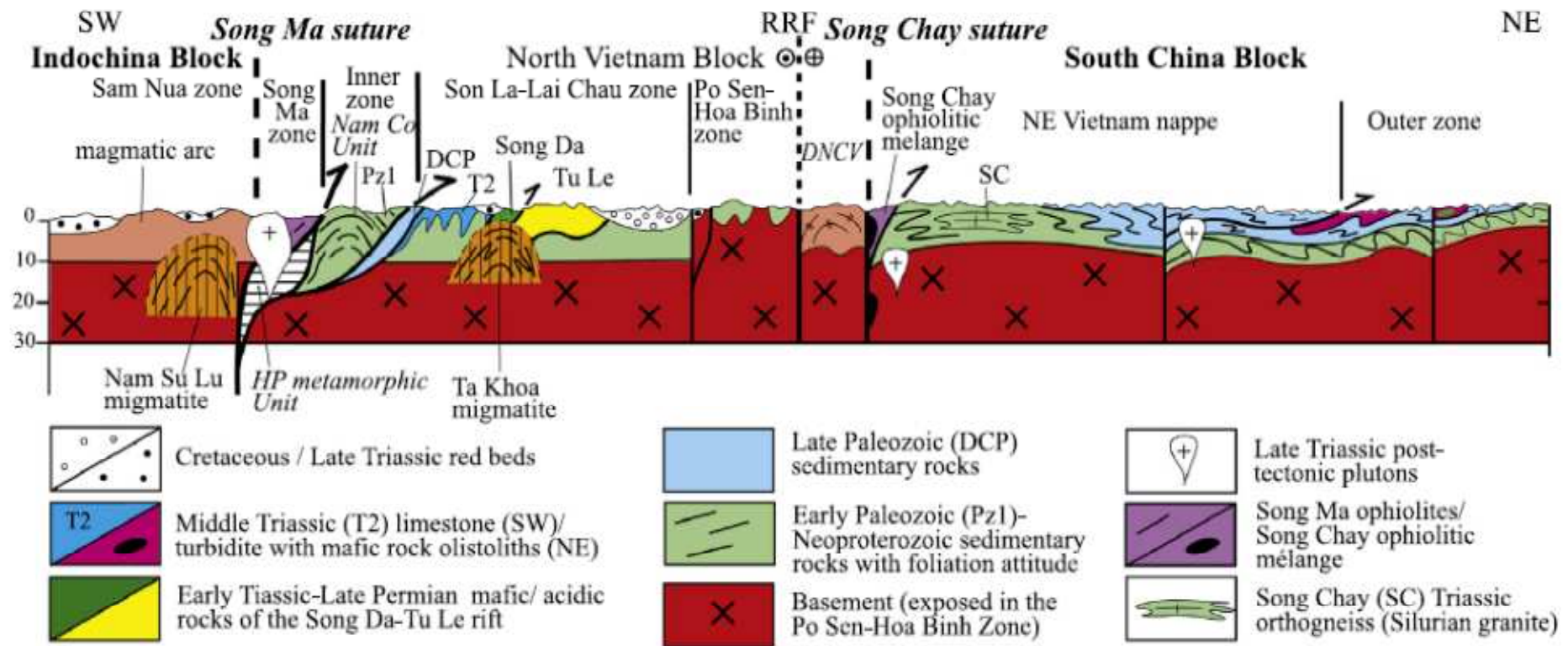


Fig. 2. Crustal-scale cross section of northern Vietnam (located in Fig. 1). In the present geometry, the NW and NE belts are both Middle Triassic orogens formed by collision of Indochina and a "North Vietnam" continental block, and Dai Nuy Con Voy (DNCV) and South China Block, respectively. Depending on the amount of sinistral offset along the RRF, these two belts can be correlated or not (see text for discussion).



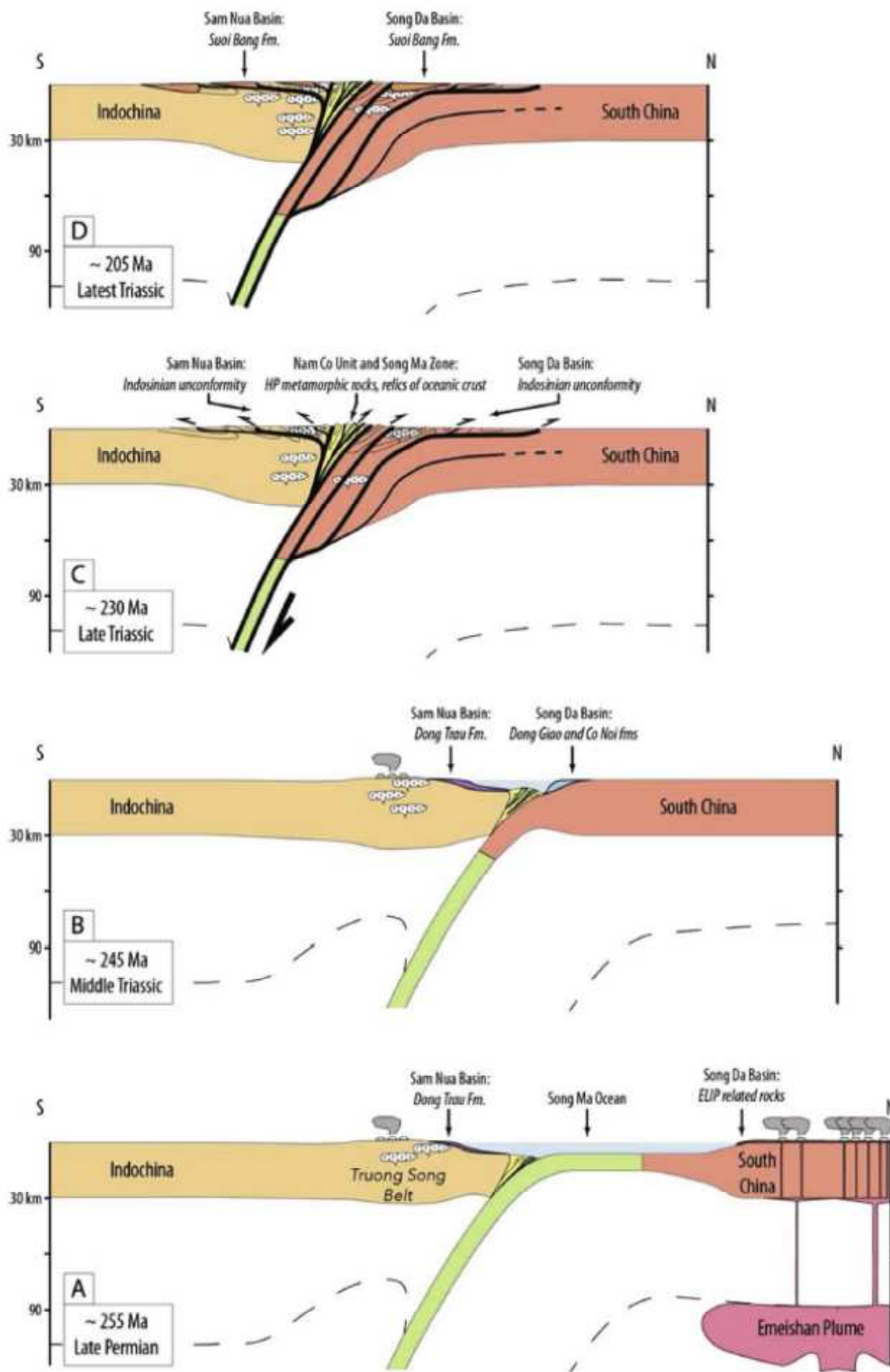
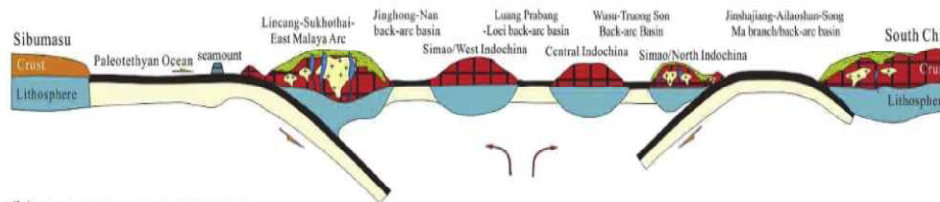


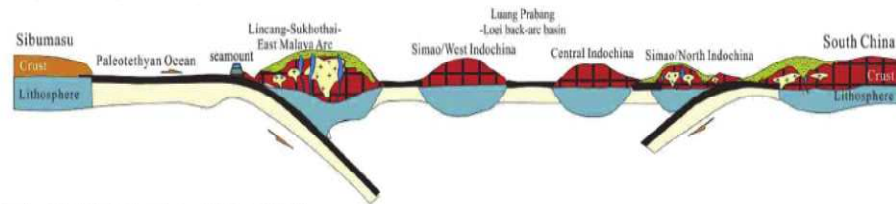
Fig. 22. Schematic geodynamic evolution model for northern Vietnam. Schematic cross-sections showing the possible configuration of the South China and Indochina plates during the late Permian to the Late Triassic. A. Late Permian. A forearc position is inferred for the Sam Nua Basin as it was opened to marine influences during the Early Triassic. B. Middle Triassic. The Song Da Basin underwent flexural subsidence related to the developing Indosinian thrust belt. C. Late Triassic. Culmination of the Indosinian orogeny and formation of high-pressure metamorphic rocks in the internal domains of the chain. The Sam Nua and Song Da basins were subjected to intense erosion that lead to the formation of the Indosinian unconformity (see text for discussion). D. Latest Triassic (Rhaetian). The Sam Nua and Song Da basins became syn- to post-orogenic foreland basins, mostly receiving the products of the erosion of the Indosinian mountain belt.



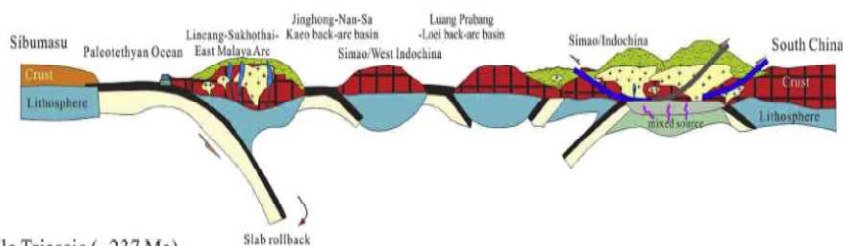
(a) Permian (~270 Ma)



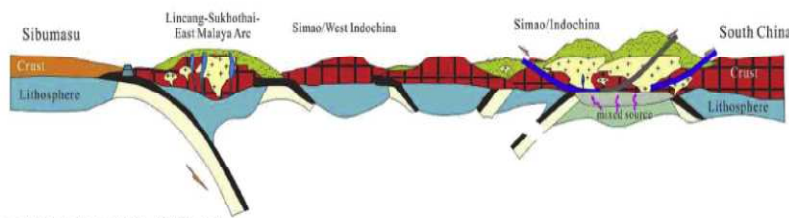
(b) Early Triassic (~247 Ma)



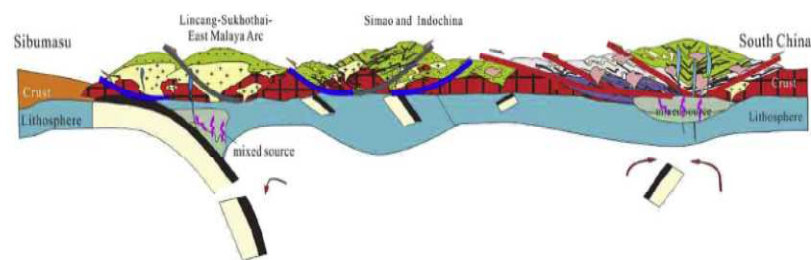
(c) Early-Middle Triassic (~247-237 Ma)



(d) Middle Triassic (~237 Ma)



(e) Middle-Late Triassic (~237-230 Ma)



(f) Late Triassic (~230-200 Ma)

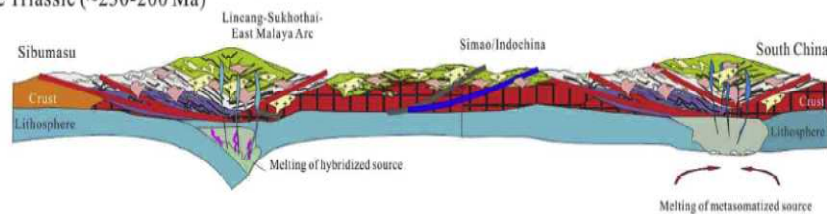
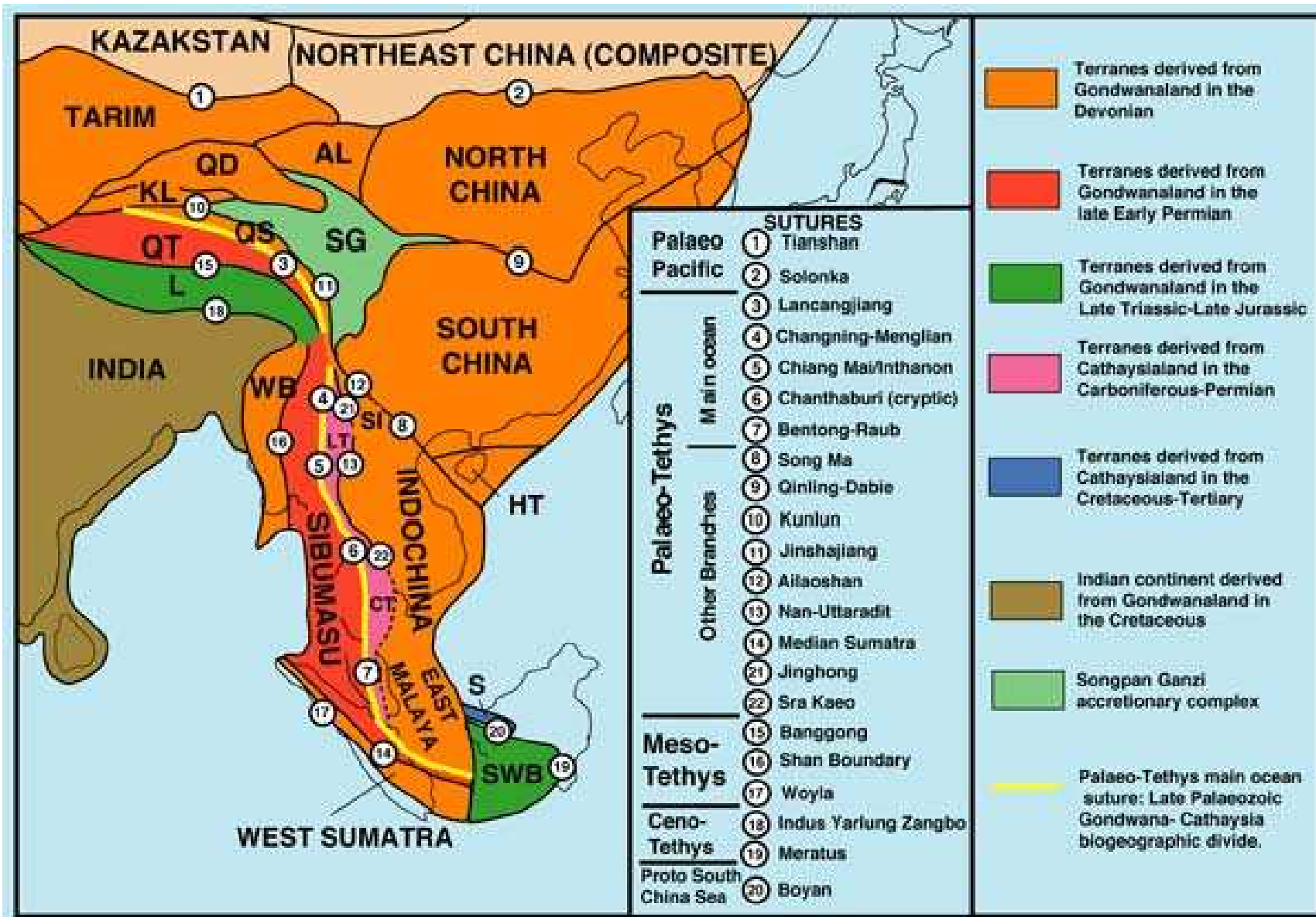


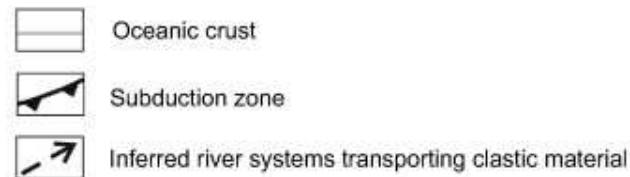
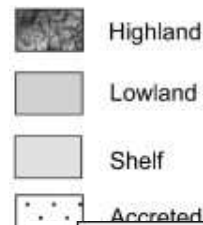
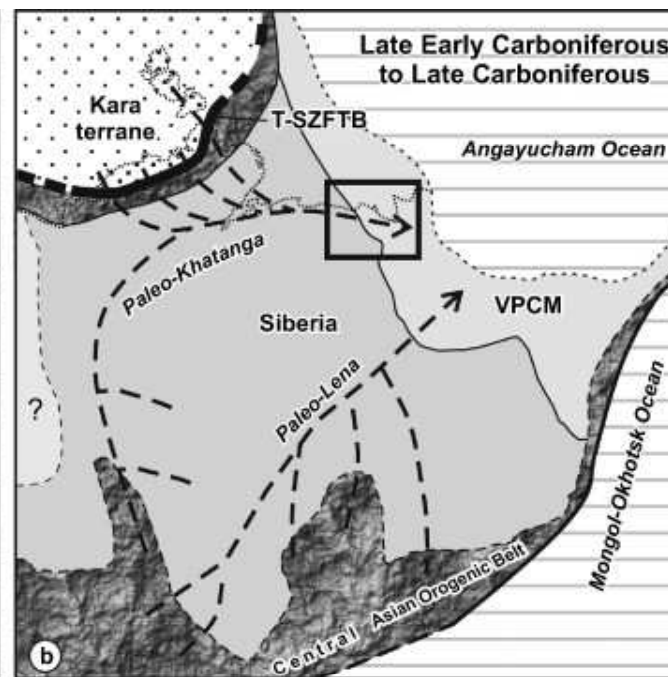
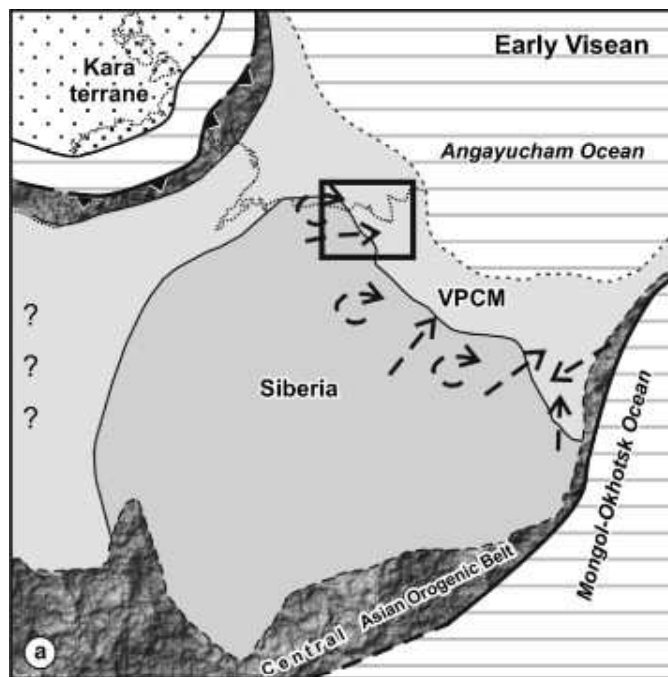
Fig. 14. Schematic tectonic cartoons showing the Paleotethyan tectonic evolution in Southeast Asia involving: (a) the on-going subduction of the main East Paleotethyan Ocean, the closure of a series of back-arc basins in Southeast Asia, and subsequent assemblage within/between the Southeast Asia continental fragments and Eastern Cimmerian silver at ~270 Ma (Permian); (b) ~247 Ma (Early Triassic); (c) ~247–237 Ma (Early-Middle Triassic); (d) ~237 Ma (Middle Triassic); (e) ~237–230 Ma (Middle-Late Triassic); and (f) ~230–200 Ma (Late Triassic). See text for the detailed explanation.



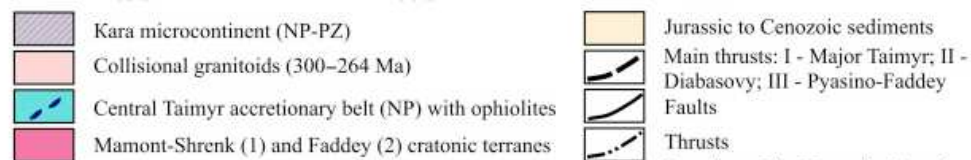
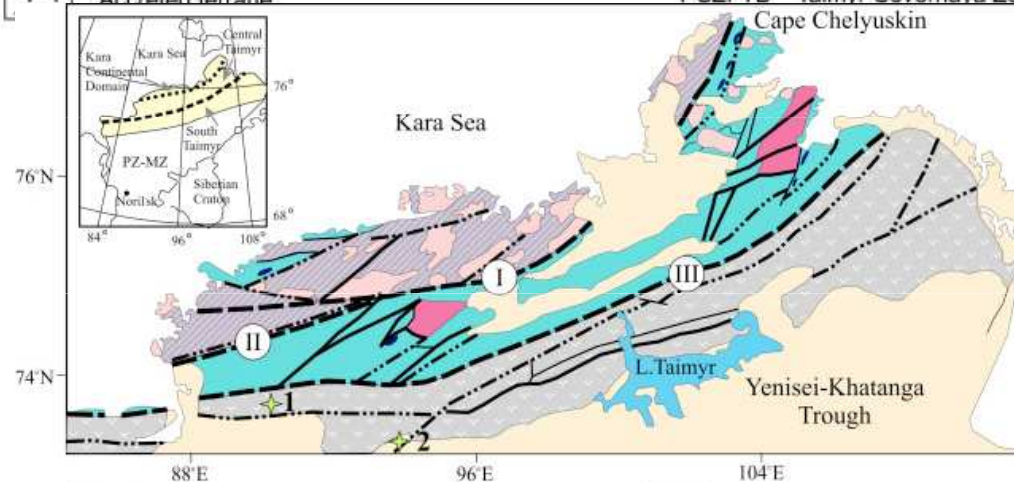


Paleozoic evolution – accretionary prism of Altaids on the southern edge of Siberian continent, origin of accretionary Kazakh continent, collision of Kazakh continent with Siberia and Baltica, collision of Tarim microcontinent with Kazakh, first collision of Chinese blocks and first collision of North China continent with Asia

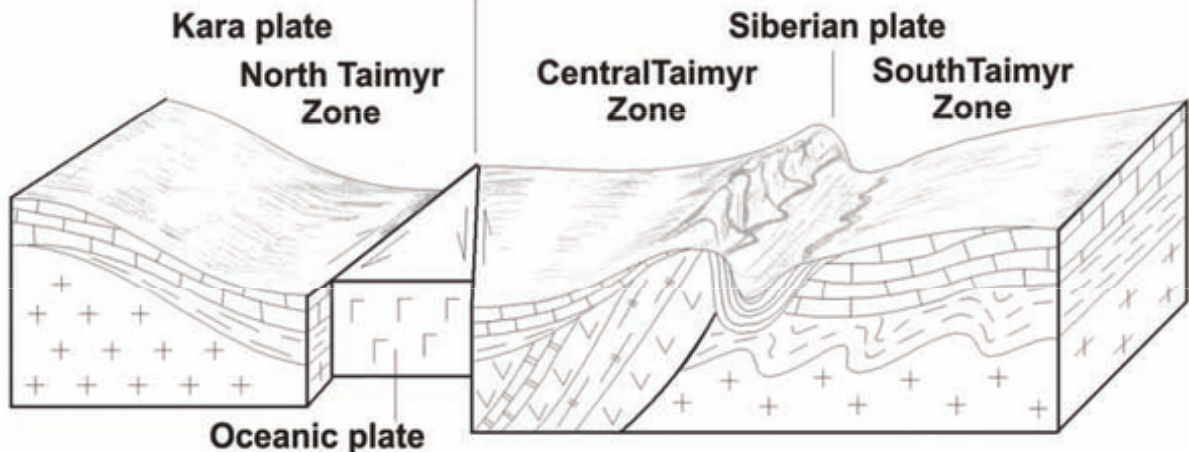
Geologický vývoj severní Asie v paleozoiku



T-SZFTB – Taimyr-Severnaya Zemlya Fold and Thrust Belt
continental margin

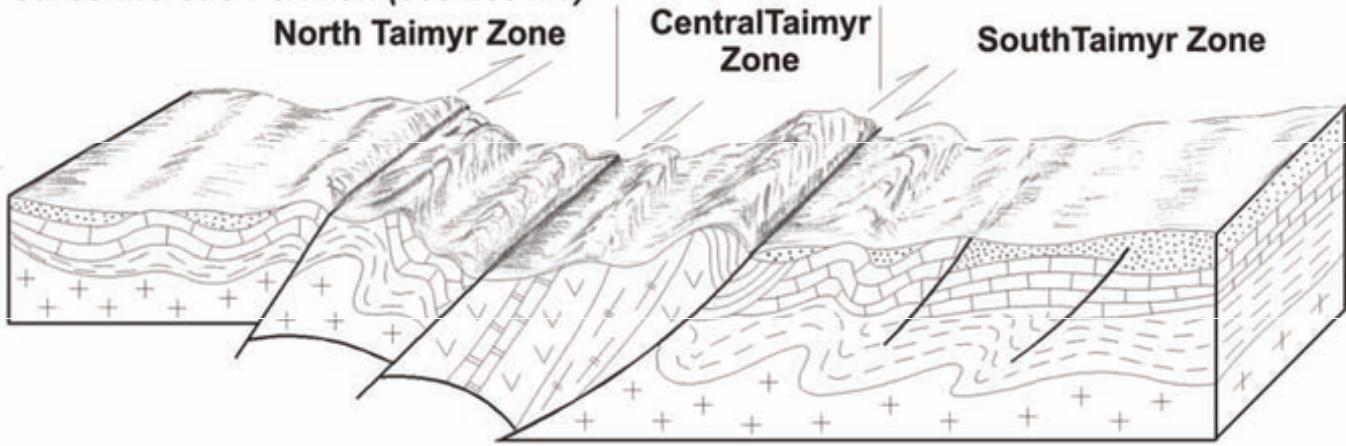


Silurian-Devonian (430-400 Ma)

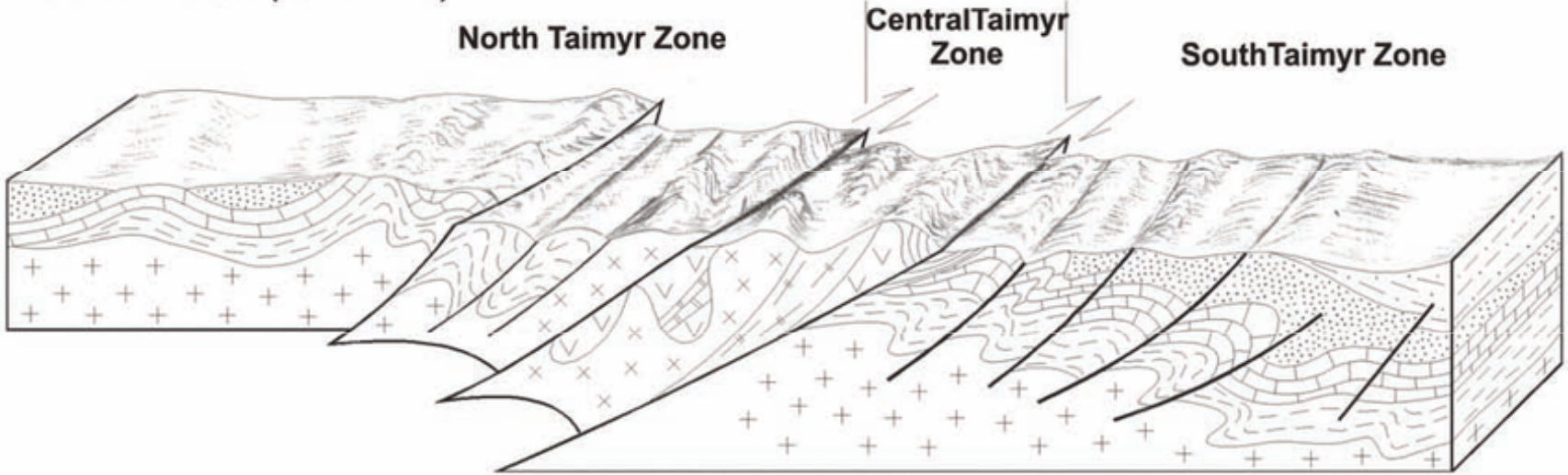


- 1 [Symbol: Two vertical lines]
- 2 [Symbol: Three plus signs]
- 3 [Symbol: Two diagonal lines]
- 4 [Symbol: Two inverted V shapes]
- 5 [Symbol: Diagonal lines with a central line]
- 6 [Symbol: Horizontal dashed lines]
- 7 [Symbol: Horizontal solid lines]
- 8 [Symbol: Curved lines]
- 9 [Symbol: Dotted pattern]
- 10 [Symbol: Three X marks]
- 11 [Symbol: Diagonal lines with a central line]

Carboniferous-Permian (300-260 Ma)

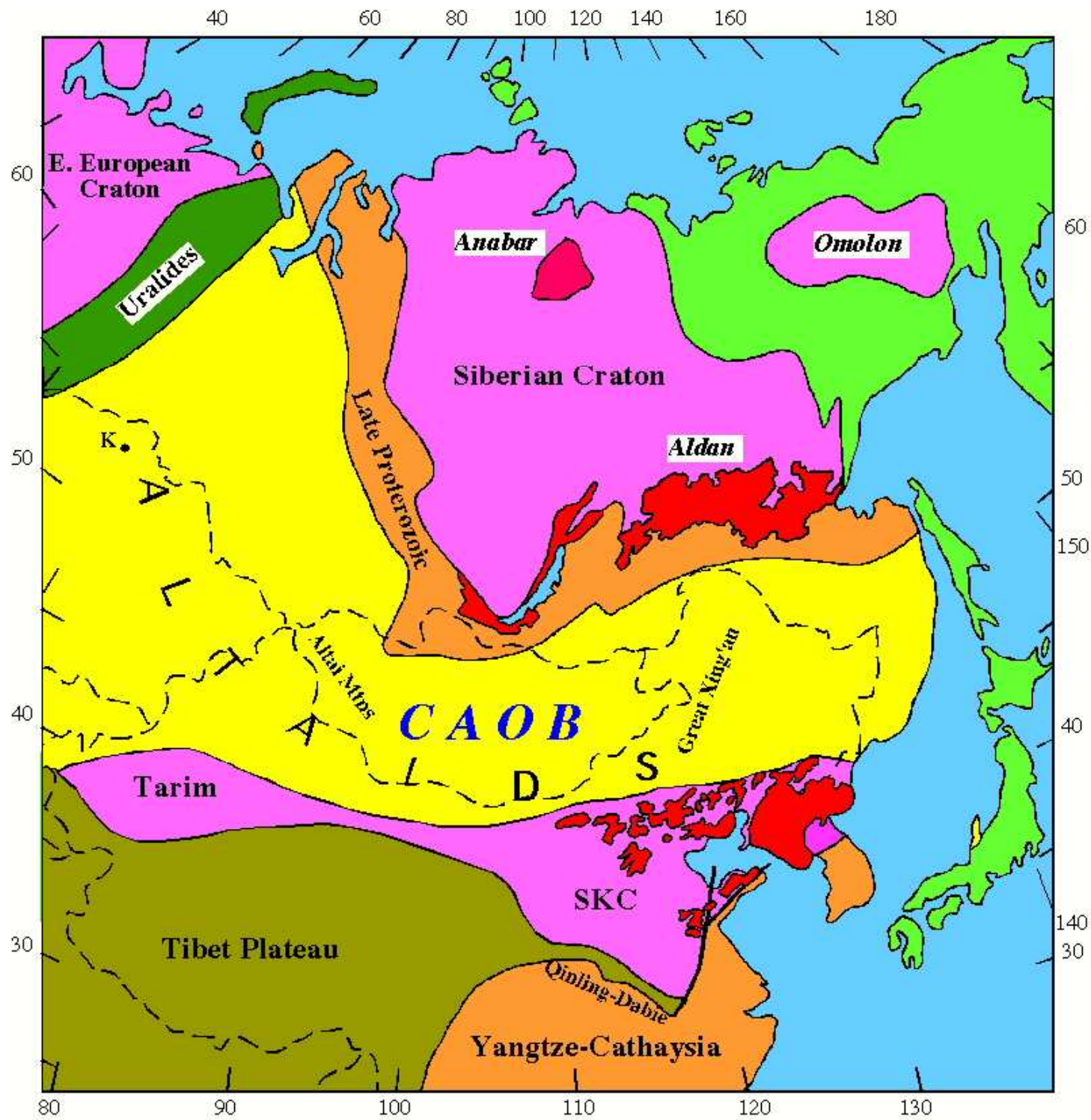


Permian-Triassic (260-240 Ma)

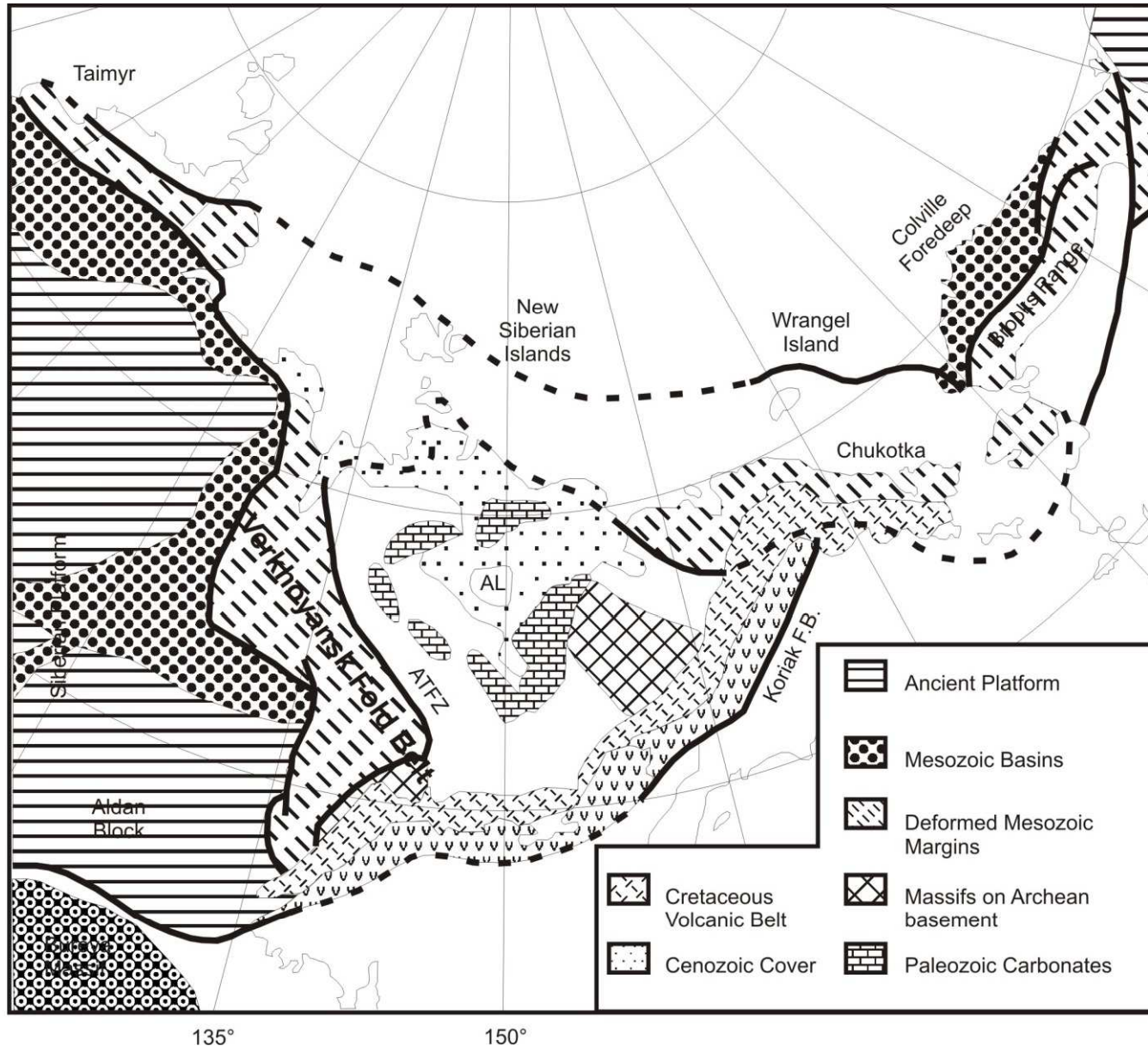


Mesozoická evoluce Asie

Severní a východní Asie



Geologické schema severovýchodní Sibiře a Aljašky



Na východní Sibiři vzniká **Verchojanského** pohoří (jura-spodní křída) reprezentuje akrečně-kolizní orogen kde ke konci mesozoika došlo ke kolizi s **omolonským** mikrokontinentem. Dále na východ **čukotské** a **korjasko-kamčatské** pásmo reprezentují akreční orogeny s **teránní** stavbou s kontinuálním vývojem od mesozoika do kenozoika. Čukotské pásmo se liší zastoupení mikrokontinetů zatímco v korjasko kamčatském dominují akreční klíny a vulkanické oblouky.

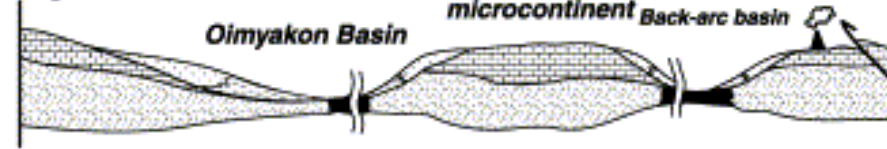
SW

180 Ma.

Eastern part of Verkhoyansk continental margin of North-East craton

Omulevka microcontinent

Alazeya volcanic arc NE



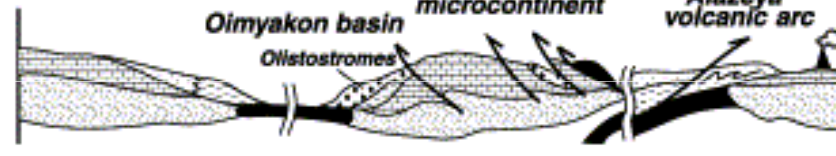
Eastern part of Verkhoyansk continental margin of North-East craton

170-160 Ma

Oimyakon basin

Omulevka microcontinent

Alazeya volcanic arc



A

Kolyma-Omlon microcontinent

Uyandina-Yasachnyi volcanic belt

155-135 Ma.



B

Kolyma-Omlon microcontinent

Uyandina-Yasachnyi volcanic belt



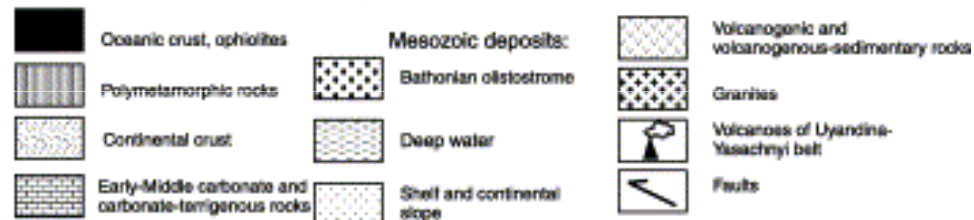
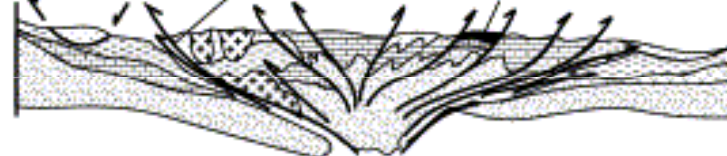
Eastern part of Verkhoyansk continental margin of North-East craton

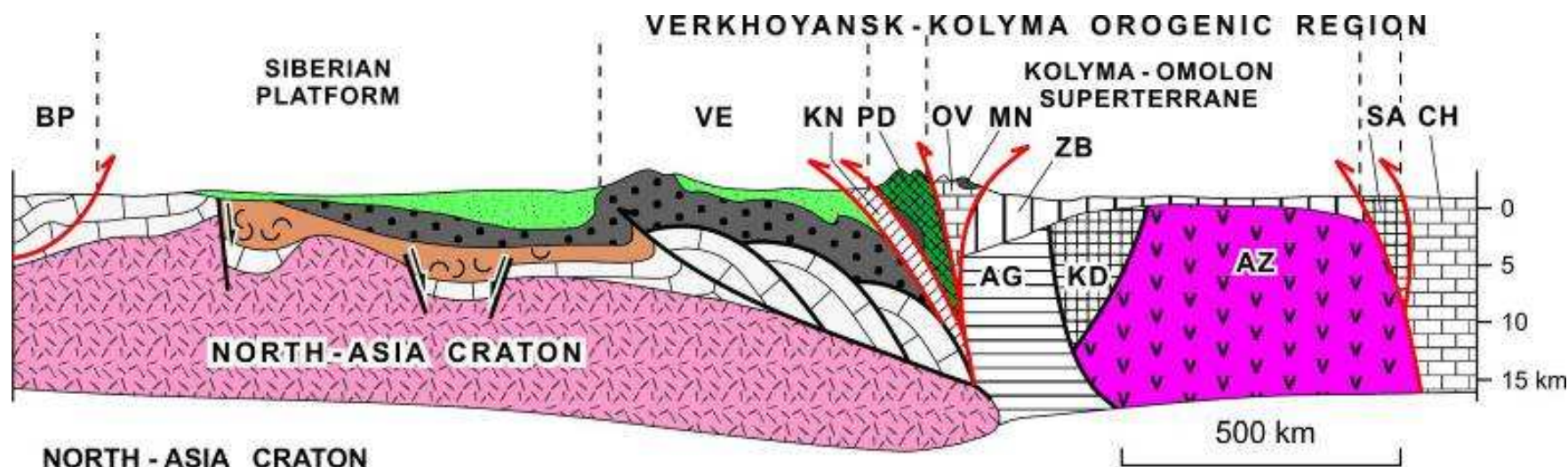
130-110 Ma.

Accretionary wedge

Kolyma-Omlon microcontinent

Ophiolite, crystalline rocks





NORTH - ASIA CRATON

- Precambrian crystalline basement
- Sedimentary and volcanic-sedimentary cover
- Riphean to Early Paleozoic
- Carboniferous and Permian
- Middle Devonian to Mississippian
- Mesozoic

BP=Baikal-Patom fold- and- thrust belt, VE=Verkhoyansk fold- and- thrust belt

COLLAGE OF TERRANES OF THE VERKHOYANSK - KOLYMA OROGENIC REGION

- Island arc terrane (AZ=Alazeya)
- Accretionary wedge (predominantly turbidite) terranes (PD = Polousnyy - Debin)
- Accretionary wedge predominantly oceanic terranes (SA = South Anyui, KD = Kenkel'da)
- Ophiolite terranes (MN=Munilkan)
- Miogeoclinal terranes (passive continental margin) (OV = Omulevka, CH = Chukotka)
- Turbidite terranes continental margin (slate belt) (KN = Kular-Nera)
- Turbidite terranes: (AG = Arga-Tas)
- Late Jurassic to Cenozoic post amalgamation and post accrecion complexes (ZB= Zyryanka basin)
- Thrust
- Normal faults



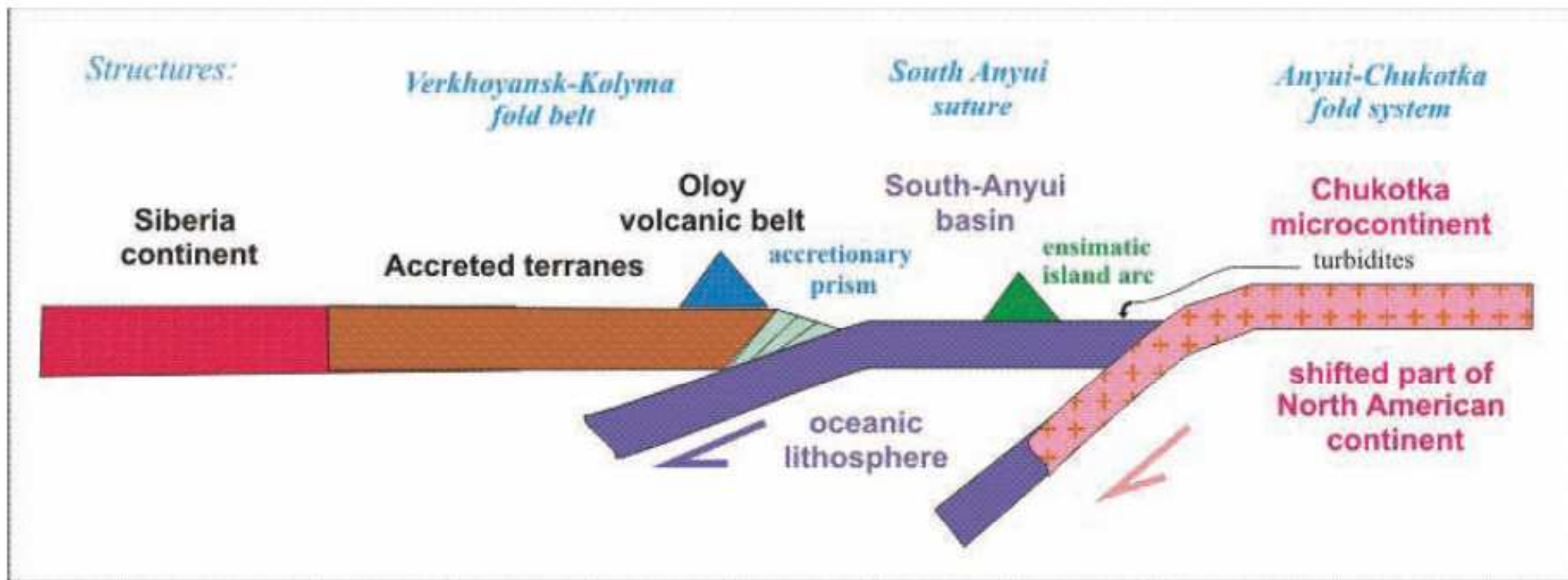
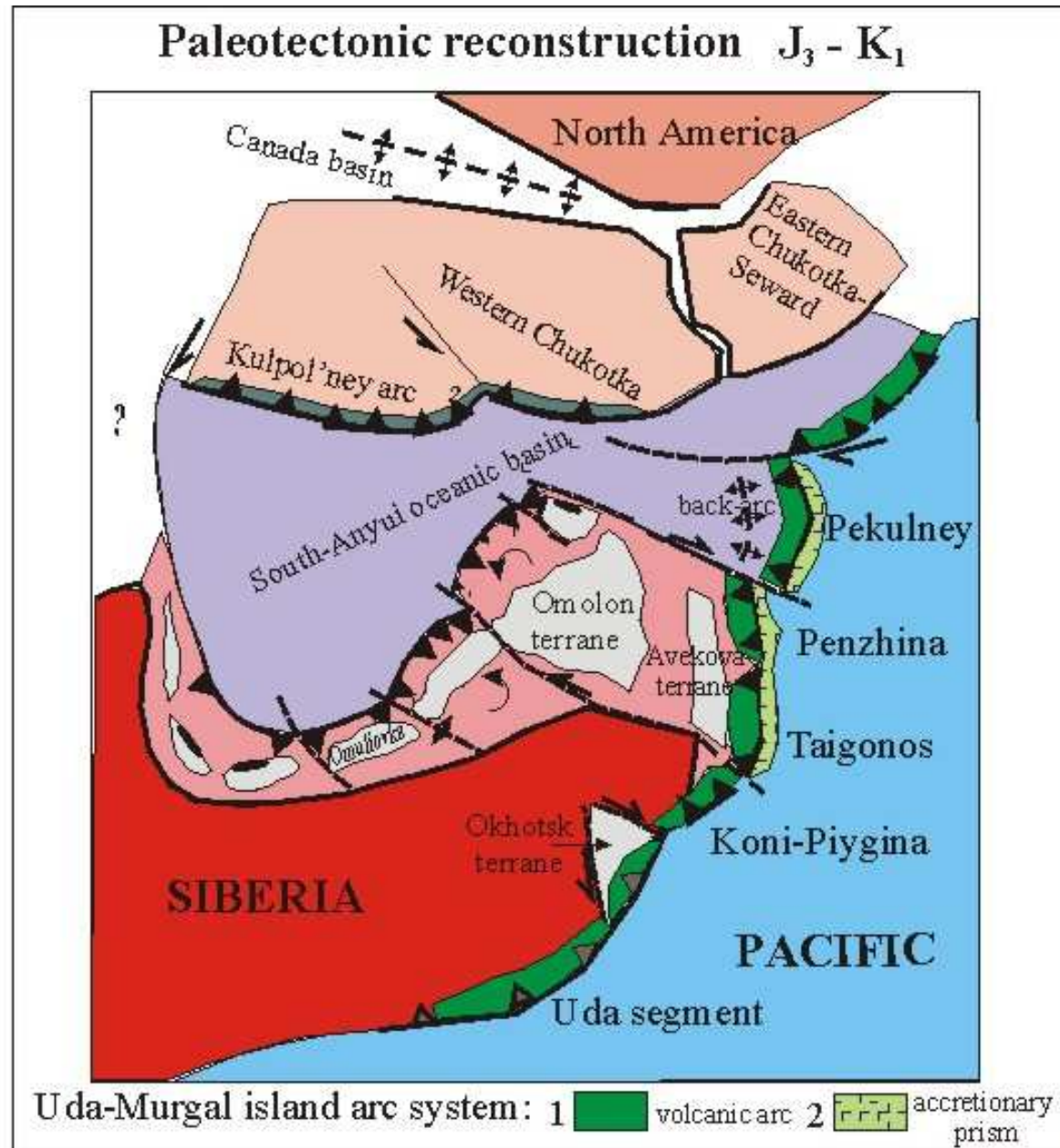


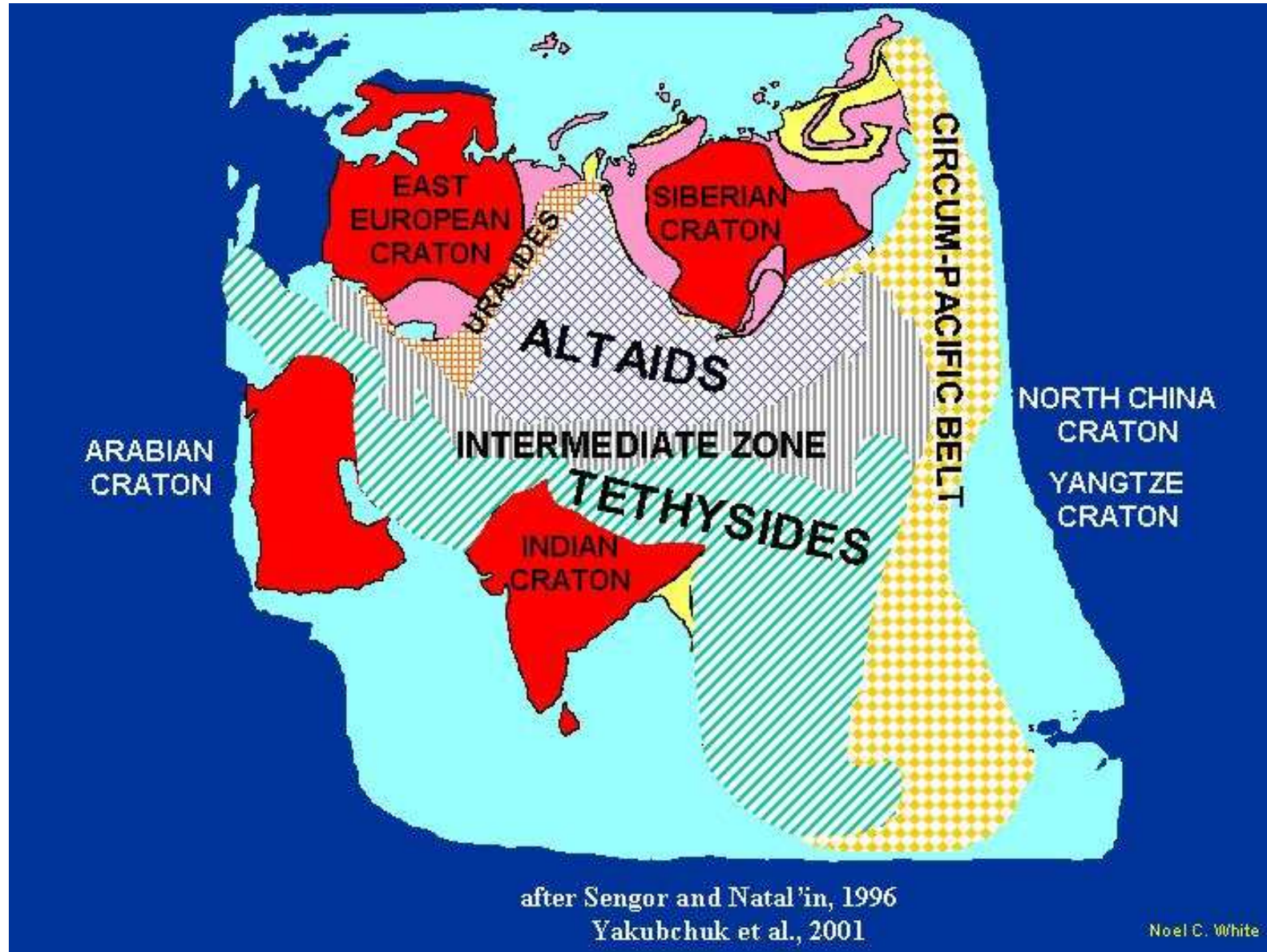
Fig. 6. Paleogeodynamic profiles for Late Jurassic –Early Cretaceous time.

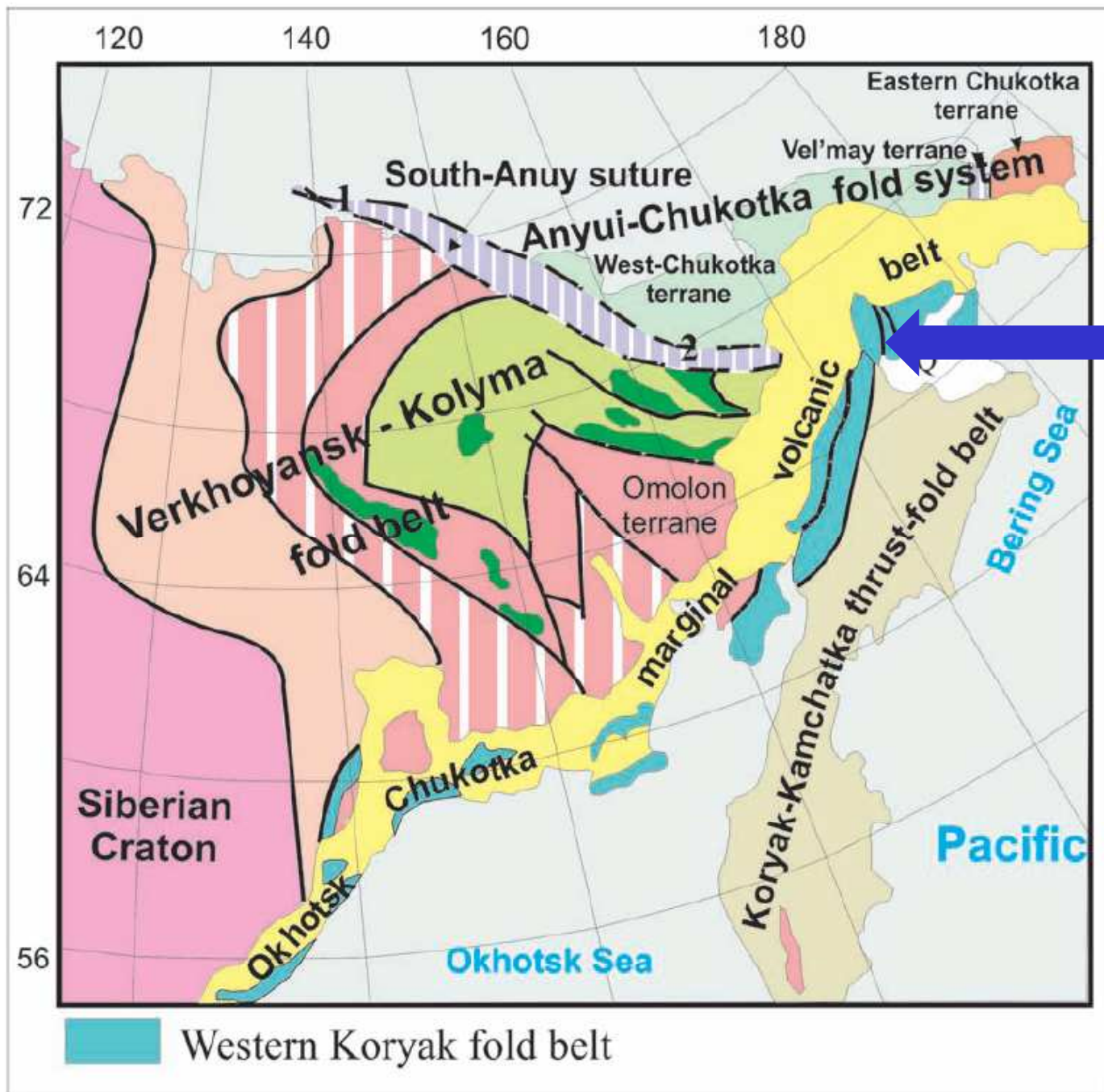




Late Jurassic - Early Cretaceous Uda-Murgal island arc

Orogenetické zóny jsou tvořeny tektonickou koláží, která byla přiřčleněna ke kontinentálním jádrům. Do této kategorie spadají **altajdy**, **přechodná zóna** a **tethysidy** dále dělené na **kimeridy** a **alpidy** a **cirkumpacifické pásmo alpid**.

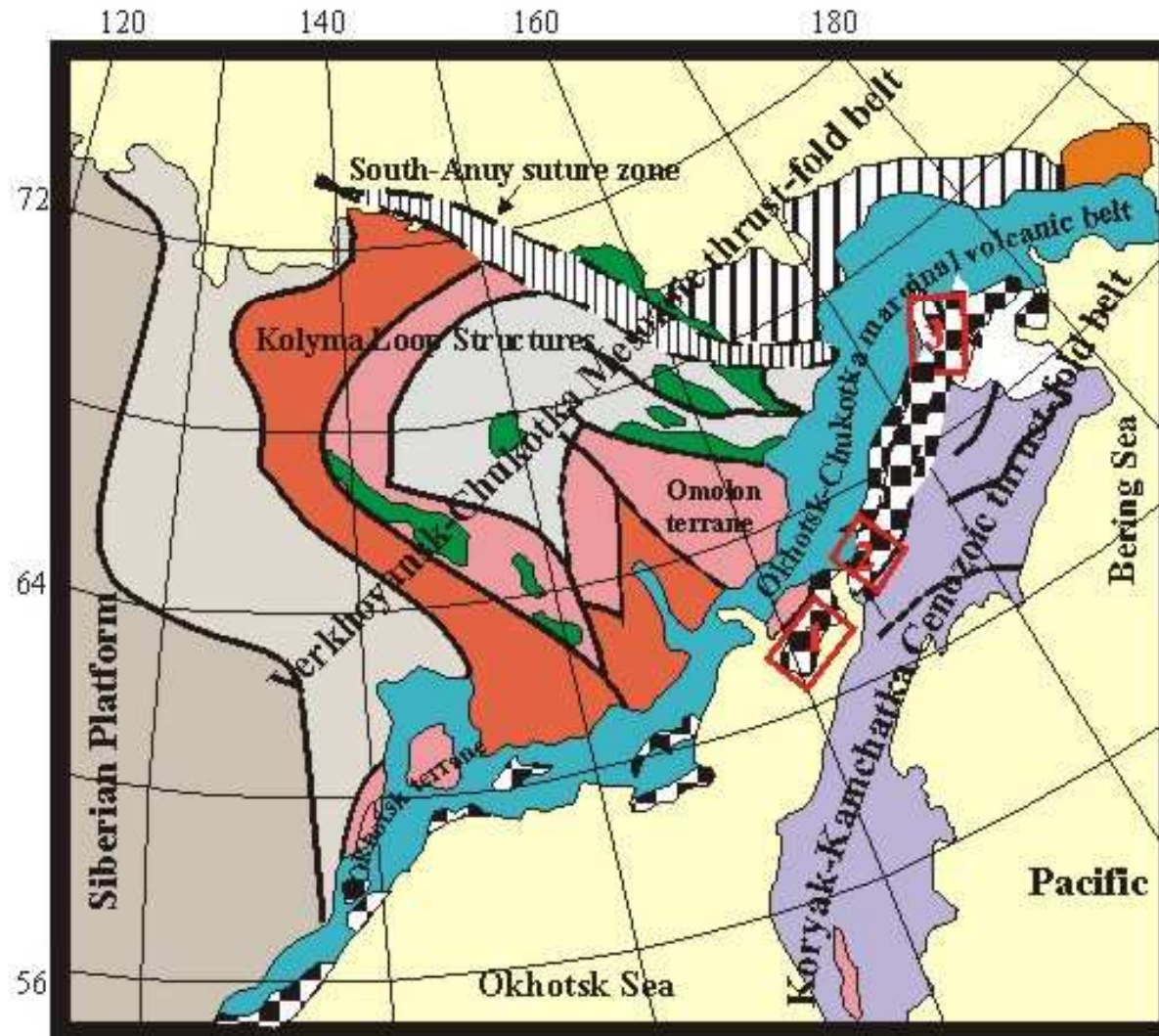




Chukotka fold belt consists of Anyui-Chukotka fold system and South Anyui suture (1- Shalaurova terrane, 2 - South-Anyui terrane)



THE MAIN TECTONIC ELEMENTS OF NORTHEASTERN RUSSIA



Late Mesozoic Western Koryakian fold belt

1

Key areas: 1-Taigonos ; 2-Penzhina; 3-Ust-Belaya (and Pekulney ridge)

čukotské a korjasko-kamčatské pásmo reprezentují akreční orogeny s teránní stavbou s kontinuálním vývojem od mesozoika do kenozoika. Čukotské pásmo se liší zastoupení mikrokontinetů zatímco v korjasko kamčatském dominují akreční klíny a vulkanické oblouky.

Jižní okraj Asie

Kimerská orogeneze

Při jižním okraji Asie byl vývoj určován kolizí s **kimerskou skupinou teránů (trias, jura)** v období mezi 210 až 180 Ma vytvářející kimerské orogenetické pásmo tethysid. Ke kimerským mikrokontinentům, které při svém severním driftu na sebe nabalovaly koláž dalších dílčích kontinentálních fragmentů, patří bloky v Turecku, Iránu, Afganistánu, **Quiantang** a **Lhasa** v západní Číně, blok **Sibumasu** a **Barma** v JV Asii.

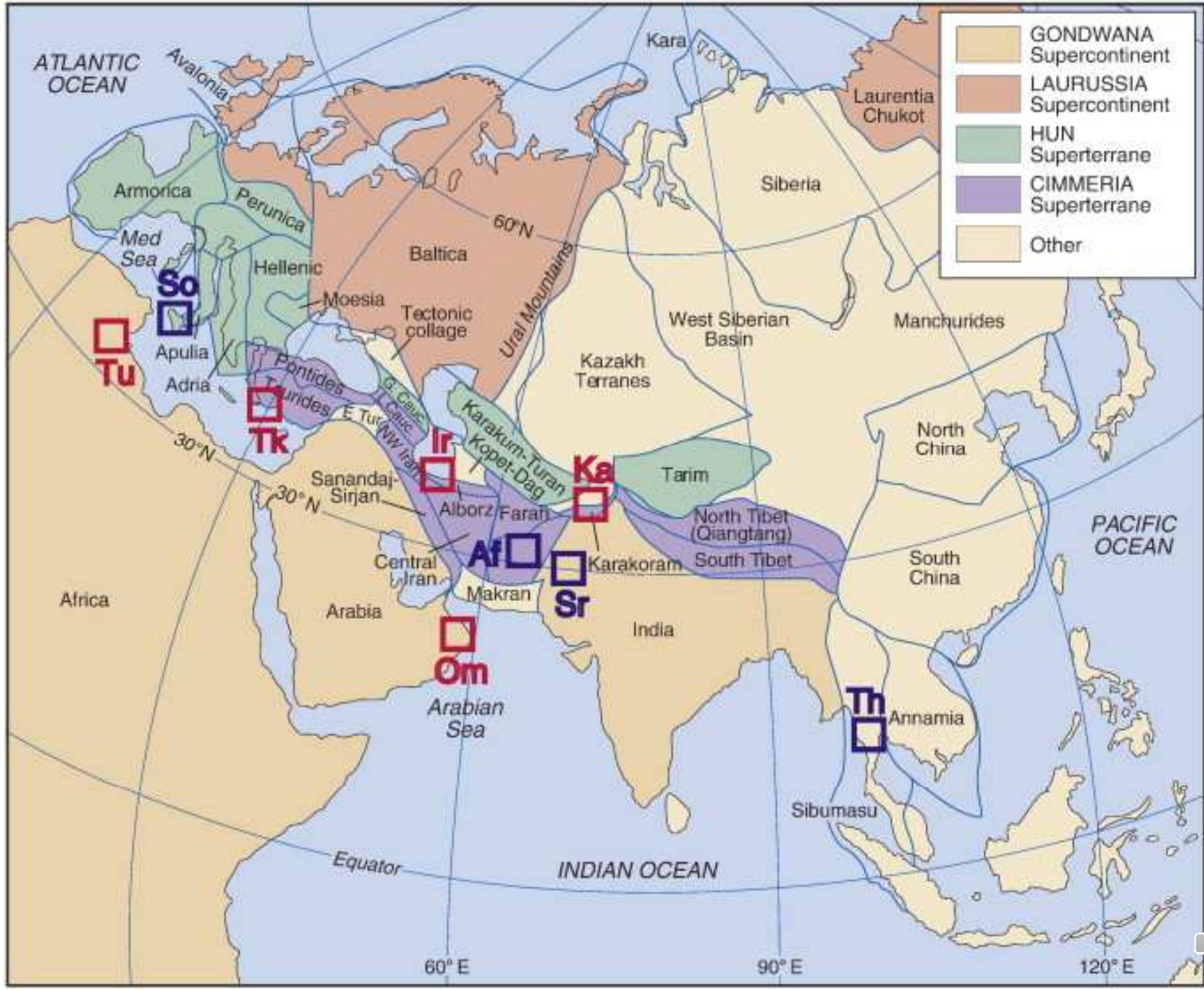
Starokimerská fáze

Do první skupiny oddělené od Gondwany ve spodním permu patří bloky v severním Iránu (Elbrus) na západě a bloky **Quiantang** a **Sibumasu** na východě. Při jejich driftu se na severu **subdukci pod Laurasií**, severní Čínu a jižní Čínu-Indočínu uzavírala **Paleotethys** a za nimi se otevíral nový oceán označovaný jako **Mesotethys**. Výše zmíněná skupina mikrokontinentů kolidovala s Eurasií v **triasu, tj během starokimerských fází alpského vrásnění**.

Mladokimerská fáze

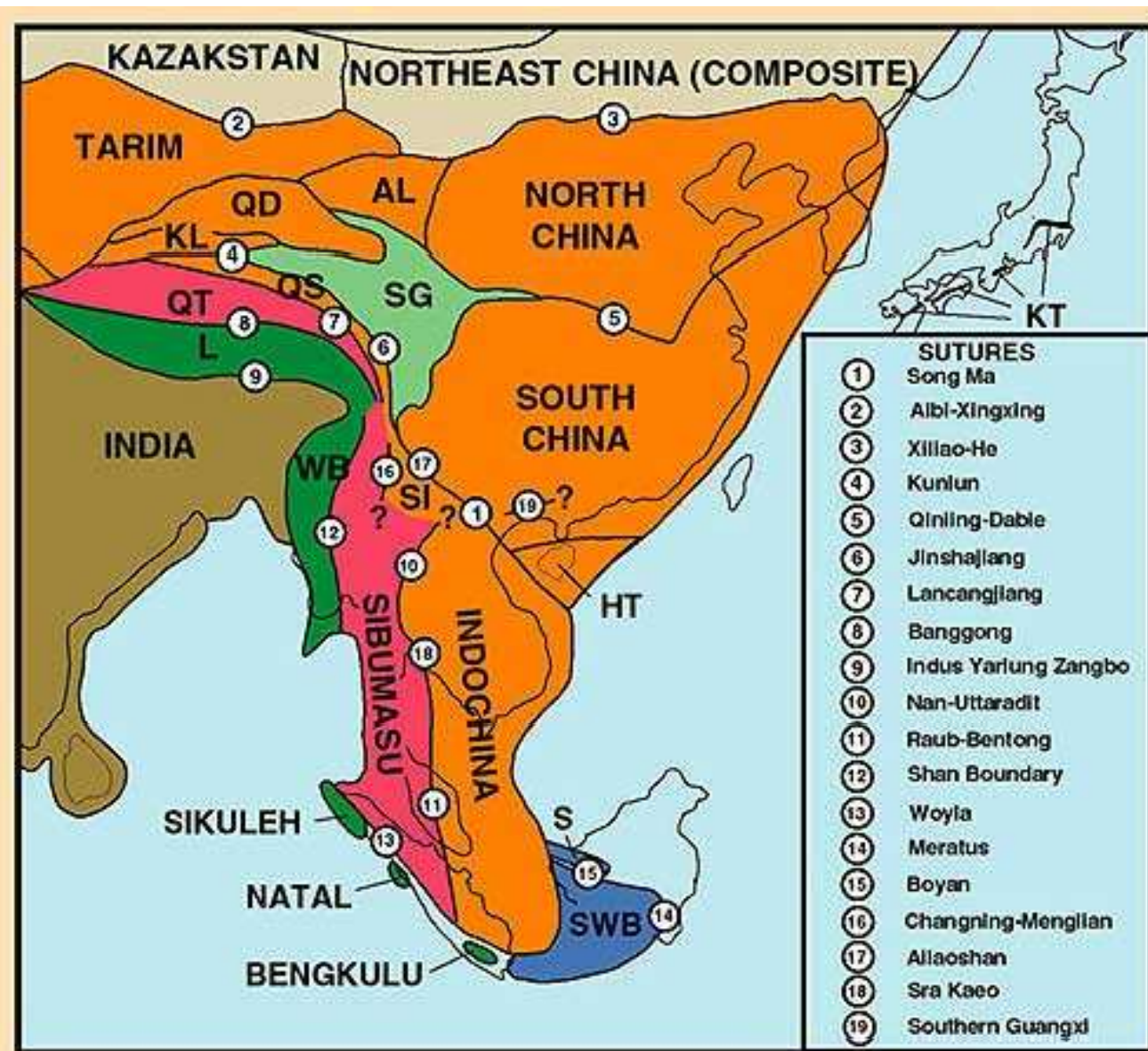
Jižní fragmenty kimerské skupiny mikrokontinentů zahrnující **tauridský, střednoiránský, střednoafganský, lutský, karakoramský, lhaský a barmský** blok byly začleněny do jižního okraje Asie potom během mladokimerských fází v juře. Kolize skupiny **západokimerských teránů** dala vzniknout pohořím v Turecku, Elbrusu, Kopet Dagu. Hindukúši a Pamíru.

Pod jižní okraj Asie potom docházelo během křídý nadále k subdukci oceanické kůry **Neotethydy**, která místy vedla k velkým intruzím granitoidů (transhimalajský batolit).




	GONDWANA Supercontinent
	LAURUSSIA Supercontinent
	HUN Superterrane
	CIMMERIA Superterrane
	Other







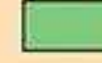
 Terranes derived from Gondwanaland in the Devonian

 Terranes derived from Gondwanaland in the late Early Permian

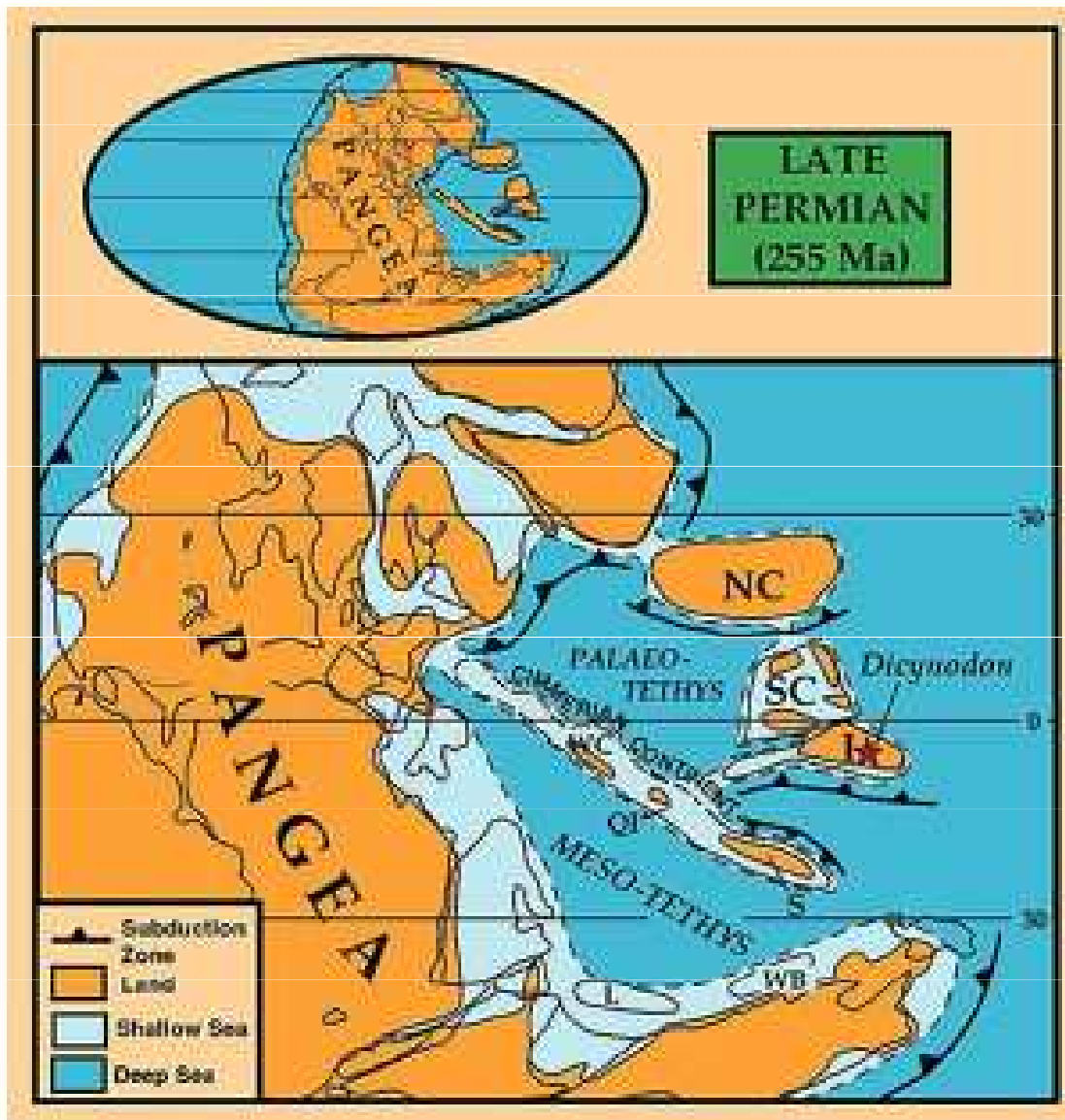
 Terranes derived from Gondwanaland in the Late Triassic-Late Jurassic

 Terranes derived from Cathaysia in the Cretaceous-Tertiary

 Indian continent derived from Gondwanaland in the Cretaceous

 Songpan-Ganzi accretionary complex

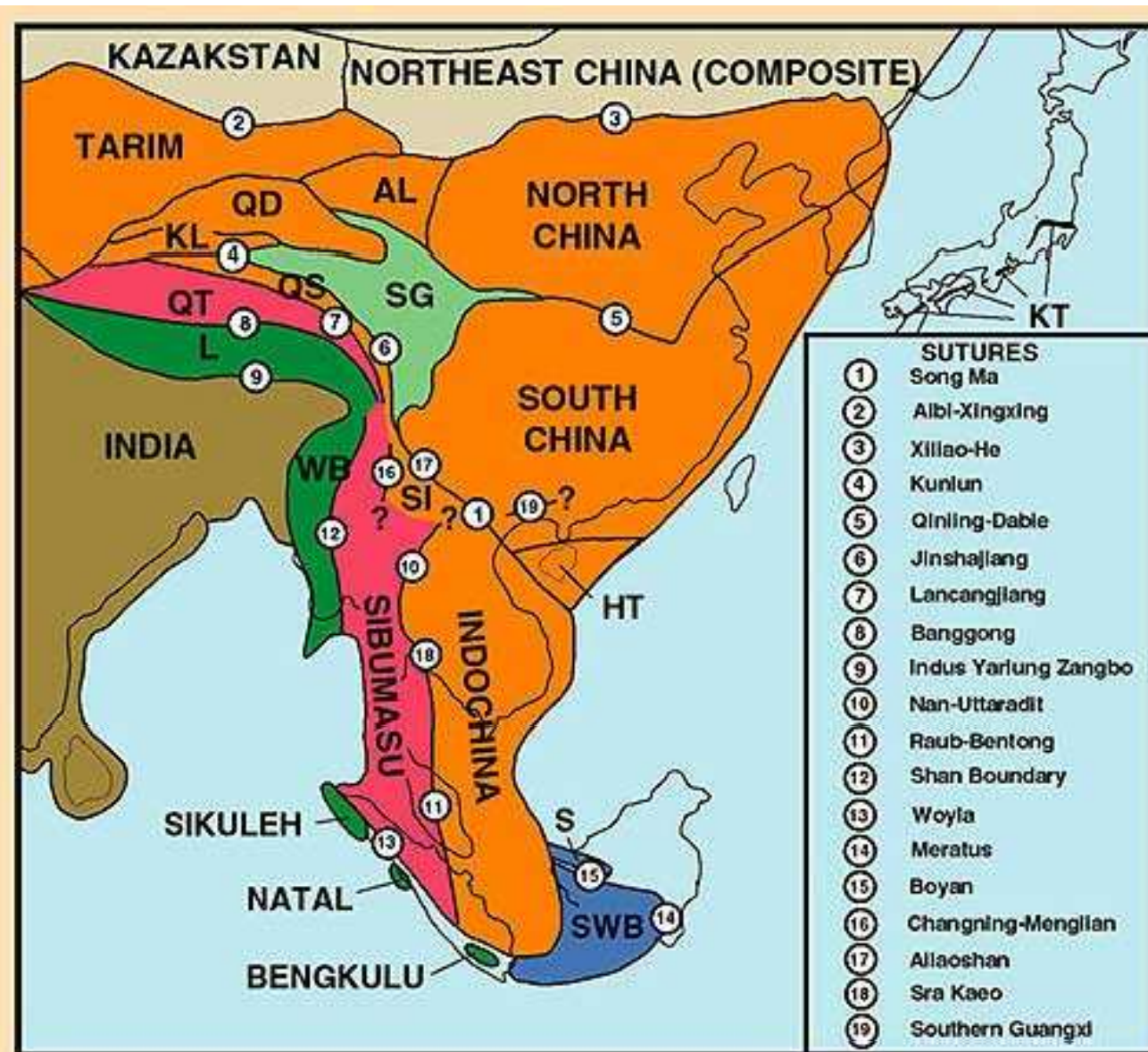




Palaeogeographic reconstructions of the Tethyan region for Late Permian showing relative positions of the East and Southeast Asian terranes and distribution of land and sea. The distribution of the Late Permian *Dicynodon* from Laos is also shown. Present day outlines are for reference only. NC = North China SC = South China T = Tarim I = Indochina Qi = Qiangtang L = Lhasa S = Sibumasu WB = West Burma GI = Greater India.



Southeast Asia



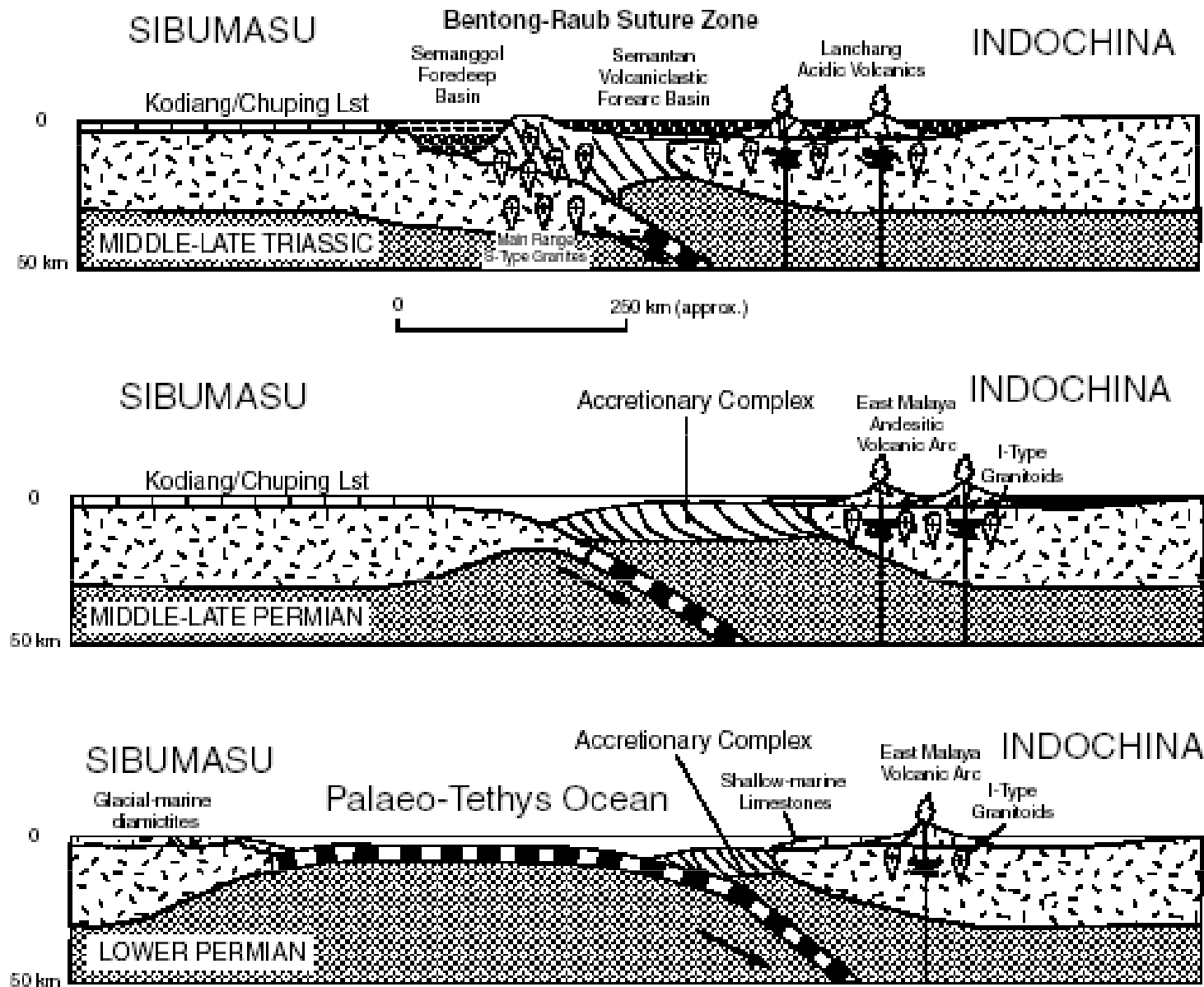
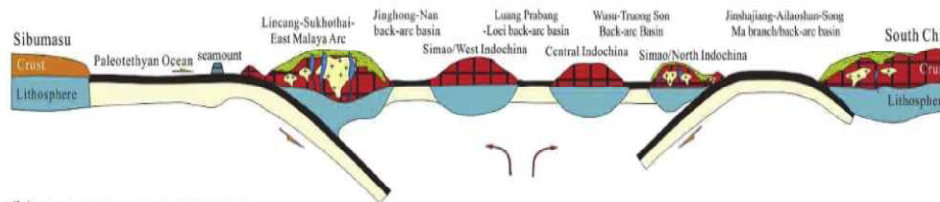


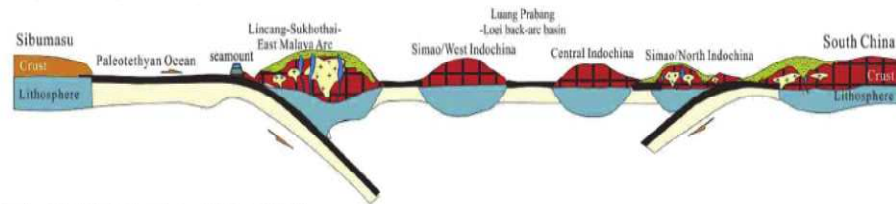
Fig. 14. Conceptual cross-sections illustrating formation of the Bentong-Raub Suture by subduction of the Palaeo-Tethys Ocean and collision of the Sibumasu and Indochina terranes.



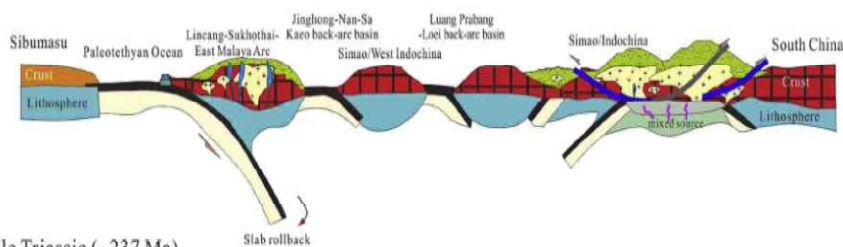
(a) Permian (~270 Ma)



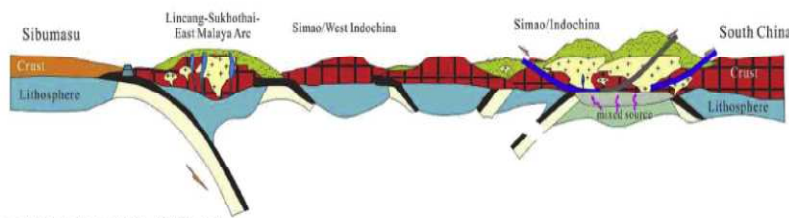
(b) Early Triassic (~247 Ma)



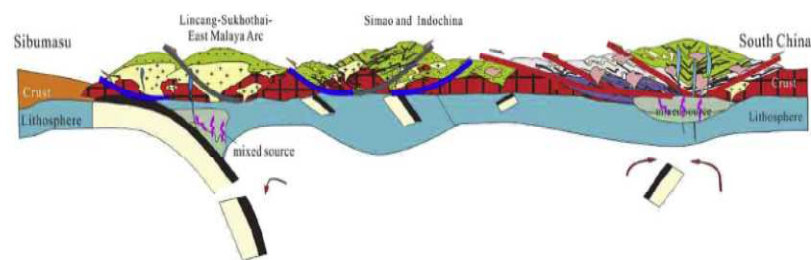
(c) Early-Middle Triassic (~247-237 Ma)



(d) Middle Triassic (~237 Ma)



(e) Middle-Late Triassic (~237-230 Ma)



(f) Late Triassic (~230-200 Ma)

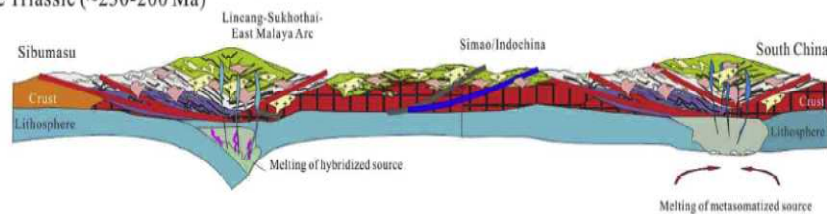
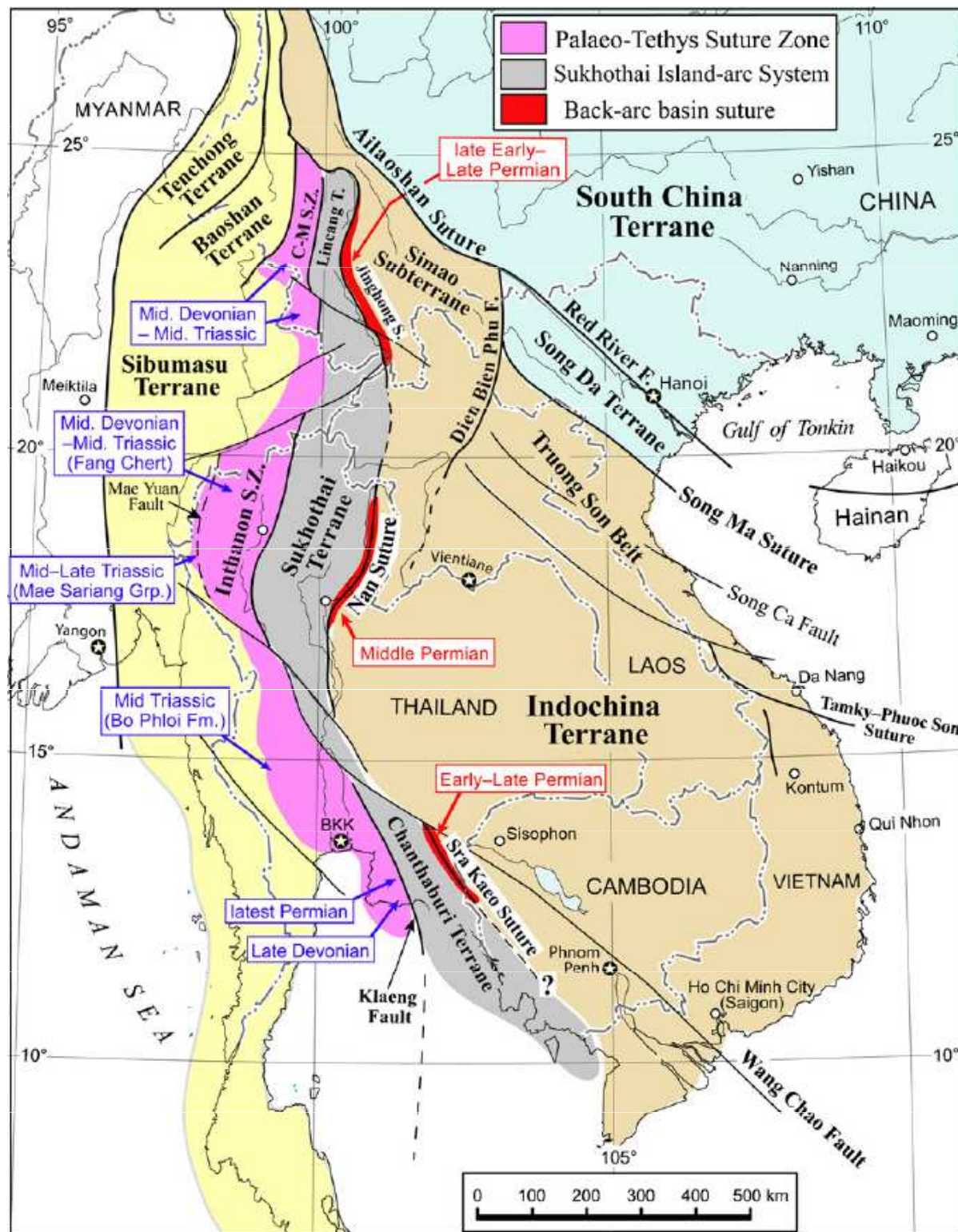
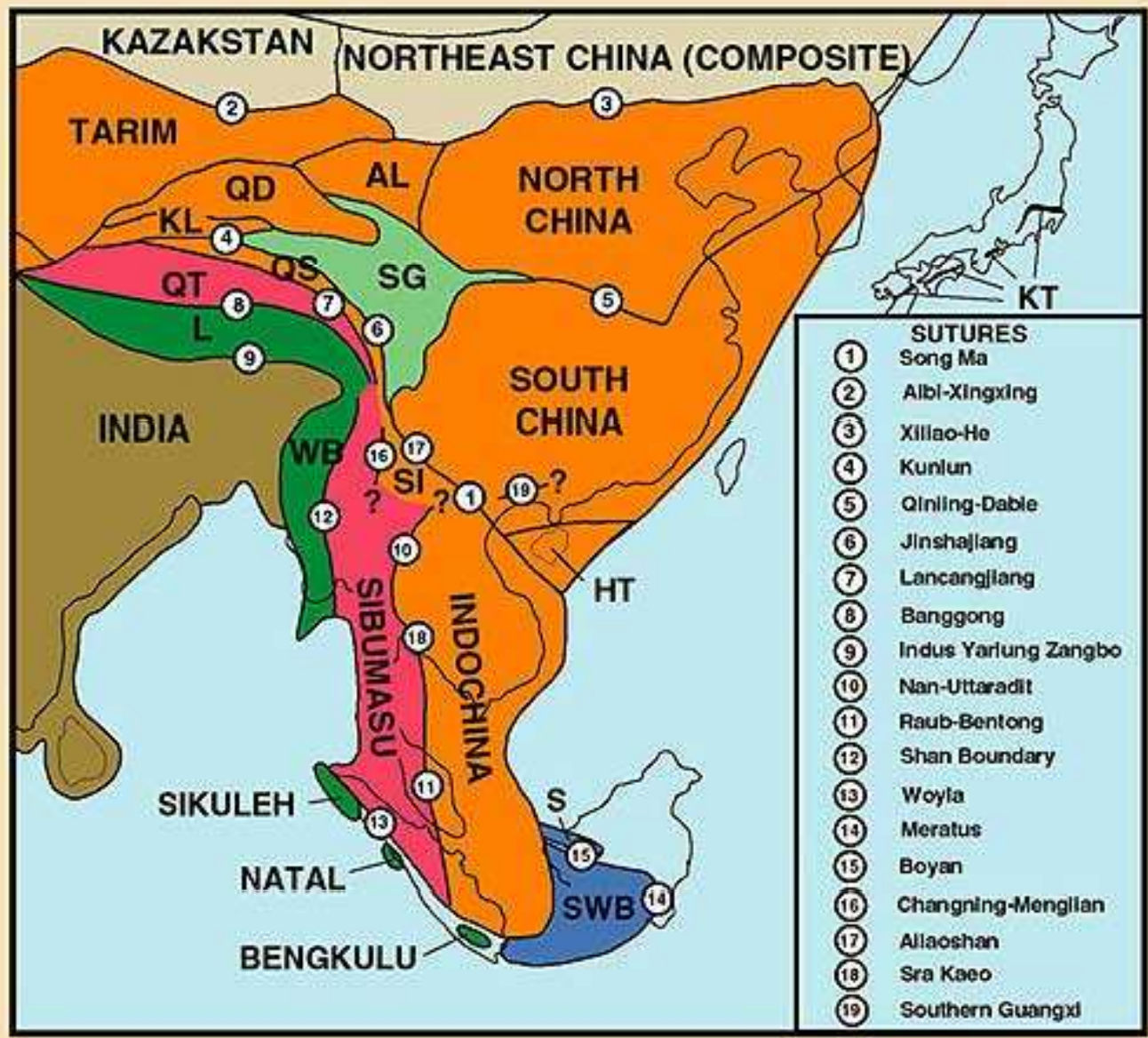


Fig. 14. Schematic tectonic cartoons showing the Paleotethyan tectonic evolution in Southeast Asia involving: (a) the on-going subduction of the main East Paleotethyan Ocean, the closure of a series of back-arc basins in Southeast Asia, and subsequent assemblage within/between the Southeast Asia continental fragments and Eastern Cimmerian suture at ~270 Ma (Permian); (b) ~247 Ma (Early Triassic); (c) ~247–237 Ma (Early-Middle Triassic); (d) ~237 Ma (Middle Triassic); (e) ~237–230 Ma (Middle-Late Triassic); and (f) ~230–200 Ma (Late Triassic). See text for the detailed explanation.

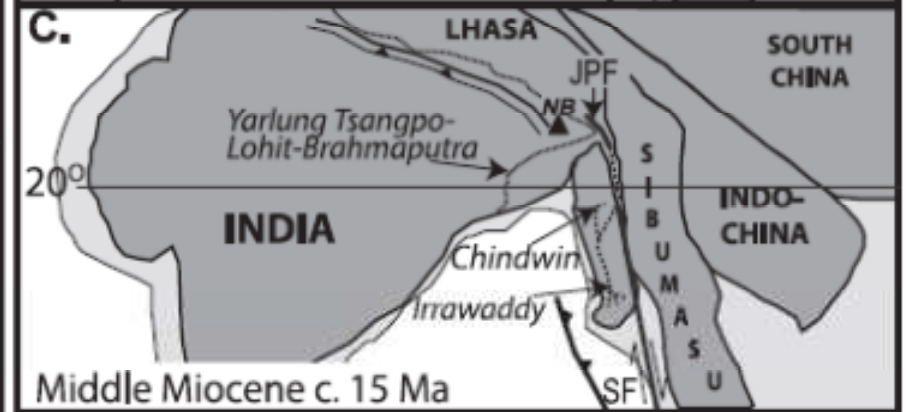
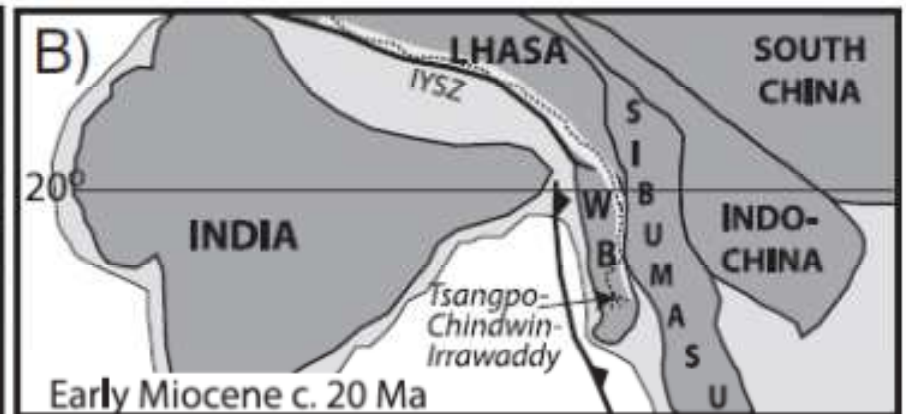
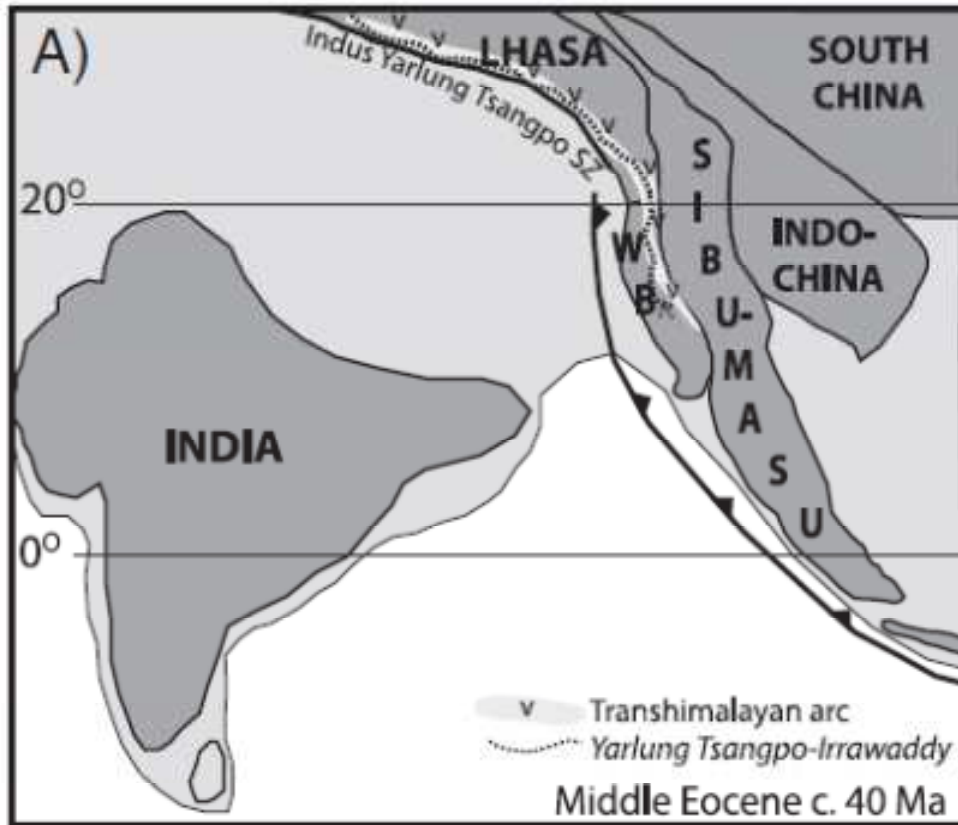






Kolize teranu západní Barna WW se Sibumasu se předpokládá na konci křídý A na počátky paleogenu





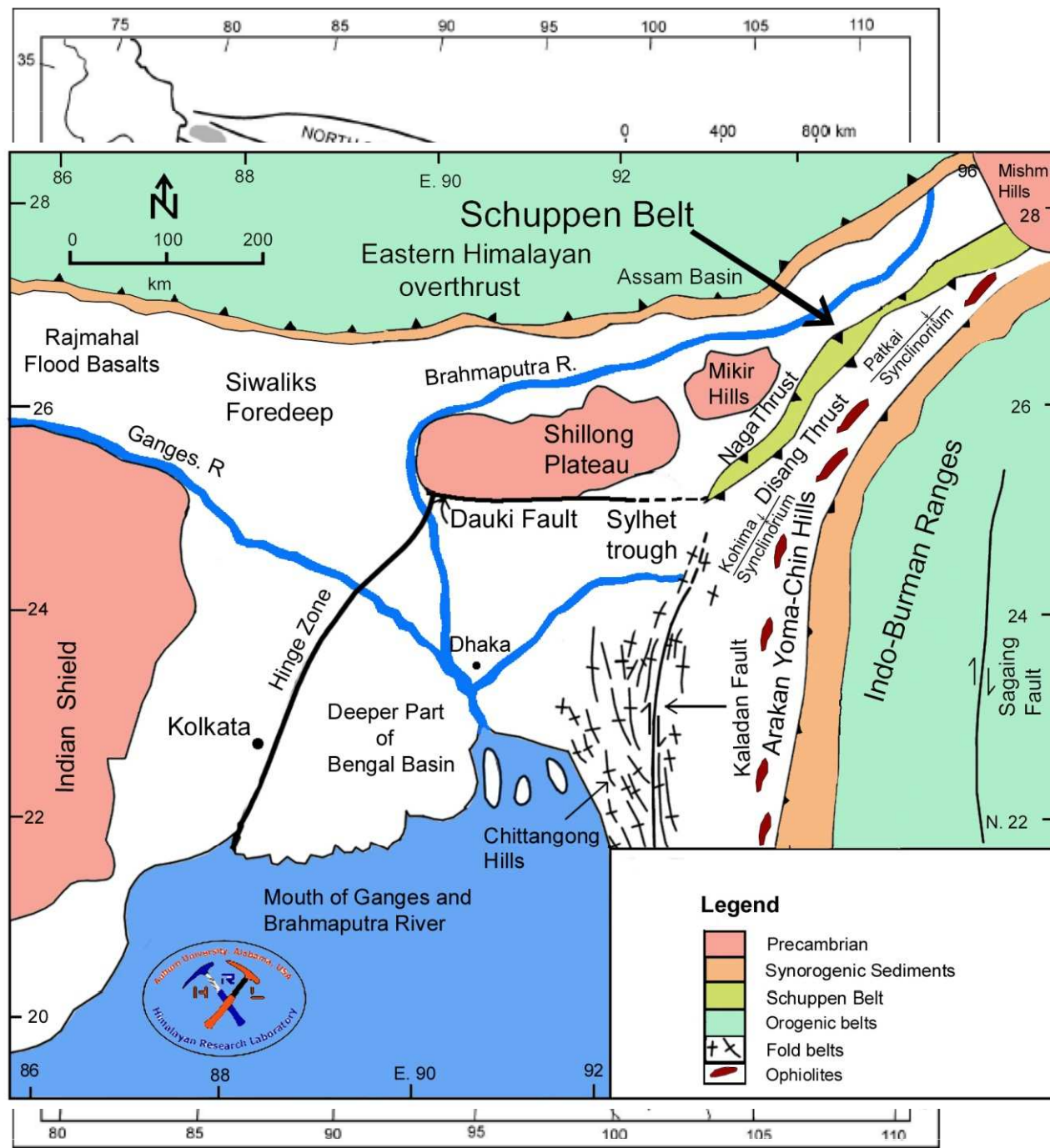
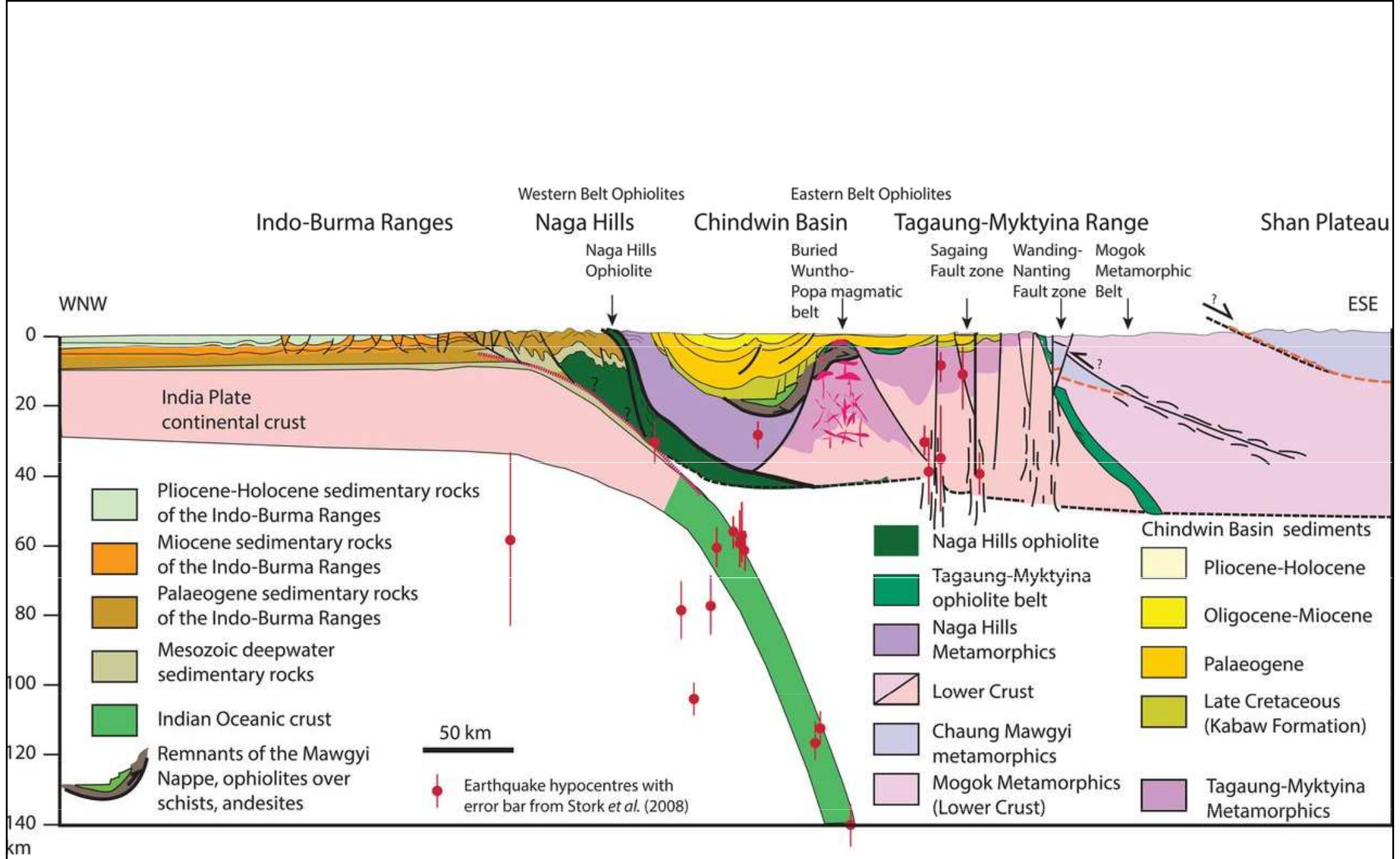
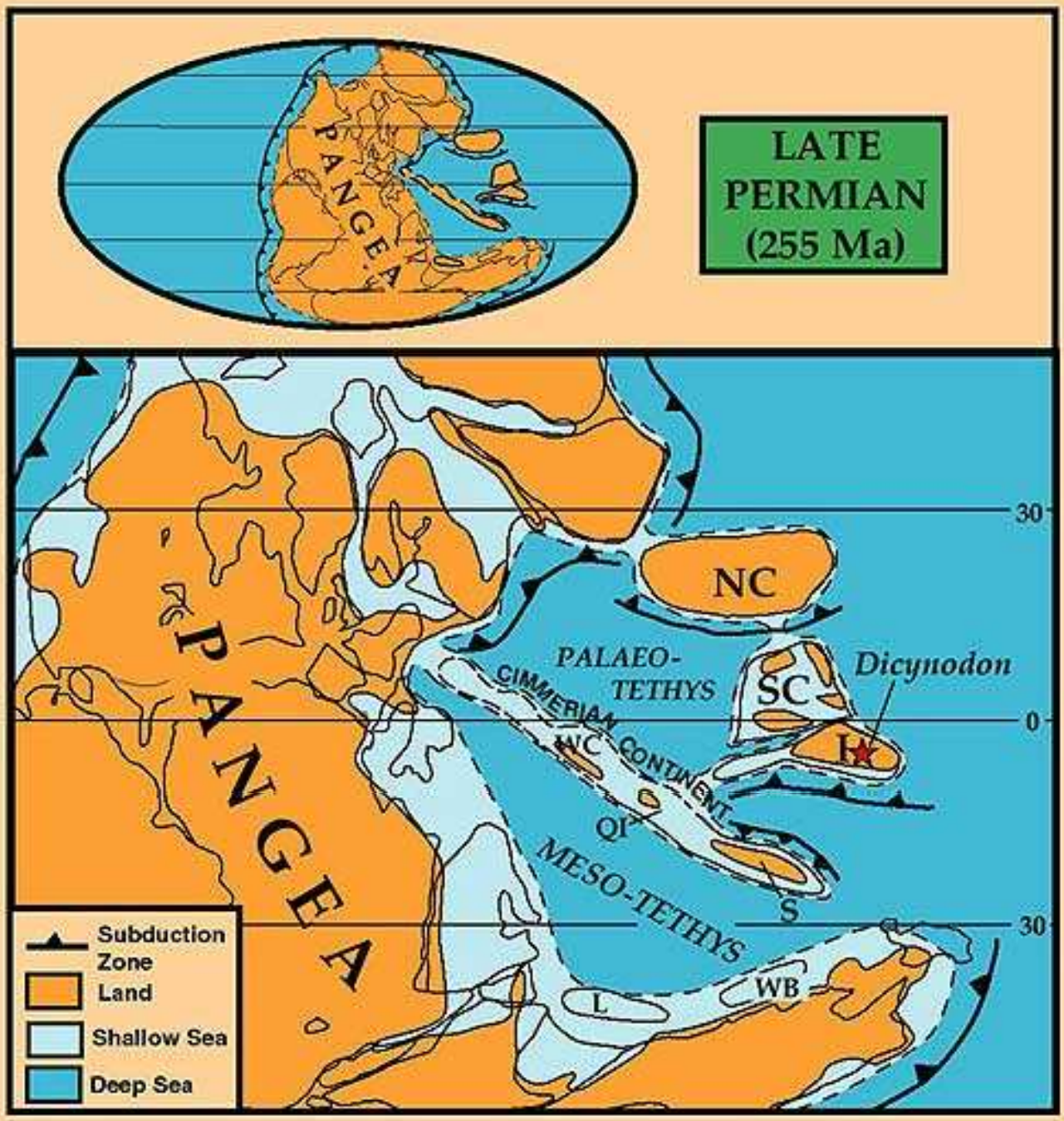


Fig. 14. Distribution of Gondwana-affinity Permo-Carboniferous in southwest China and Southeast Asia (shaded area). Data of Southeast Asia based on Stauffer and Lee, 1986; data of southwest China based on my own field work and from other Chinese authors.



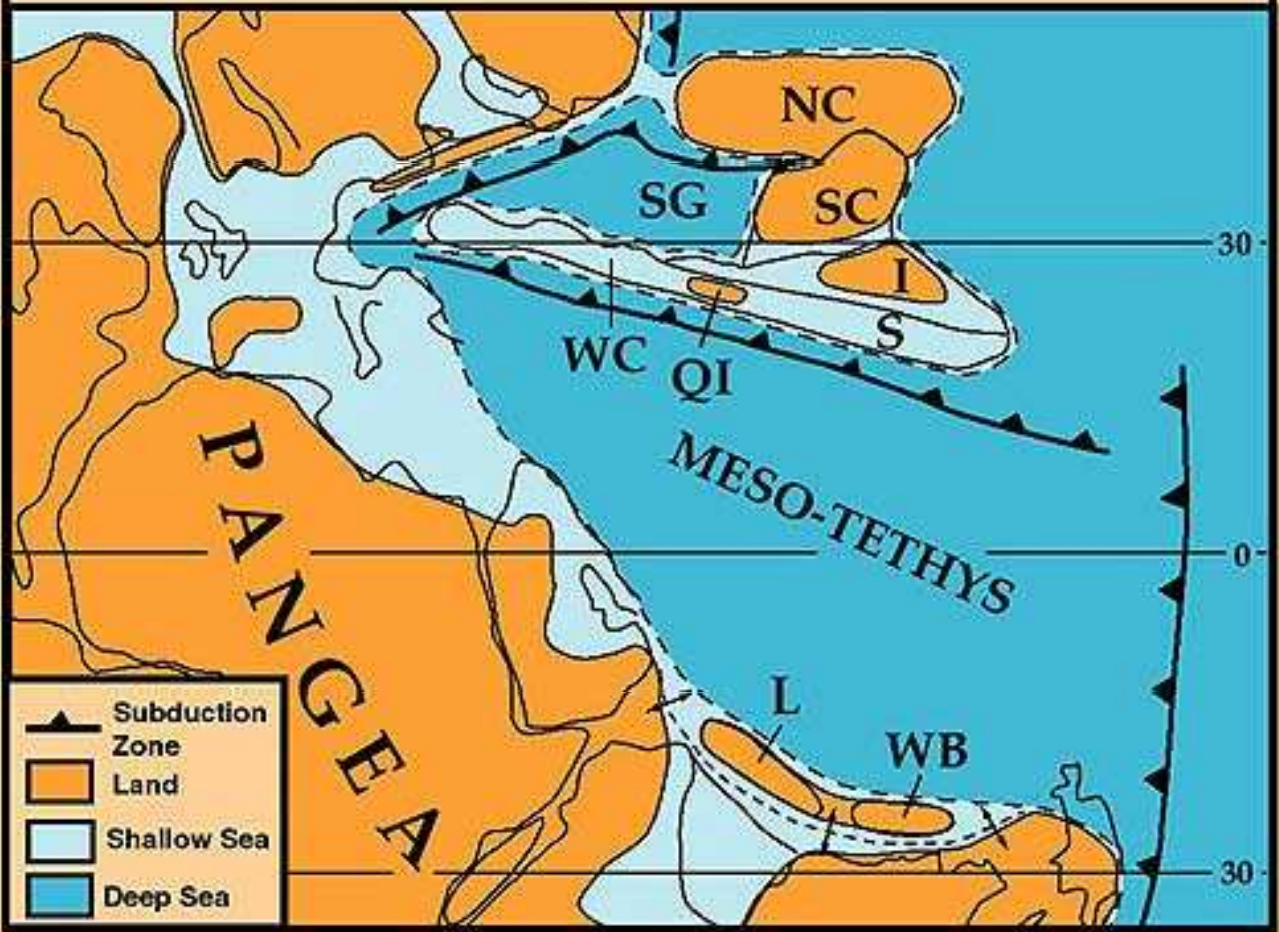


LATE
PERMIAN
(255 Ma)

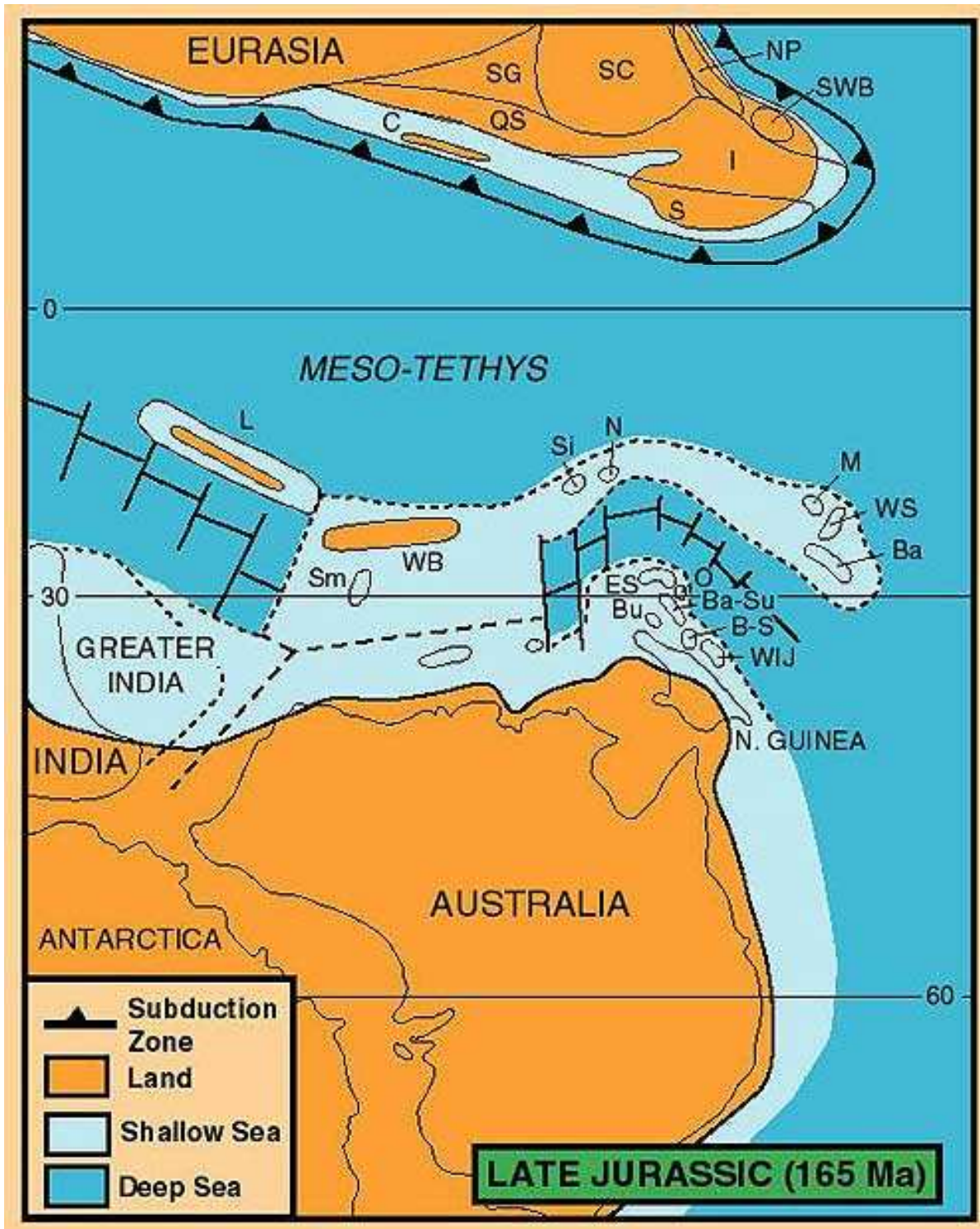
Palaeogeographic reconstructions of the Tethyan region for Late Permian showing relative positions of the East and Southeast Asian terranes and distribution of land and sea. The distribution of the Late Permian *Dicynodon* from Laos is also shown. Present day outlines are for reference only. NC = North China SC = South China T = Tarim I = Indochina Qi = Qiangtang L = Lhasa S = Sibumasu WB = West Burma GI = Greater India.



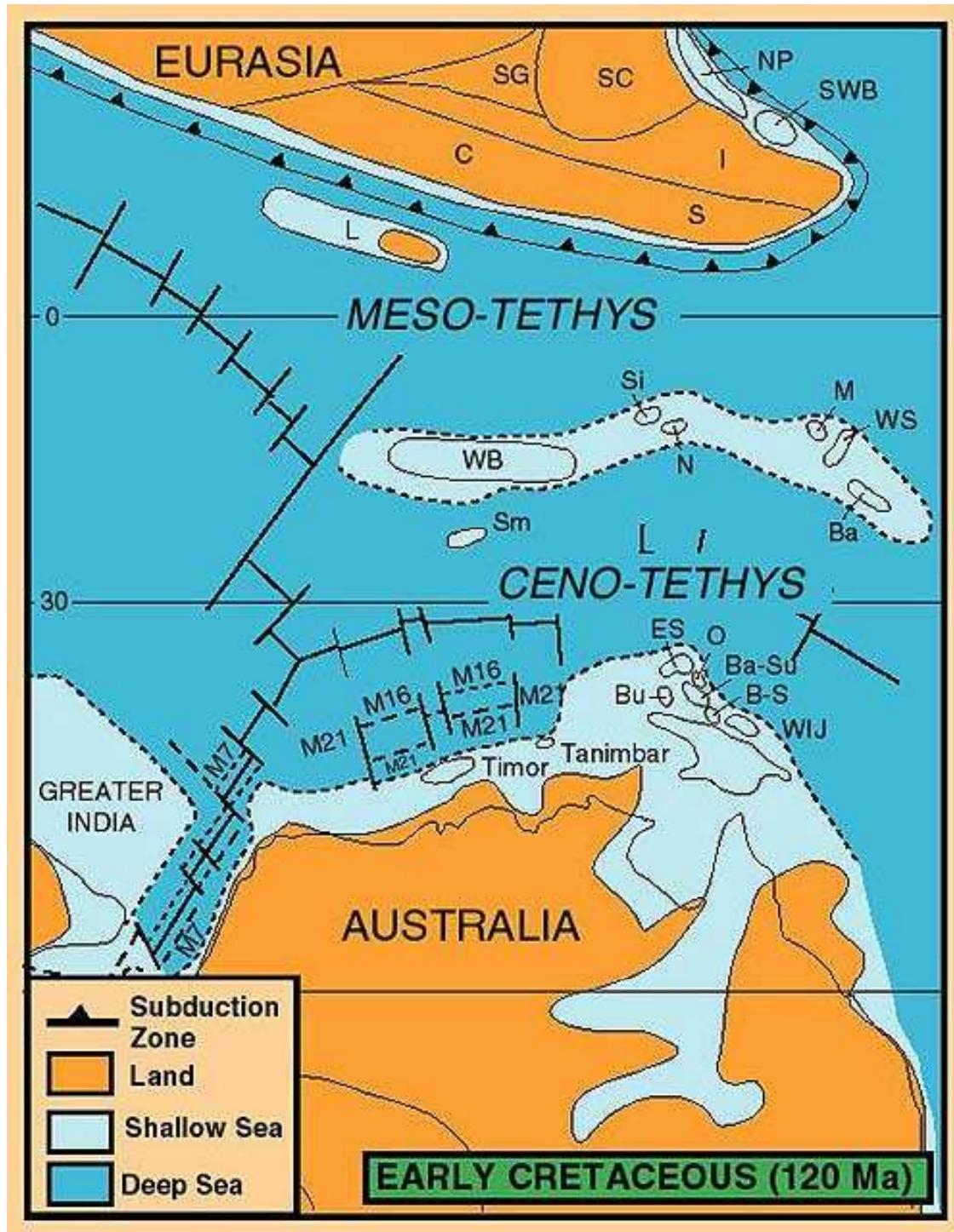
LATE TRIASSIC (220 Ma)



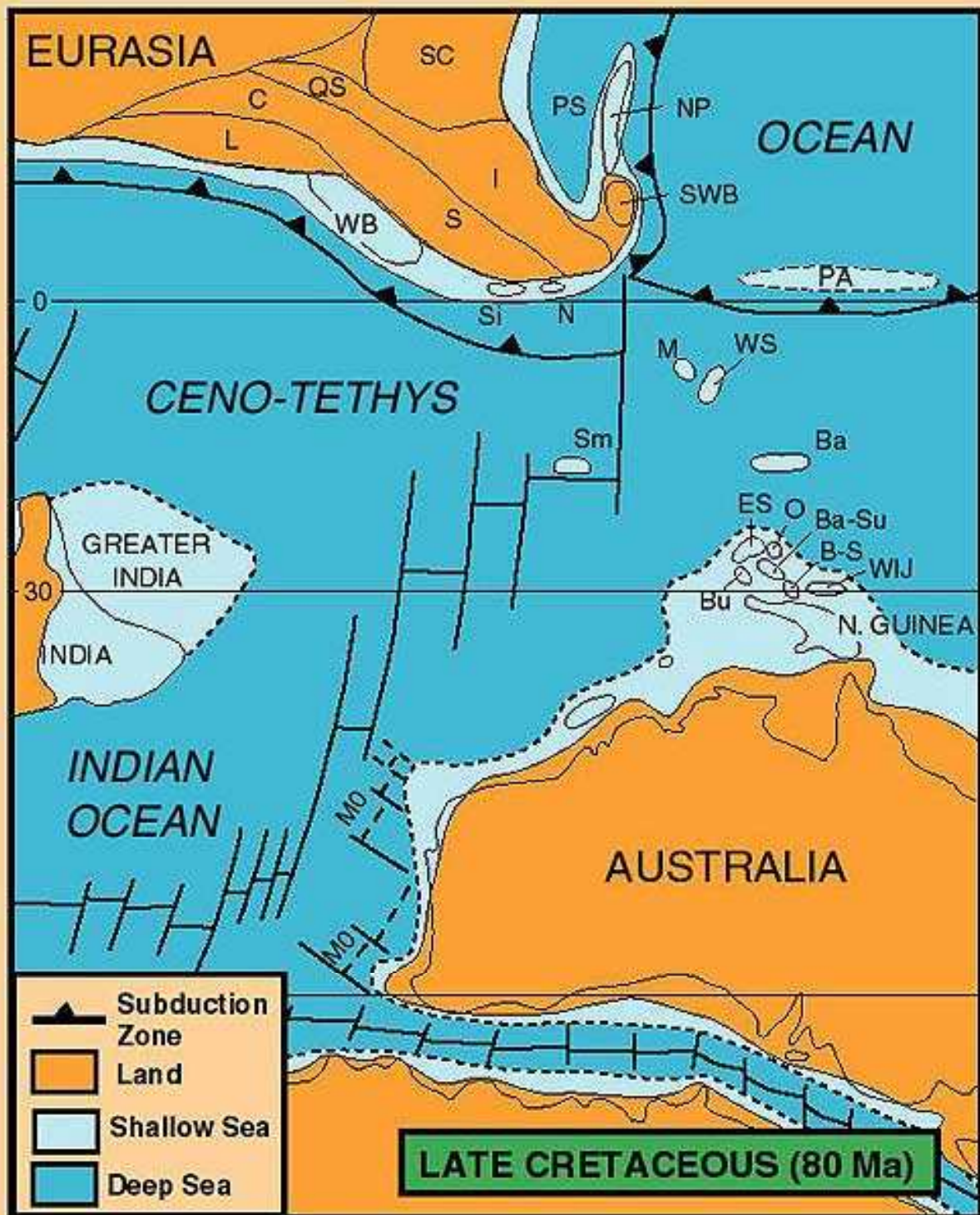
Palaeogeographic reconstruction of the Tethyan region for Late Triassic showing relative positions of the East and Southeast Asian terranes and distribution of land and sea. Present day outlines are for reference only. NC = North China SC = South China T = Tarim I = Indochina Qi = Qiangtang L = Lhasa S = Sibumasu WB = West Burma GI = Greater India.



Palaeogeographic reconstruction for Eastern Tethys in the Late Jurassic showing distribution of land and sea. SG = Songpan Ganzi accretionary complex SWB = South West Borneo (includes Semitau) NP = North Palawan and other small continental fragments now forming part of the Philippines basement Si = Sikuleh N = Natal M = Mangkalihat WS = West Sulawesi Ba = Banda Allochthon ES = East Sulawesi O = Obi-Bacan Ba-Su = Banggai-Sula Bu = Buton B-S = Buru-Seram WIJ = West Irian Jaya Sm = Sumba PA = Incipient Philippine Arc PS = Proto-South China Sea Z = Zambales Ophiolite. M numbers represent Indian Ocean magnetic anomalies. NC = North China SC = South China T = Tarim I = Indochina Qi = Qiangtang L = Lhasa S = Sibumasu WB = West Burma GI = Greater India.



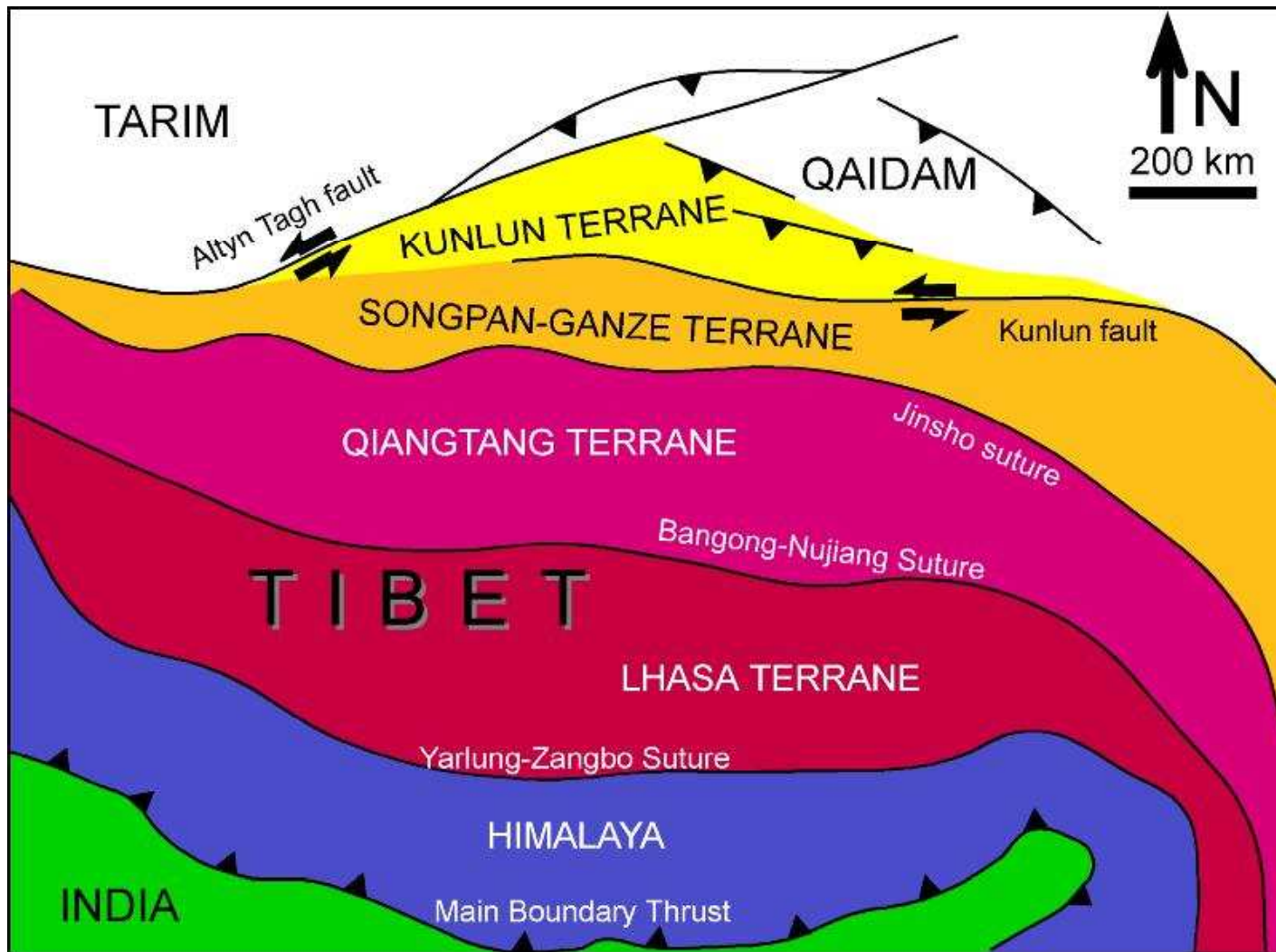
Palaeogeographic reconstruction for Eastern Tethys in the Early Cretaceous showing distribution of land and sea. SG = Songpan Ganzi accretionary complex SWB = South West Borneo (includes Semitau) NP = North Palawan and other small continental fragments now forming part of the Philippines basement Si = Sikuleh N = Natal M = Mangkalihat WS = West Sulawesi Ba = Banda Allochthon ES = East Sulawesi O = Obi-Bacan Ba-Su = Banggai-Sula Bu = Buton B-S = Buru-Seram WIJ = West Irian Jaya Sm = Sumba PA = Incipient Philippine Arc PS = Proto-South China Sea Z = Zambales Ophiolite. M numbers represent Indian Ocean magnetic anomalies. NC = North China SC = South China T = Tarim I = Indochina Qi = Qiangtang L = Lhasa S = Sibumasu WB = West Burma GI = Greater India.



Palaeogeographic reconstruction for Eastern Tethys in the Late Cretaceous showing distribution of land and sea. SG = Songpan Ganzi accretionary complex SWB = South West Borneo (includes Semitau) NP = North Palawan and other small continental fragments now forming part of the Philippines basement Si = Sikuleh N = Natal M = Mangkalihat WS = West Sulawesi Ba = Banda Allochthon ES = East Sulawesi O = Obi-Bacan Ba-Su = Banggai-Sula Bu = Buton B-S = Buru-Seram WIJ = West Irian Jaya Sm = Sumba PA = Incipient Philippine Arc PS = Proto-South China Sea Z = Zambales Ophiolite. M numbers represent Indian Ocean magnetic anomalies.

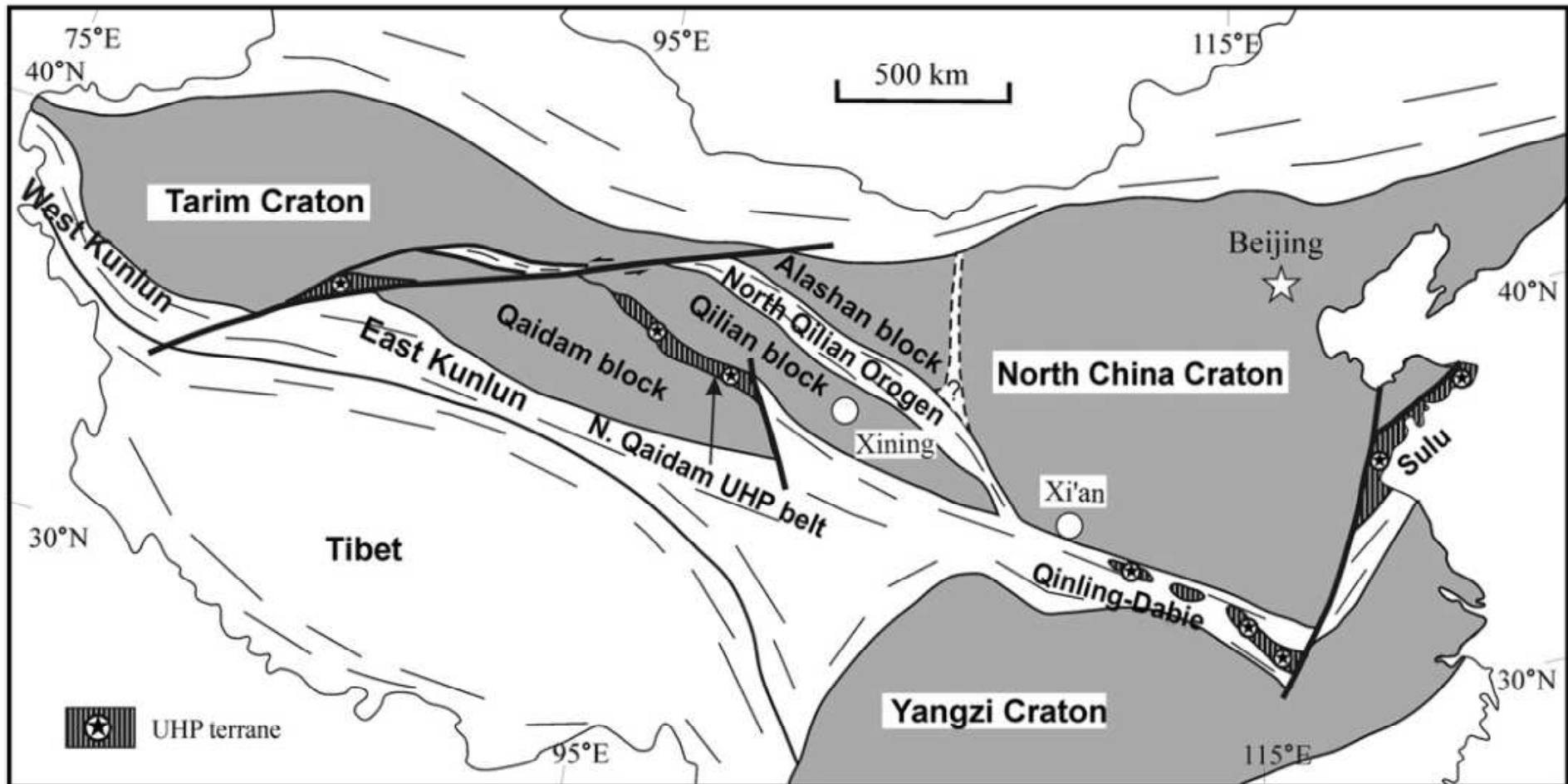
Tibet

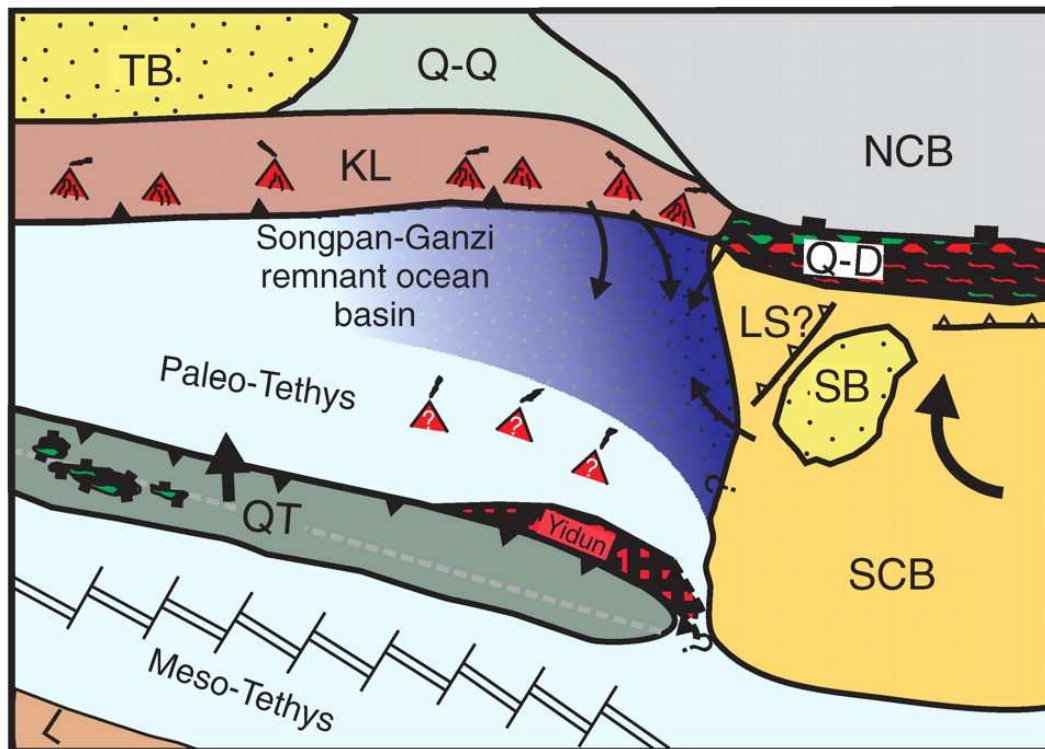
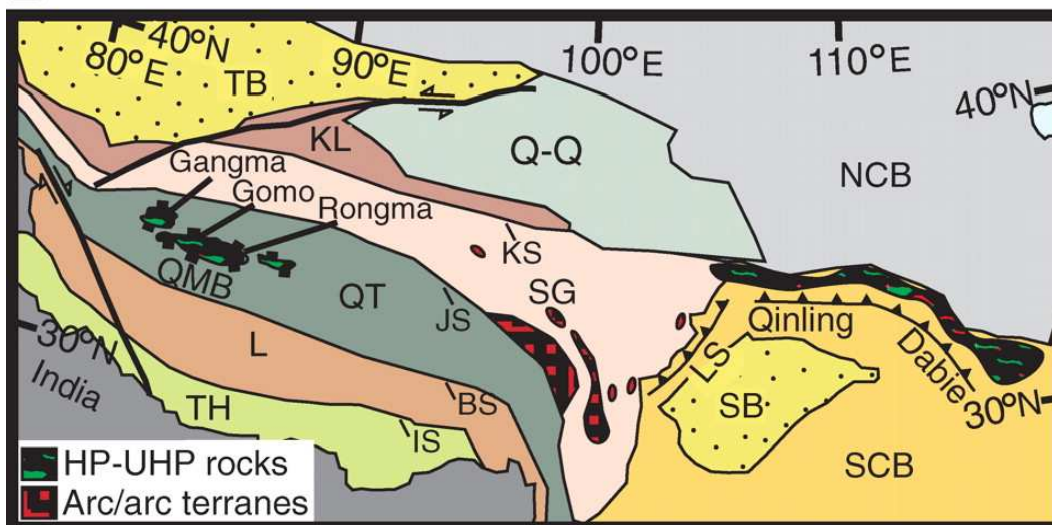




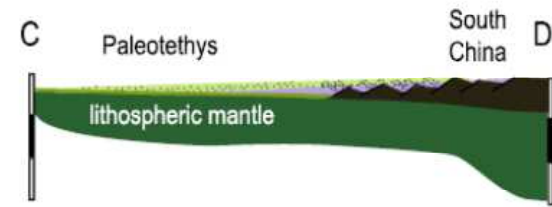
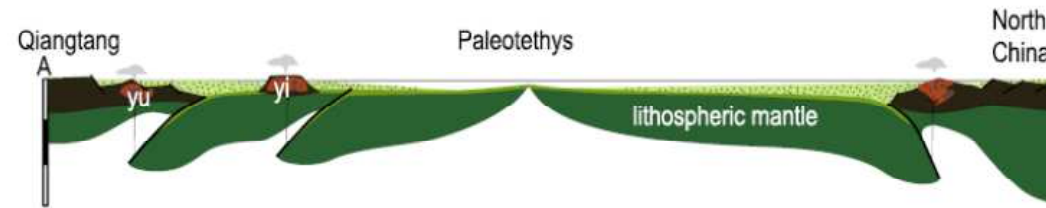
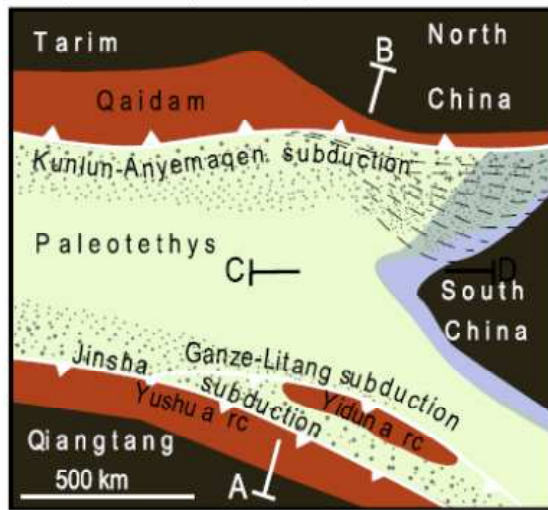
Formation of the Songpan Ganze accretionary-orogenic wedge resulted from closure of the Paleotethys Ocean along two main subduction zones active from the Lower Permian to the Upper Triassic





A**B**

Early Triassic (~250 Ma)



Upper Triassic (~200Ma)

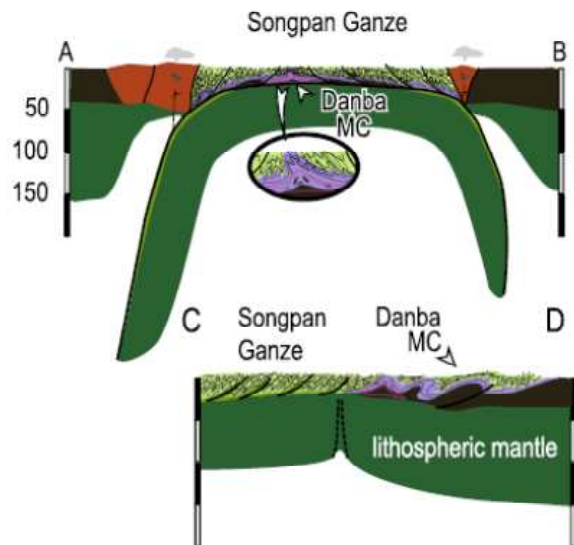
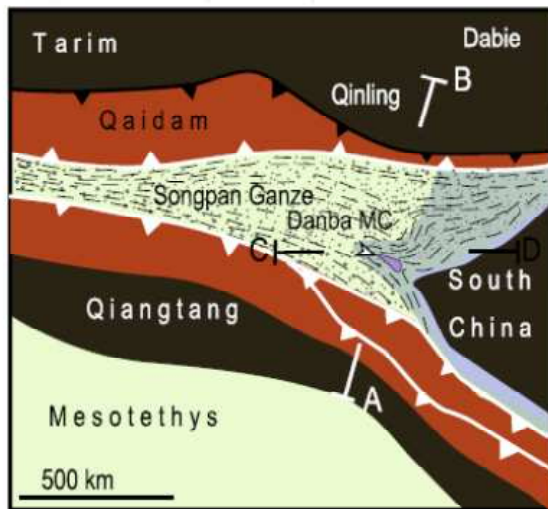
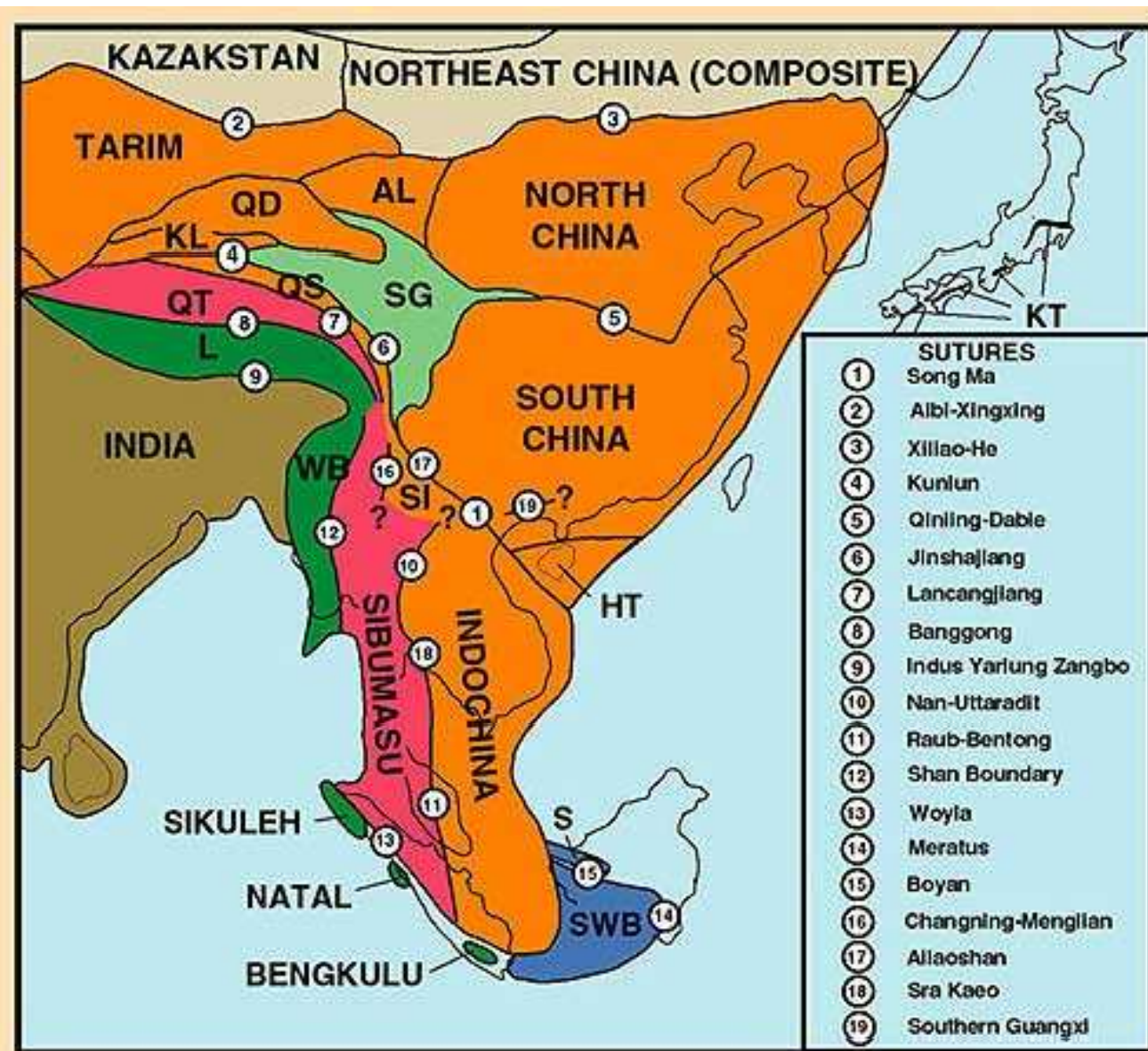


Fig. 2. Paleogeographic and paleotectonic reconstitution of the eastern margin of the Tibetan plateau during Triassic times showing the development of the DMC during tectonic accretion of the Songpan Ganze orogenic wedge. In the CD cross section dotted lines across the lithospheric mantle represent the tear fault proposed in de Sigoyer et al. (2014).





Terranes derived from Gondwanaland in the Devonian

Terranes derived from Gondwanaland in the late Early Permian

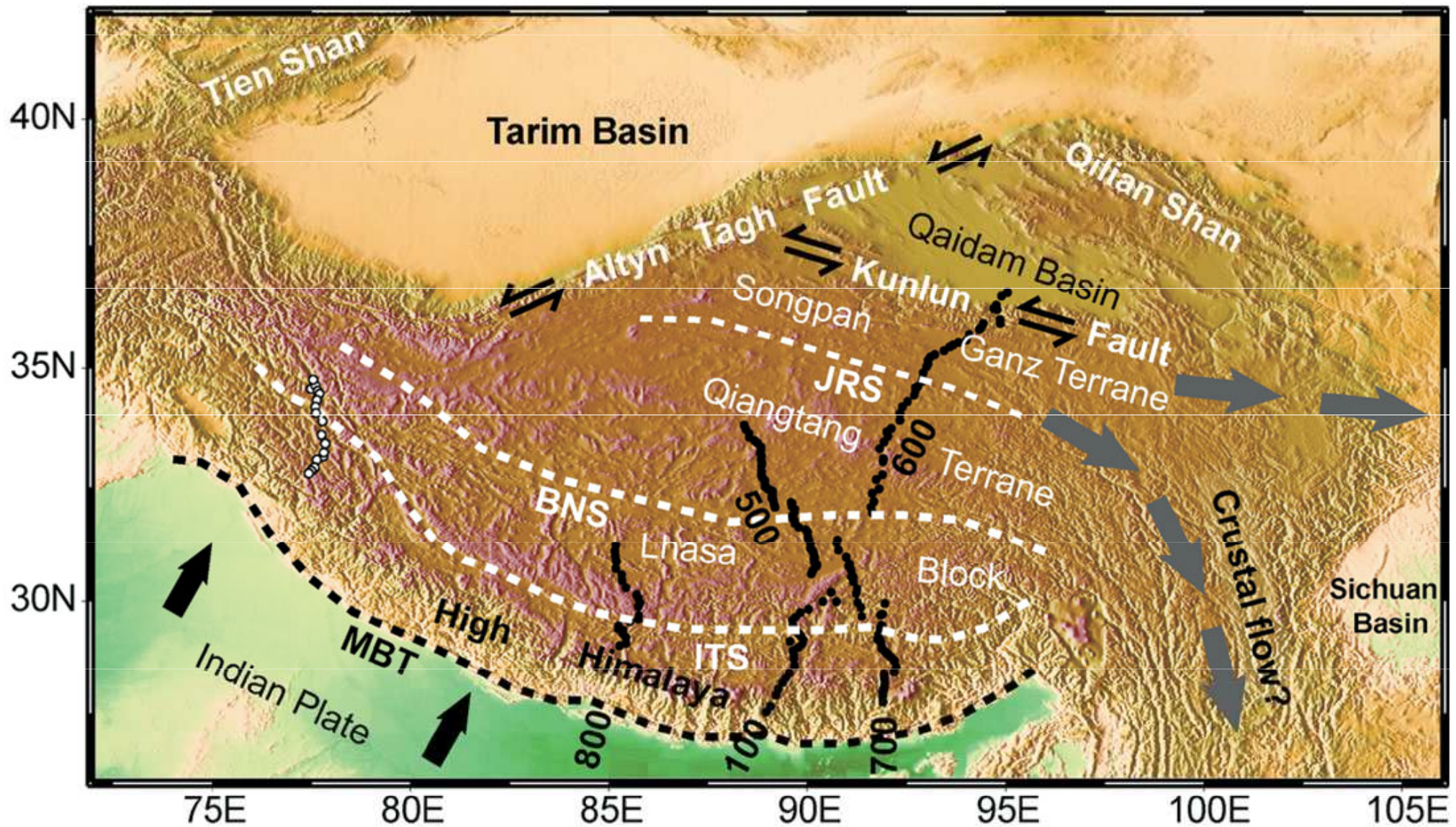
Terranes derived from Gondwanaland in the Late Triassic-Late Jurassic

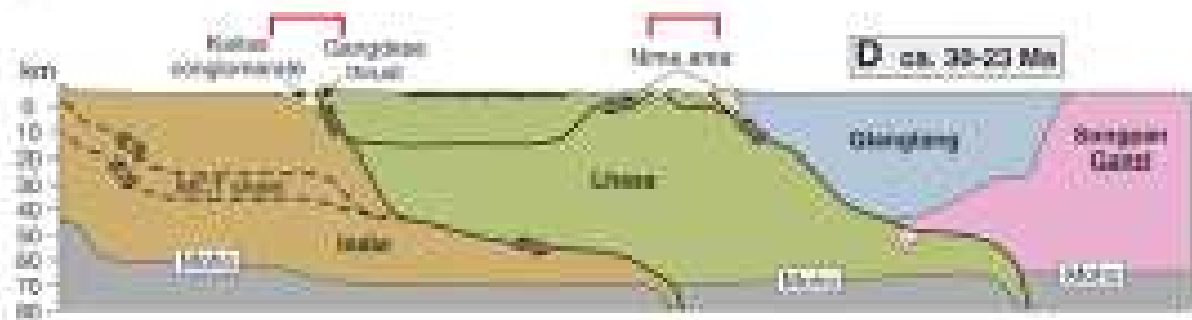
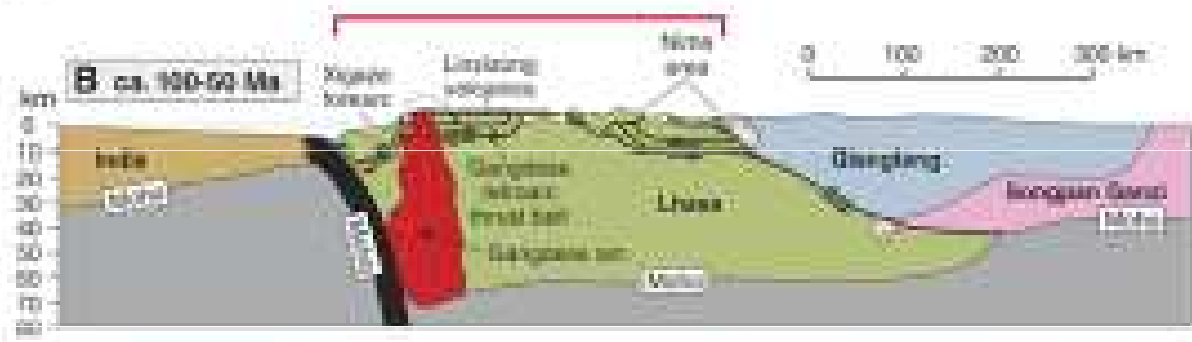
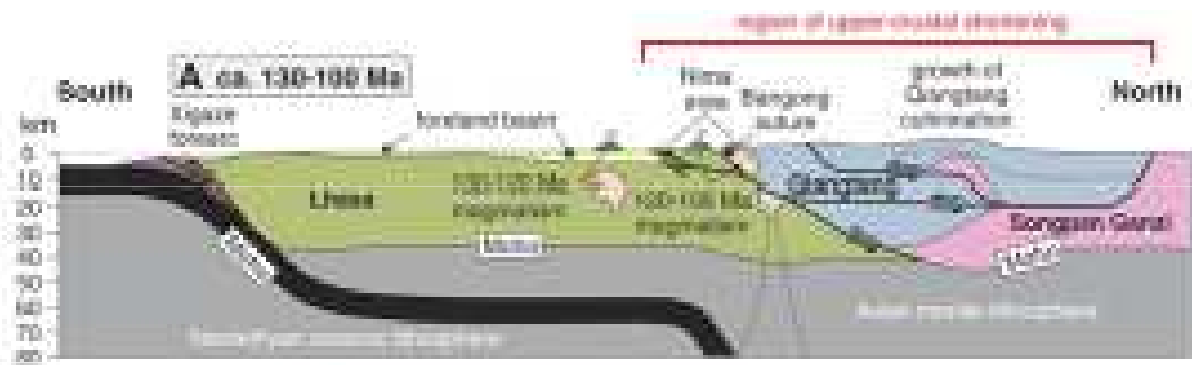
Terranes derived from Cathaysia in the Cretaceous-Tertiary

Indian continent derived from Gondwanaland in the Cretaceous

Songpan-Ganzi accretionary complex







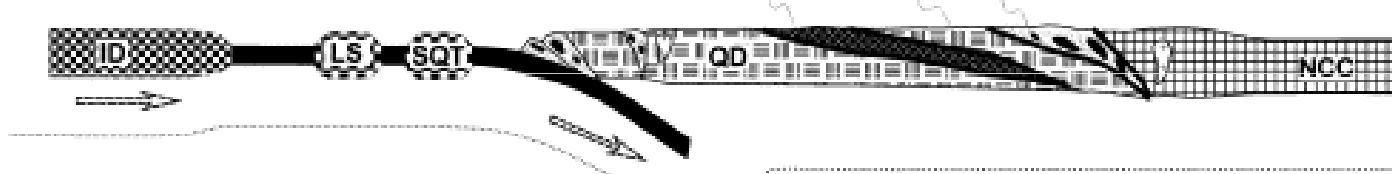
A Early Paleozoic (≥ 440 Ma)



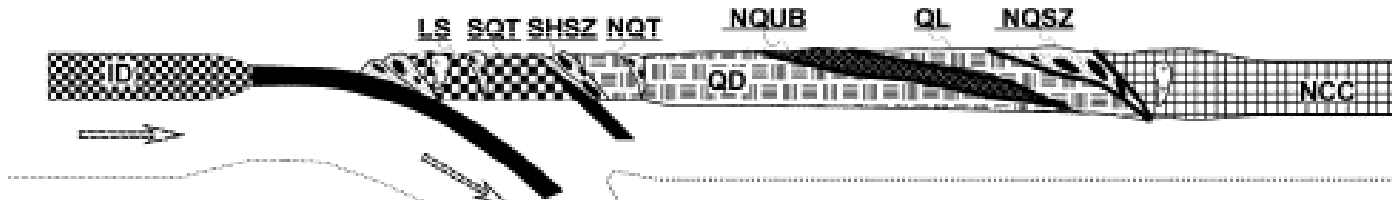
B Silurian to Early Devonian (440-400 Ma)



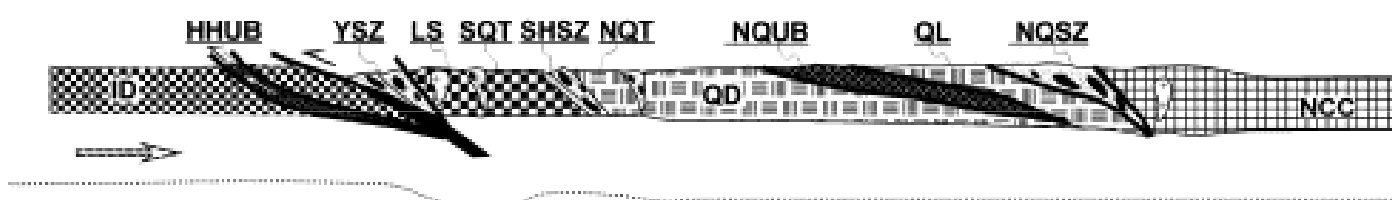
C Triassic (240-220 Ma)



D Cretaceous (140-70 Ma)

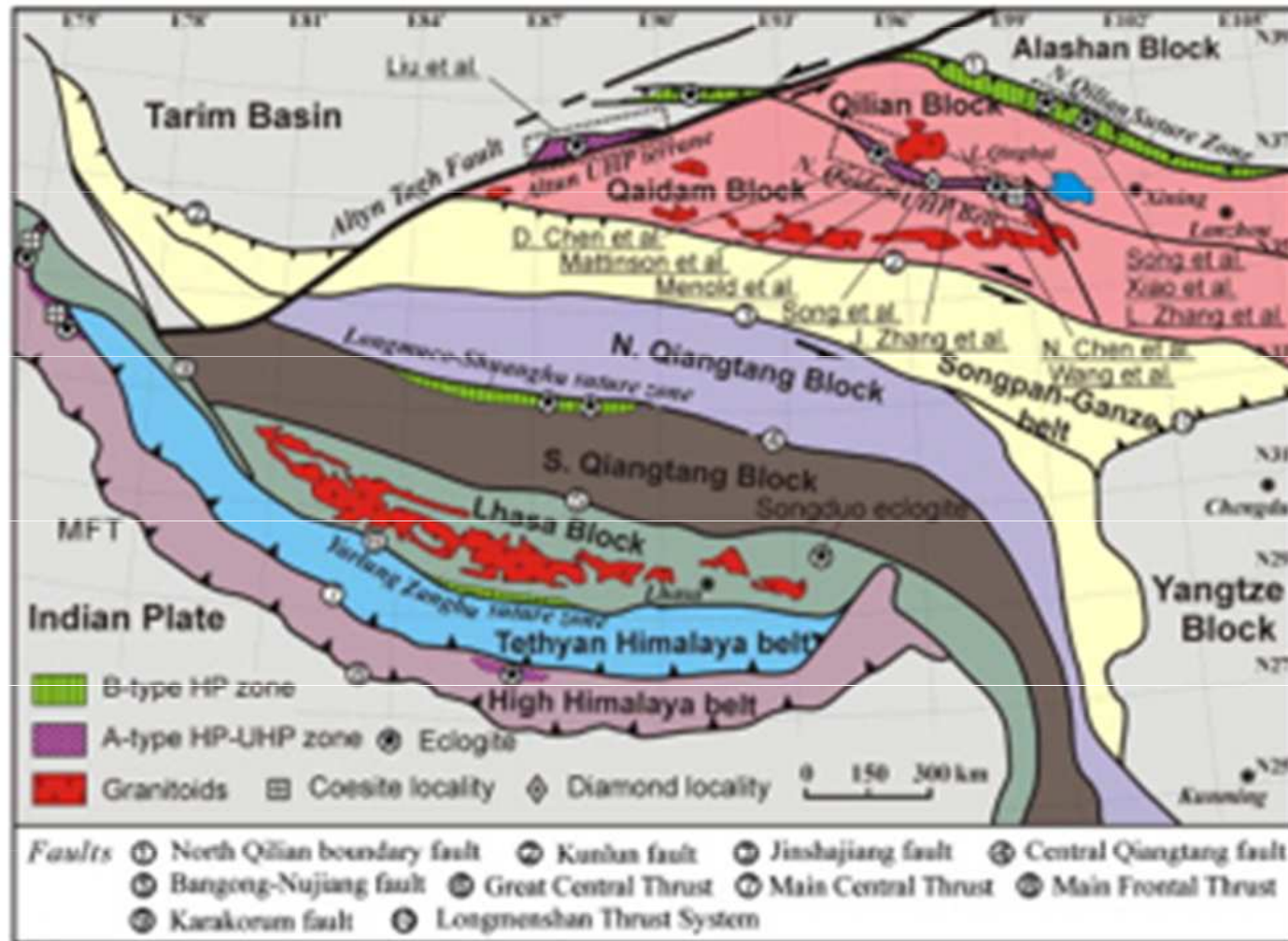


E Tertiary (< 70 Ma)

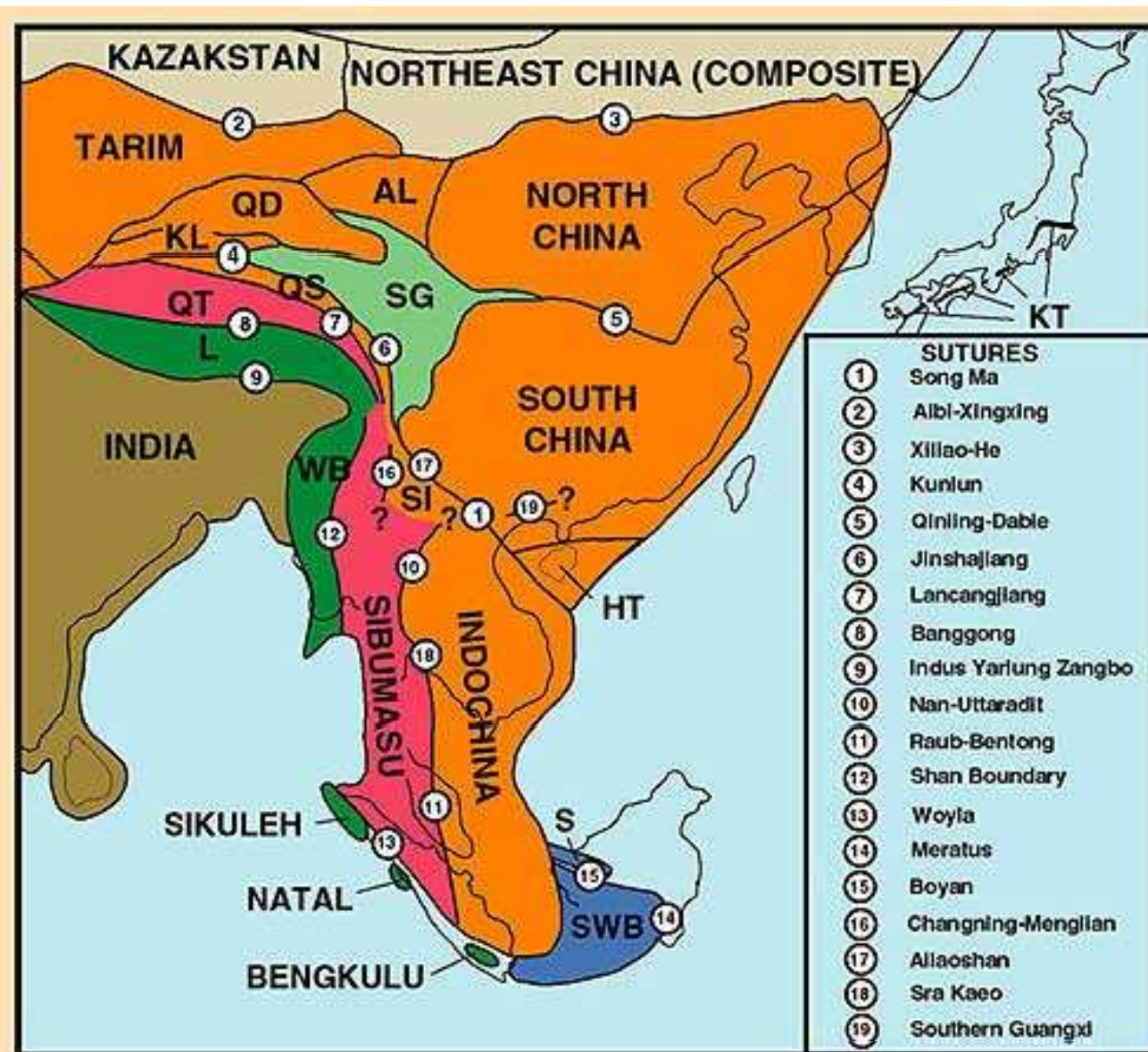


GC = Gondwana continent; ID = Indian Plate; LS = Lhasa block; NQT = north Qiangtang block;
 SQT = south Qiangtang block; QD = Qaidam block; QL = Qilian block; NCC = North China Craton;
 NQSZ = North Qilian suture zone; NQUB = North Qaidam UHP belt; SHSZ = Shuanghu suture zone;
 YSZ = Yalu-zangbo suture zone; HHUB = high Himalayan UHP belt





Distribution of major tectonic units in the Tibetan Plateau; these include various continental blocks, HP and UHP suture zones and metamorphic belts.



A Early Paleozoic (≥ 440 Ma)



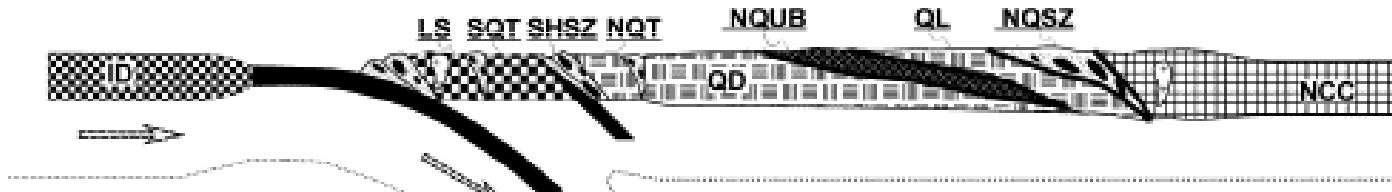
B Silurian to Early Devonian (440-400 Ma)



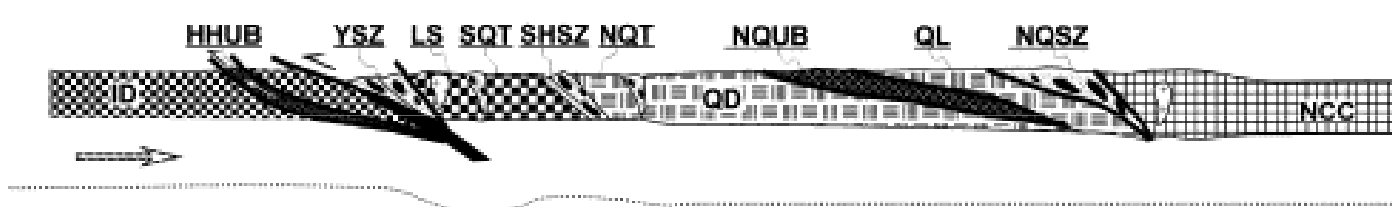
C Triassic (240-220 Ma)



D Cretaceous (140-70 Ma)

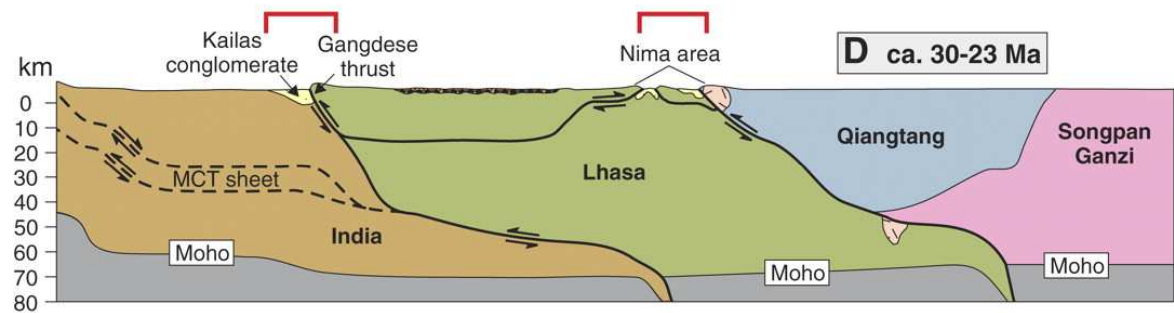
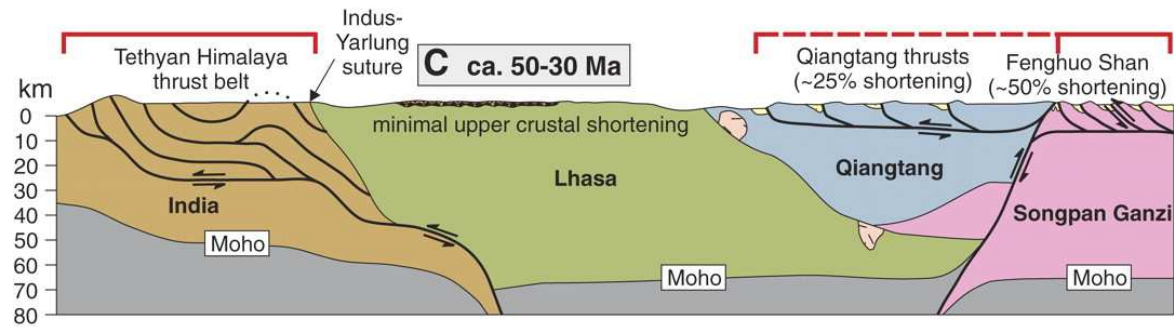
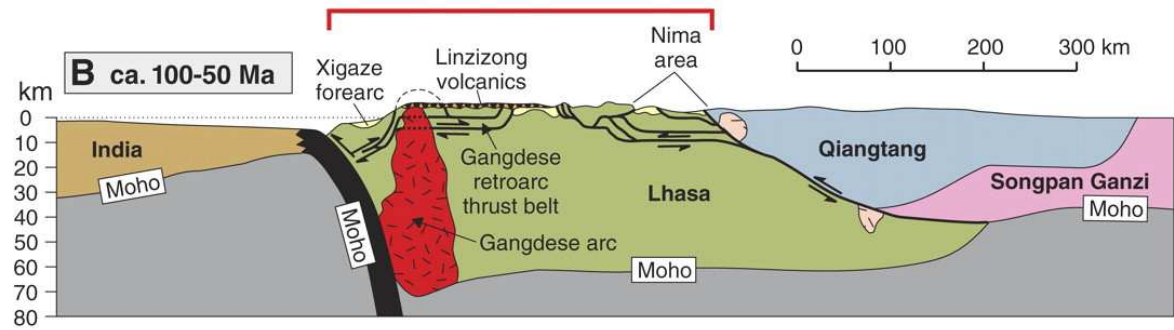
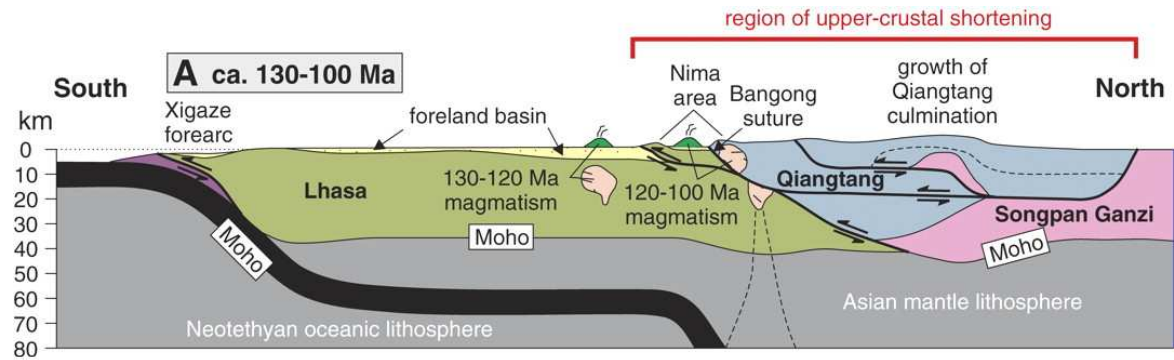


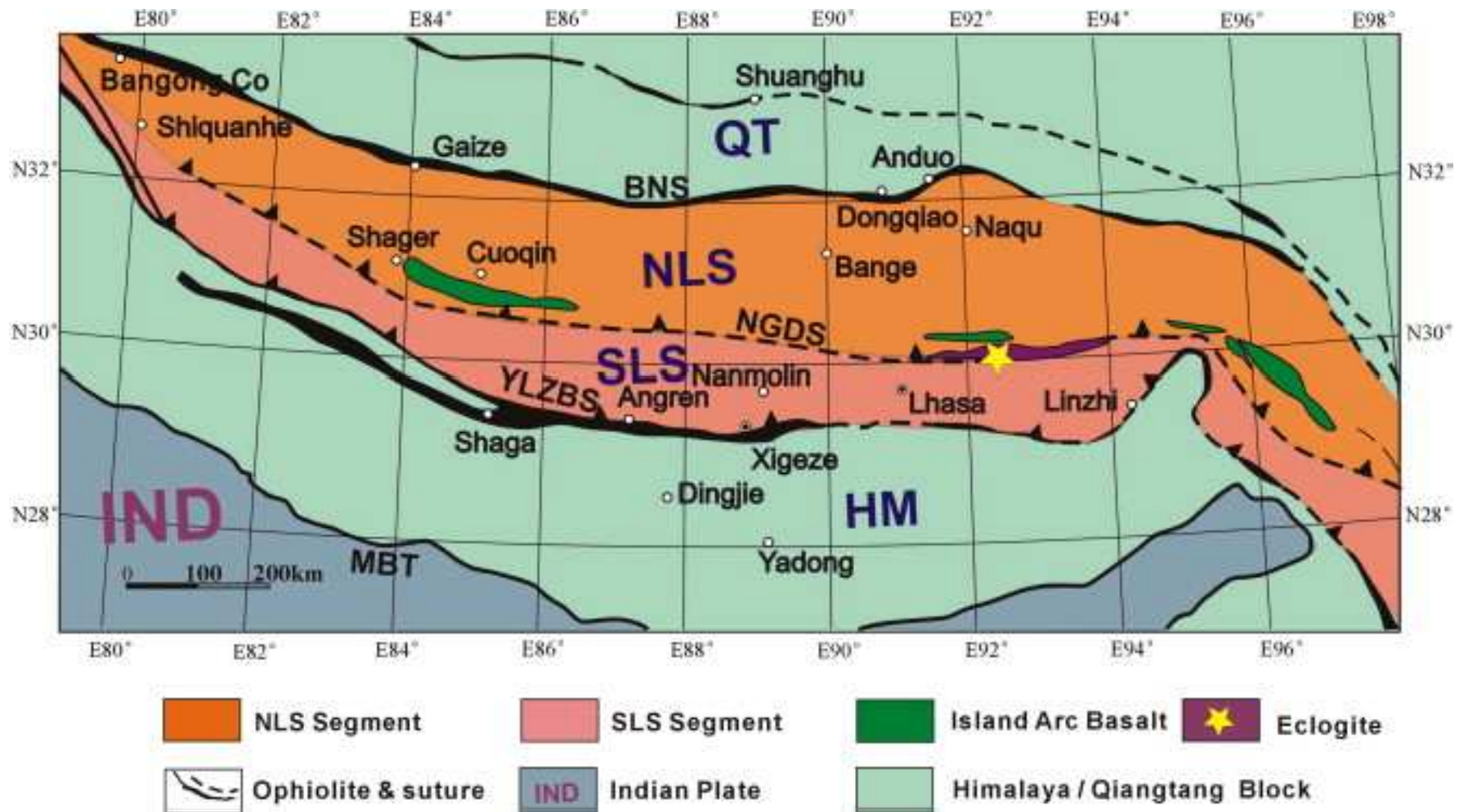
E Tertiary (< 70 Ma)



GC = Gondwana continent; ID = Indian Plate; LS = Lhasa block; NQT = north Qiangtang block;
 SQT = south Qiangtang block; QD = Qaidam block; QL = Qilian block; NCC = North China Craton;
 NQSZ = North Qilian suture zone; NQUB = North Qaidam UHP belt; SHSZ = Shuanghu suture zone;
 YSZ = Yalu-zangbo suture zone; HHUB = high Himalayan UHP belt

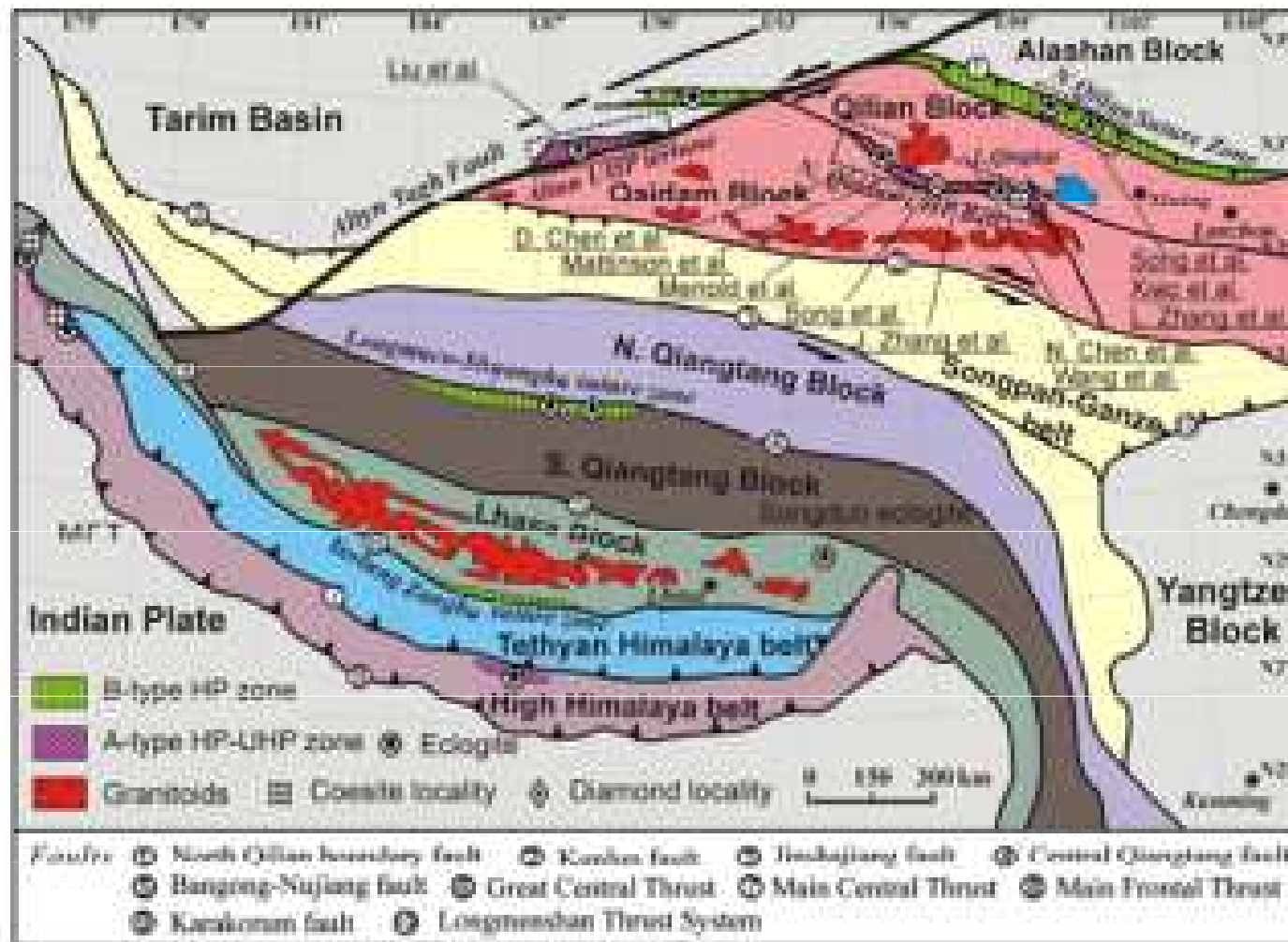




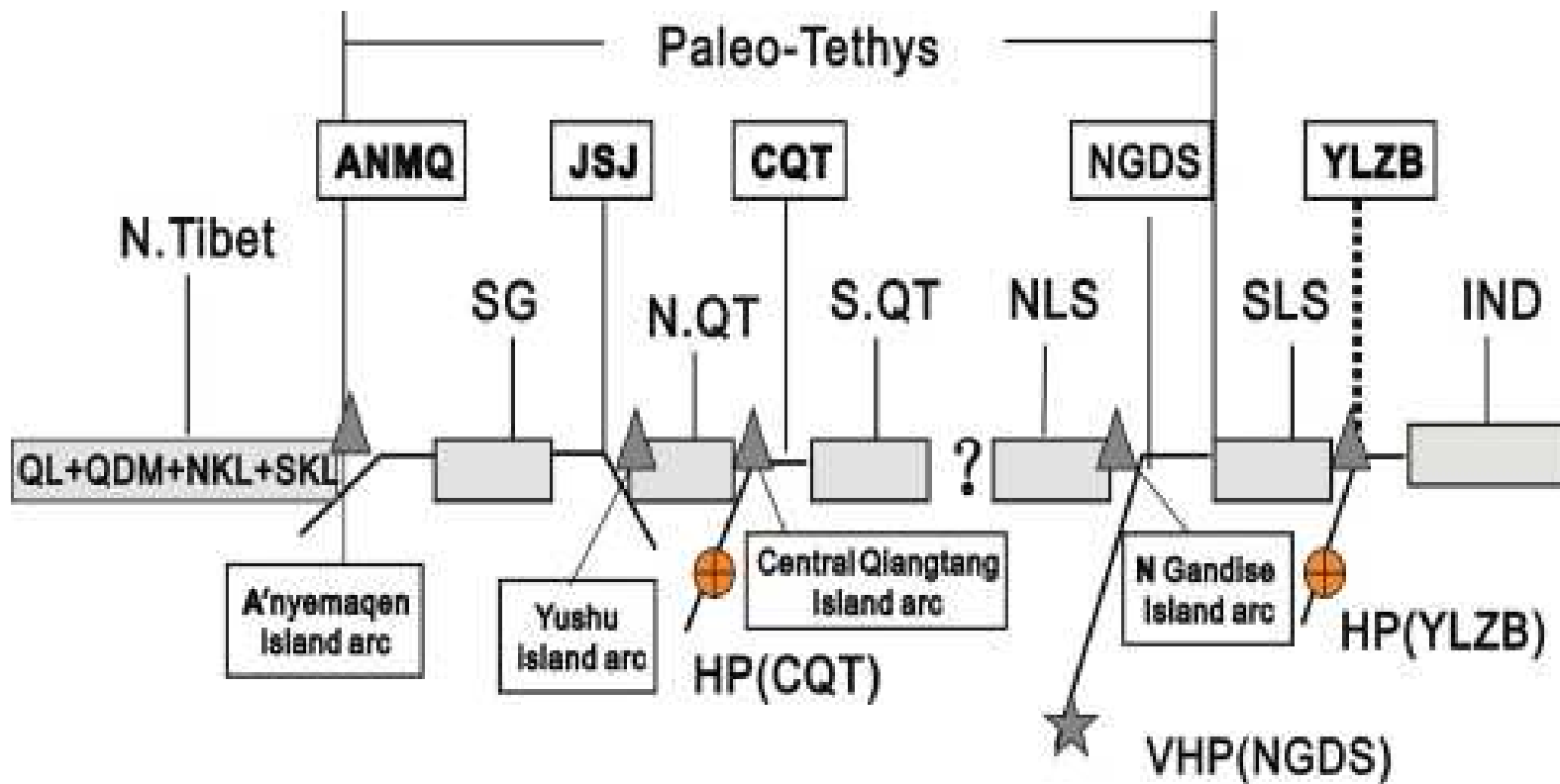


Based on the newly discovered eclogite that is believed to mark a Paleo-Tethyan suture zone, the Lhasa Block is tentatively subdivided into Southern and Northern segments. QT, Qiangtang Segment; NLS, North Lhasa Segment; SLS, South Lhasa Segment; HM, Himalaya Block; IND, Indian Plate; BNS, Bangong-Nujiang Suture; NGDS, North Gangdese Suture; YLZBS, Yarlung-Zangbo Suture; MBT, Main Boundary Thrust; star represents newly discovered eclogite location.





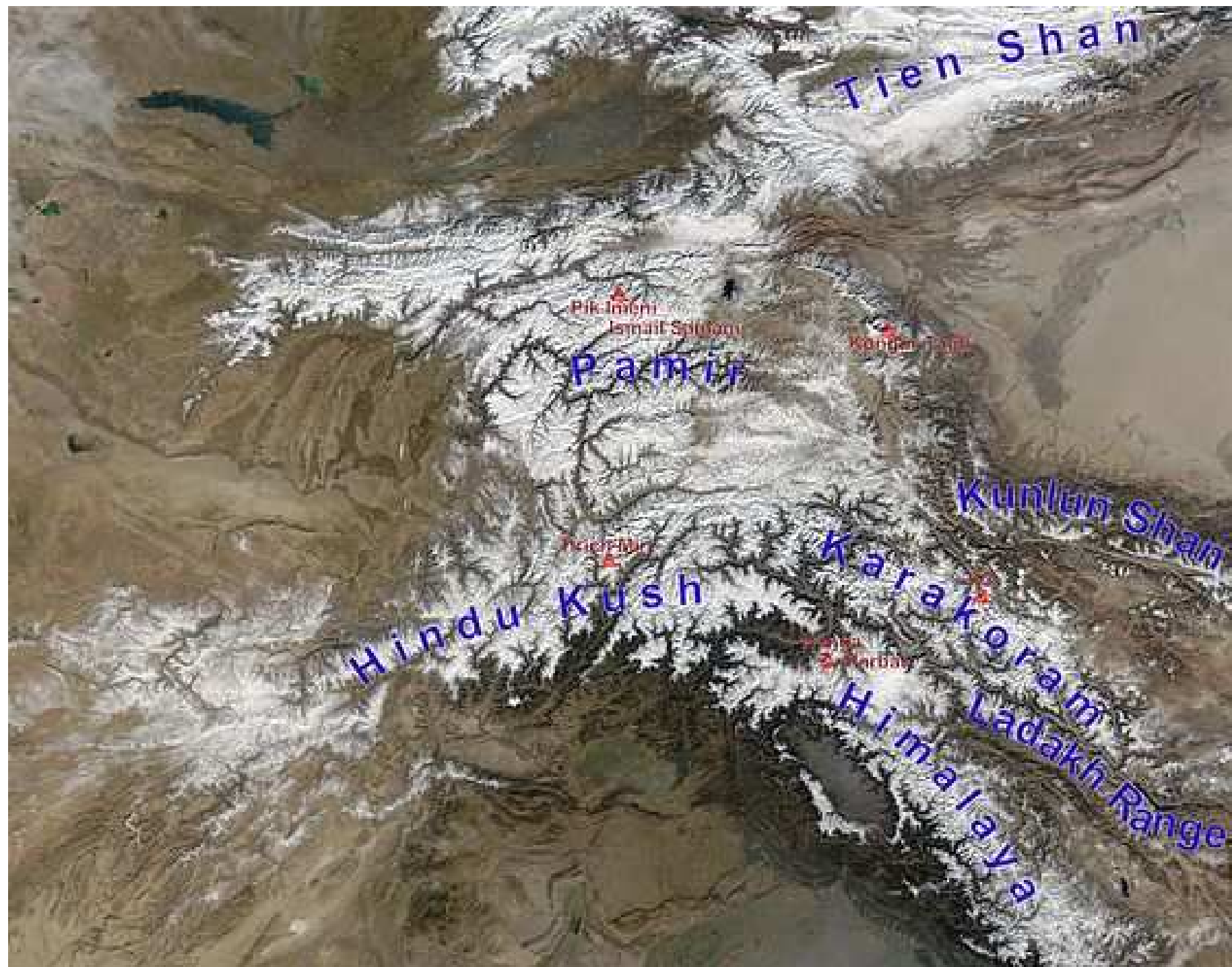
Distribution of major tectonic units in the Tibetan Plateau; these include various continental blocks, HP and UHP suture zones and metamorphic belts.

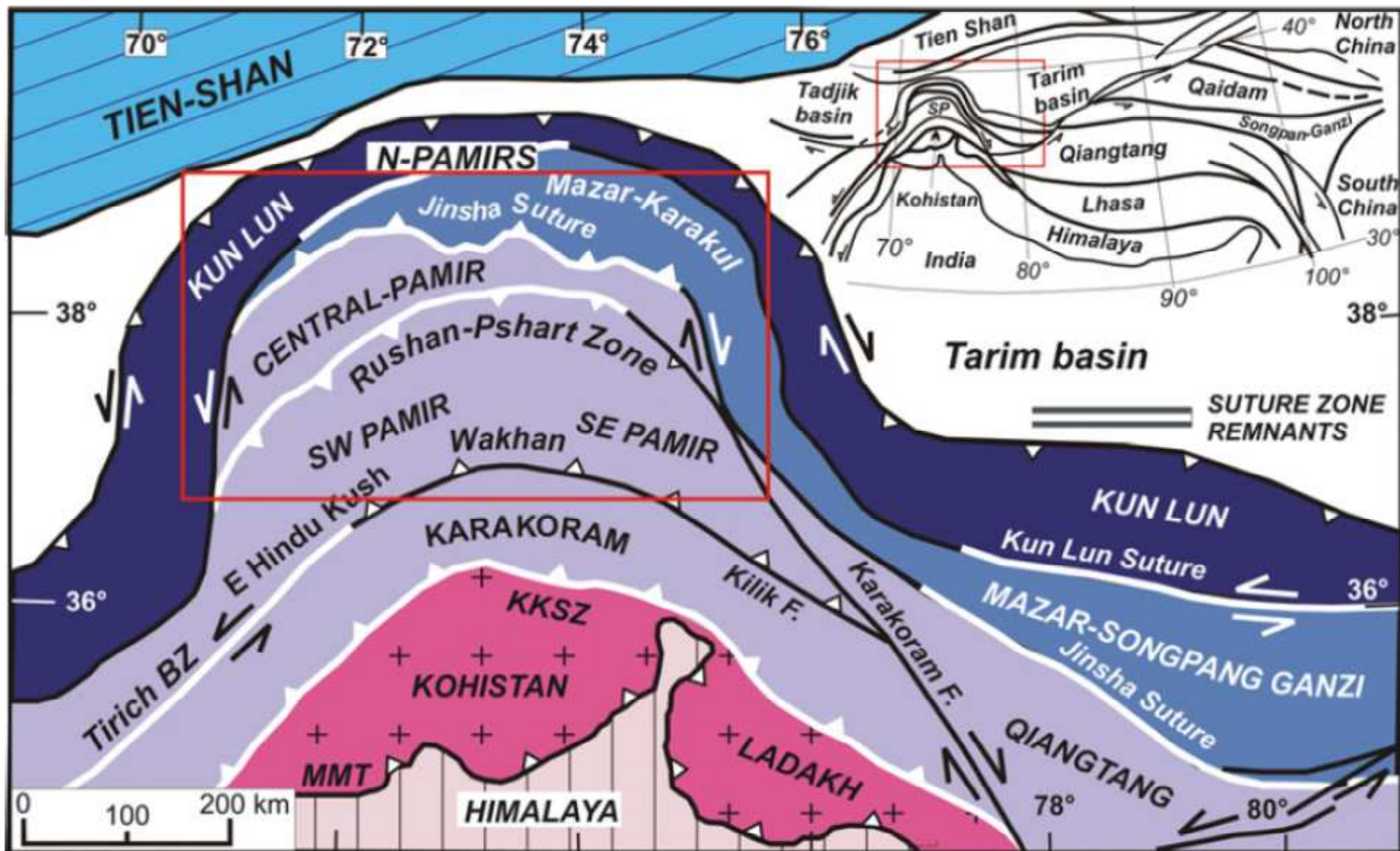


A cartoon showing multiple small, continental blocks and island arcs in Paleo-Tethys. Known terranes within Paleo-Tethys are the Songpan-Ganzi terrane (SG), North Qiangtang terrane (NQT), South Qiangtang terrane (SQT), North Lhasa terrane (NLS), South Lhasa terrane (SLS). Known island arcs within the Paleo-Tethys are the A'nyemaqen arc, the Jinshajiang-Yushu arc, the Central Qiangtang (CQT) arc, and the North Gangdese (NGDS) arc. QL + QDM + NKL + SKL = Qilian + Qaidam + North Kunlun + South Kunlun terrane; HP (CQT), Central Qiangtang high-pressure metamorphic belt; VHP (NGDS), North Gangdese very high-pressure metamorphic belt; HP (YLZB), Yarlung-Zangbo high-pressure metamorphic belt; a question mark means that the orientation of subduction during closure of the Bangong-Nujiang ocean is uncertain.



Kimerská orogeneze na západ od Tibetu





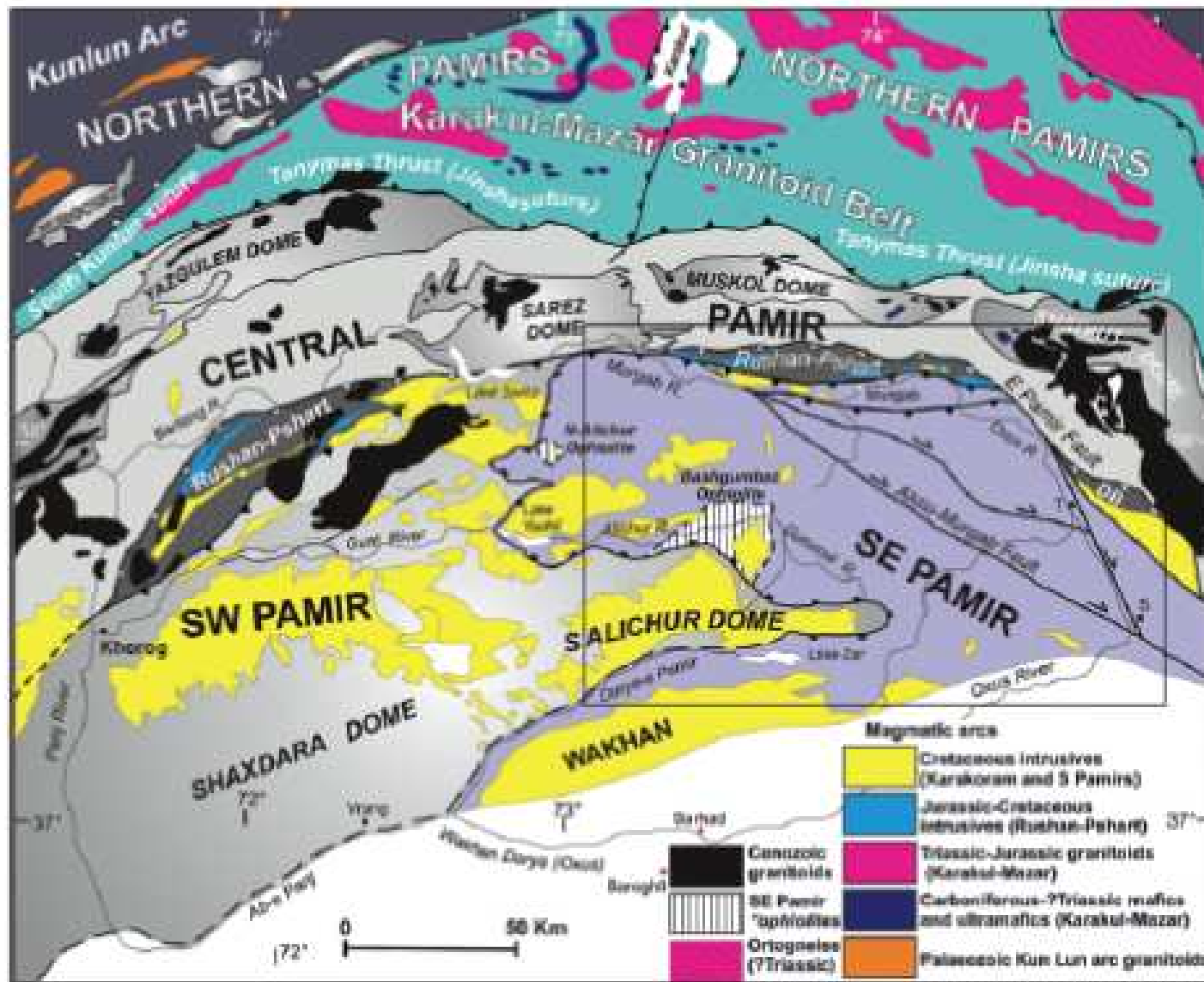


Fig. 2 Tectonic setting of the Pamirs that comprises three main units: North, Central and South Pamir; mainly based on Vlasov et al. (1991) and on Schwab et al. (2004).

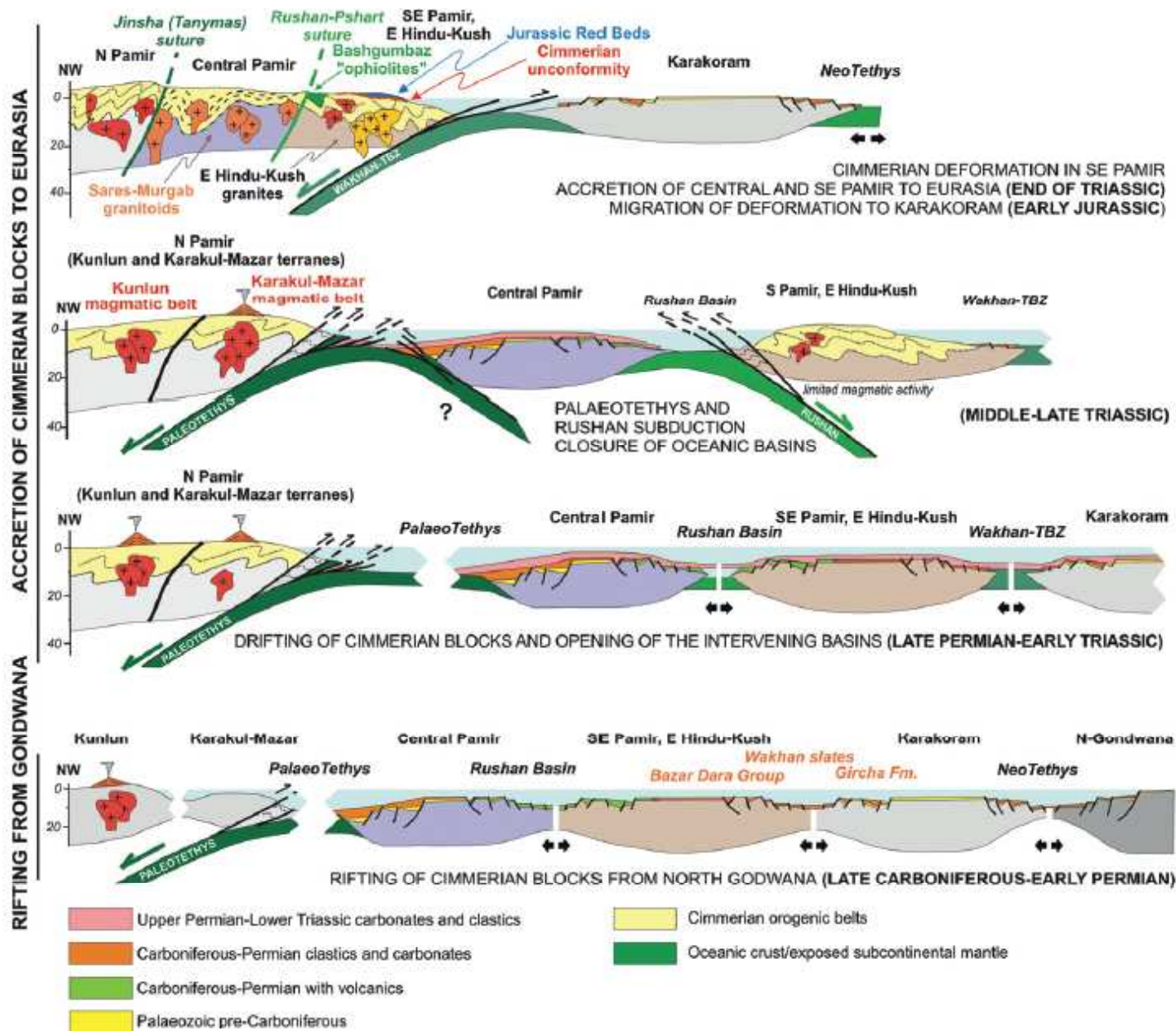


Fig. 12 Rifting, drifting, and final collision of the Cimmerian blocks to the Eurasian margin showing the development of the main sutures that cross Central Asia.

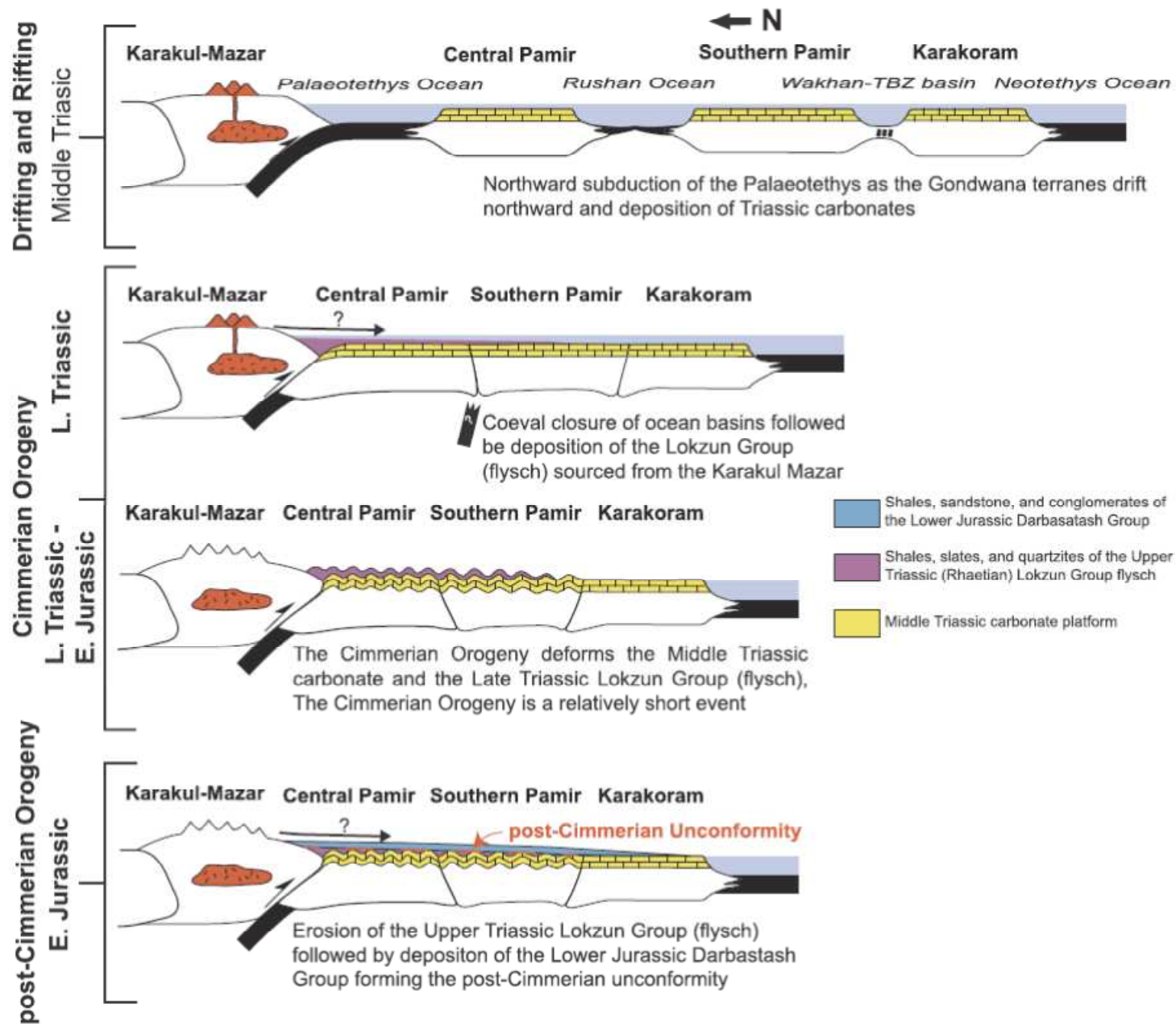
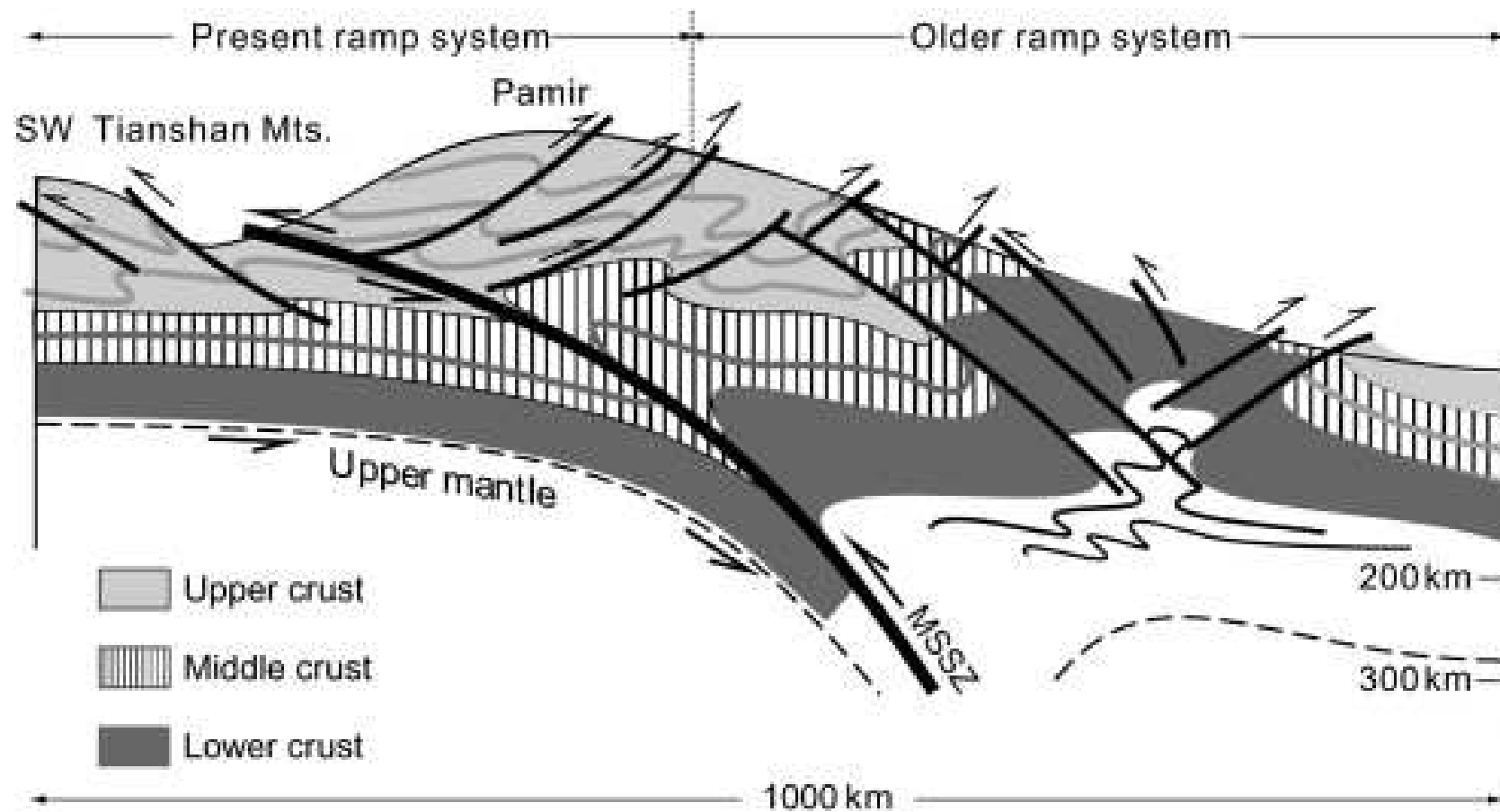
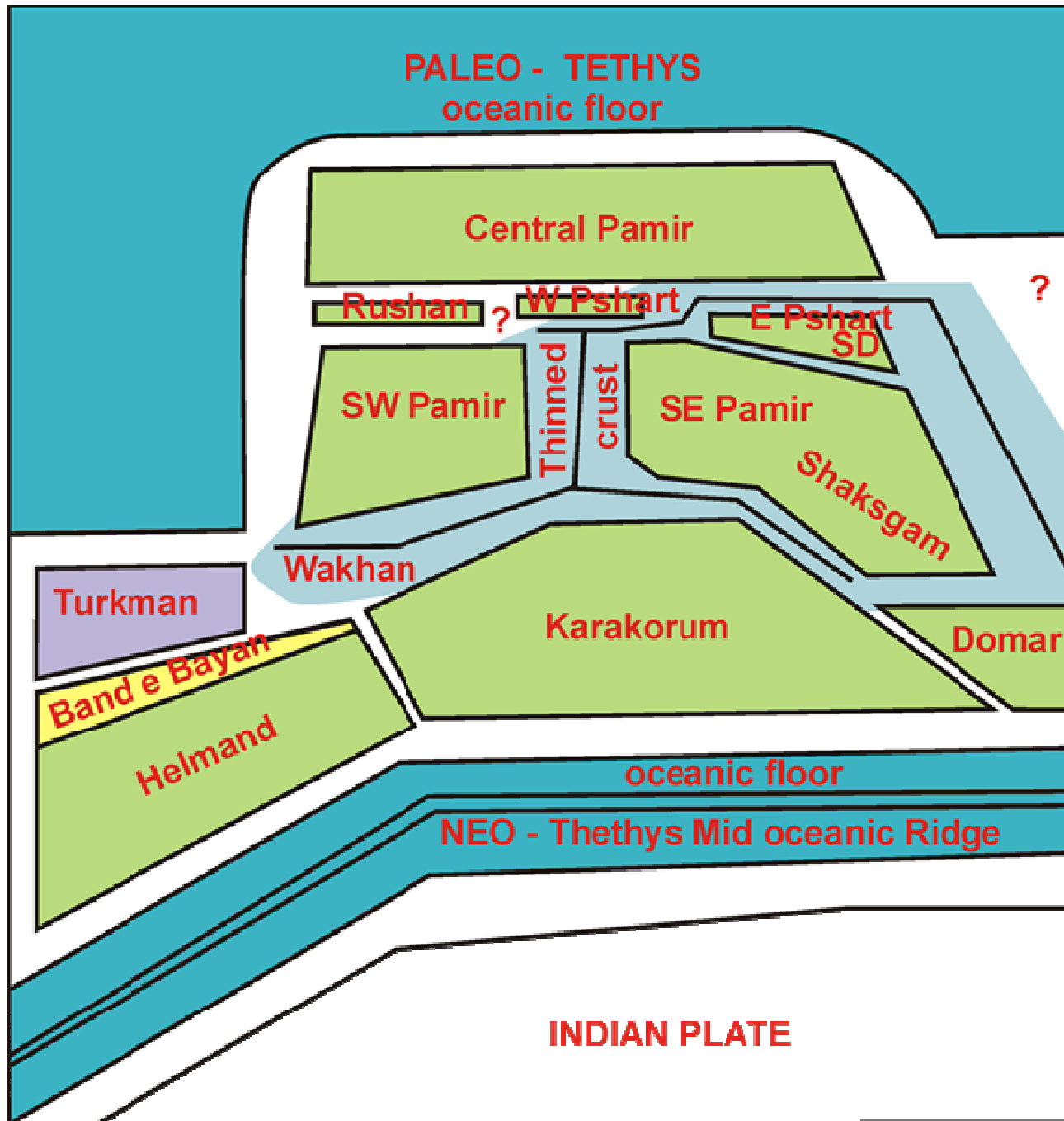


Fig. 6. Permian to Early Jurassic tectonic history of the Pamir showing rifting of the Gondwana terranes, implications of the Cimmerian Orogeny, and source and deposition of Late Triassic to Early Jurassic clastic rocks (modified from Angiolini et al. (2013) and Robinson (2015))





Afghanistan

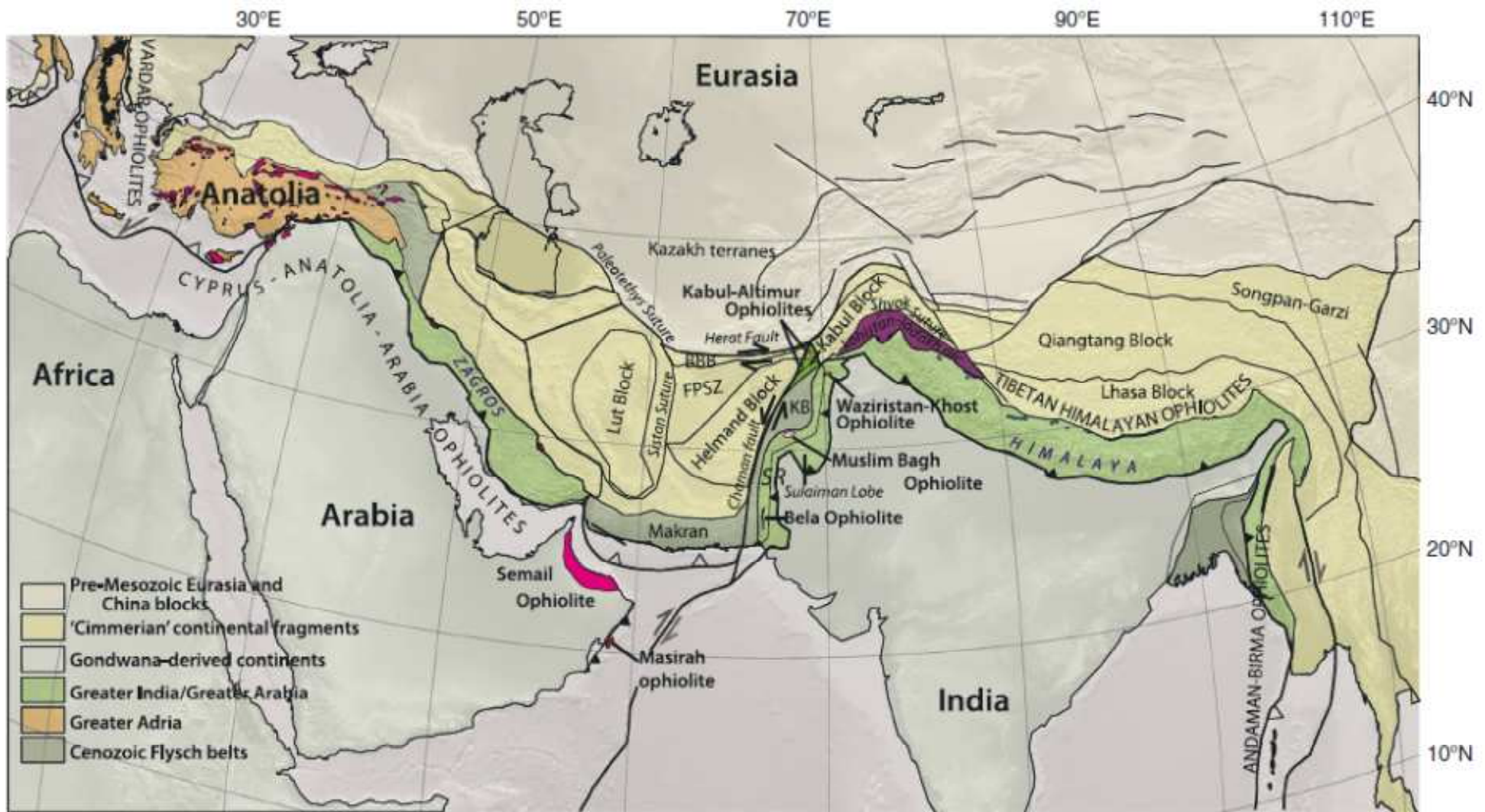
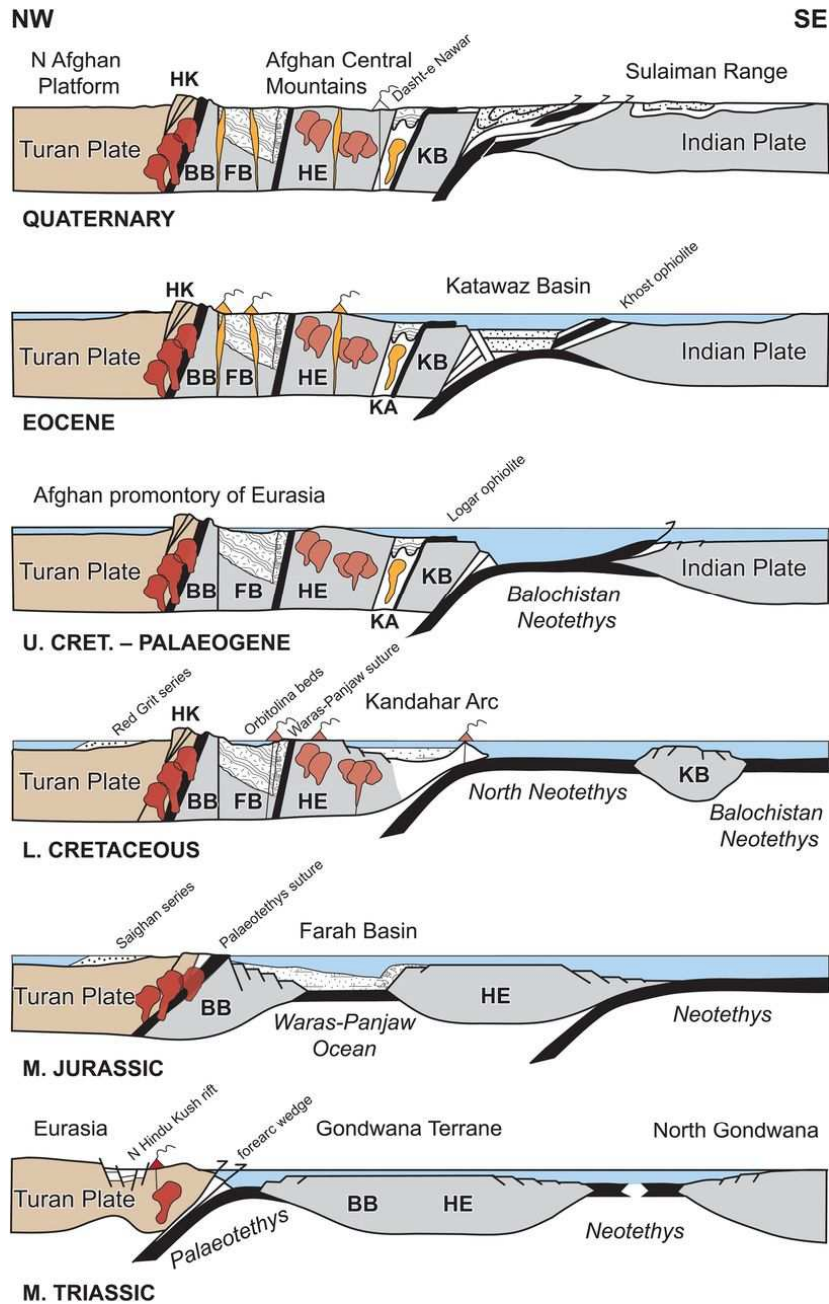


Figure 6. Regional tectonic map of the Arabia-India-Eurasia collision zone, with the location of ophiolite (in pink) (BBB = Band-e Bayan Block, FPSZ = Farah-Panjao Suture Zone, and KB = Katawaz basin).



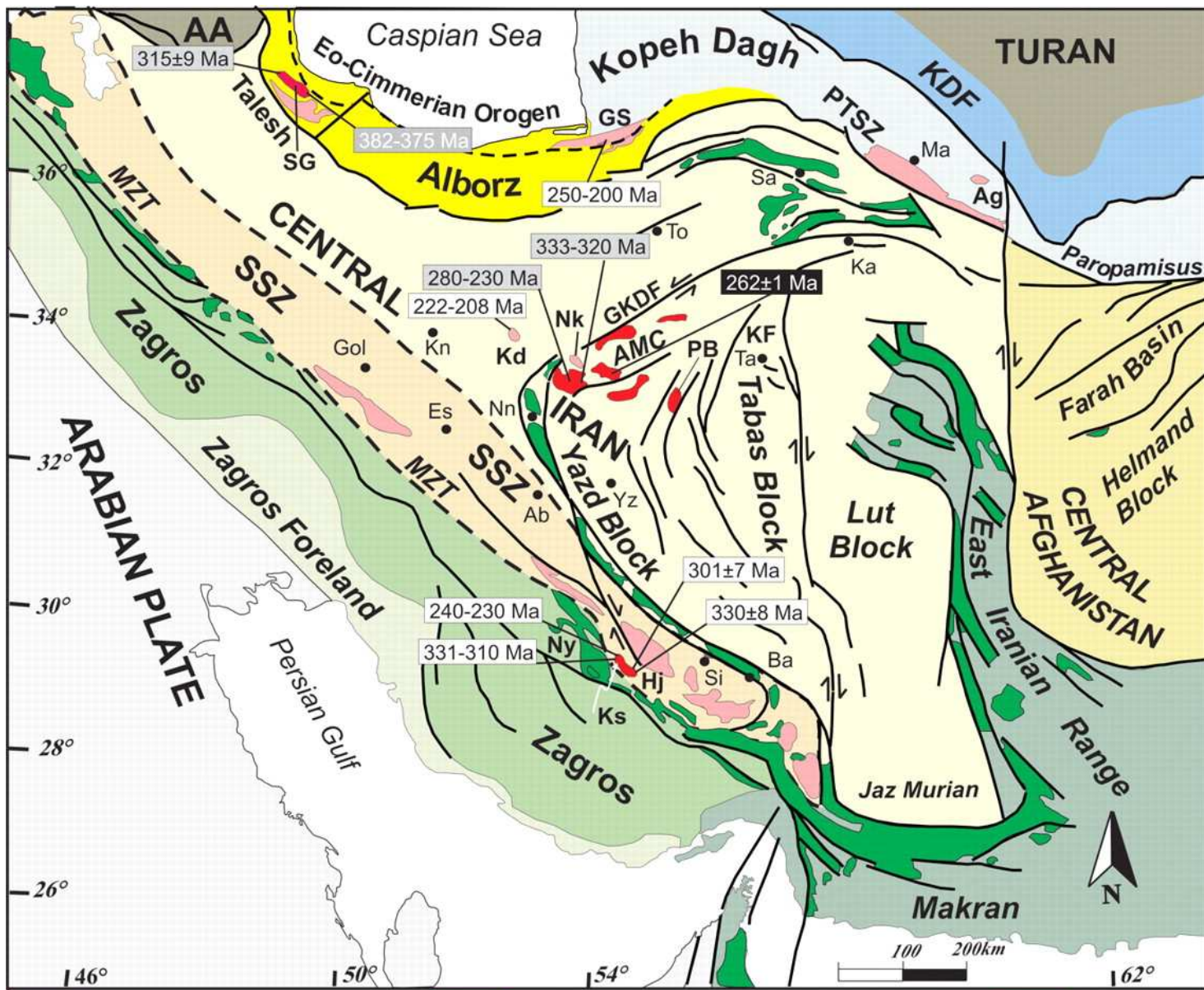







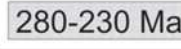
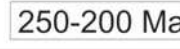
Cartoon of the collision history of the Gondwana terranes between the Turan Plate and the Indian Plate. This is one of several possible scenarios ([Dercourt et al. 1986](#); [Boulin 1990](#); [Treloar & Izatt 1993](#); [Montenat 2009](#)).

The sections are not to scale. M. Triassic: Final stage of Palaeotethys subduction beneath the southern margin of the Turan Plate. Formation of the north Hindu Kush rift basin and volcanic arc, as well as intrusion of I-type granitoids at 240–220 Ma. In the Late Triassic–Early Jurassic, the Gondwana terrane of the **Band-e Bayan (BB)–Helmand (HE)** blocks collided with Eurasia during the Early Cimmerian orogenic event and gave rise to post-collisional S-type granitoids at 210–190 Ma. M. Jurassic: Subduction of Neotethys beneath the SE margin of the Helmand Block caused the opening of the Waras–Panjaw Ocean by back-arc rifting. The Farah Basin (FB) was filled in by the ‘Panjaw Flysch’ series and was subsequently folded during the Late Cimmerian event in the Late Jurassic–Early Cretaceous by collision with the Helmand Block along the Waras–Panjaw suture. L. Cretaceous: Subduction beneath the Helmand Block was going on, entailing the intrusion of the mid-Cretaceous granitoids. The Kandahar forearc basin (KA) developed at the SE margin of the Helmand Block. The small Gondwana-derived Kabul Block (KB) is supposed to be situated in an oceanic environment between the Helmand Block and the Indian Plate. U. Cretaceous–Palaeogene: The Kabul Block collided with the Kandahar forearc basin and the Helmand Block, whereby the Logar ophiolite was thrust upon the autochthonous sedimentary cover of the Kabul Block. At about the same time, the Khost–Waziristan ophiolite was thrust over the shelf margin of the approaching Indian Plate. Eocene: In the collision zone between the Afghan promontory and India, the Katawaz pull-apart basin opened and was filled in by a thick deltaic sequence. In Neogene times, the ongoing collision caused the subduction of the Indian Plate beneath the Khost–Waziristan ophiolite together with a series of thrust sheets of shelf sediments. The Katawaz Basin was squeezed out and its pile of strata moved towards the SE on top of the thrust stack. Quaternary: The northward movement of the Indian Plate continues with recent seismic activity along the left-lateral strike-slip faults on both sides of the Kabul Block

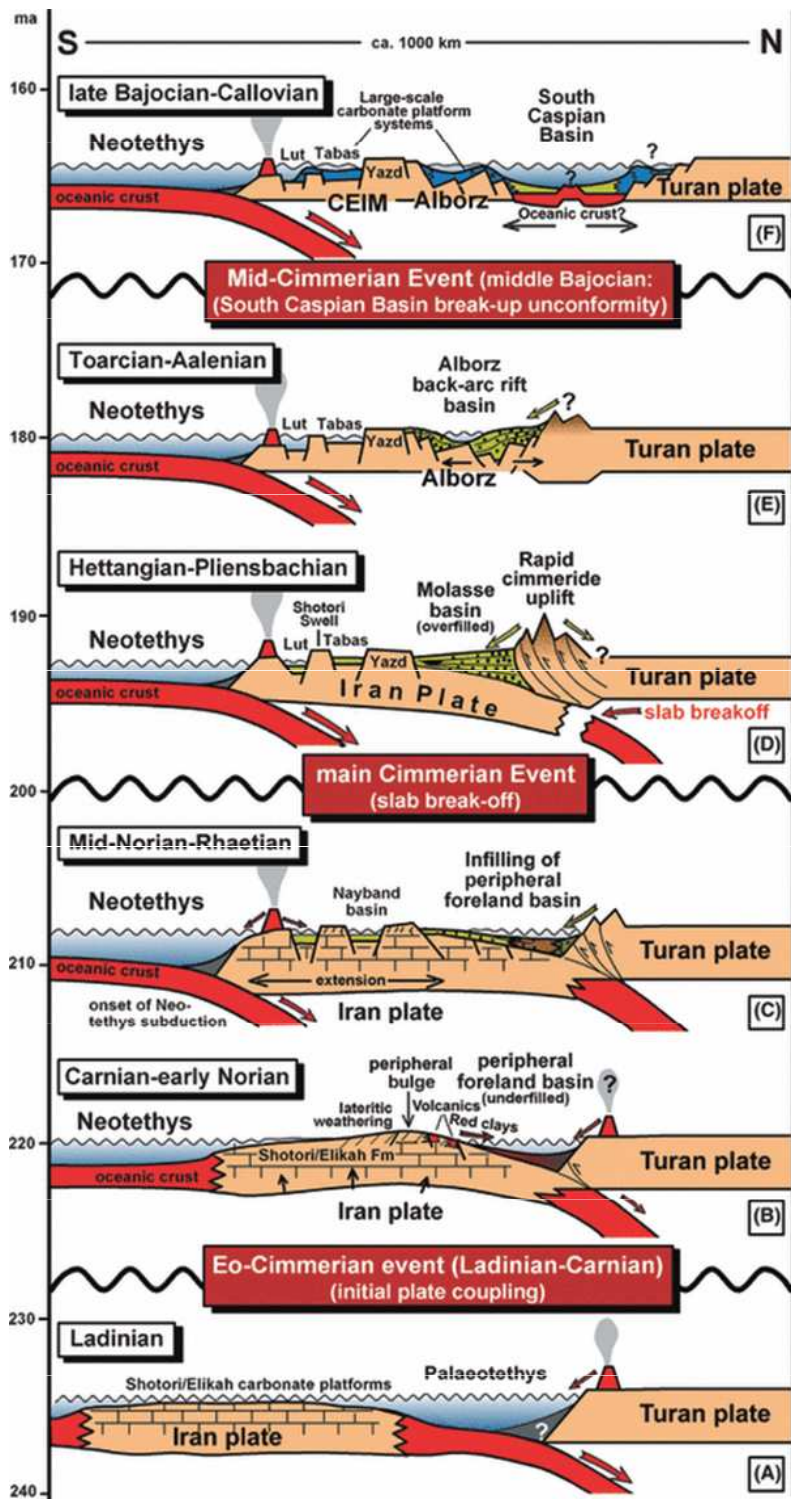


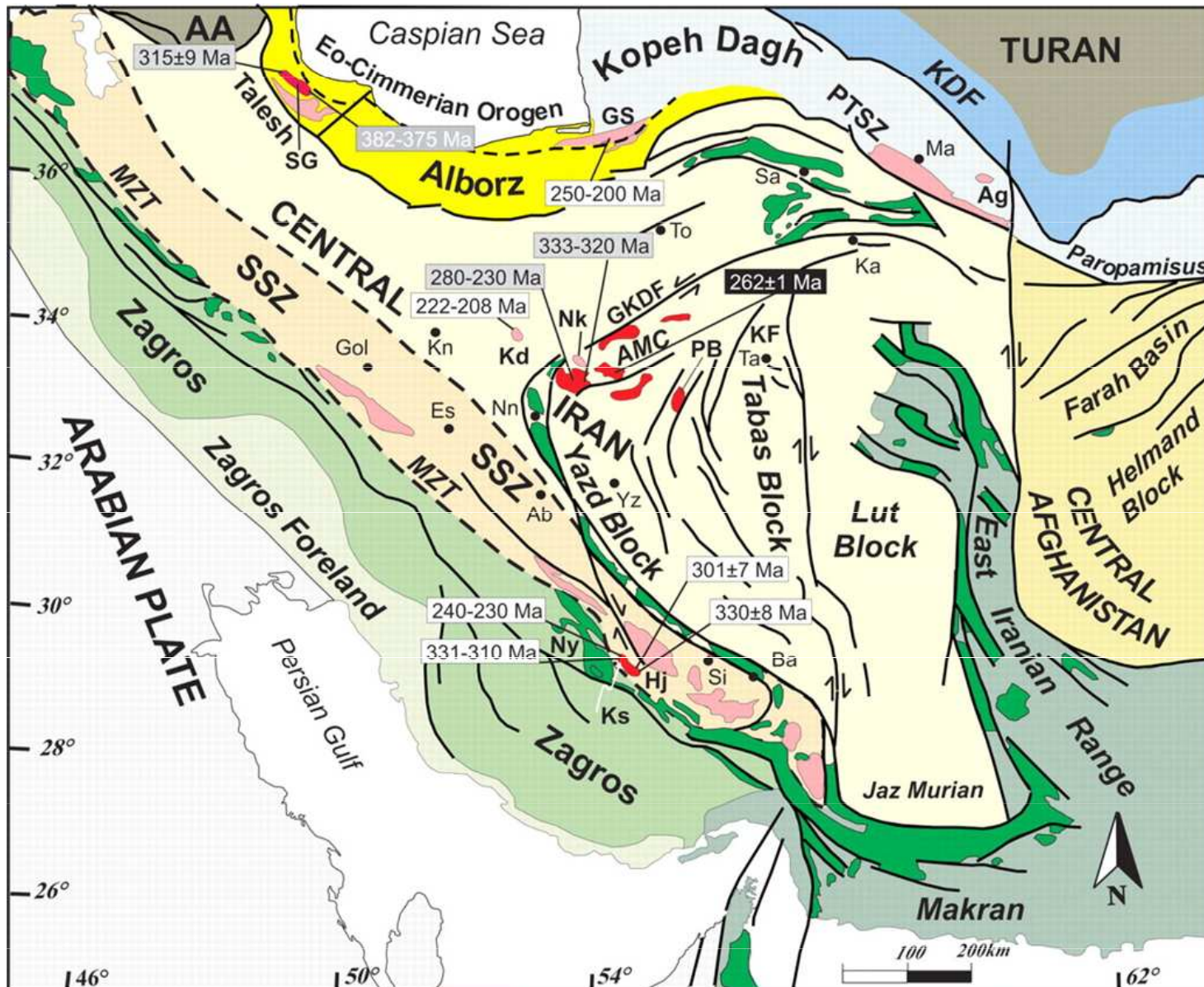
IRAN



 Cimmerian deformed units	 Units with "Variscan" and Cimmerian metamorphism and deformation	 Ophiolites
 382-375 Ma Rb-Sr radiometric data on micas and WR	 262±1 Ma U-Pb data on zircons	
 280-230 Ma Ar/Ar data on amphiboles and micas	 250-200 Ma K/Ar data on amphiboles and micas	







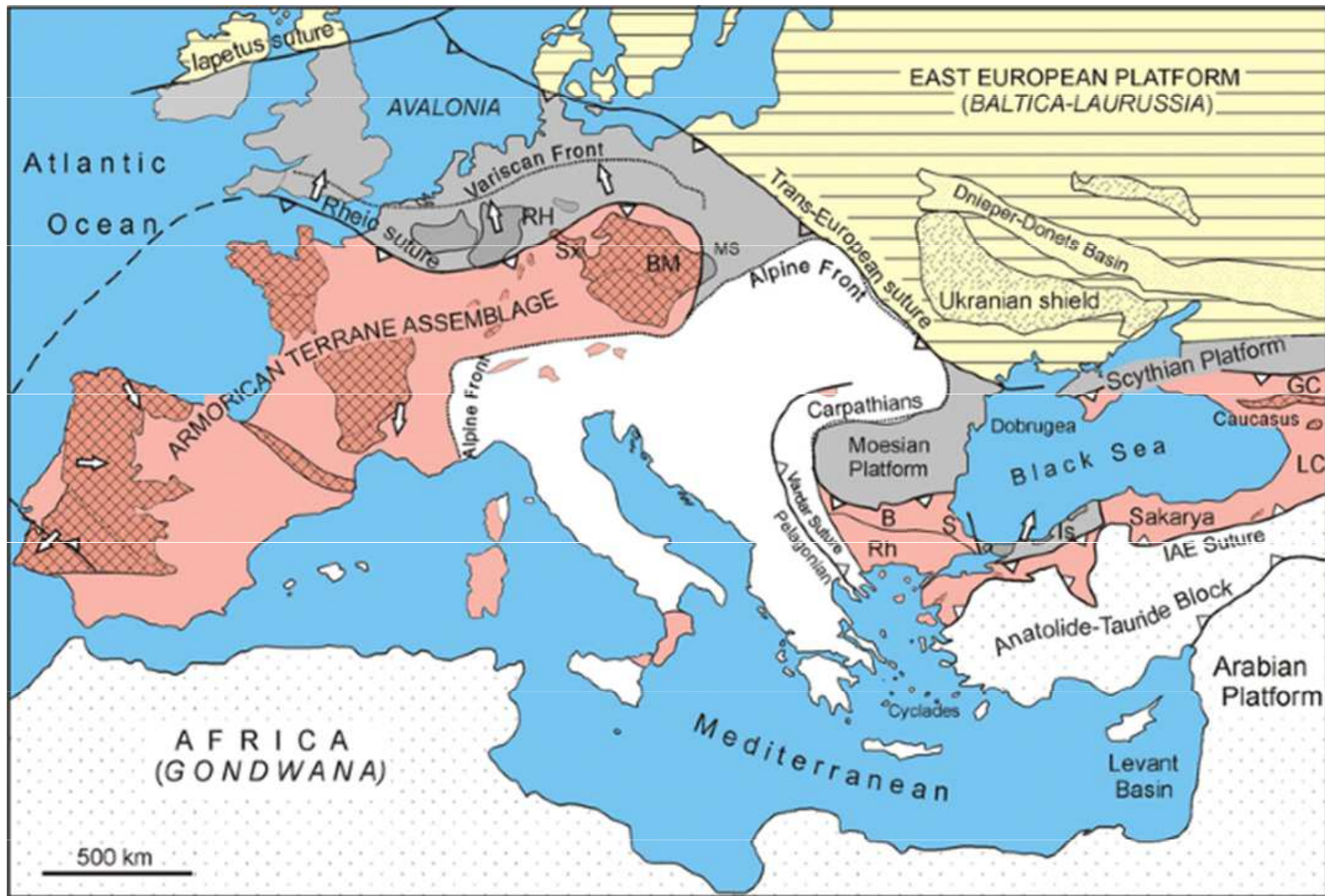
Cimmerian deformed units
 Units with "Variscan" and Cimmerian metamorphism and deformation
 Ophiolites

382-375 Ma Rb-Sr radiometric data on micas and WR
 262±1 Ma U-Pb data on zircons

280-230 Ma Ar/Ar data on amphiboles and micas
 250-200 Ma K/Ar data on amphiboles and micas



TURECKO



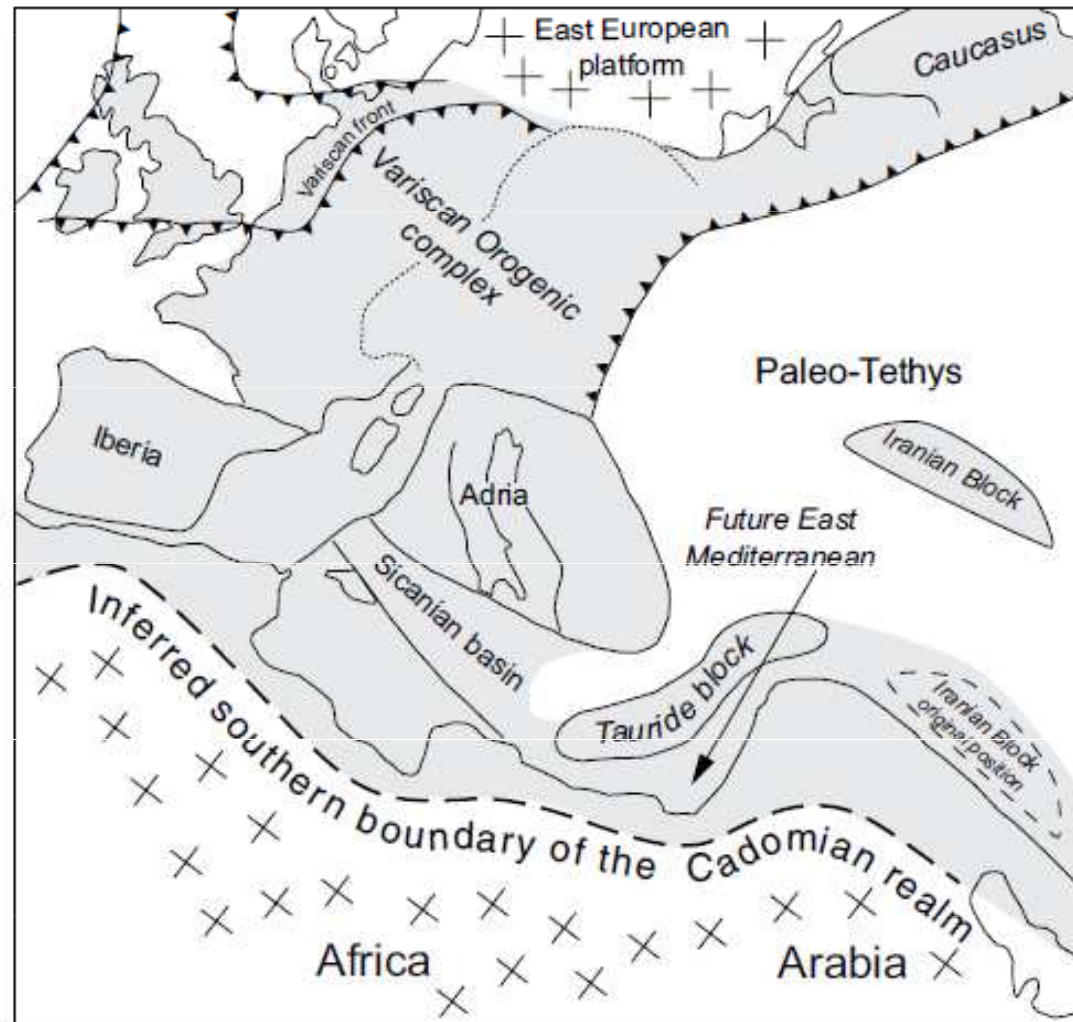
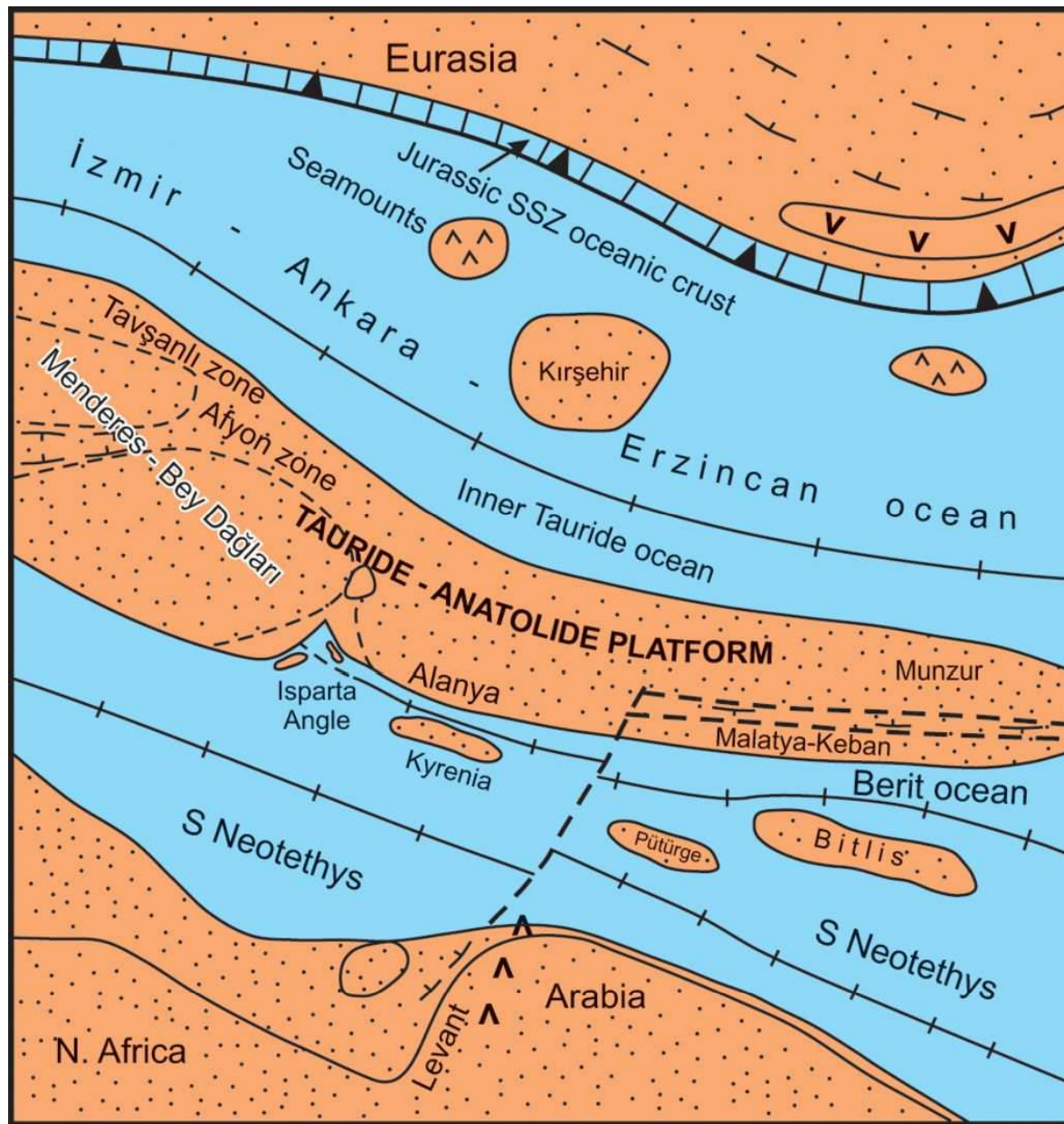
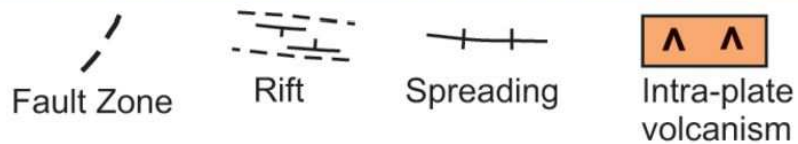


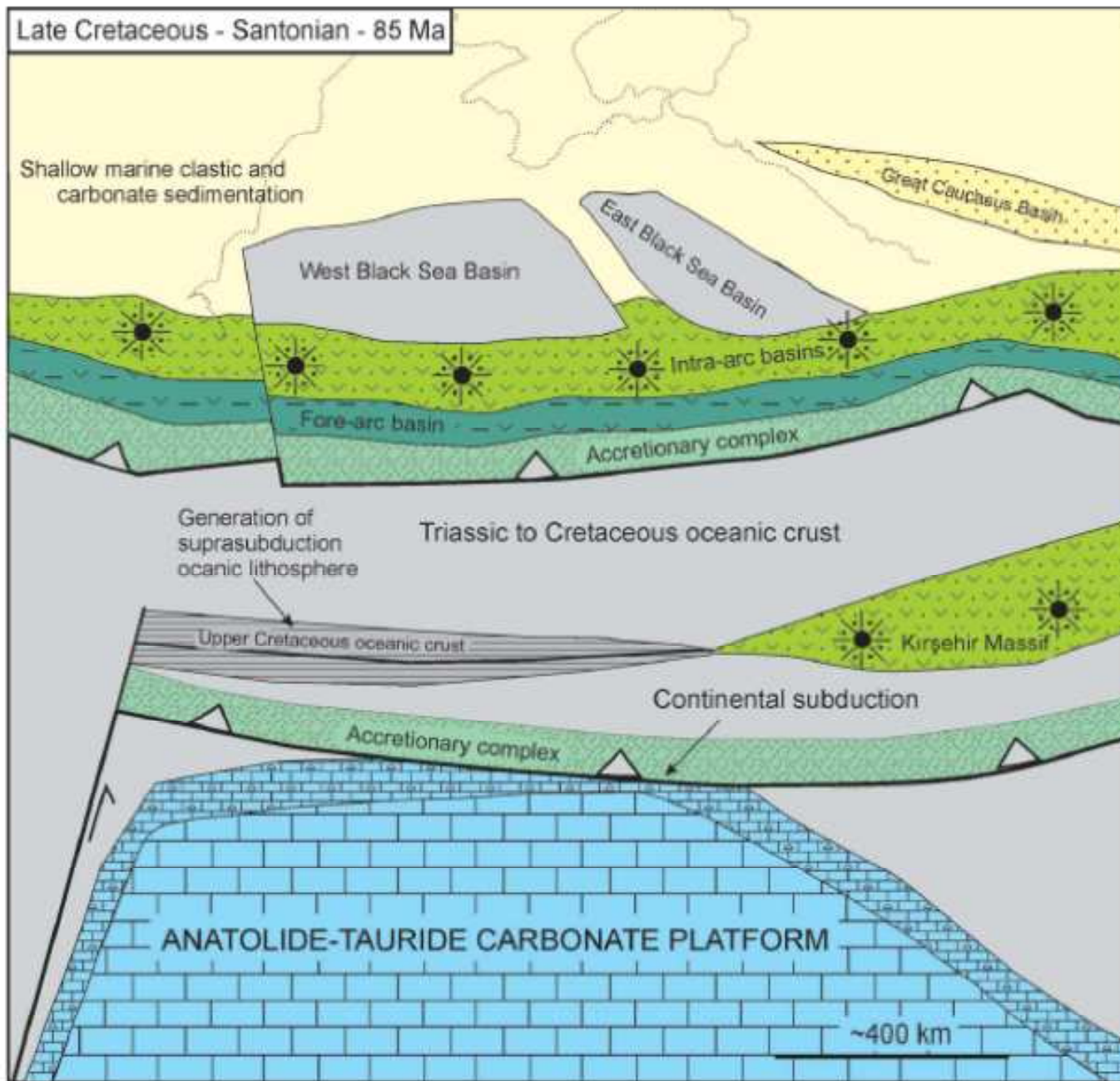
Figure 2. Pangea paleogeographic reconstruction for the Permian-Triassic showing the prerift location of the Tauride block along the NE Africa margin of Gondwana (modified after Garfunkel, 2004). Note also the prerift position of the central Iranian block along the Arabian margin. Both the Tauride and Iranian blocks have Cadomian-type basement (see text for discussion). The southern limit of crustal provinces underlain by Cadomian-Avalonian basement (shaded gray) is postulated to abut the northern edge of Afro-Arabia.





**EARLY
CRETACEOUS**
~140 Ma





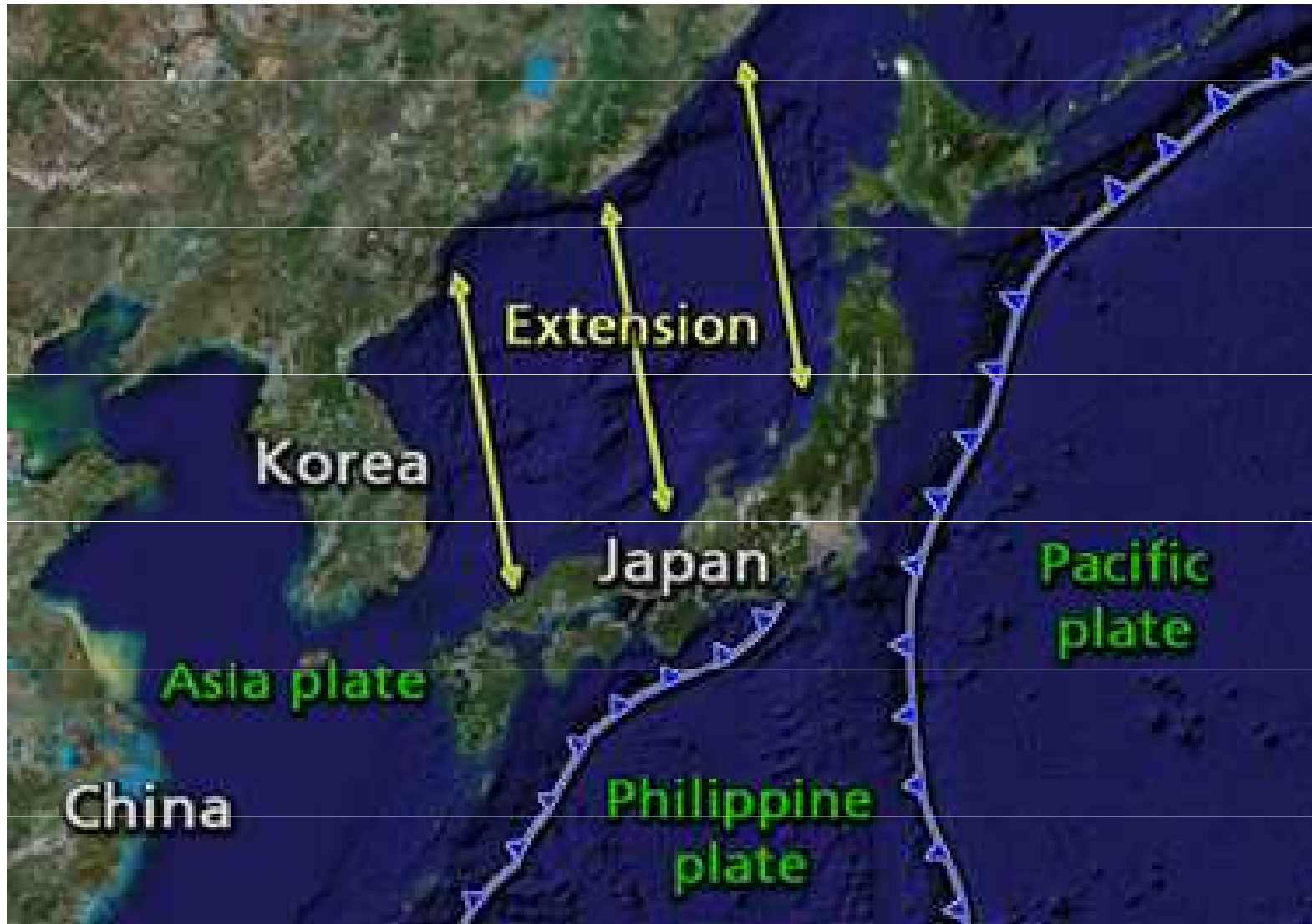
Kenozoická evoluce Asie

Různé fragmenty Gondwany jako Indie a Arabie kolidovaly se zbytkem Asie během eocenu a miocenu a orogenetická pásma, která vznikala uzavíráním **Neotethydy** se označují jako **alpidy**. Vytvářejí současné alpínsko-himalajské orogenetické pásmo. Alpidy spolu s kimeridami tvoří **tethysidy**.

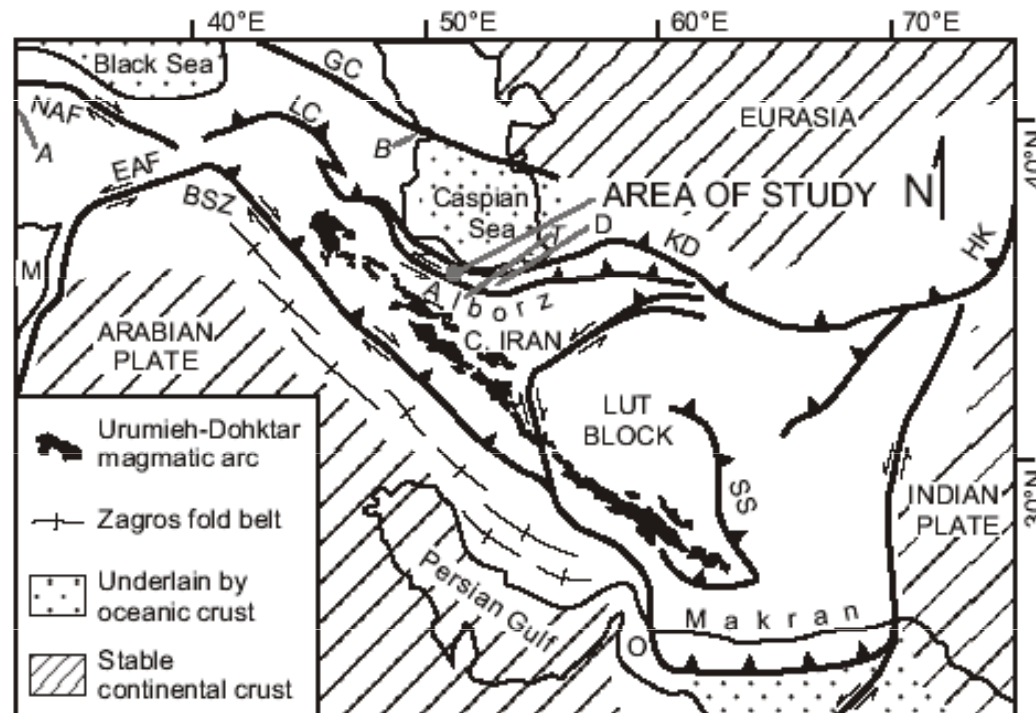
Nejdůležitější událostí byla **kolize Indie s Asií** asi před **45 Ma**, tj. v paleogenu. Předpokládá se, že ke kolizi došlo asi 1250 mil na jih od dnešního kolizního kontaktu a během kolize došlo k horizontálnímu zkrácení o více než 1000 km..

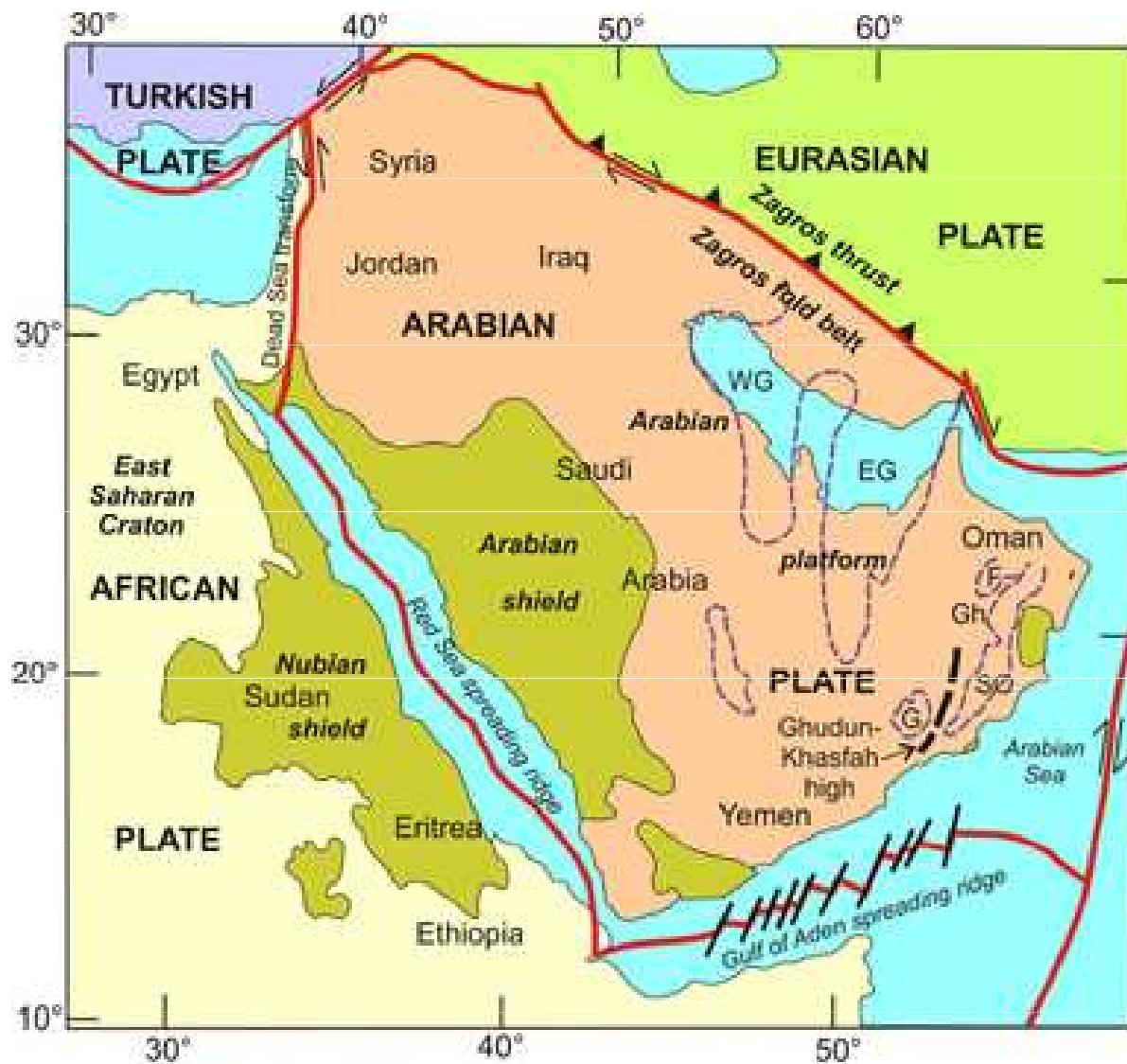
Arabská deska kolidovala s okrajem Asie v JV Turecku a v Iránu až během středního **miocenu** a tato konvergence pokračuje dodnes rychlostí 3-4 cm palce za rok. Kolizní zónu můžeme pozorovat v **Zagrosu** v jižním Iránu. Podobně jako v Tibetu vzniklo potom v centrálním Iránu a Turecku **vysoká náhorní plošina**.

Circumpacifické alpidy můžeme pozorovat při východním okraji Asie v oblasti Kamčatky, Čukotky, Přímoří a Korjaské náhorní plošiny na ruském Dálném východě rovněž v Japonsku, a Jihočínském moři. Jejich vývoj byl a je určován subdukcí oceanické kůry Pacifiku pod východní okraj Asie. Subdukční zóna, která byla aktivní při východním okraji Asie ve svrchním mesozoiku začala migrovat směrem od kontinentu. To vedlo ke krustální extenzi. V oligocenu se např. otevřelo **Jihočínské moře**, ve středním miocenu se otevřelo **Japonské moře** a Japonsko se oddělilo od Asie. Podobné stáří má **Kurilská pánev** za Kurilskými ostrovy.



Arabská deska na severovýchodě pokrytá mocnou sekvencí sedimentárních hornin kolidovala s kimerskou částí Asie v Turecku a Iránu podél **zagroské** sutury a sutury **Bitlis** v JV Turecku za vzniku pohoří **Zagros** a **Bitlis** během **miocenu** a tato kolize pokračuje dodnes. V předpolí pohoří se vytvořila, podobně jako v Tibetu, **náhorní plošina** (zluštění kontinentální kůry). Při severním okraji Iránské náhorní plošiny byly vyzdviženy kimerské pohoří **Kopet-Dag** a **Elbrus**. V Turecku na sever od Anatolské náhorní plošiny byl vyzdvižen **Kavkaz**.





- Arabian plate
- Outcropping Precambrian
- African plate
- Eurasian plate
- Turkish plate
- Plate boundary
- Transform faults
- Subsurface Neoproterozoic-Lower Cambrian salt basins



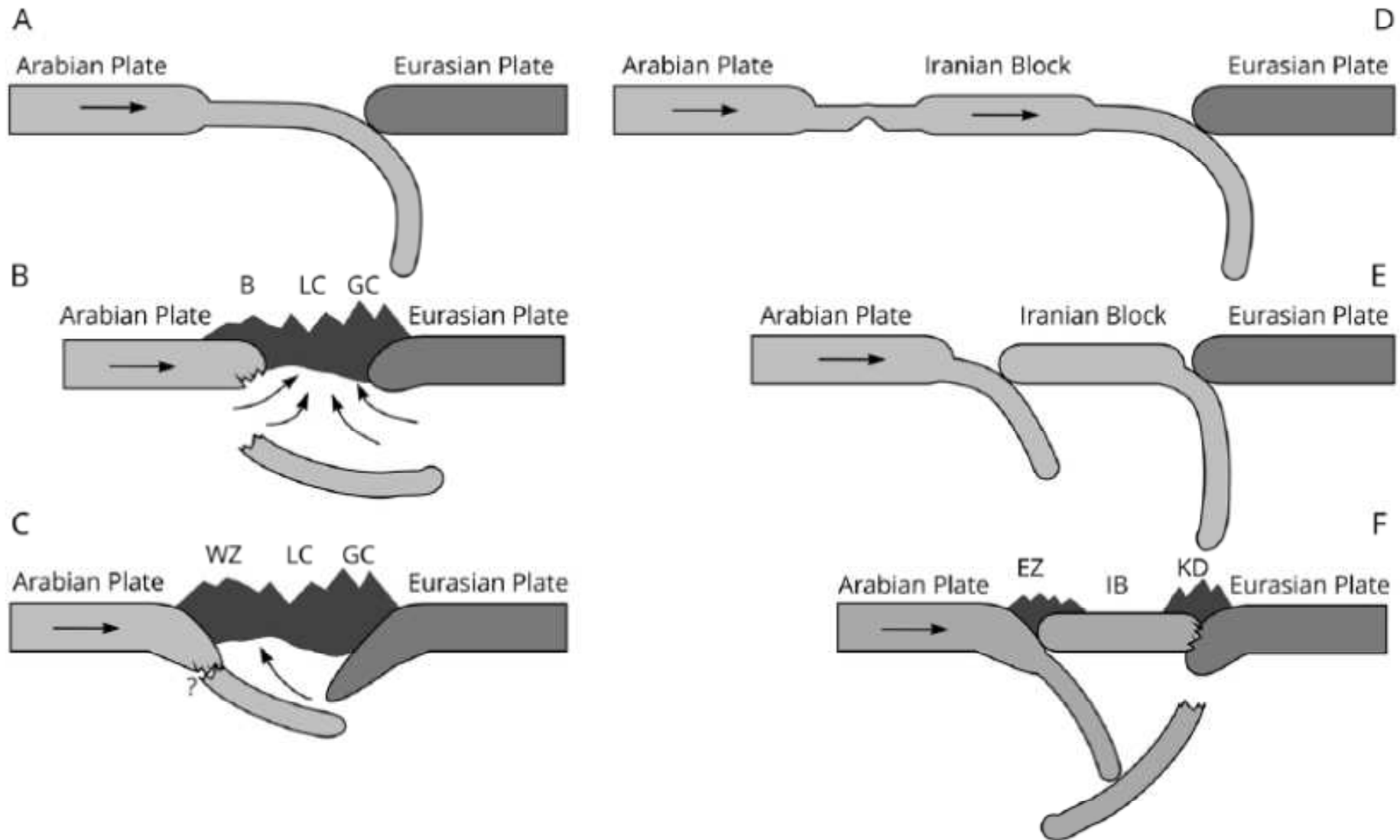
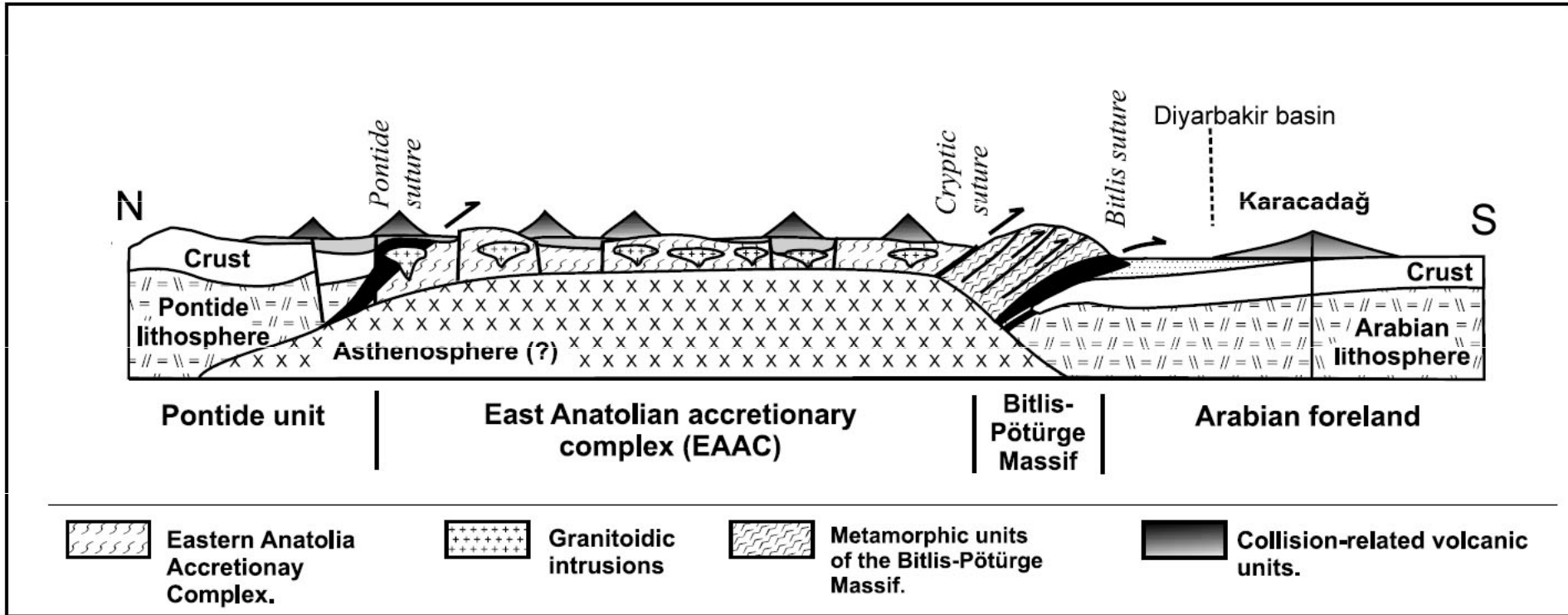
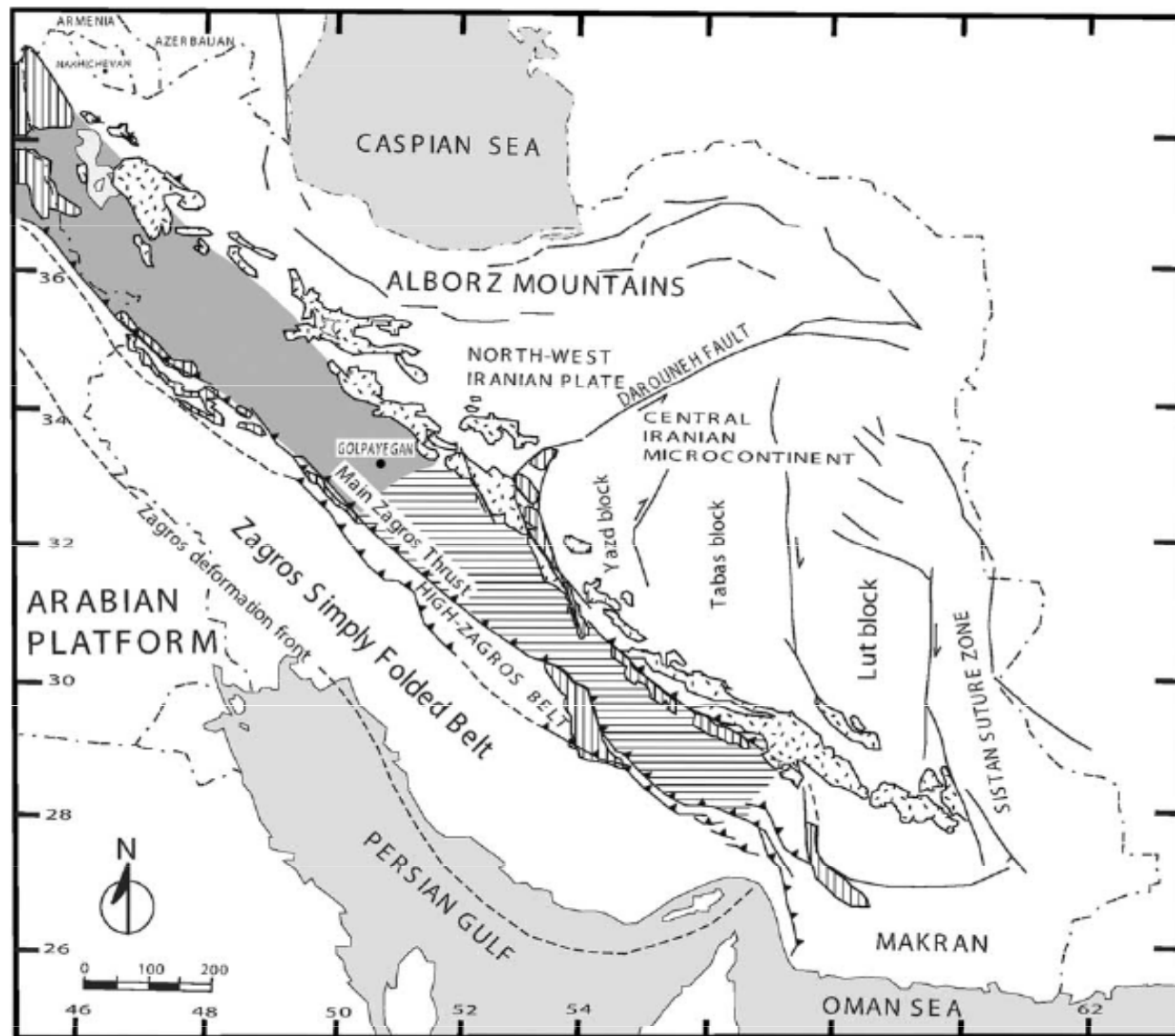








Figure 3. Cartoons illustrating geodynamic models for the western (a–c) and eastern (d–f) parts of the Arabia-Eurasia collision zone. (a) and (d) correspond to a precollisions stage of the closing of Neo-Tethys. (b) West Great Caucasus (GC, profile 1, Figure 2): Delamination of the formerly subducted slab is followed by uprising of the hot asthenospheric material under the Lesser Caucasus (LC) and initiation of underthrusting of the Eurasian plate under the West GC. (c) East Great Caucasus (profile 2, Figure 2): underthrusting of the Arabian plate under West Zagros (WZ), partial delamination of the Neo-Thetis plate, well-developed underthrust of the Eurasian plate under the East GC. (e) Convergence of the Iranian block (IB) with Eurasia, development of the subduction zone at the southern flank of the IB, bending of the northern subducting plate (e.g., Ribe, 2010). (f) corresponds to profile 4, Figure 2: underthrust of the Arabian plate under East Zagros (EZ) and IB in conjunction with the detached plate, partial underthrust of the Eurasian plate under Kopet Dagh.







- | | |
|---|--|
|  Ophiolitic rocks |  Fault |
|  Urumieh-Dokhtar Magmatic Assemblage |  South Sanandaj-Sirjan Zone |
|  Thrust fault |  North Sanandaj-Sirjan Zone |
|  Strike-slip fault | |



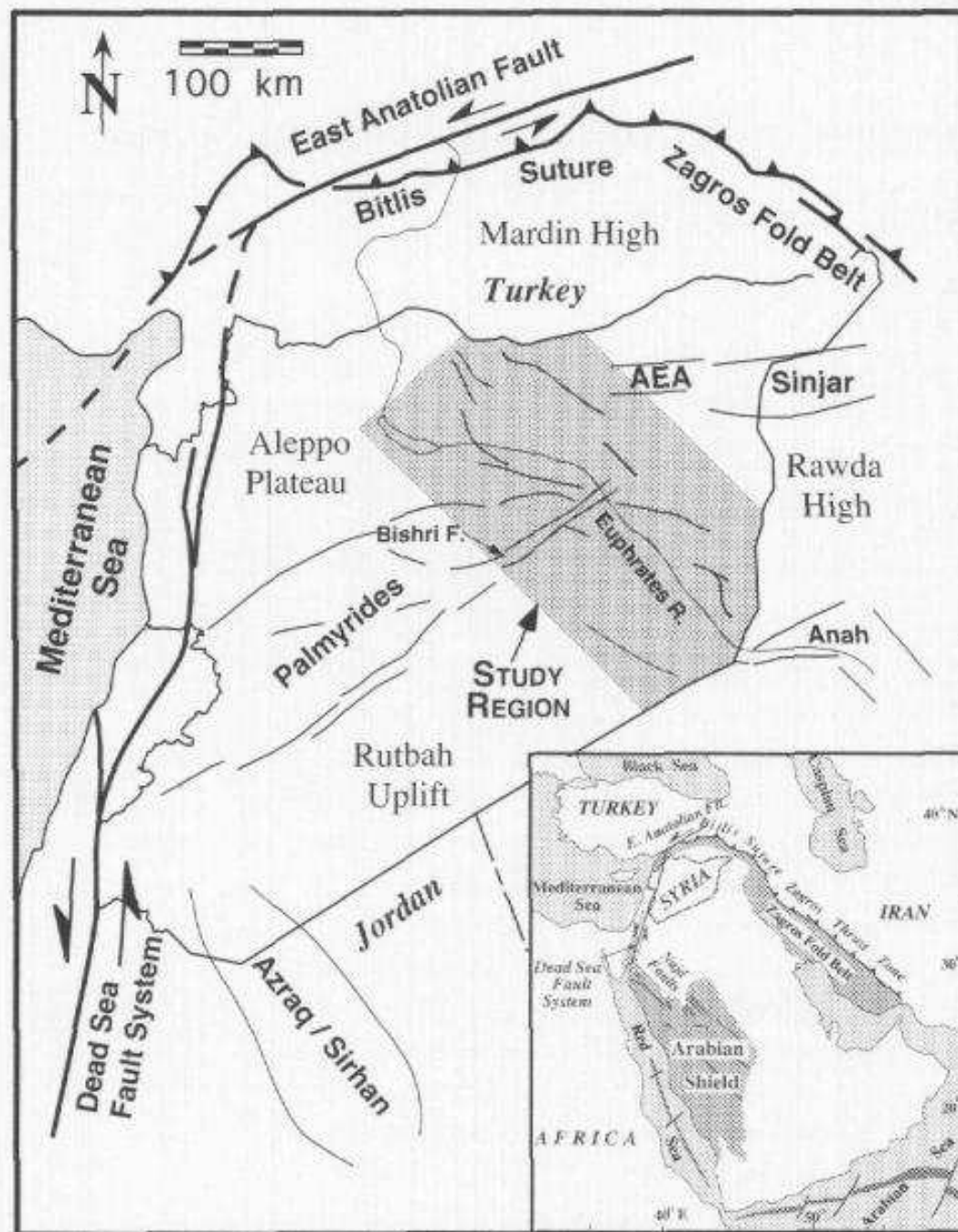


Fig. 1. Map showing location of study region and nearby tectonic features. Thin black lines represent significant faults or boundaries of mobile zone. Inset shows simplified tectonic setting of Syria within the Arabian plate. AEA, Abd El Aziz.



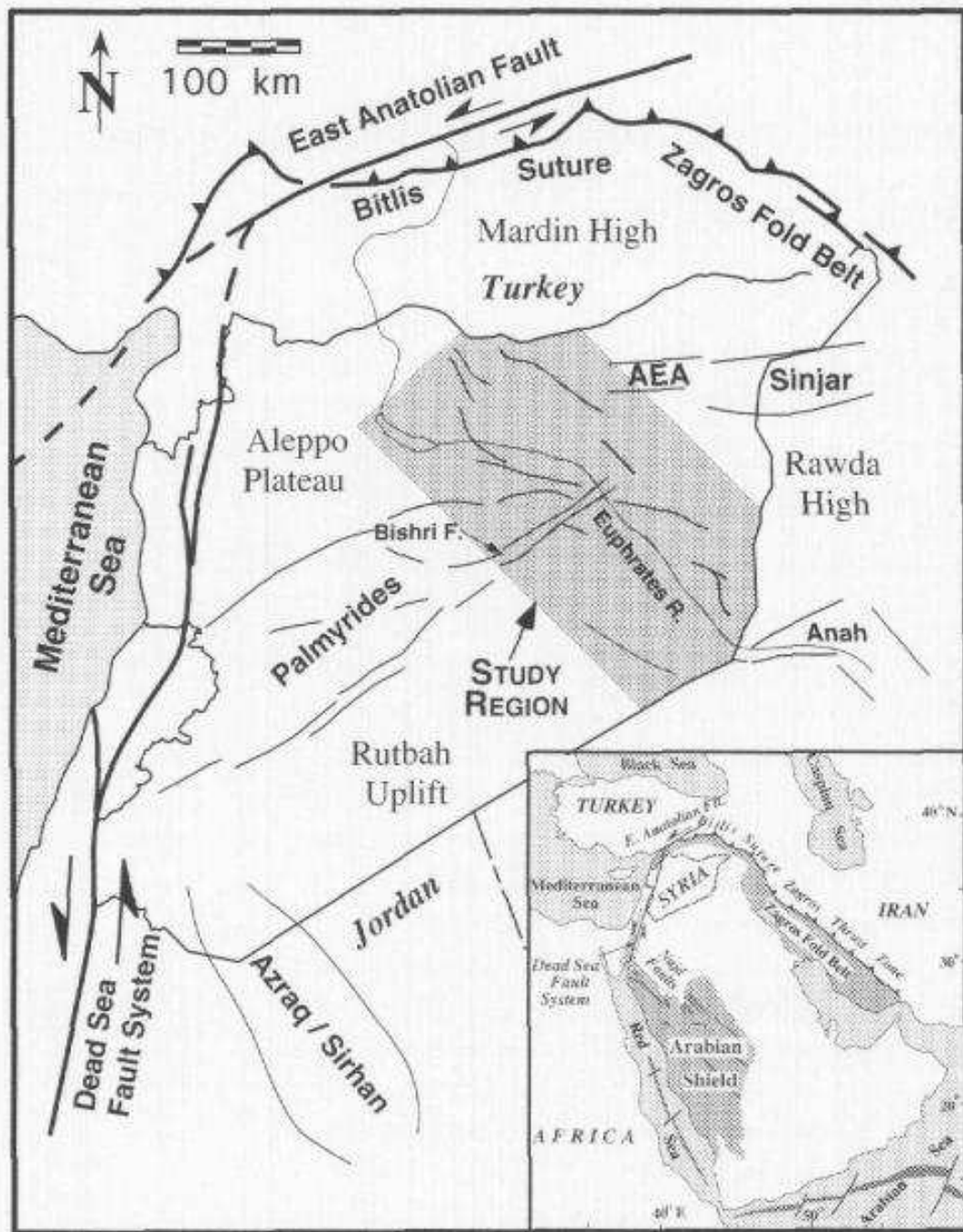
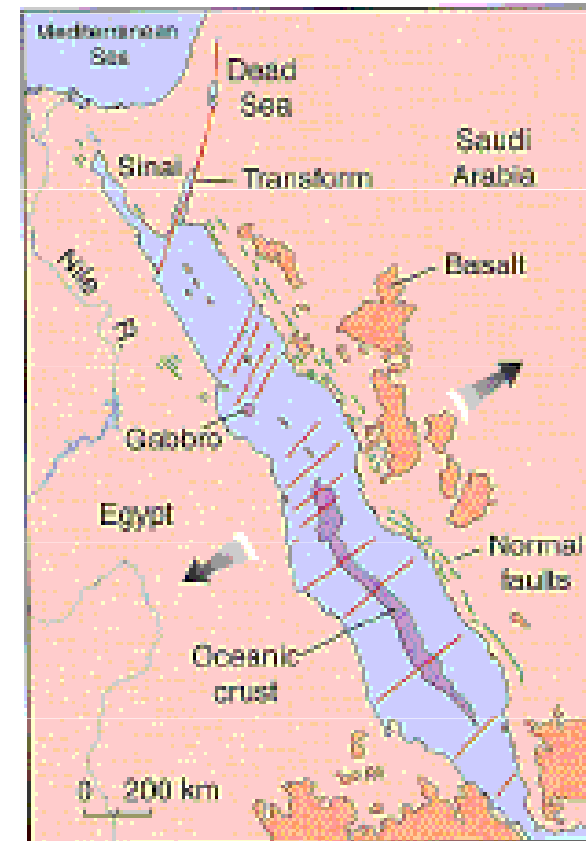


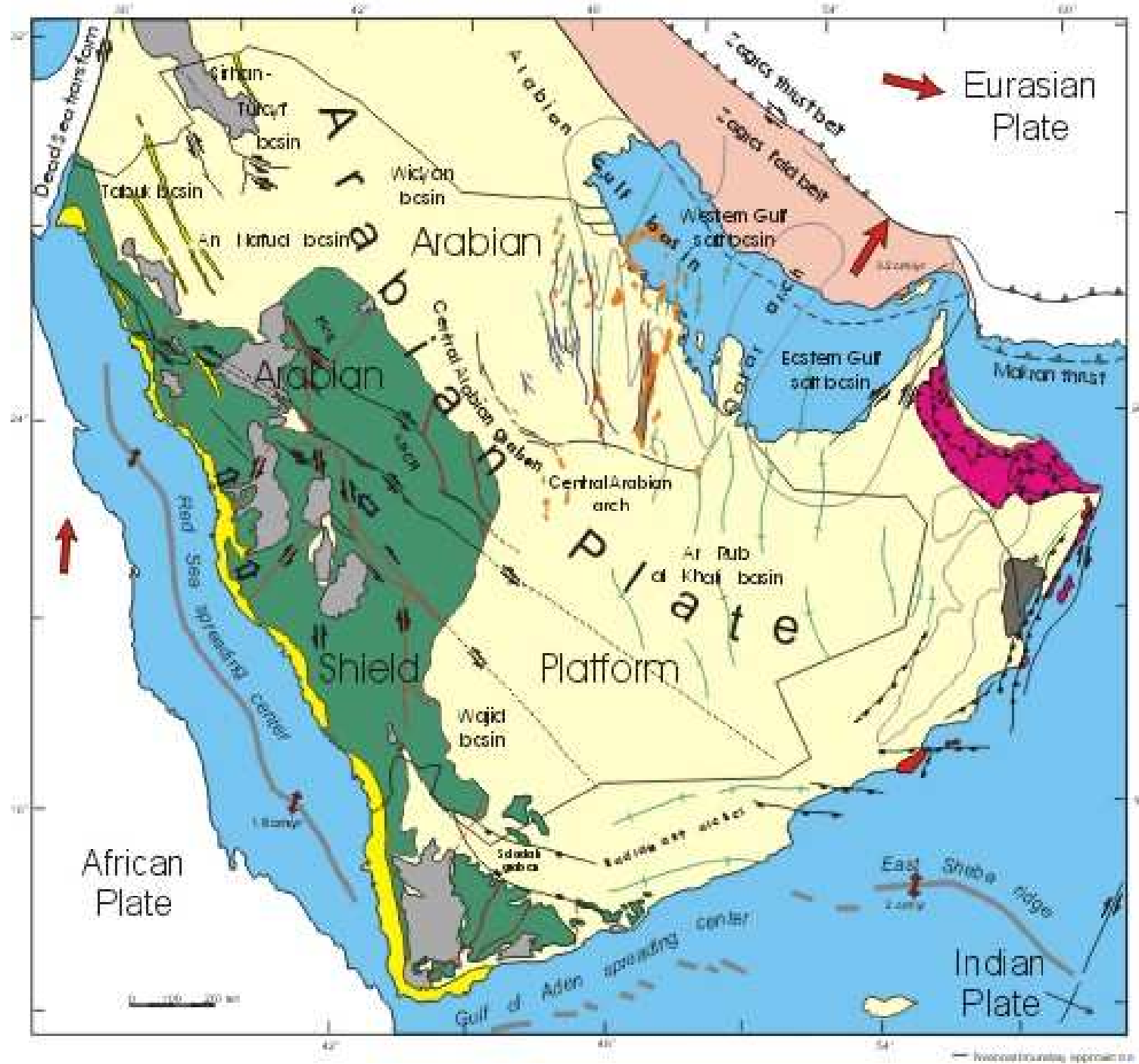
Fig. 1. Map showing location of study region and nearby tectonic features. Thin black lines represent significant faults or boundaries of mobile zone. Inset shows simplified tectonic setting of Syria within the Arabian plate. AEA, Abd El Aziz.

Výše uvedená kolize vedla k aktivaci **sinistrálních transformních zlomů Mrtvého Moře**, které se táhnou od Rudého Moře v Akabském zálivu na jihu přes Libanon do trojného bodu v jižním Turecku, kde se stýká s východoanatolským zlomem. Tento pohyb potom vedl k **severojižní extenzi a otevírání riftu Rudého moře a oddělení arabské desky od africké.**



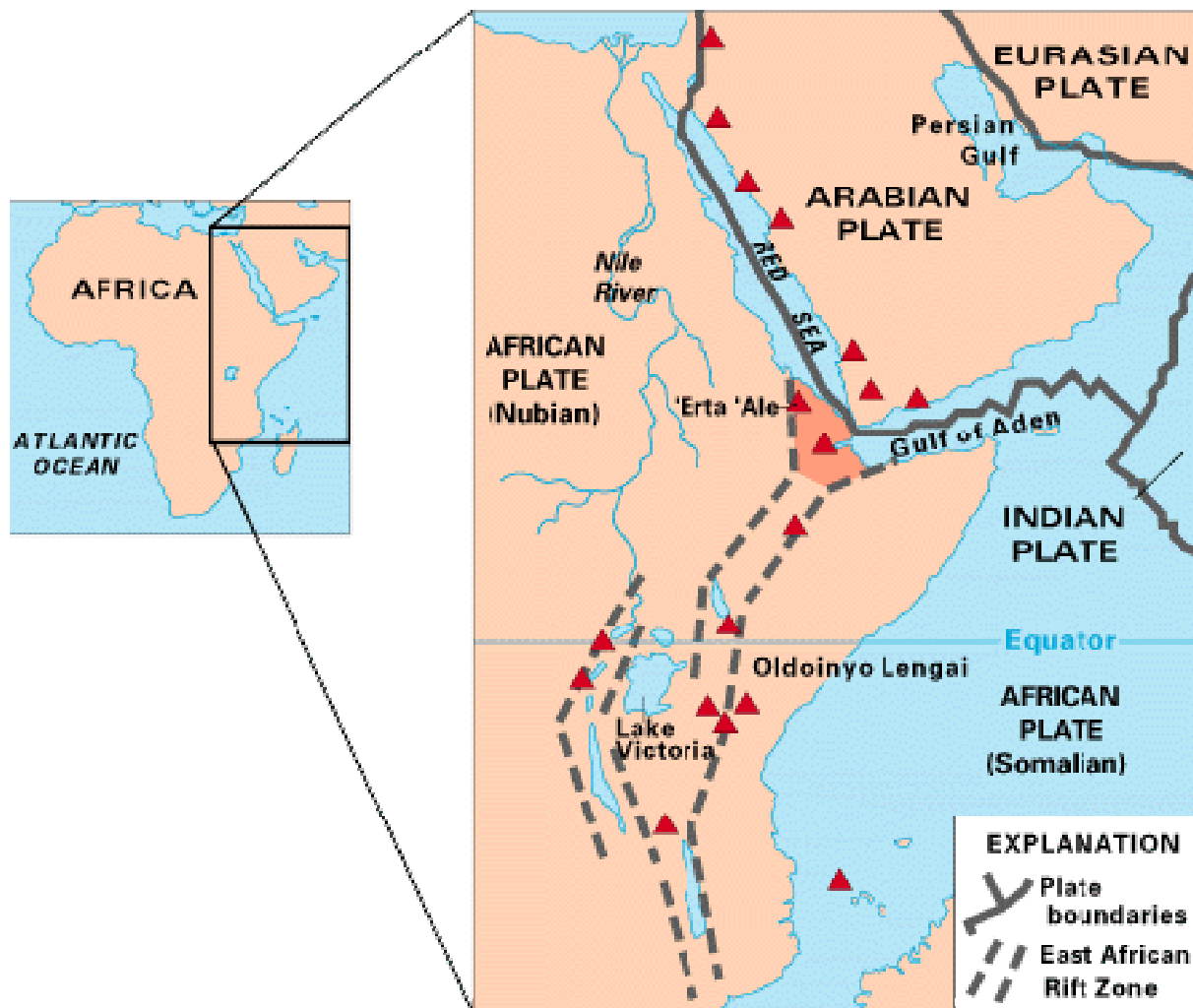


Tectonic features of Saudi Arabia and adjacent areas



- EXPLANATION**
- Red Sea basin and coastal plain
 - Cenozoic grabens
 - Cenozoic foot-hills
 - Spreading center
 - Mesozoic anticlines
 - Ophiolite masses
 - Hercynian faults (concealed)
 - Phanerozoic rocks of the Arabian platform
 - Oil fields
 - Plate movement and spreading rate
 - Intracambrian salt basins (concealed)
 - Intracambrian in Oman
 - Precambrian suture and dyke features (post-Hercynian Emani bounding strike-slip shear zone)
 - Relative sense of convergence of Precambrian terranes
 - Precambrian rocks of the Arabian shield
 - Precambrian in Oman
 - Precambrian and Phanerozoic fault and transform faults
 - Normal fault
 - Thrust

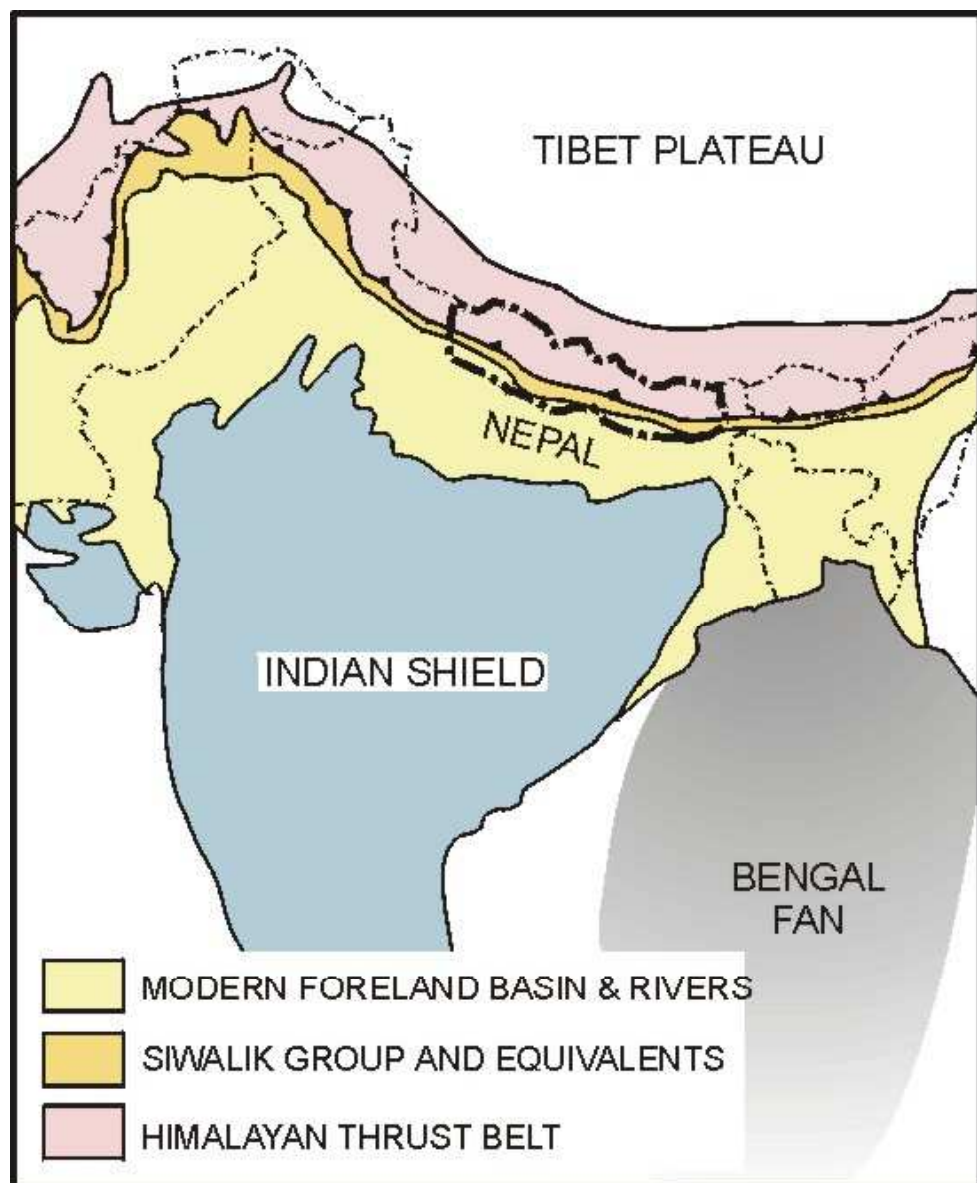
— International boundary approximation



The **Red Sea Rift** is a spreading center between two tectonic plates, the African Plate and the Arabian Plate. It extends from the Dead Sea Transform fault system, and ends at an intersection with the Aden Ridge and the East African Rift, forming the Afar Triple Junction in the Afar Depression of the Horn of Africa.



HIMALAJE

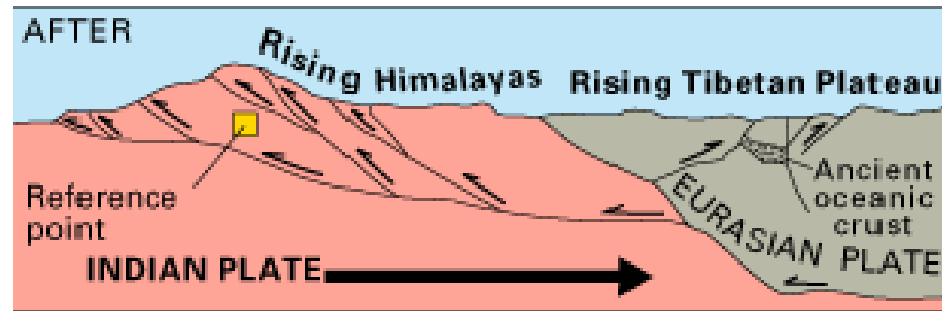
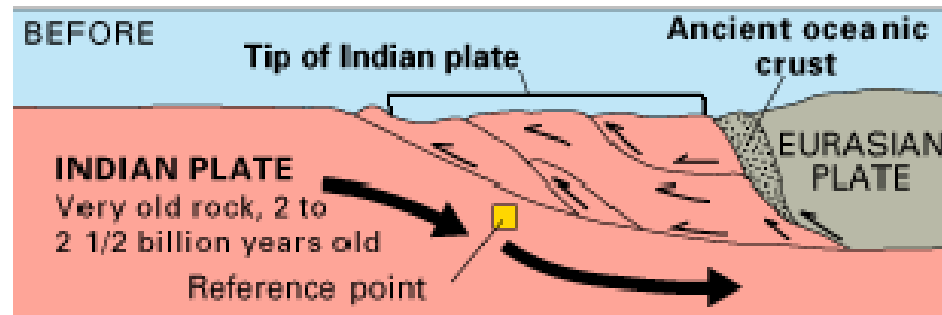


Himalaje představují součást jednotky **alpid** (součást tethysid). Táhnou se od Afganistánu až po Barmu a při jejich vzniku byly deformovány rozsáhlé části Asie. Takže do jejich studia můžeme zahrnout Karakoram, Tibet, Tjan-Šan, Altaj, jezero Bajkal (3000 km na sever od Himalájí) a dokonce jihovýchodní Asii, která byla pravděpodobně transportována bočním únikem dále na JV. Asie se vyznačuje výrazným posttektonickým vývojem, který trvá dodnes.



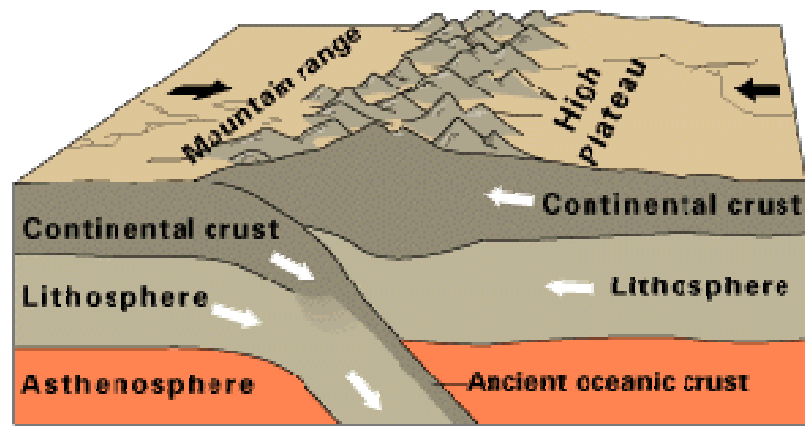
Himalaya

- the Himalaya provides a good look at c-c collisions
- world's youngest and highest mountain range
- world's fastest uplift rate (10 mm/a at Nanga Parbat)
- world's maximum relative relief (>6,000 m, Indus Valley)
- world's largest high plateau (Tibet, >5,000 m)
- (nice feature!) produced from almost orthogonal collision
- tectonic development in brief:
 - Late Triassic: North Tibet collided with Eurasia, Paleotethys Ocean closed, Kun Lun Range initiated
 - Jurassic to Early Tertiary: several oceans (or arms of oceans) opened and closed; terranes were moved across Tethys to the north
 - Eocene: Neotethys Ocean closing, India collided with Eurasia
 - Eocene to Holocene: India still pushing north into Asia.

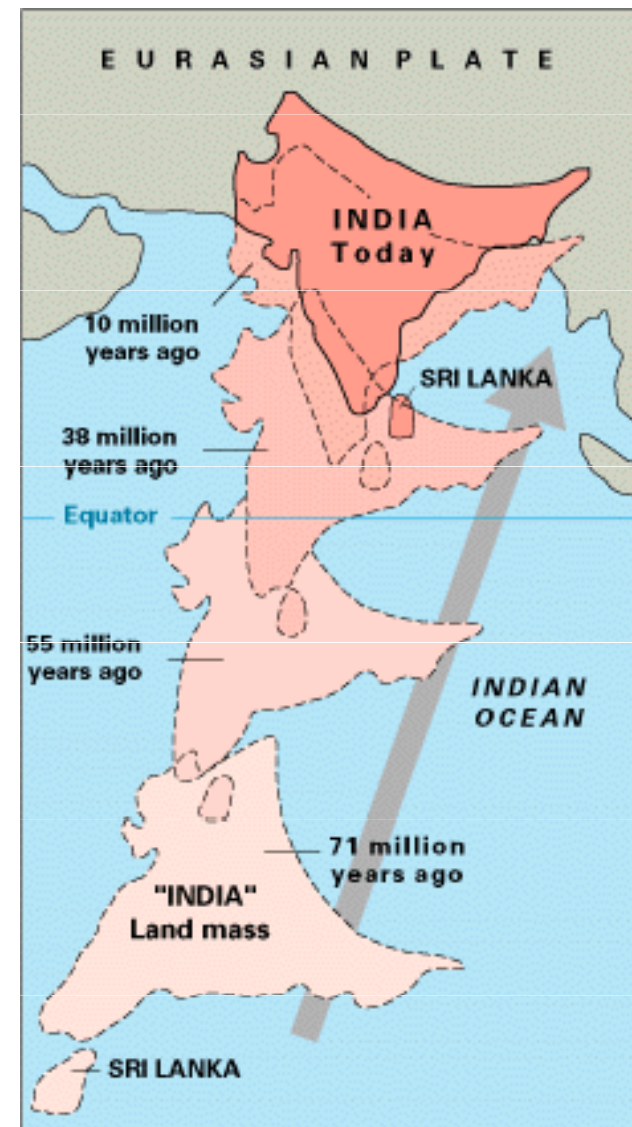


Late Jurassic

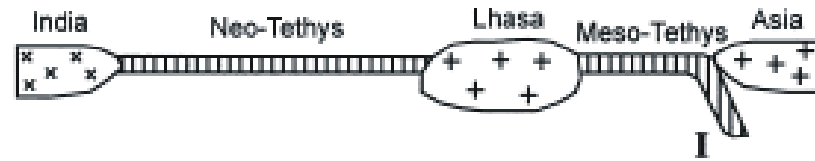




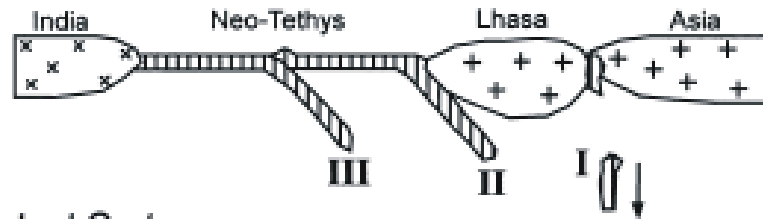
Continental-continental convergence



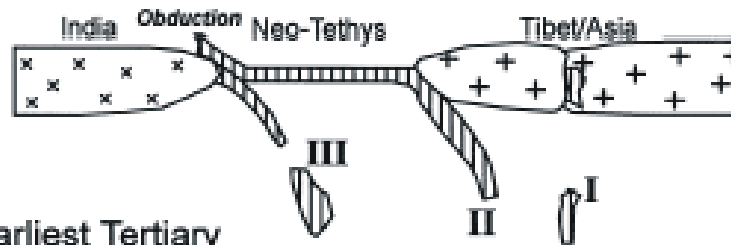
Late Jurassic



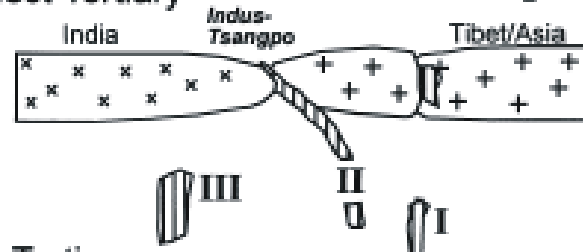
Late Cretaceous



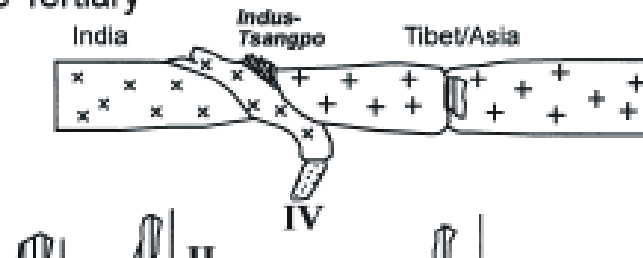
Latest Cretaceous

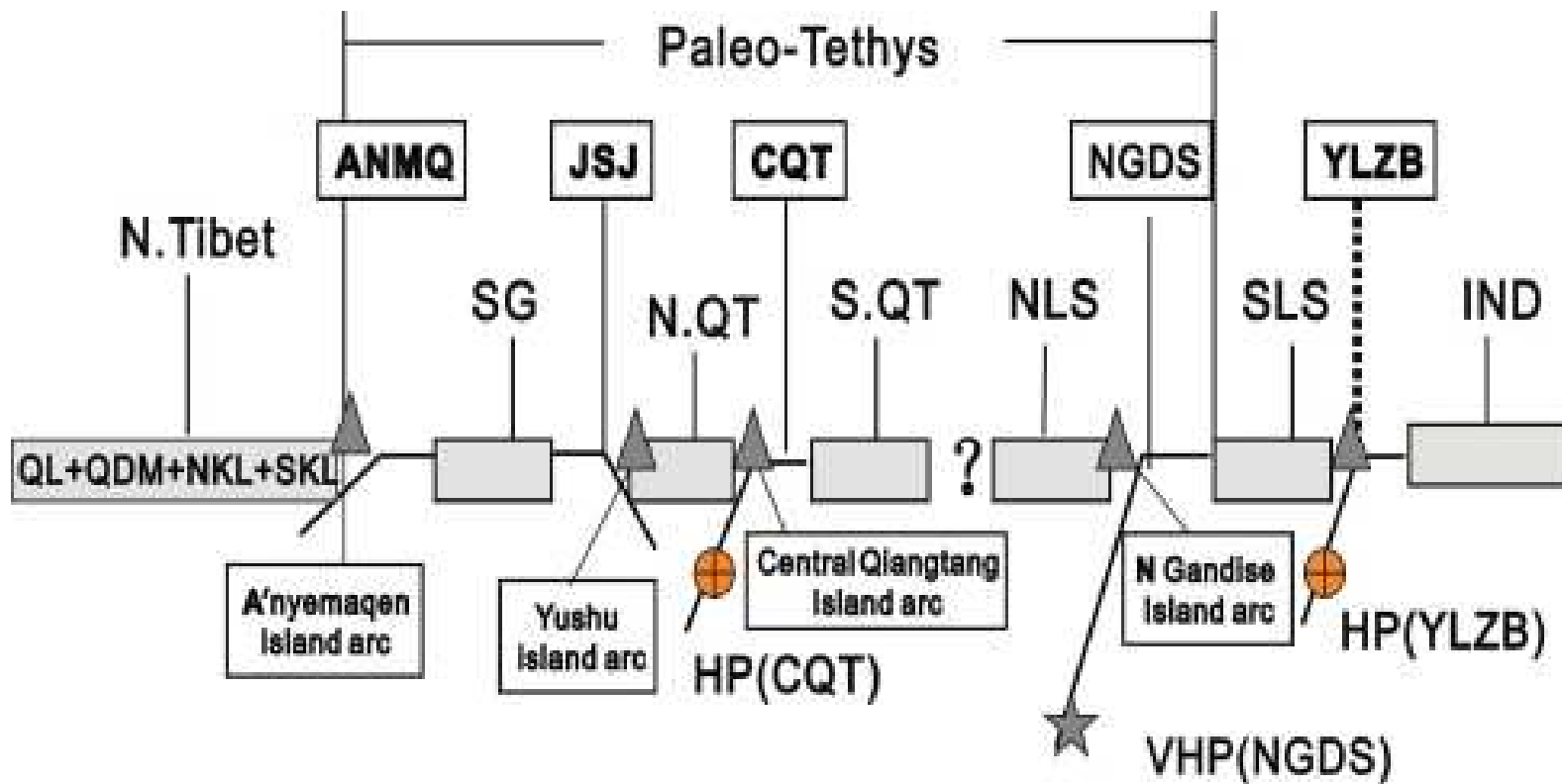


Earliest Tertiary



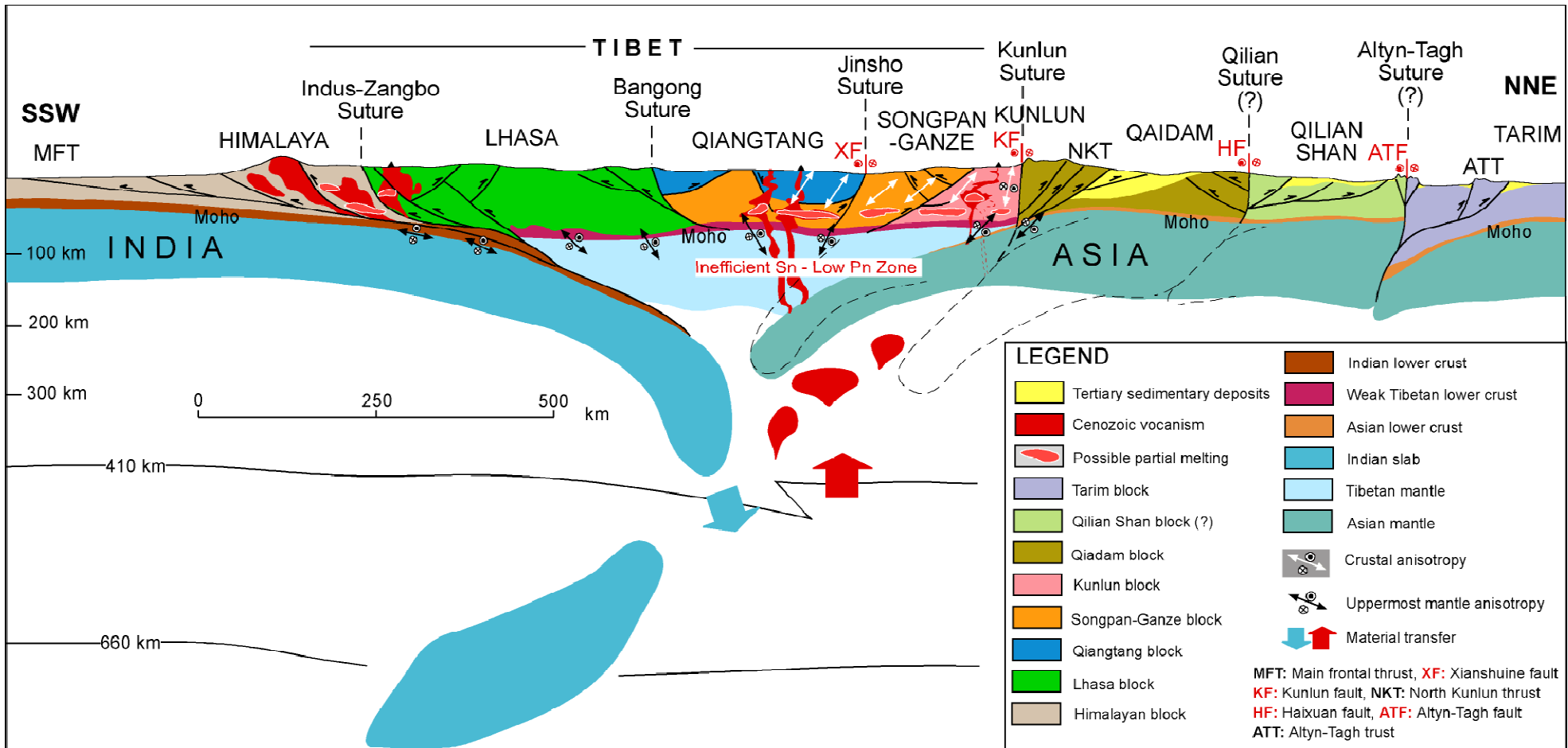
Late Tertiary





A cartoon showing multiple small, continental blocks and island arcs in Paleo-Tethys. Known terranes within Paleo-Tethys are the Songpan-Ganzi terrane (SG), North Qiangtang terrane (NQT), South Qiangtang terrane (SQT), North Lhasa terrane (NLS), South Lhasa terrane (SLS). Known island arcs within the Paleo-Tethys are the A'nyemaqen arc, the Jinshajiang-Yushu arc, the Central Qiangtang (CQT) arc, and the North Gangdese (NGDS) arc. QL + QDM + NKL + SKL = Qilian + Qaidam + North Kunlun + South Kunlun terrane; HP (CQT), Central Qiangtang high-pressure metamorphic belt; VHP (NGDS), North Gangdese very high-pressure metamorphic belt; HP (YLZB), Yarlung-Zangbo high-pressure metamorphic belt; a question mark means that the orientation of subduction during closure of the Bangong-Nujiang ocean is uncertain.





Hlavní stavební jednotky Himalájí - Indie

1) Asijská deska – Tibet (Lhasa)



Sutura Indus Tsangbo

2) Výšší Himaláj



Hlavní centrální násun

3) Nižší Himaláj



Hlavní hraniční násun

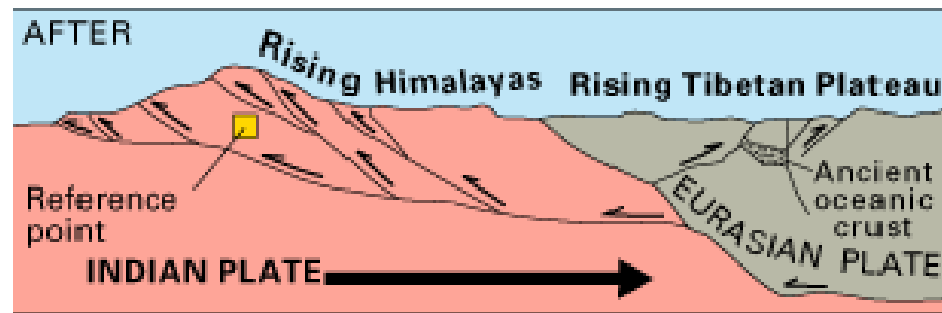
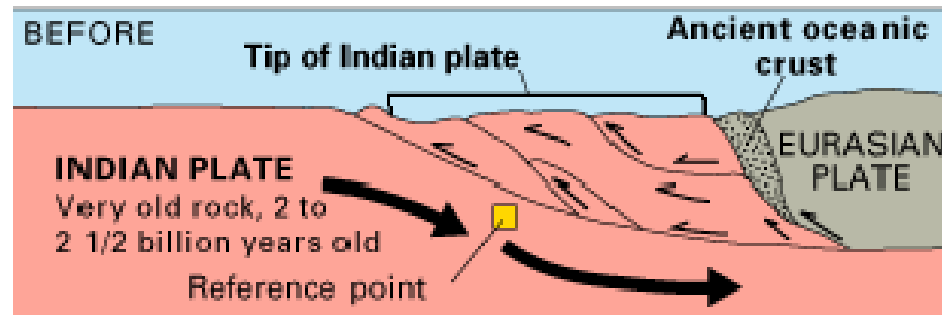
4) Pánev Siwalik (molasa, terciér)

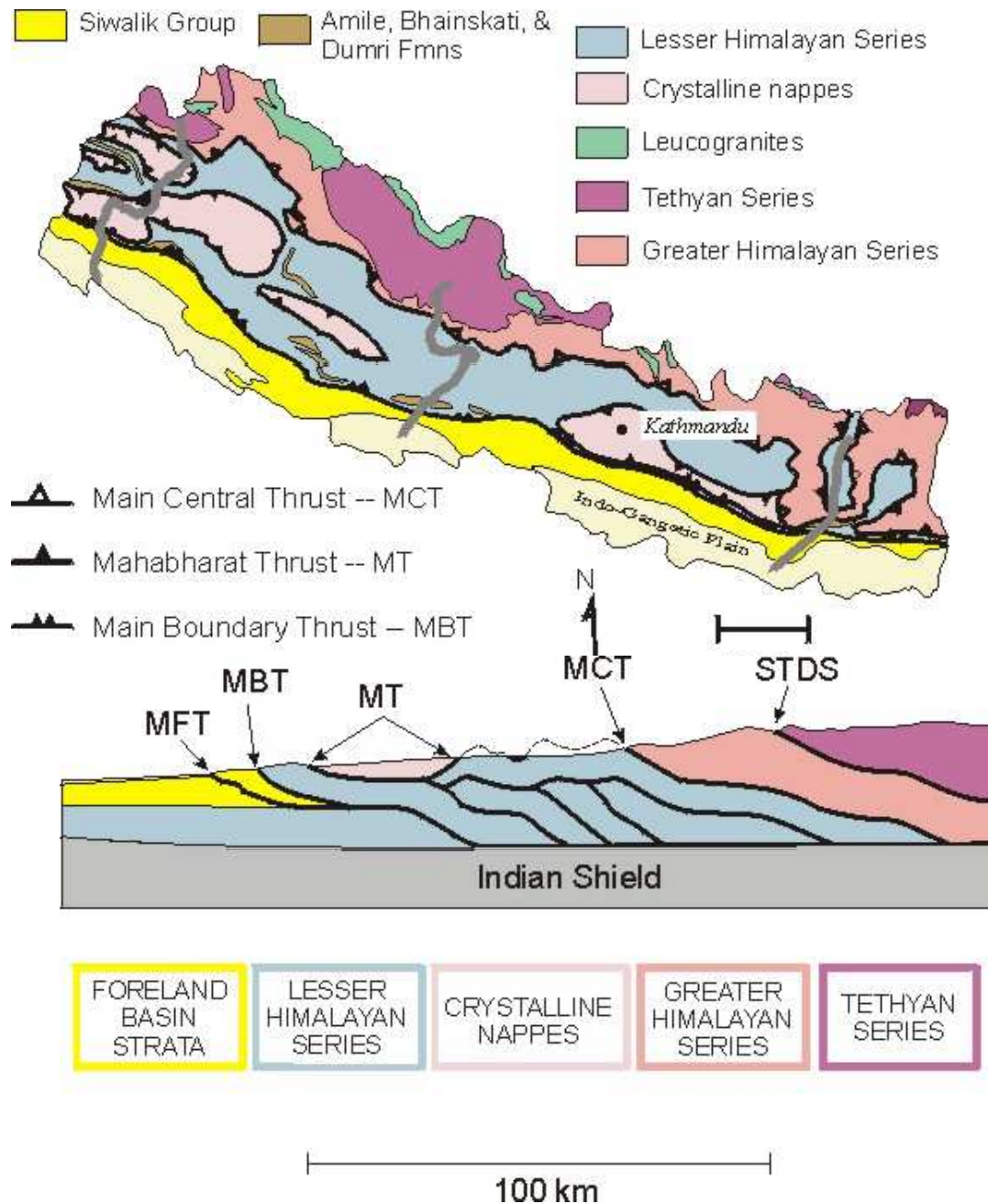


Hlavní frontální násun

5) Indo-ganžská nížina (molasa, recent)

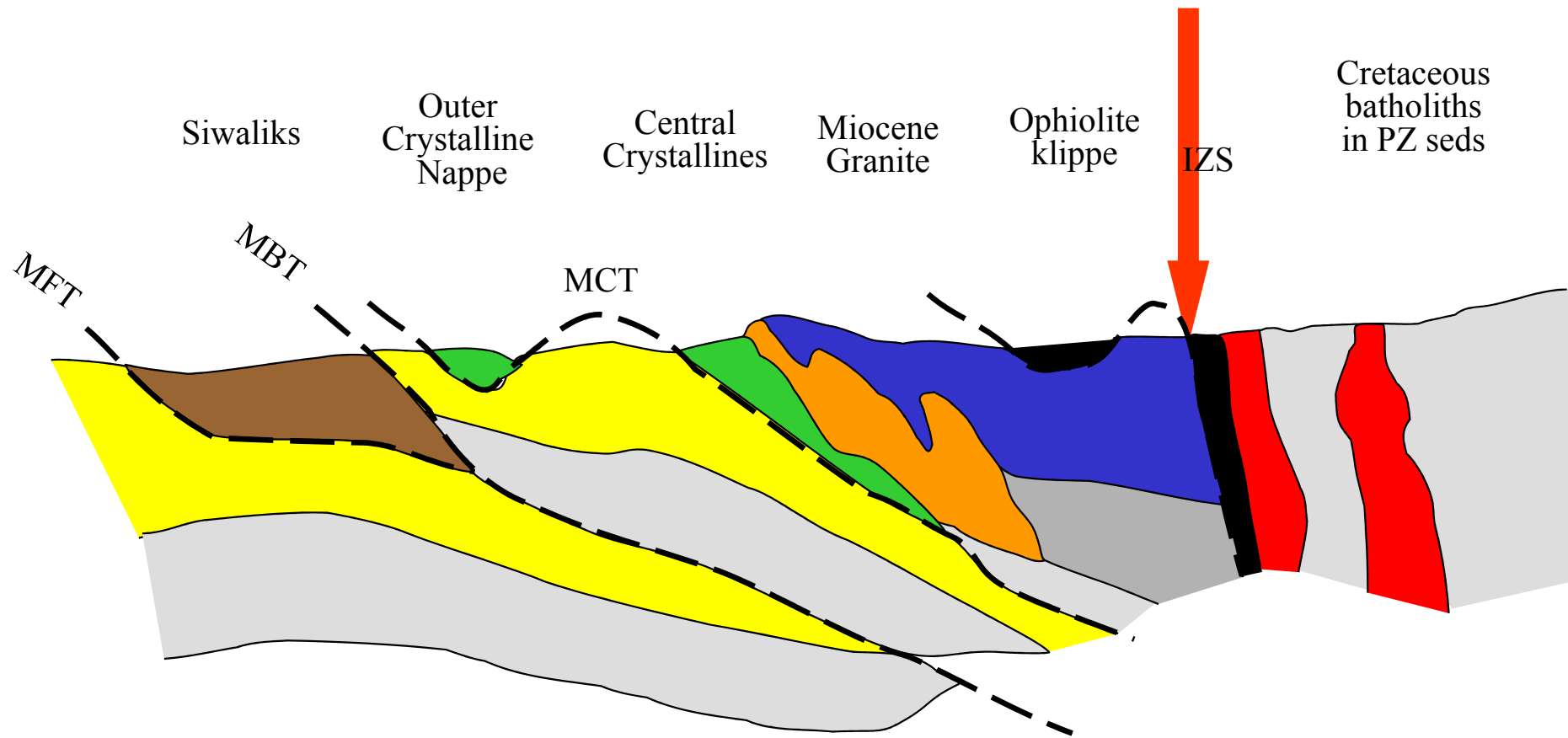






Indická deska

Asijská deska



Hlavní tektonické jednotky (od severu k jihu) v Indii

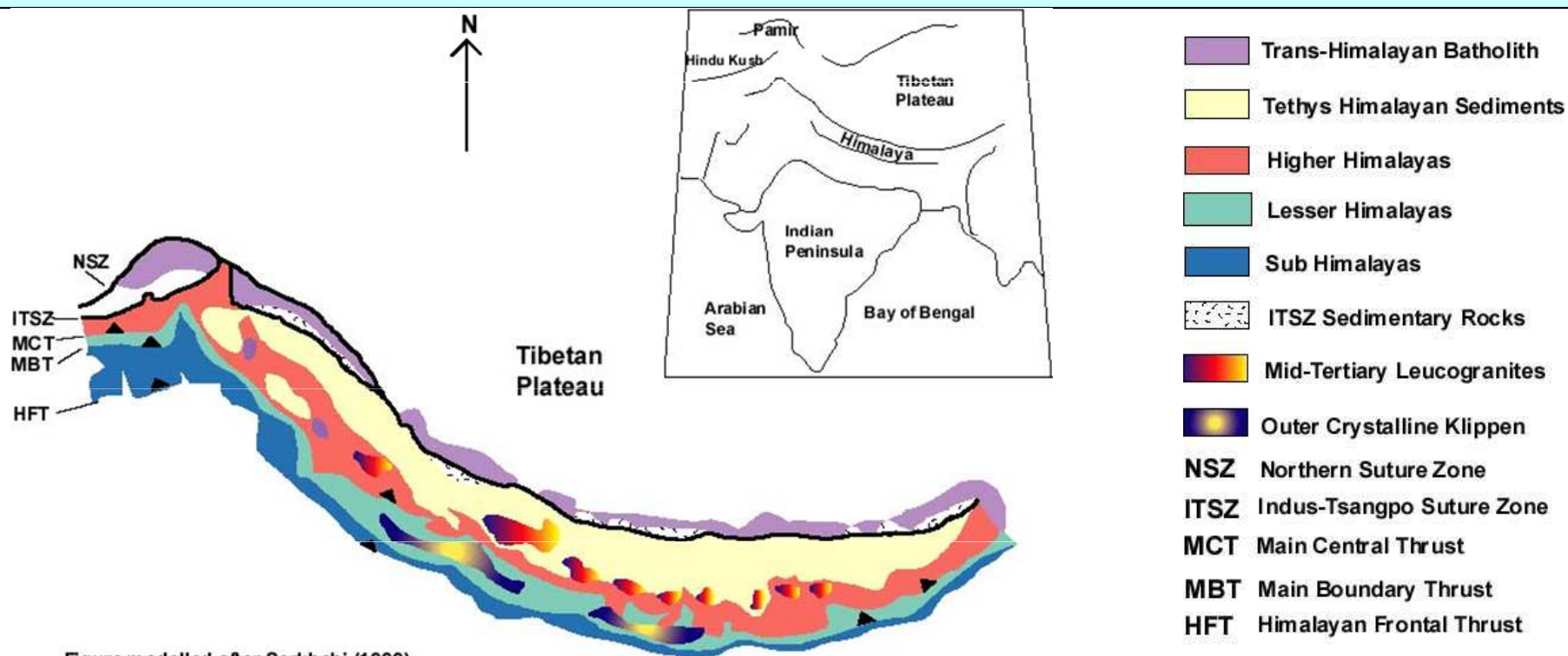
1) Tibet

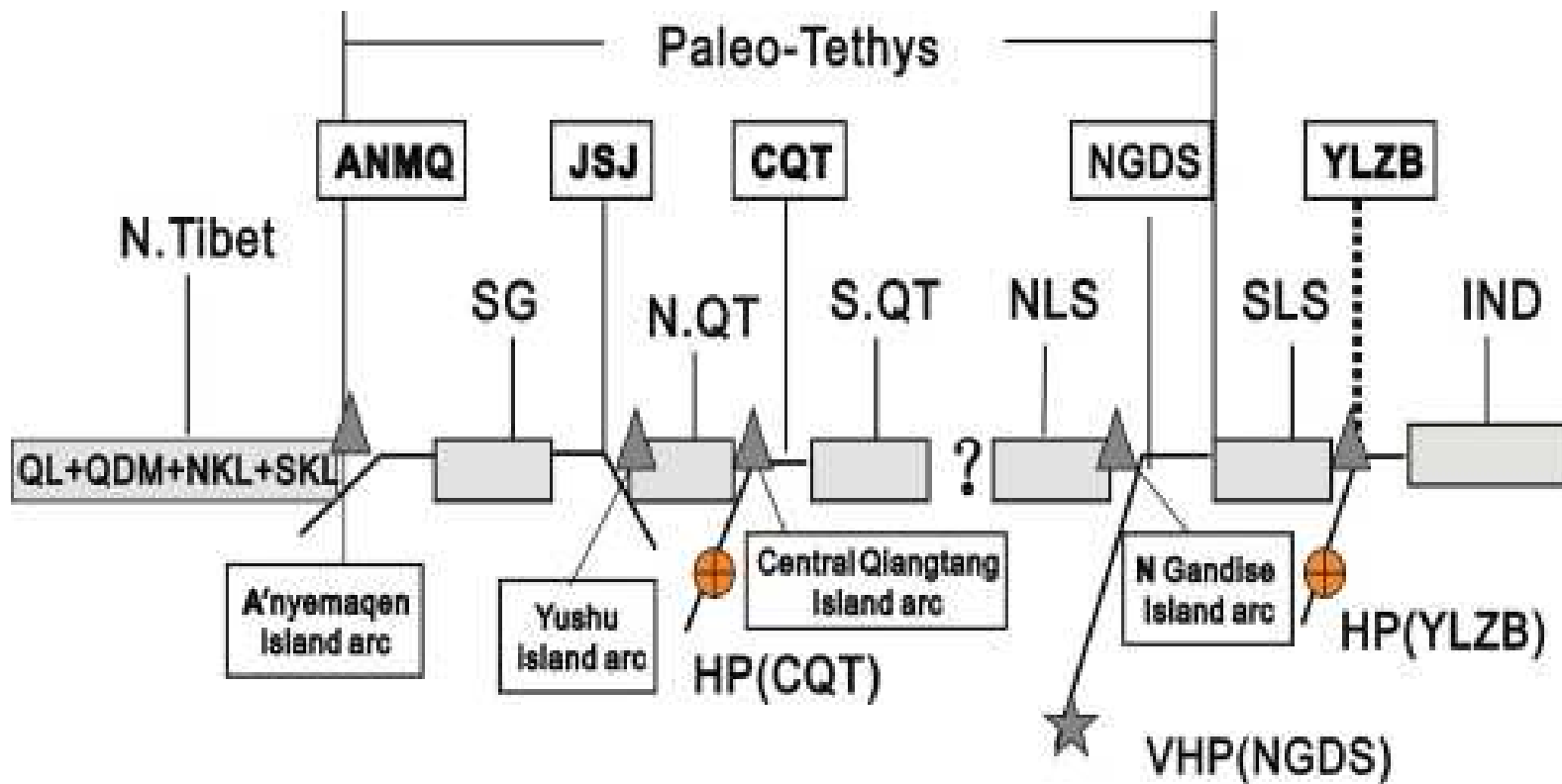
Jižní část Tibetu na jih od sutury Indus-Zangbo náleží geologicky Himalájím. Zde se budeme zabývat částí Tibetu, která se rozkládá asi 1000km na sever od sutury Indus-Zangbo a Transhimalajského batolitu Kandese až k Kun Lun Shanu při jižní straně Tarimské pánve

Tibet(Xizang)

můžeme rozdělit do **třech kontinentálních fragmentů** - Kun Lun, **Qiantang** a **Lhasa**. Oddělenými suturami Jinsha a Banggong. **Kun Lun** má **laurasijské** faunistické afinity ale **Qiantang** a **Lhasa** pocházejí z **Gondwany** a driftovali přes Mesotethys, která byla ve střední křídě přinejmenším 6000 km široká. **Sutura Jinsha** mezi teránem Kun Lun a Qiantang vznikla v pozdním **triasu** až nejspodnější juře a **sutura Banggong** mezi teránem Qiantang a Lhasa ve svrchní **juře**.

Transhimalajský batolit můžeme nespojitě sledovat na **2500km** podél sutury **Indus-Zangbo**.





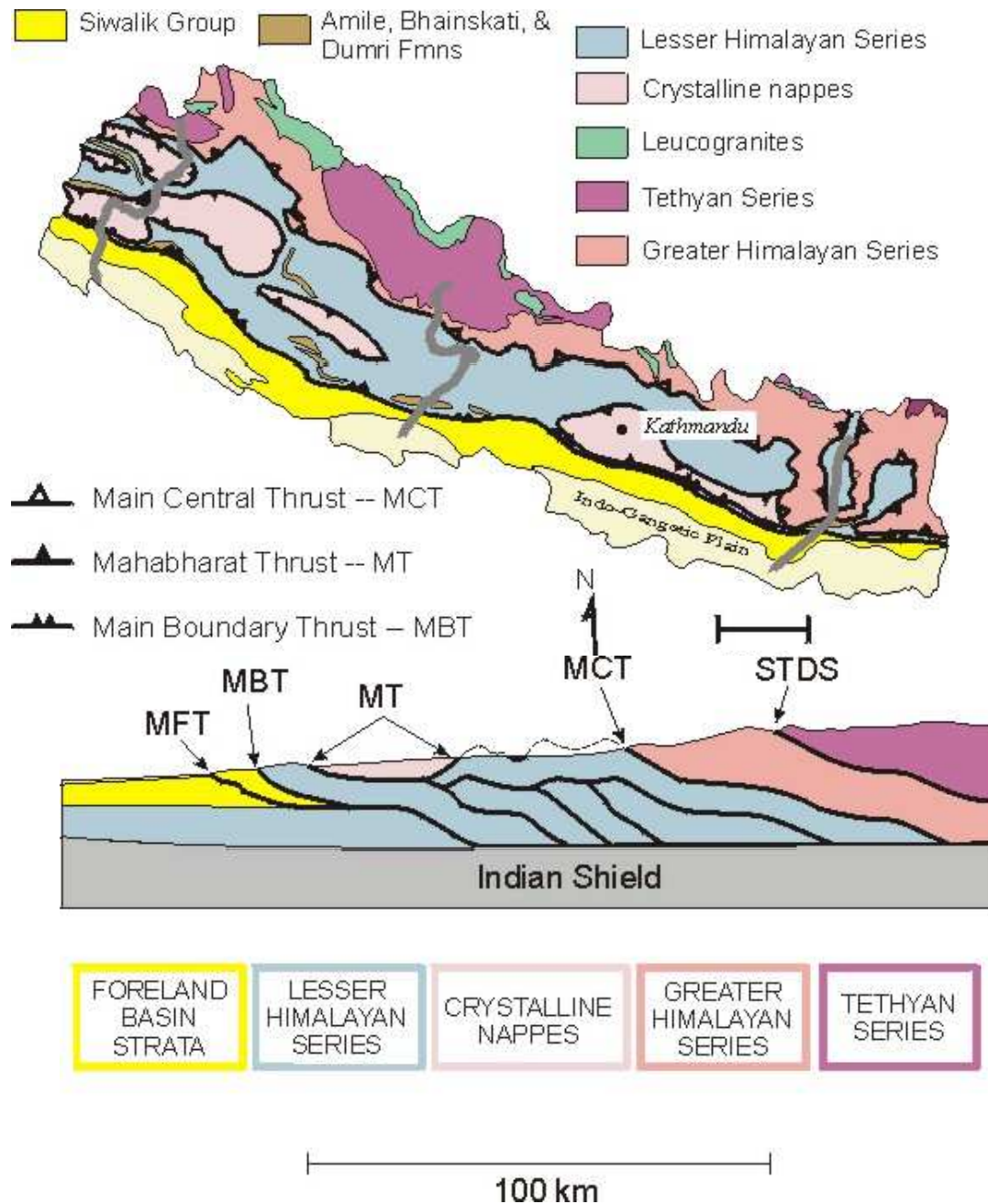
A cartoon showing multiple small, continental blocks and island arcs in Paleo-Tethys. Known terranes within Paleo-Tethys are the Songpan-Ganzi terrane (SG), North Qiangtang terrane (NQT), South Qiangtang terrane (SQT), North Lhasa terrane (NLS), South Lhasa terrane (SLS). Known island arcs within the Paleo-Tethys are the A'nyemaqen arc, the Jinshajiang-Yushu arc, the Central Qiangtang (CQT) arc, and the North Gangdese (NGDS) arc. QL + QDM + NKL + SKL = Qilian + Qaidam + North Kunlun + South Kunlun terrane; HP (CQT), Central Qiangtang high-pressure metamorphic belt; VHP (NGDS), North Gangdese very high-pressure metamorphic belt; HP (YLZB), Yarlung-Zangbo high-pressure metamorphic belt; a question mark means that the orientation of subduction during closure of the Bangong-Nujiang ocean is uncertain.



2) Vyšší Himaláj v Indii

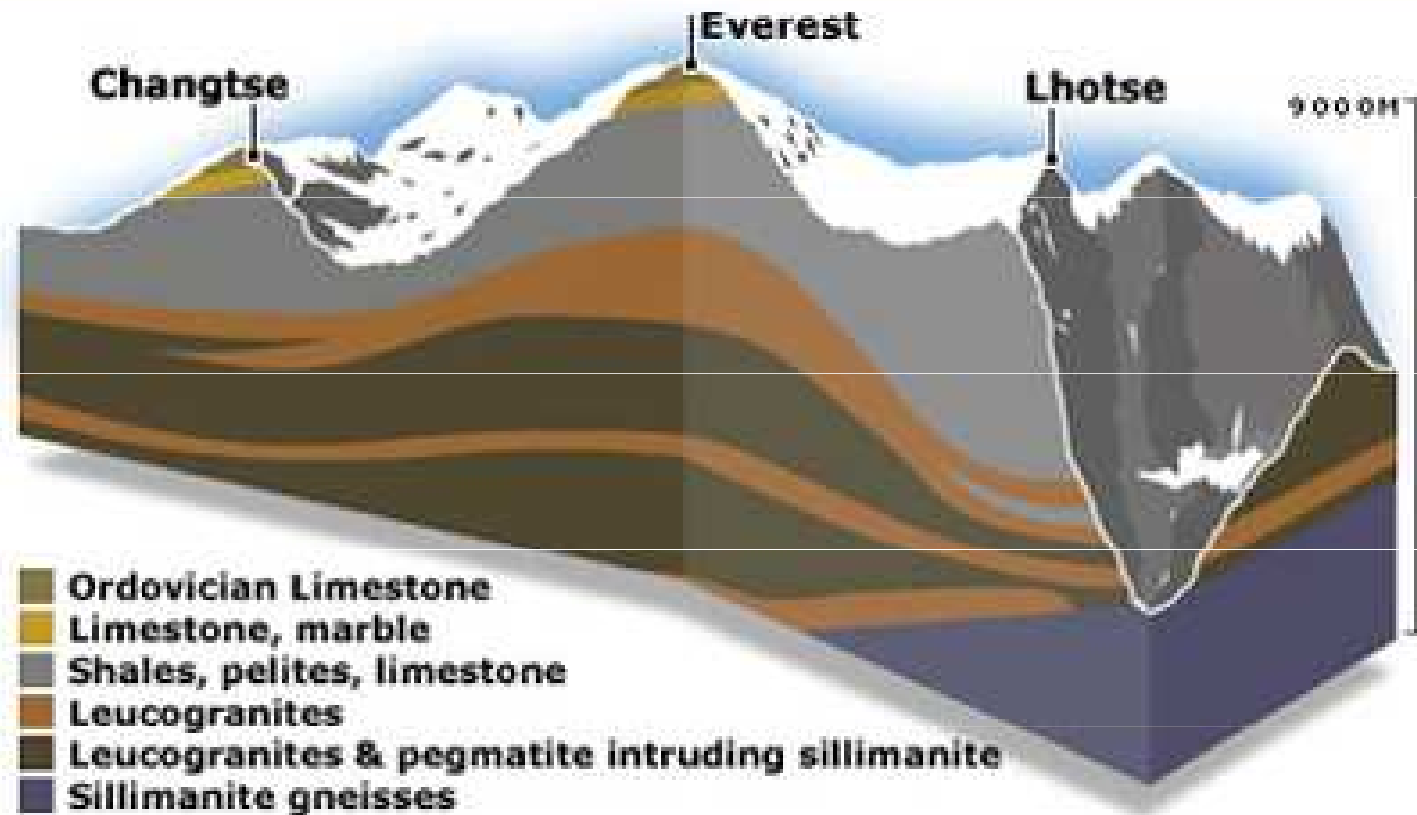
Většina hornin je tvořena metamorfity. Nejvyšší vrcholky mnoha štítů jsou ale tvořeny paleozoickými sedimenty. Vyšší Himalaj můžeme rozdělit do 3 dílčích jednotek.

- a) **Tethydní (Tibetská) zóna** na severu je tvořena paleozoickými a mesozoickými sedimenty. Jedná se o 12 km mocné nakupení fosiliferných mořských sedimentů od kambro-ordovického stáří až po střední eocen. Mesozoické sedimenty (např. mocné karbonáty) se uložily na severním pasivním kontinentálním šelfu indické desky. Sedimenty byly **metamorfovány** do facie **zelených břidlic** a deformovány v násunových příkrovech.
- b) **Ofiolity** odvozené z **Neotethys** a **nasunuté na jih** na indický kontinentální okraj. Byly nasunuty ze sutury Indus -Zangbo směrem k jihu od 40 do 80 km **na tethydní sedimenty**. Typické jsou násuny na mělkovodní **karbonáty**.
- c) Deska vysoce metamorfovaných hornin **centrálního krystalinika** nebo tibetská deska, **intrudovaná** miocenními **leukogranity**. **Ruly amfibolické facie** tvoří tvoří 15 km mocný pruh podél celé délky indických Himalájí na jih od jihotibetského odlepení. Jsou výrazně **provrásněny**, často se vyskytuje inverzní metamorfóza. Na jihu jsou omezeny **Hlavním centrálním násunem**. Granity náleží syntektonickému magmatismu.





The Geology Of Everest



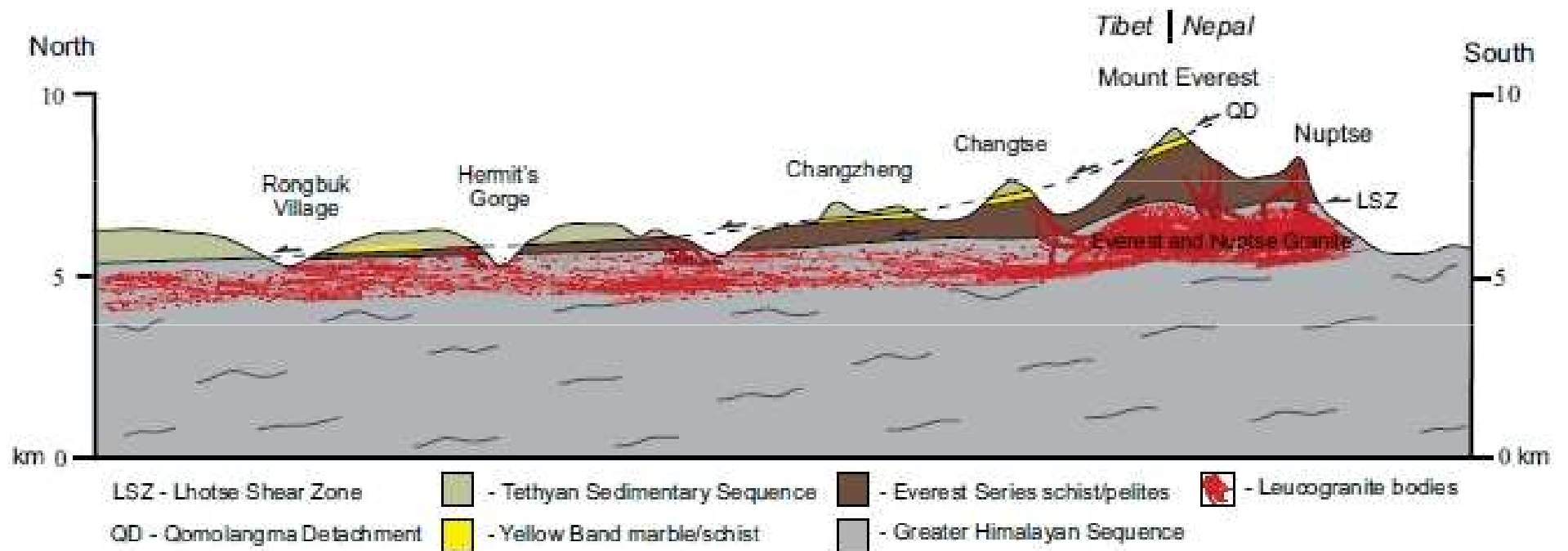


Figure 3. Generalized cross section through the Everest massif and the Rongbuk Valley to the north, modified from Searle et al. (2003), Searle, (2003), and Jessup et al. (2008).



3) Nižší Himaláj

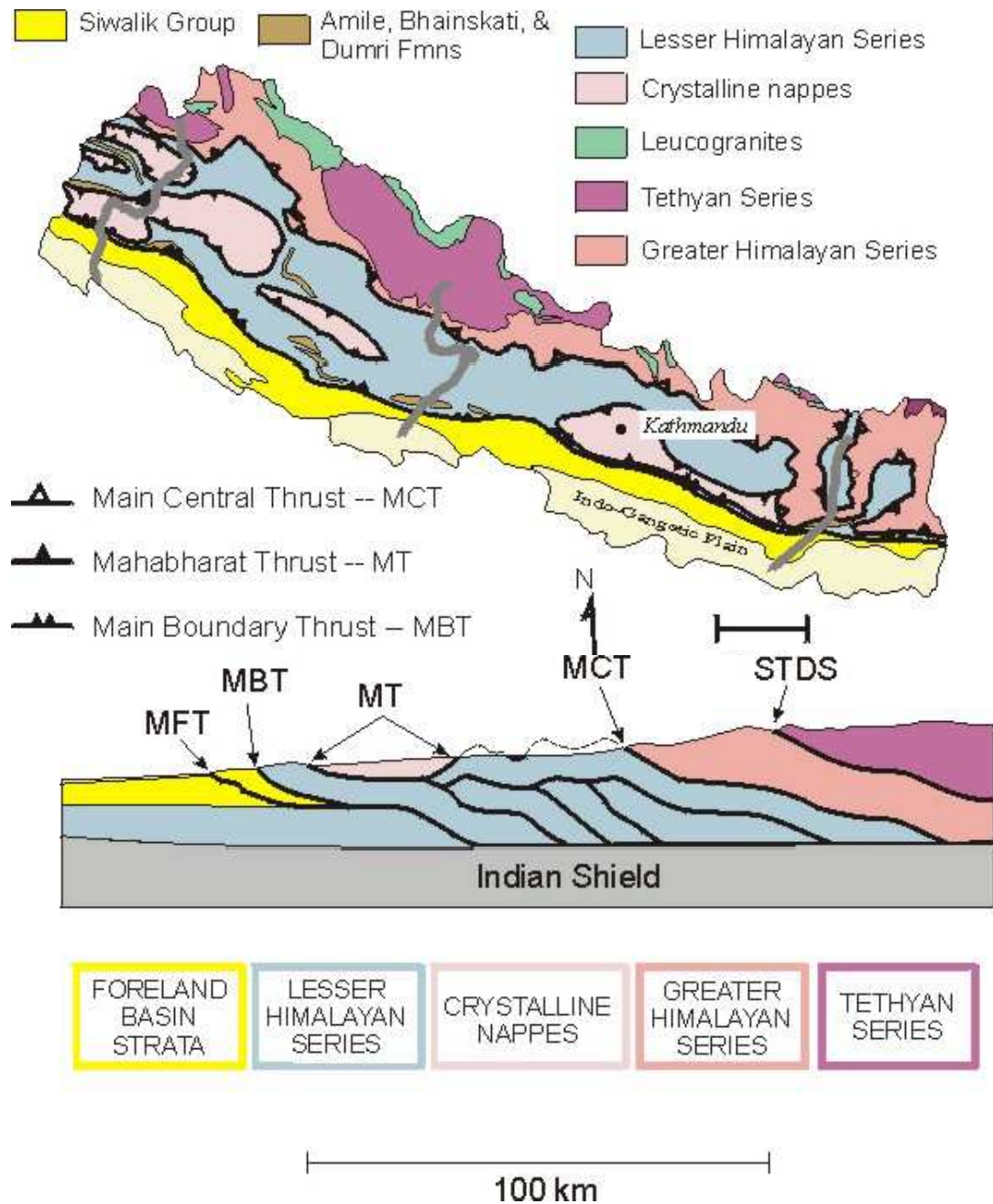
Jedná se o zónu mezi **Hlavním centrálním násunem** a **Hlavním hraničním násunem** tvořenou 20 km mocnými **proterozoickými rulami a metasedimenty**, **paleozoickými a mesozoickými metasedimenty indické desky** a ordovickými **granity**.

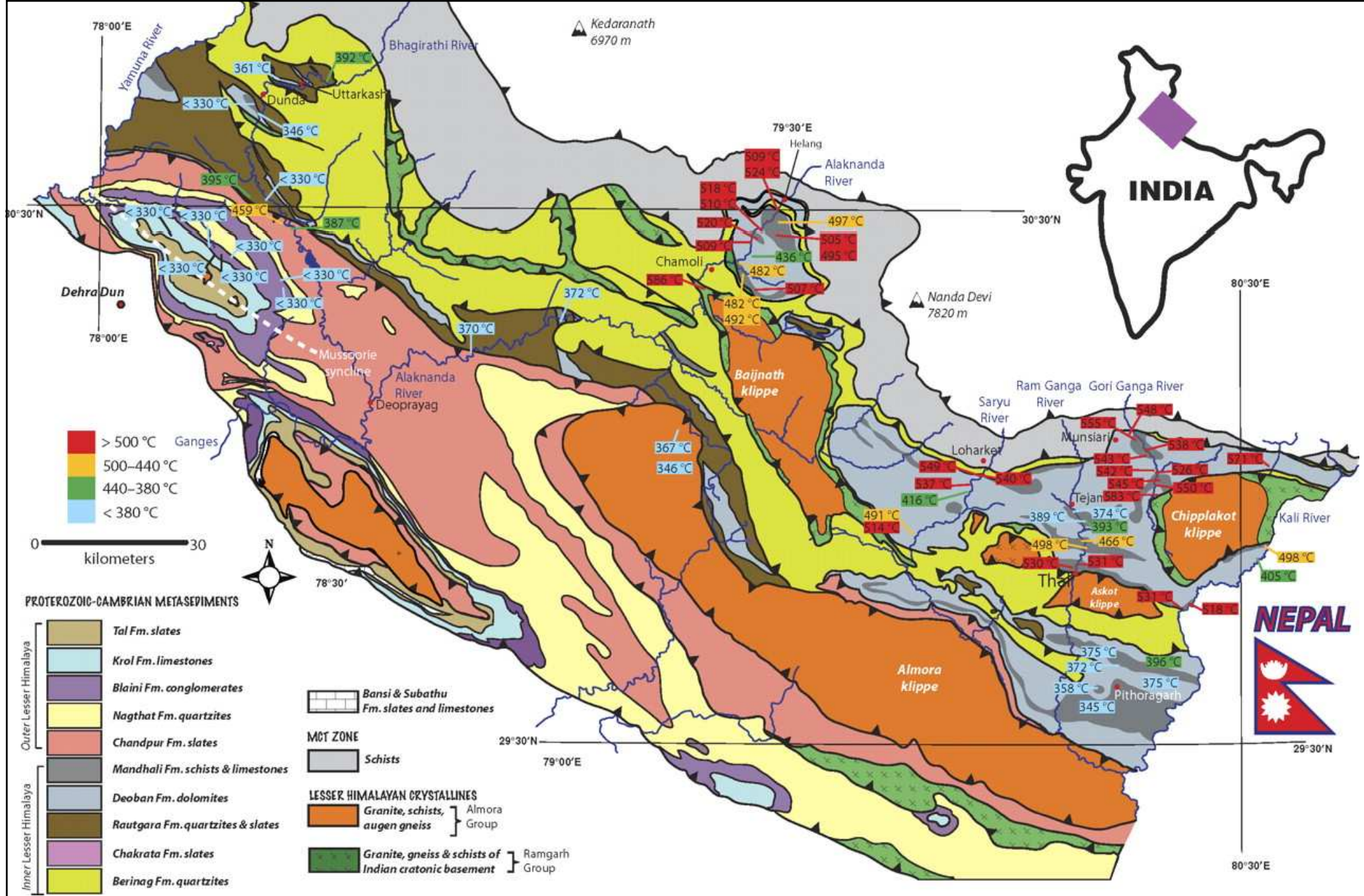
Krystalinické rulové komplexy Vyššího Himalaje byly **nasunuty** podél Hlavního centrálního násunu od severu z **Vyšší Himalaje** na jih na sedimenty.

Podél kontaktu mezi Vyšším a Nižším Himalájem ve východním Bhutanu je více než 100m mocný kužel téměř nemetamorfovaných karbonátů.

Na sever od Hlavního hraničního násunu jsou situovány **2 intramontanní molasové pánve**, Kašmírá a Pešavarská pánev. Sedimentace v Pešavarské pánvi začala přinejmenším před 2,08 Ma a deformace pánve pokračuje dodnes. Kašmírá pánev typu piggy-back vznikla před 4-5 Ma, což je období vzniku Hlavního hraničního násunu a obsahuje více než 1km sedimentů.



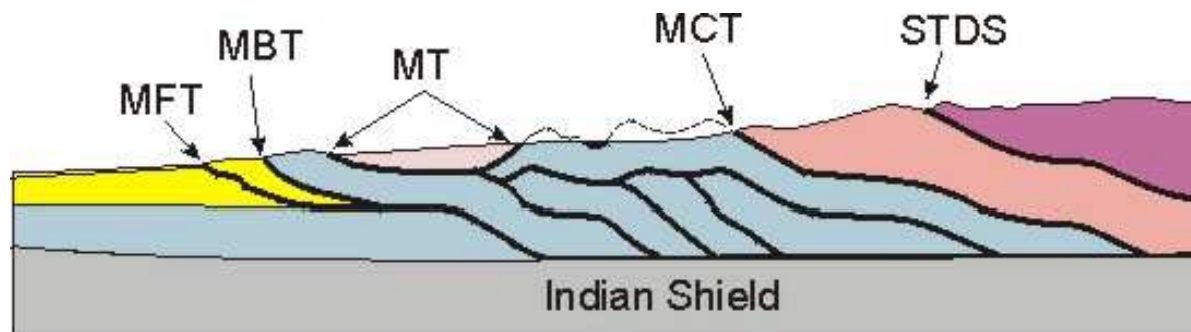




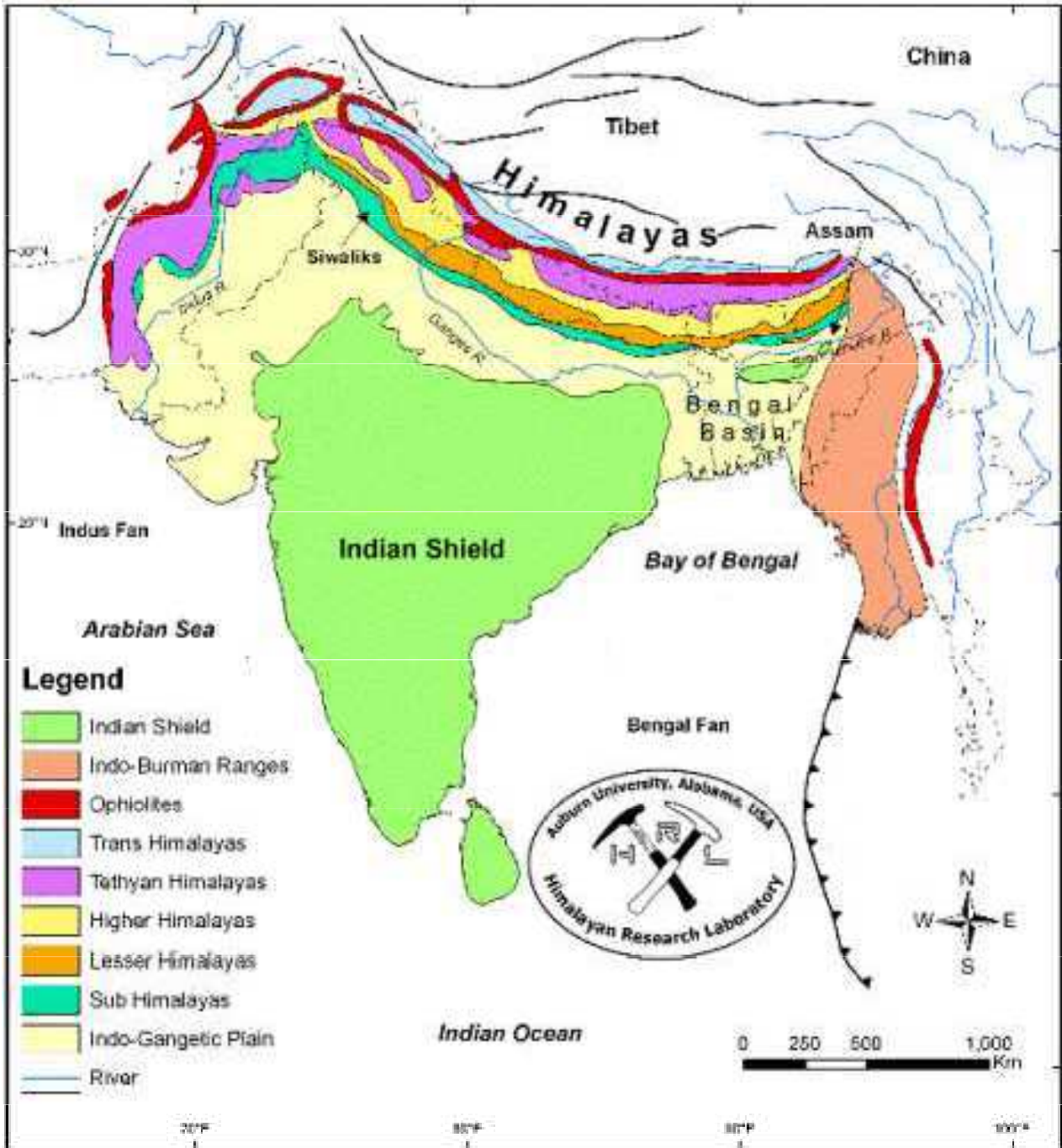
4) Siwalik Foreland Basin (terciér)

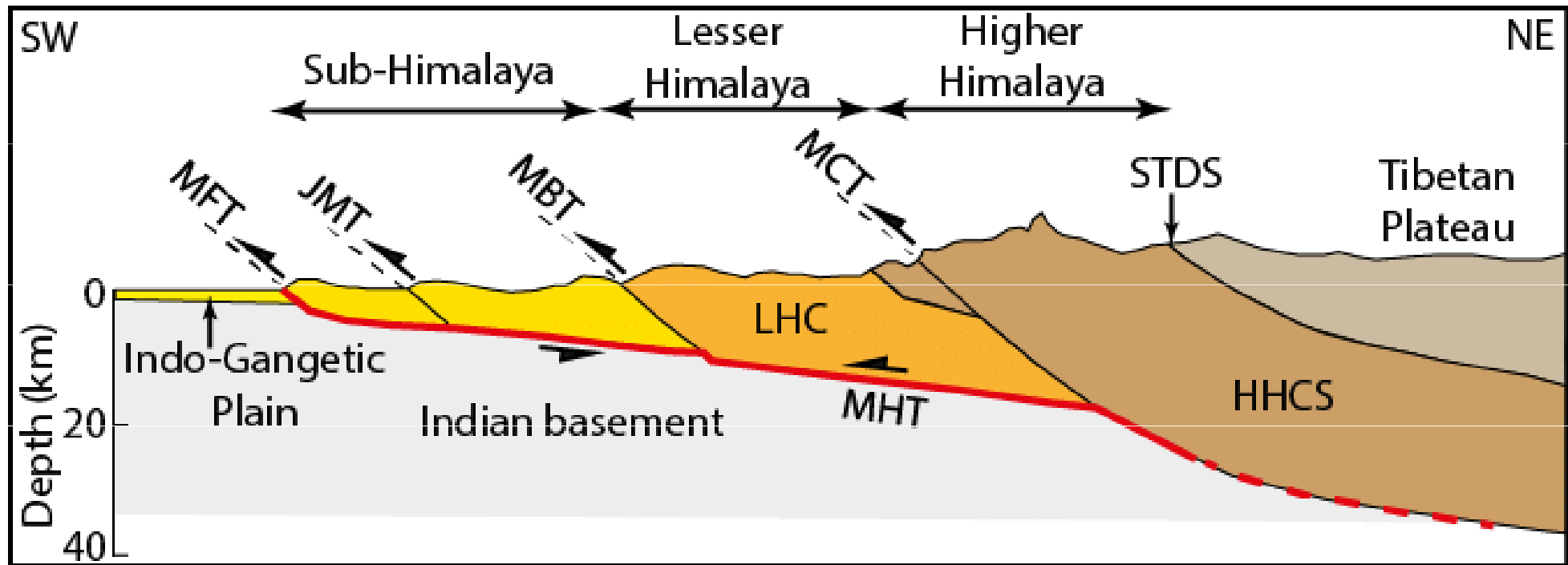
Vyskytuje se na jih od Hlavního hraničního násunu a jeho sedimentární výplň je tvořena **miocenními až recentními** nemetamorfovanými arkosami, prachovci, břidlicemi a slepenci. Vznikl flexurou indické litosféry pod nákladem k jihu se sunoucích příkrovů (Předlubeň Himalají) a obsahuje více než 10km terestrických sedimentů indikujících rychlou erozi. Je postižen **násunovou** tektonikou až po hlavní frontální násun a tato část bývá označována jako **Subhimalaje**. Od indo-ganžské nížiny odděleny **hlavním frontálním násunem**

5) Recentní molasové pánve v předpolí (Indo-ganžská nížina)



100 km





Hlavní tektonické jednotky (od severu k jihu) v Pakistanu

Karakoram

Ostrovní oblouk Kohistan-Ladakh

Vyšší Himalaj,

Nižší Himaláj,

Subhimalaj



1) Karakoram

představoval okraj asijské desky v Pakistanu. Karakoram tvoří západní úzký konec tibetského plató.

Geofyzikální údaje ukazují, že asijská litosféra zde subduovala k jihu do hloubky přinejmenším 200km a naráží na mělkou k severu se podsunující indickou litosféru.

2) Severní sutura (Chalt Shyok Suture. Hlavní karakoramský násun)

Tato sutura je situována mezi **ostrovním obloukem Kohistan-Ladakh a karakoramskou (asijskou)** deskou na severu. Vznikla uzavřením zaobloukové pánve, které je dnes potvrzováno nálezy mocných **intravulkanických turbiditů**.

V **Pakistanu** sutura obsahuje **4km širokou melanž**, ve které grafitická jílovitá matrix zahrnuje bloky **obloukových** hornin a albsko-aptských **vápenců** odvozených z jihu.

V **Ladakh** sutura obsahuje **ofiolity** vázané na násunovou linii. Ke **vzniku** sutury došlo mezi 100 až 80 Ma jako důsledek **severní subdukce a kolize** ostrovního oblouku Kohistan-Ladakh s karakoramskou deskou



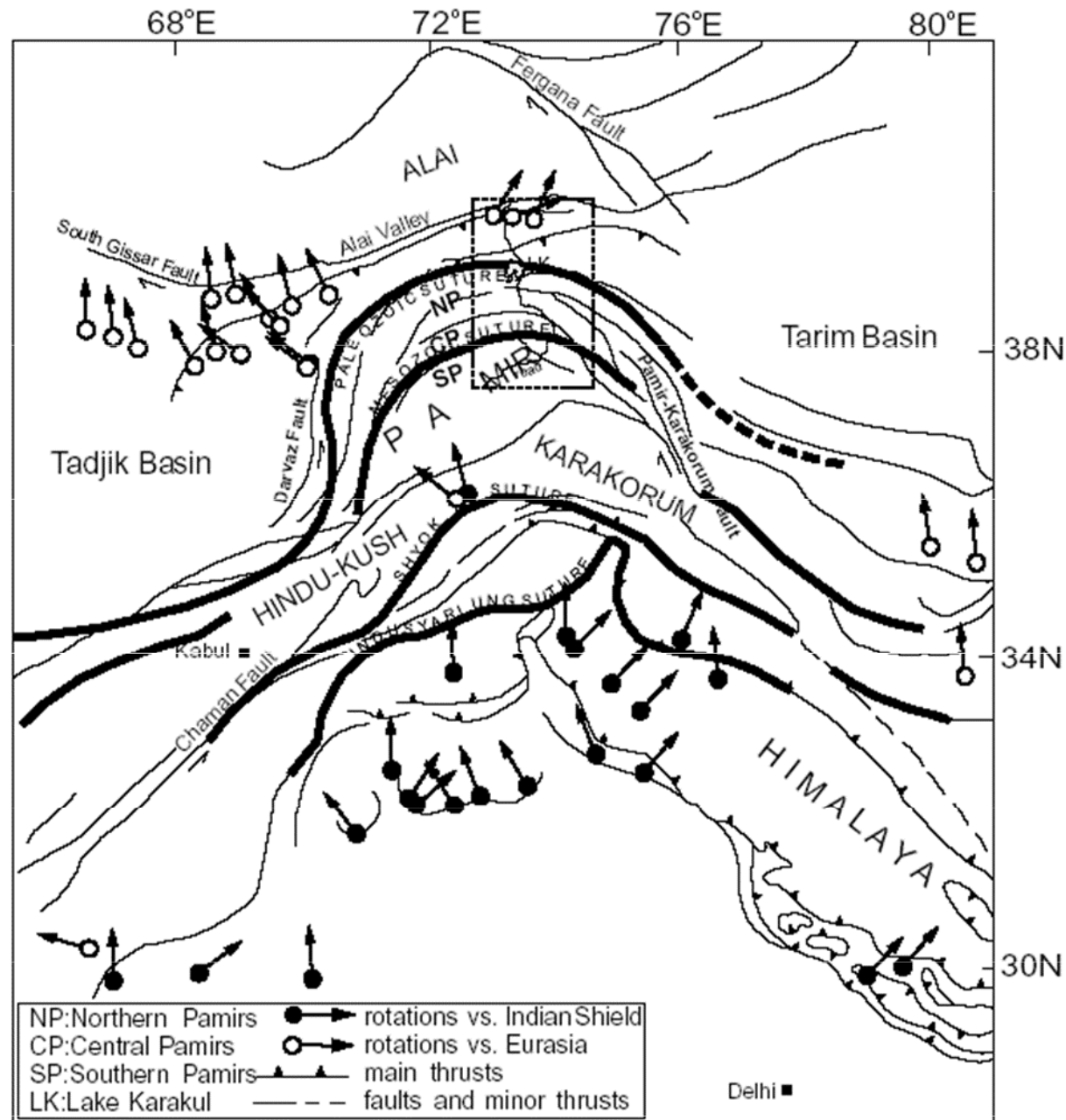
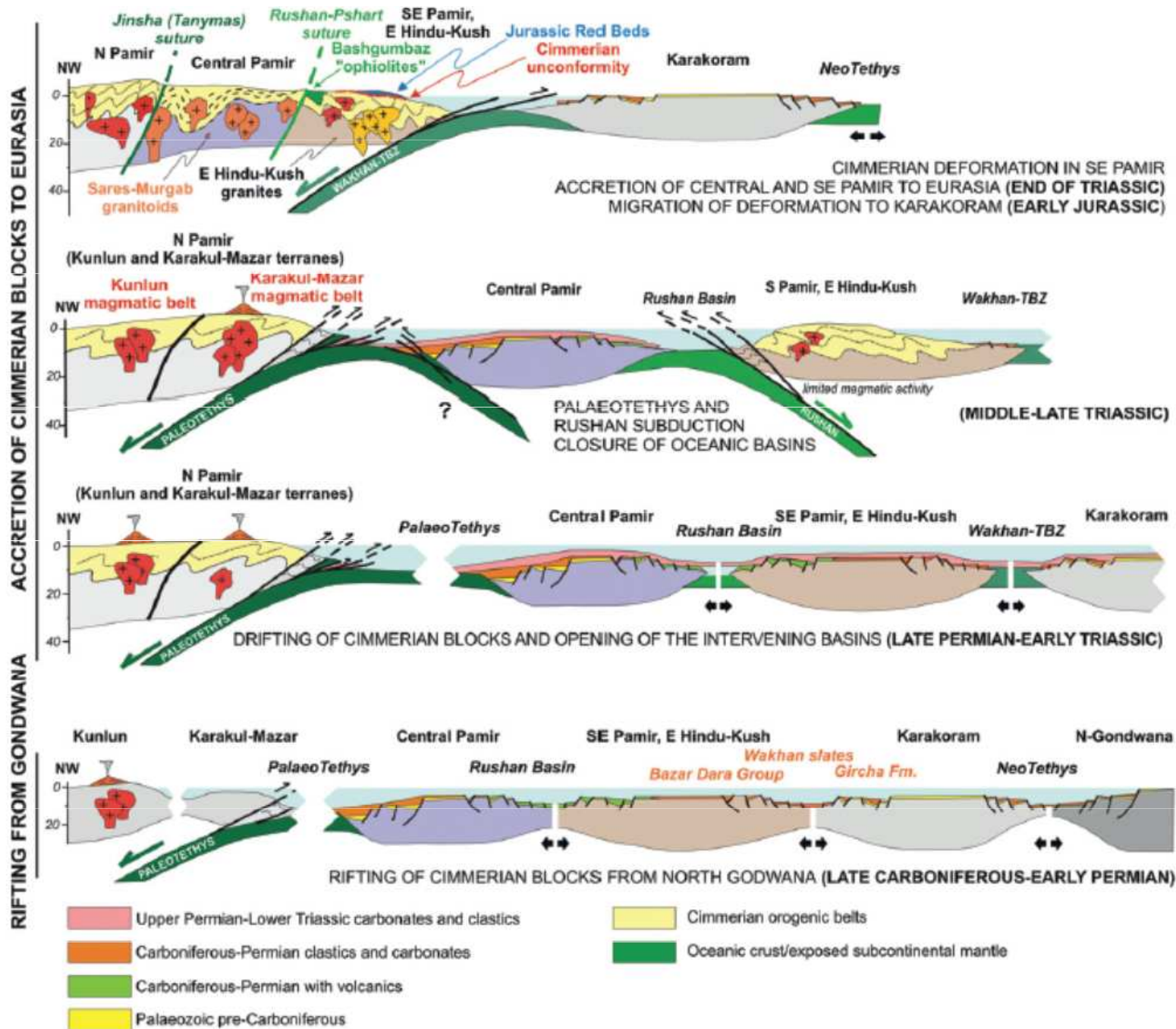


Fig. 1. Regional tectonic map of south-central Asia, showing sutures and major faults. The area of investigation is marked by the dashed rectangle in the north-western part of the India–Asia collision zone (NP, CP, SP denote the northern, central, southern Pamirs). Palaeomagnetic rotations in and around the western syntaxis are marked by arrows (modified from Klootwijk et al., 1986, 1991, 1994; Burtman and Molnar, 1993; Thomas et al., 1994 and Patzelt et al., 1996).



3) Transhimalajský batolit a ostrovní oblouk Kohistan-Ladakh

Transhimalajský batolit můžeme nespojitě sledovat na **2500km podél sutury Indus-Zangbo**. Na západě batolit pronikl do hornin ostrovního oblouku Kohistan-Ladakh zatímco na východě do hornin andského typu kontinentálního okraje. Je to způsobeno tím, že **terán Kohistan-Ladakh je znám pouze na západě a severní sutura na východě konverguje k sutuře Indus-Zangbo**.

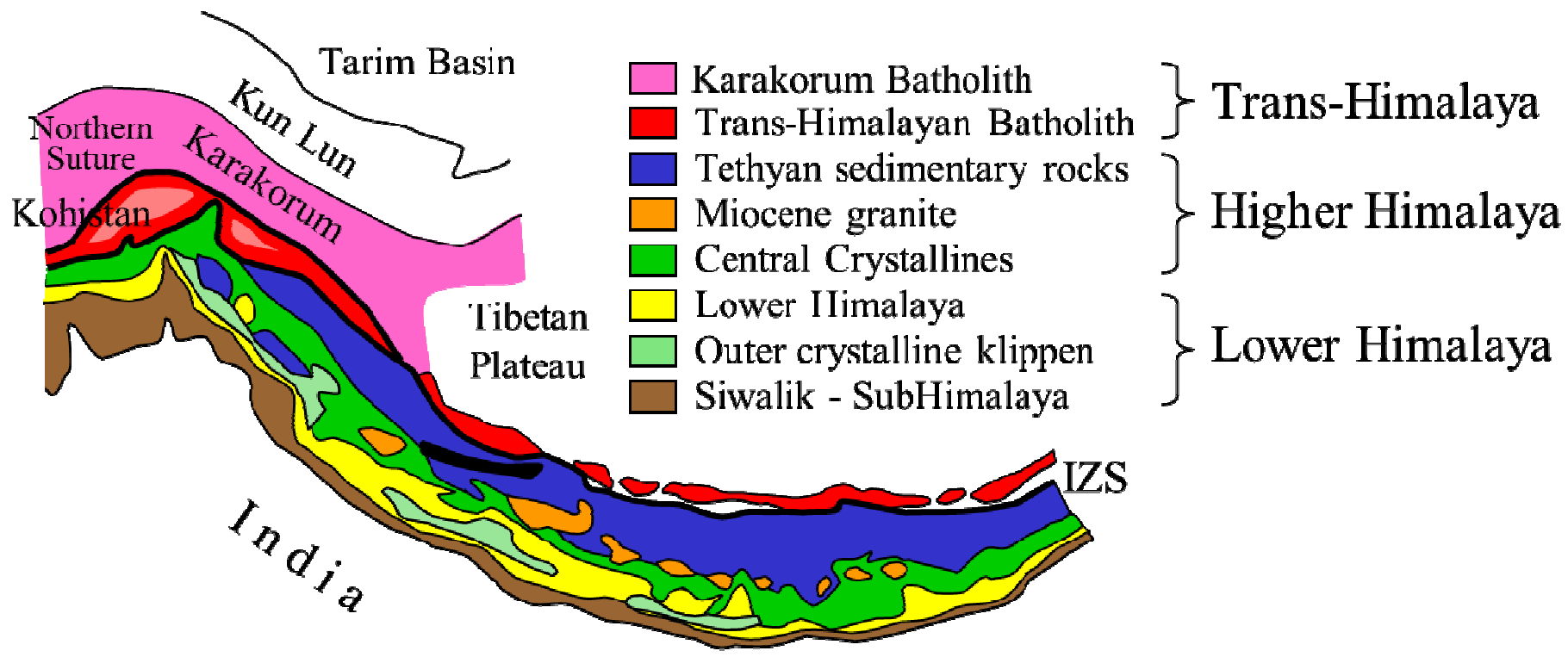
Batolit pronikl ve dvou fázích, nejprve během střední křídly a potom během **paleocenu** až spodního eocenu, velmi **blízko období kolize**. Jeho horniny byly důsledkem severní subdukce Neotethydy pod aktivní kontinentální okraj Tibetu. Tento magmatismus andského typu vedl k **zvětšení tloušťky lhaského bloku** při jižním okraji Tibetu.

Pokud se týče **ostrovního oblouku Kohistan-Ladakh**. Tak vznikal pravděpodobně při severním okraji Neotethydy a během kolize byl zachycen mezi eurasijskou a indickou deskou. Byl tak **deformován dvakrát**, poprvé když **kolidoval s asijskou** karakoramskou deskou a **podruhé** když s ním na jihu kolidovala **deska indická**.

Ve vývoji ostrovního oblouku Kohistan-Ladakh můžeme vyčlenit 3 období:

- 1) **Vznik zralého ostrovního oblouku** ve střední křídě. Po kolizi mezi 102-85Ma se oblouk stal výběžkem kontinentálního aktivního okraje pod který k severu subdukovala Neotethys.
- 2) **Intruze batolitu** andského typu ve dvou periodách - 78-75Ma a 48-45 Ma.
- 3) Průběžné **podsování Indie** pod zluštělou kůru Kohistanu vedoucí ke krustálnímu natavování a intruzi granitů před 30Ma.

Takže můžeme v průběhu akrece ostrovního oblouku ke kontinentu rozlišit **3 rozdílné typy granitického magmatismu**



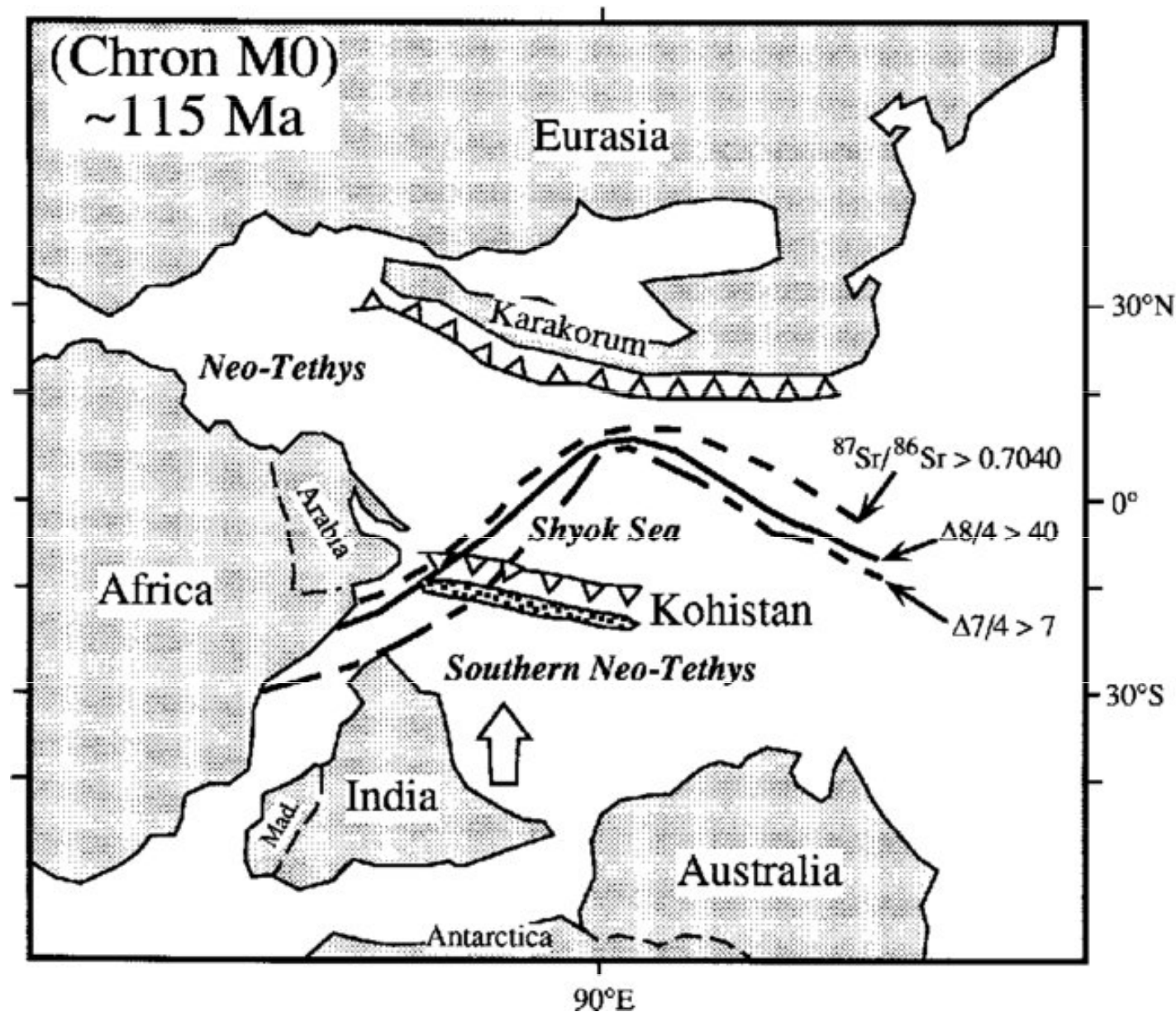
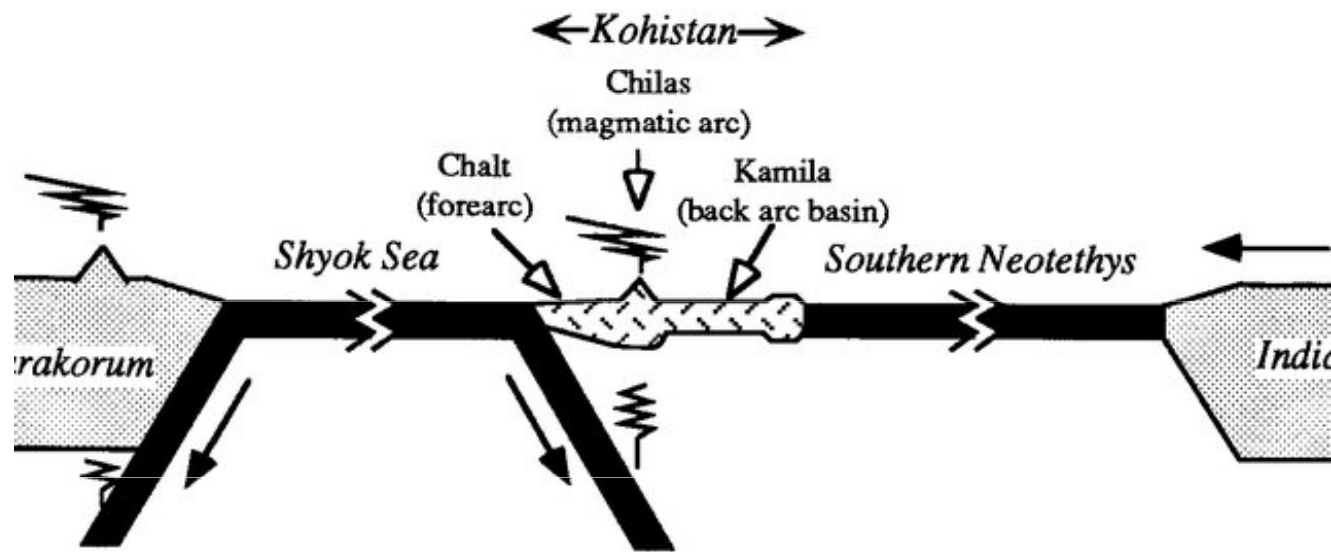
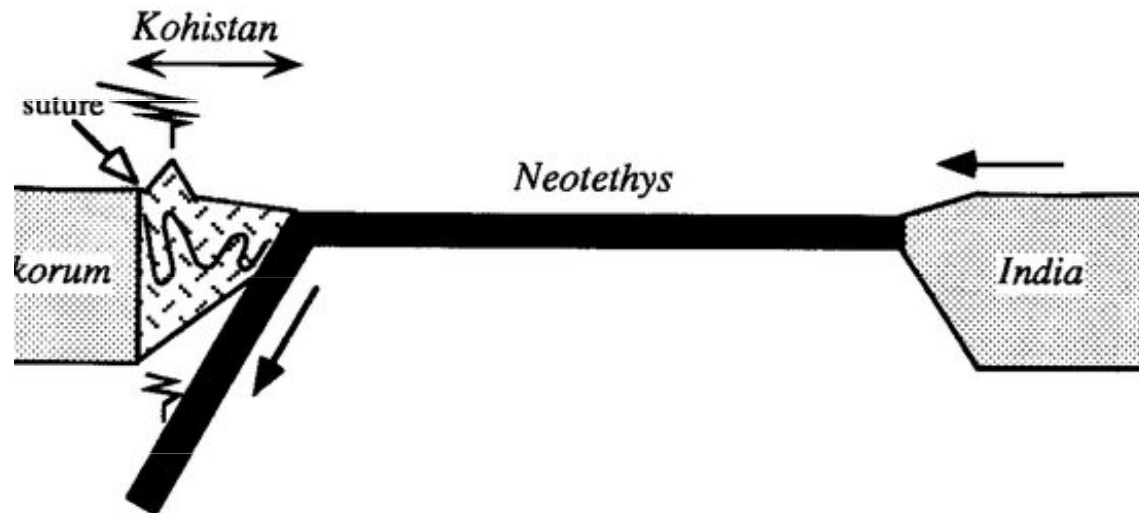


Fig. 8. Suggested palaeogeographic setting of the Kohistan arc during Aptian-Albian times. Positions of continents is generalized after Scotese et al. (1988, fig. 10), although the precise palaeolatitude of Asia is controversial. Present northern limits of DUPAL anomaly (located by $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} > 0.7040$, $7/4 > 7$ and $8/4 > 40$) are from Hart (1984). Position of trenches and convergent plate margins are shown, with 'teeth' on the overriding plate. Note that during this time, Kohistan and India move northwards on the same plate. Compare this figure with Fig. 6a.



Kohistan - Intra-oceanic Phase - ca. 100 Ma



Kohistan - Andean Margin Phase - ca. 70 Ma

Fig. 6. Tectonic model for evolution of the Kohistan arc. (a) Intraoceanic phase. India drifts northwards (left) due to closing of an ocean basin between Karakorum and Kohistan. Kohistan is on the same plate as India. Note positions of Chalt Volcanics, Chilas Complex and Kamila Amphibolites. (b) Andean phase. Kohistan has collided with Karakorum and a new, northward-dipping subduction zone has formed on the south side of accreted Kohistan. India continues to move north.

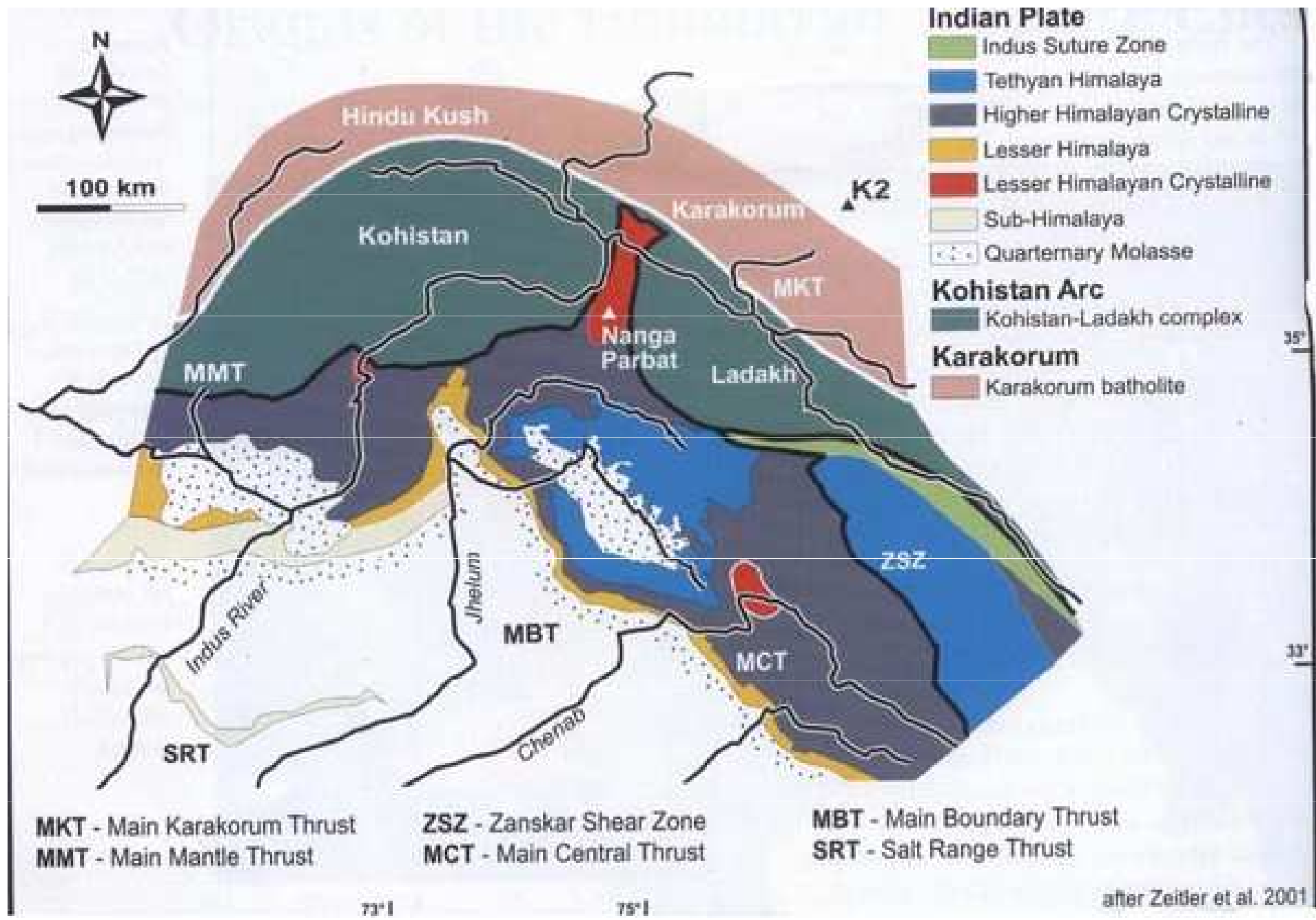
a. Shyok subduction initiation (115-134 Ma)

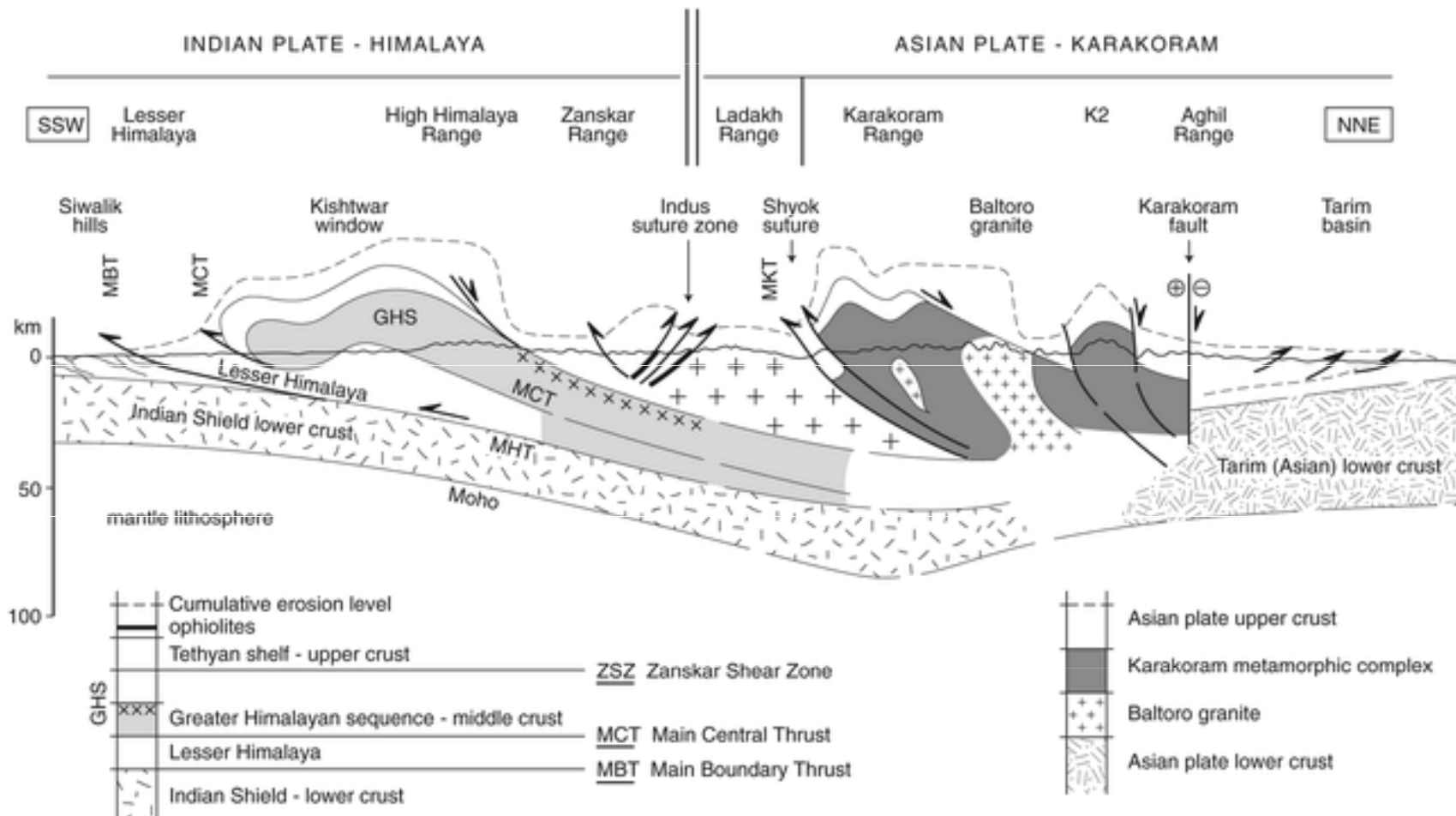


b. Shyok sutures (> 74 Ma)



SOC: Shyok ophiolitic complex





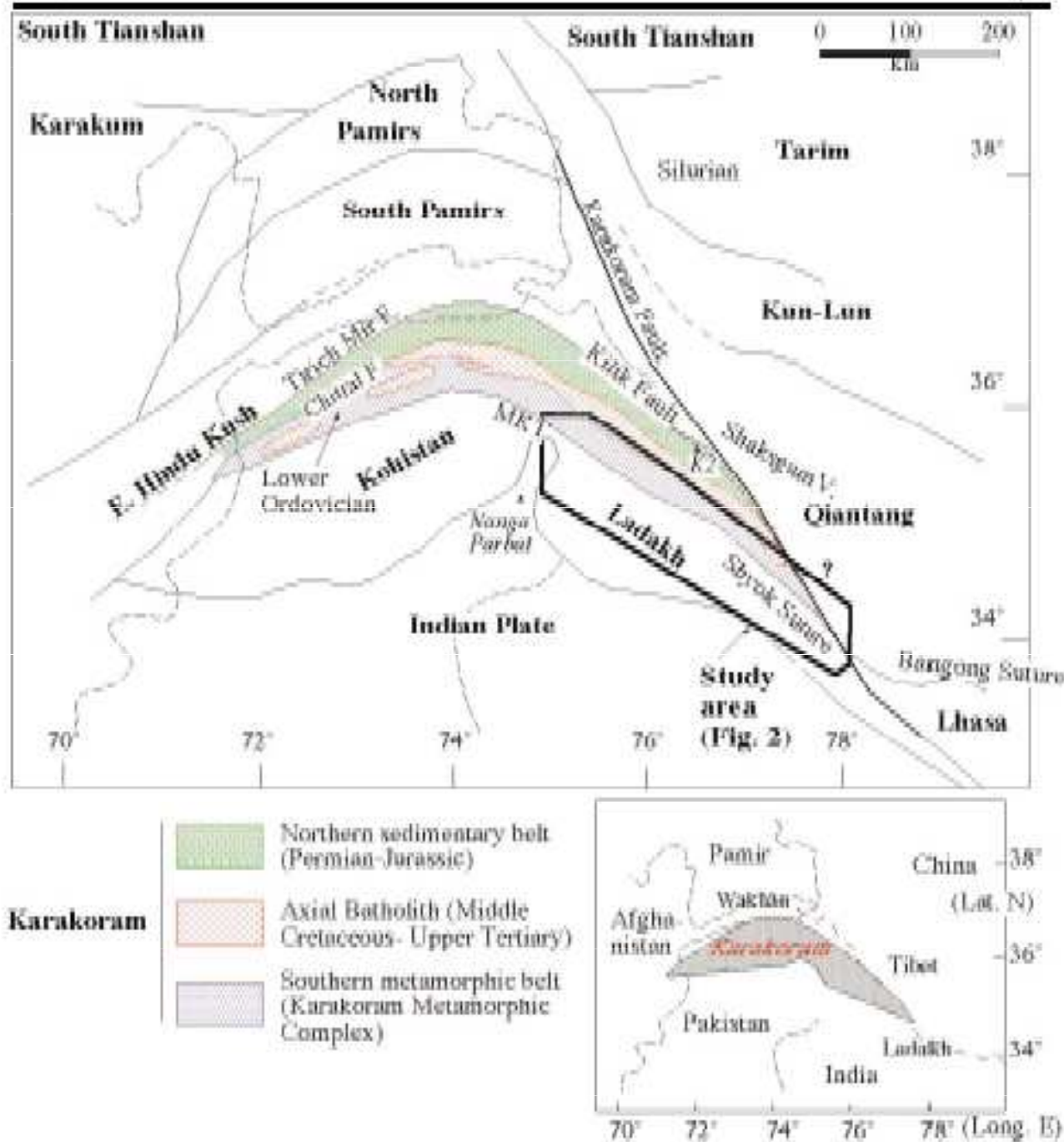


Figure 1. Schematic map of the Pamir-Karakoram-NW Himalaya syntaxis, with location of principal tectonic blocks and sutures. The main geological units of the Karakoram are shown. The location of the study area is indicated. MKT: Main Karakoram Thrust.

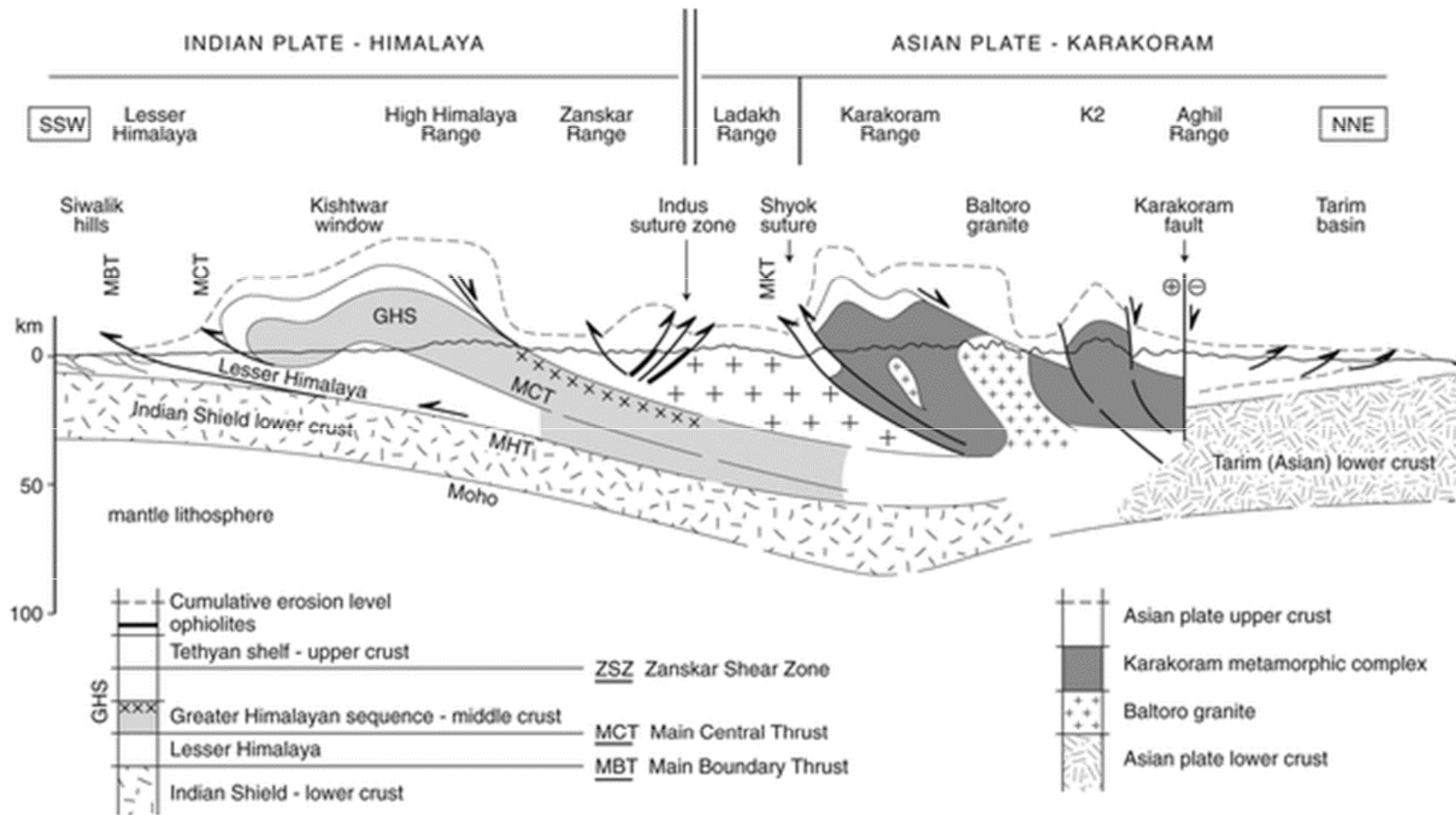


4) Sutura Zangbo-Indus

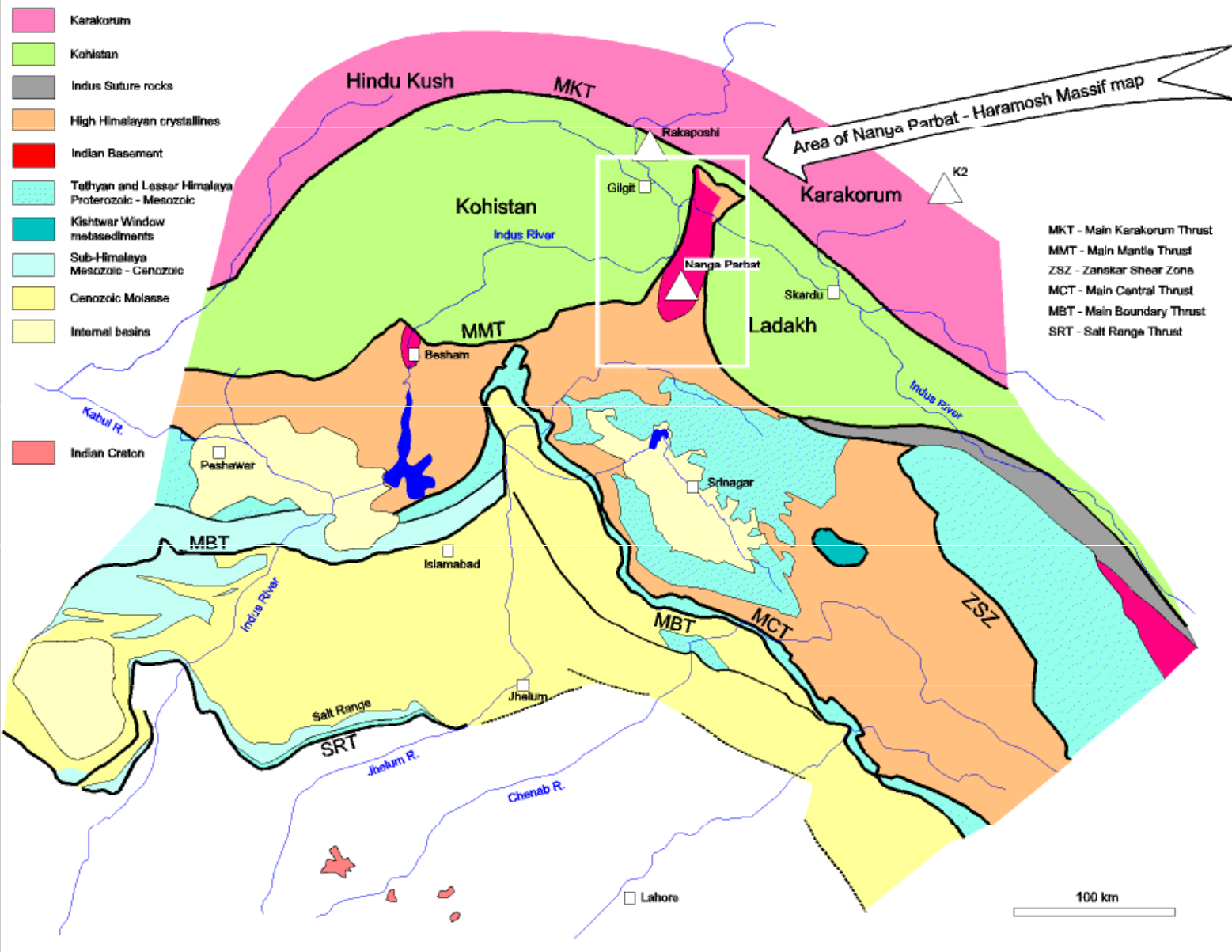
odděluje **oblouk Kohistan-Ladakh** od indické desky (na východě **lhaský blok Tibetu** od indické desky). Zde je nazývána také sutura **Yarlung-Zangbo**. V Pakistanu tato sutura koinciduje s **Hlavním násunem pláště (MMT)**, podél které došlo k **obdukci** hornin oblouku **Kohistan-Ladakh** na indickou desku. Na základě paleomagnetických údajů se předpokládá **progresivní uzavírání sutury na východ, v SZ Himalájích v paleocenu a na východě v eocenu**. Jinými slovy nejdelší období indentace bylo v Pakistanu na západní syntaxis, což je v souladu se skutečností, že deformace zde byla intenzivnější a komplikovanější než více na východě.

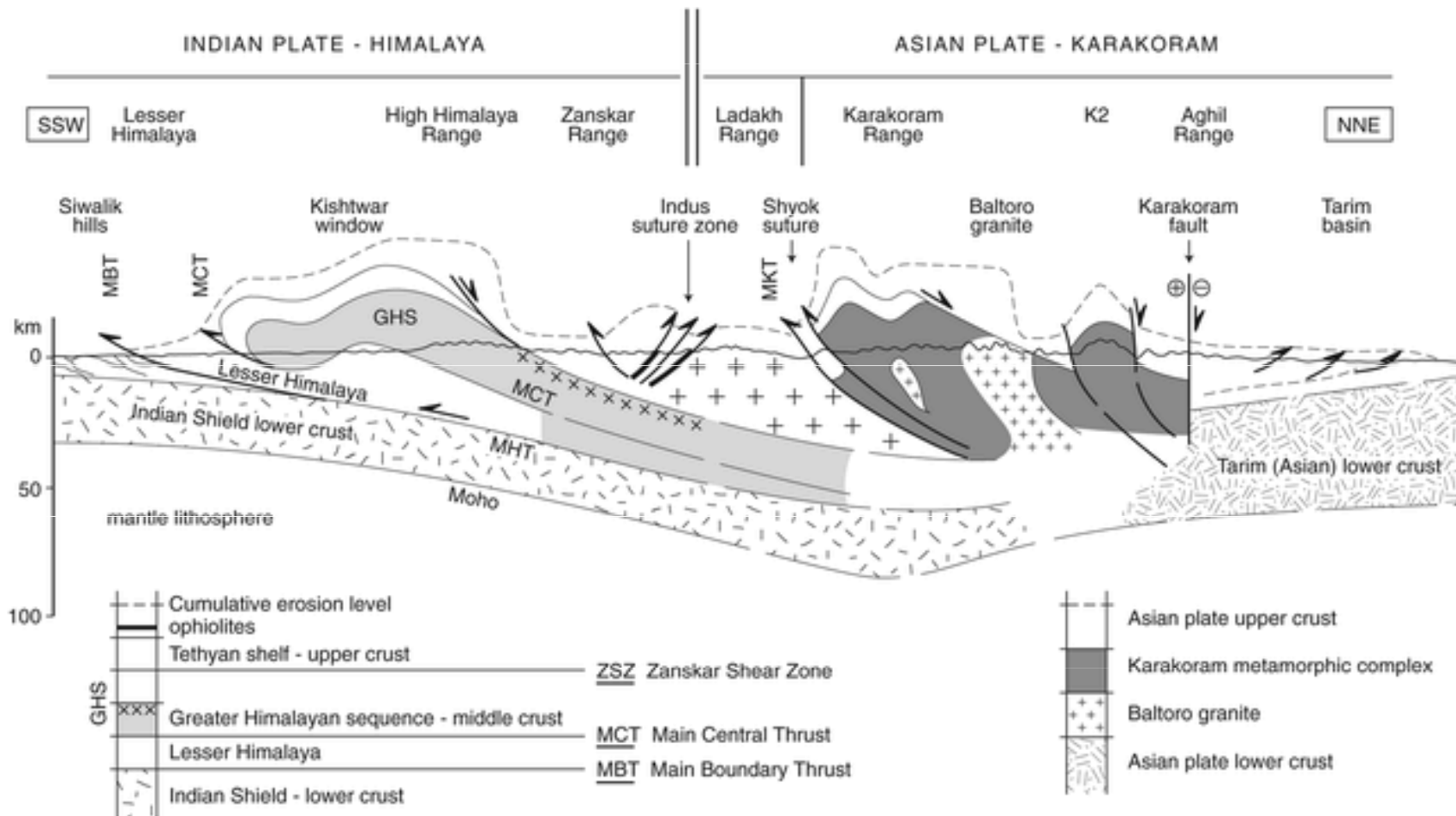
V rámci sutury se setkáváme s následujícími horninami:

- a) **Ofiolity**, které se objevují v Nagaland v SV Indii a hlavně v centrálním Tibetu v nespojitém pásu 2500km dlouhém, místy s kompletní ofiolitovou sukcesí.se sedimenty svrchního albu až cenomanu.
- b) **Glaukofanické břidlice** c) **Ofiolitické melanže** a olistolity. Objevují se v SZ Indii v Ladakh. Olistolity tvoří bloky šelfových, předútesových a svahových sedimentů v turbiditech abysálu.
- c) **Středotlaké granulity**. Byly metamorfovány více než při 8kbar v subdukční zóně pod obloukem.



Regional geological setting of Nanga Parbat - Haramosh Massif



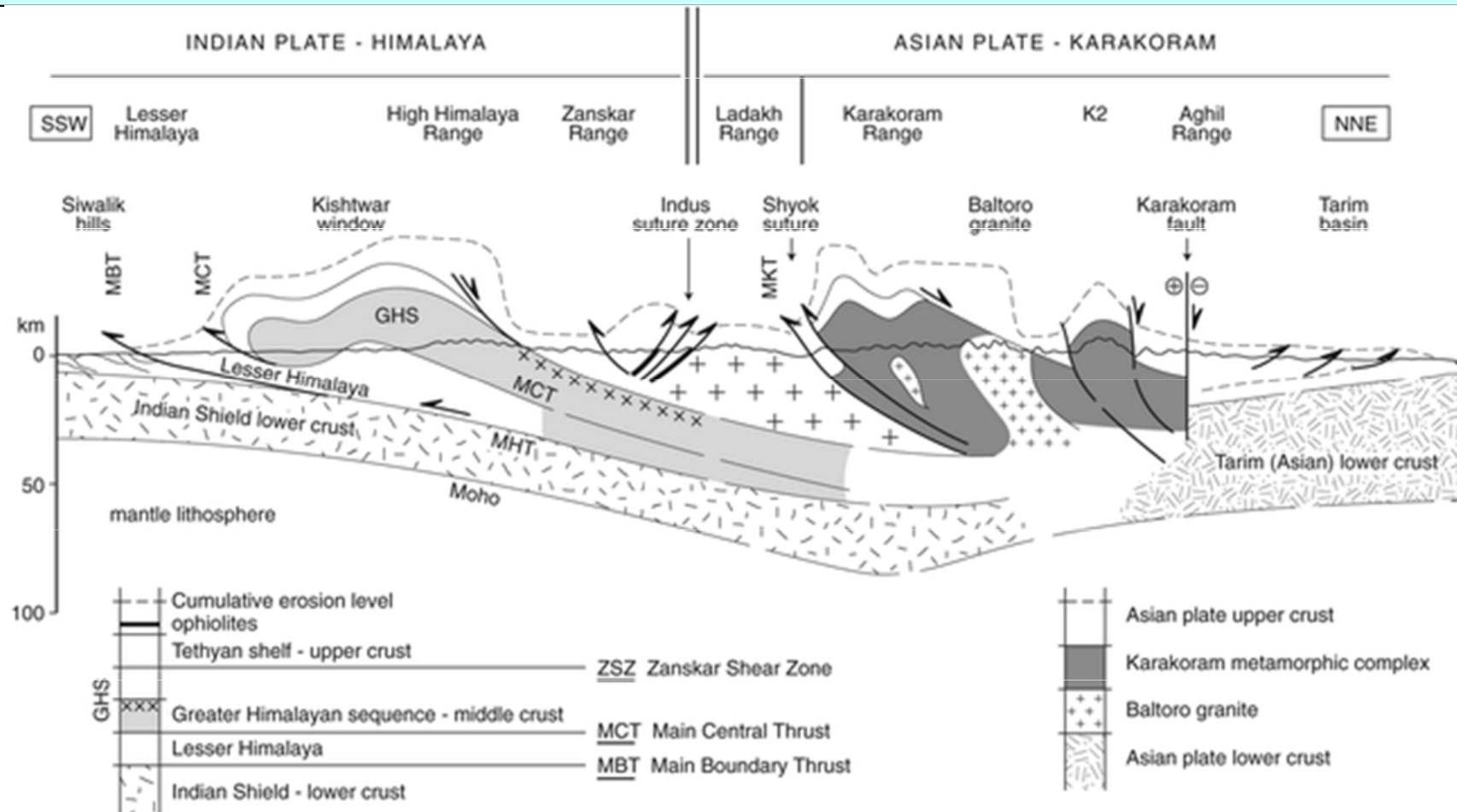


4) Okraj indické desky v Pakistanu

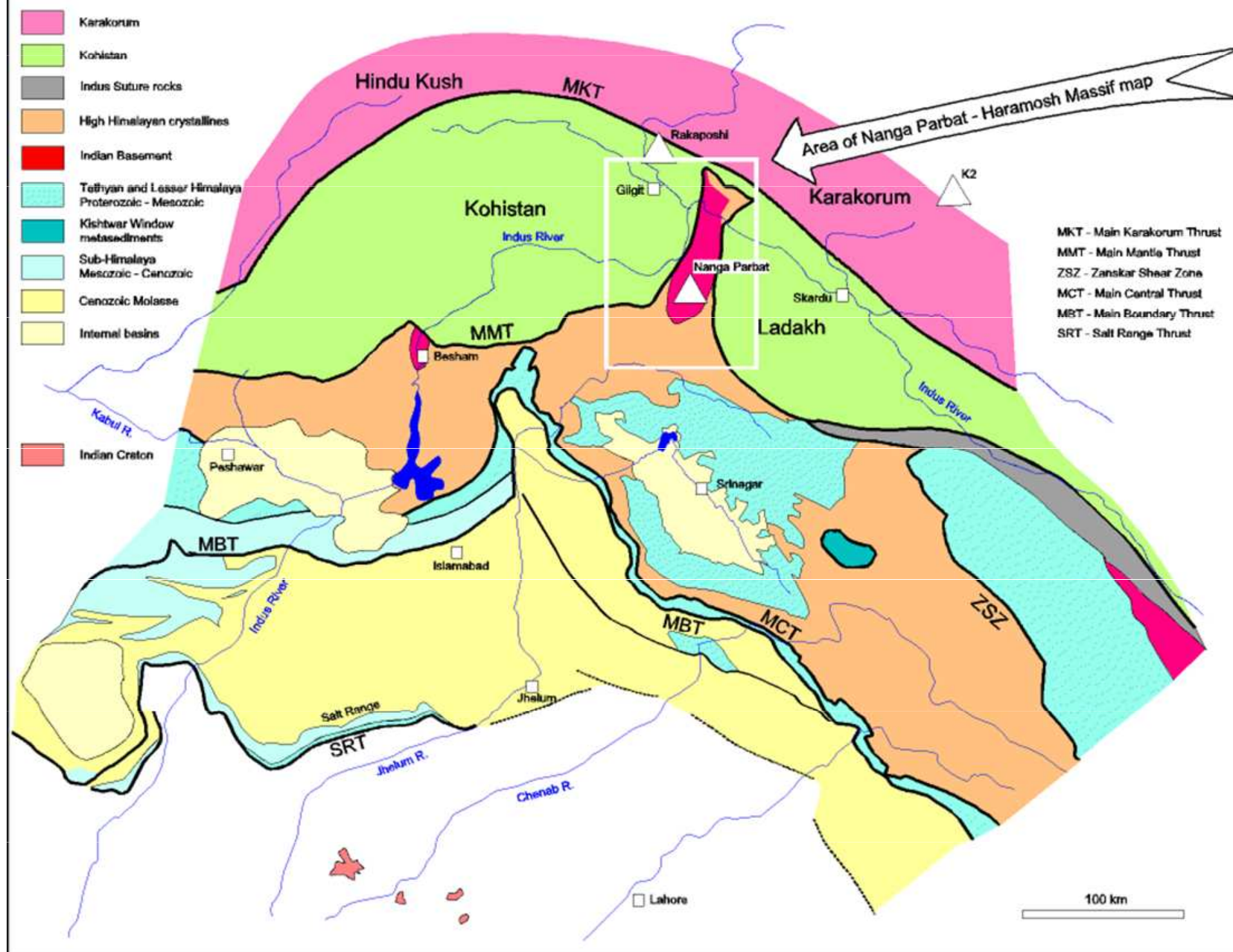
Jednotky obdobné jako v Indii. Neznámější oblastí je **masiv Nanga-Parbat**, kde v tektonickém okně vystupují jednotky indické desky zpod příkrovů zóny **Kohistan-Ladakh**.

Obdobné jednotky jako v Indii Vyšší Himalaj, Nižší Himaláj, Subhimalaje.

Nejmladší projevy násunů můžeme vidět na místech, kde amfibolitové facie rul **Nanga Parbat** je nasouvána na **štěrk** řeky **Indus**. Ukazuje to, že himalajská orogeneze, která začala před 50 Ma **probíhá dodnes**. Nanga Parbat, s kulminujícími hodnotami až 7mm za rok, vykazuje nejvyšší denudační rychlosti na světě.

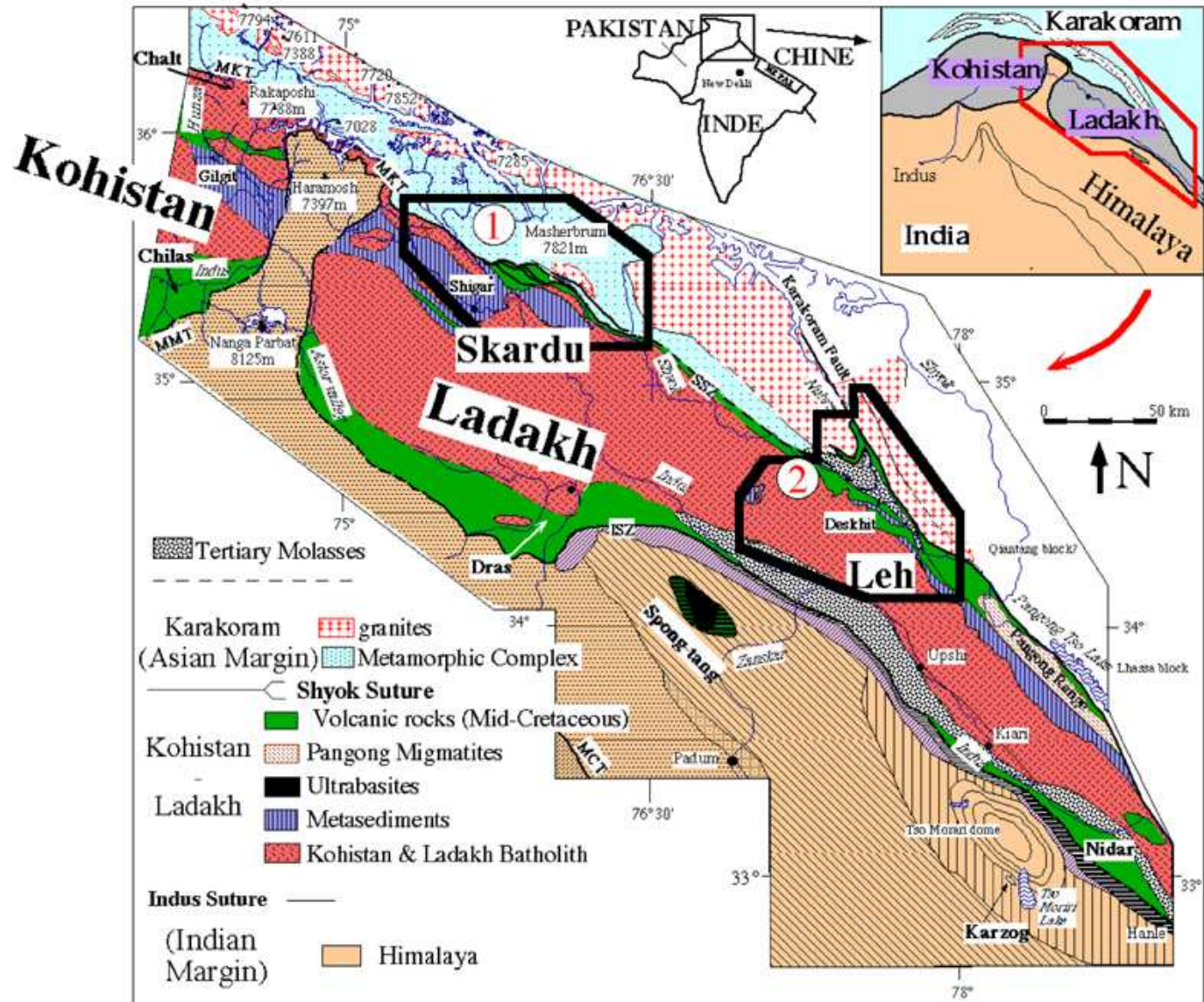


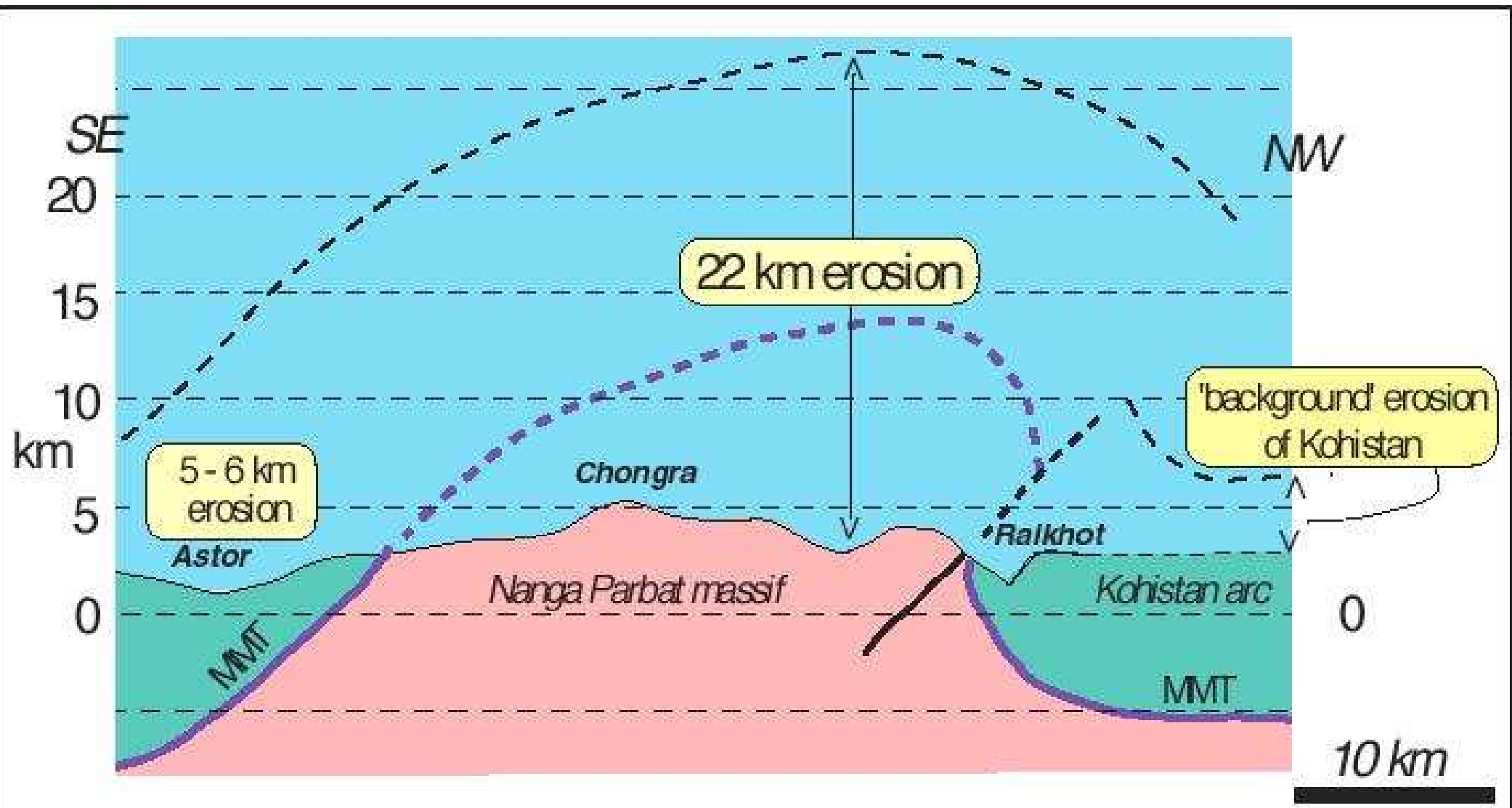
Regional geological setting of Nanga Parbat - Haramosh Massif



Nanga Parbat, rises over 8,000 m (26,000 ft) above the Indus valley







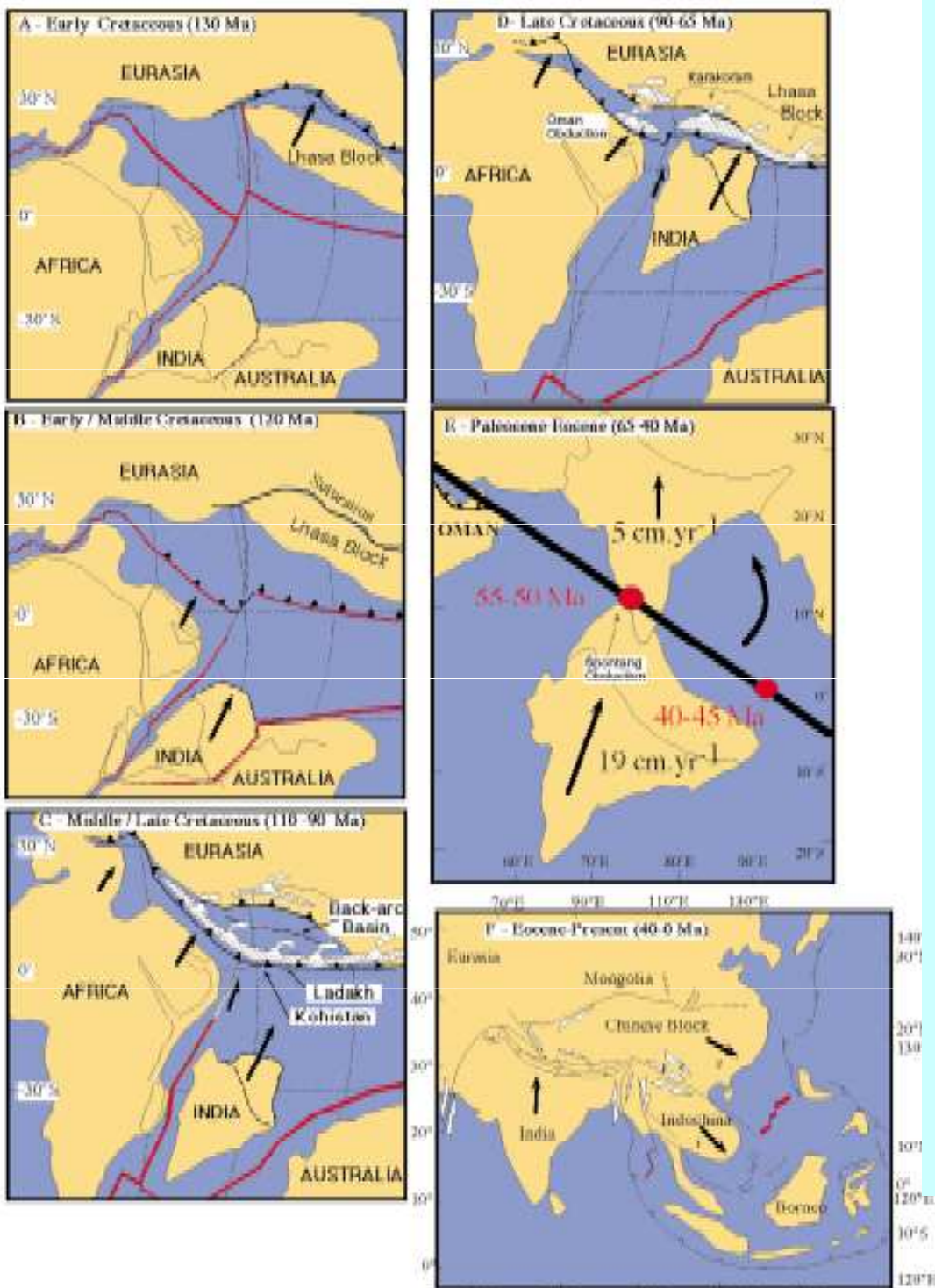
Cross-section through the Nanga Parbat Massif.

To NP Introduction

To Map



Tektonická evoluce



Dříve než Indie narazila na Asii ve starším terciéru, několik tisíc kilometrů oceanické kůry **Neotethydy** velmi rychle **subdukovalo** pod Asii. **Při subdukci** Neotethydy vznikl v centrálních-východních Himalájích **andský** typ kontinentálního okraje a **ostrovní oblouk** v oblasti **Kožistan-Ladakh** na západě.

Paleomagnetické údaje ukazují, že **Indie** se od období před 84 Ma pohybovala **proti směru hodinových ručiček** a ke kolizi s Asií došlo asi před **45 Ma**. Poté pokračoval pohyb na sever, který na západě dosahoval 1815 km a na východě 2750 km. Severní pohyb indické desky probíhal od kolize až dodnes rychlostí **5cm/rok**. Protože obě desky, indická i asijská, mají zhruba stejnou hustotu, nemůže dojít k výraznější subdukci jedné desky pod druhou. To vede k výraznému výzdvihu kolizní zóny.

Při nárazu Indie na Tibet byl nejprve seškrábnut paleozoický a mesozoický sedimentární pokryv (**superficiální příkrovy**) okraje indické desky a sunut do předpolí na její stabilnější část.

S pokračujícím posouváním indické desky byly strženy **části metamorfovaného basementu** (příkrovy fundamentu) na okraji desky a rovněž sunuty jako příkrovy fundamentu. Himaláje jsou tak tvořeny z velké části **šupinami severního okraje indické desky**.

Postkolizní zkracování bylo kompenzováno 3 způsoby, názory na jejich relativní význam se liší.

1) **Zkrácení a ztluštění kůry**

Ke zkrácení došlo podél celé řady násunových ploch. Tři nejvýznamnější jsou **Hlavní centrální násun (MCT)** s translací více než 100km, **Hlavní hraniční nasunutí (MBT)** a **Hlavní frontální nasunutí (MFT)**. Zkrácení v suturové zóně je odhadováno na 550km a v zóně mezi suturou a himalajskými násunými na 400km.

Celkové zkrácení nebylo tedy pravděpodobně více než 1000km.

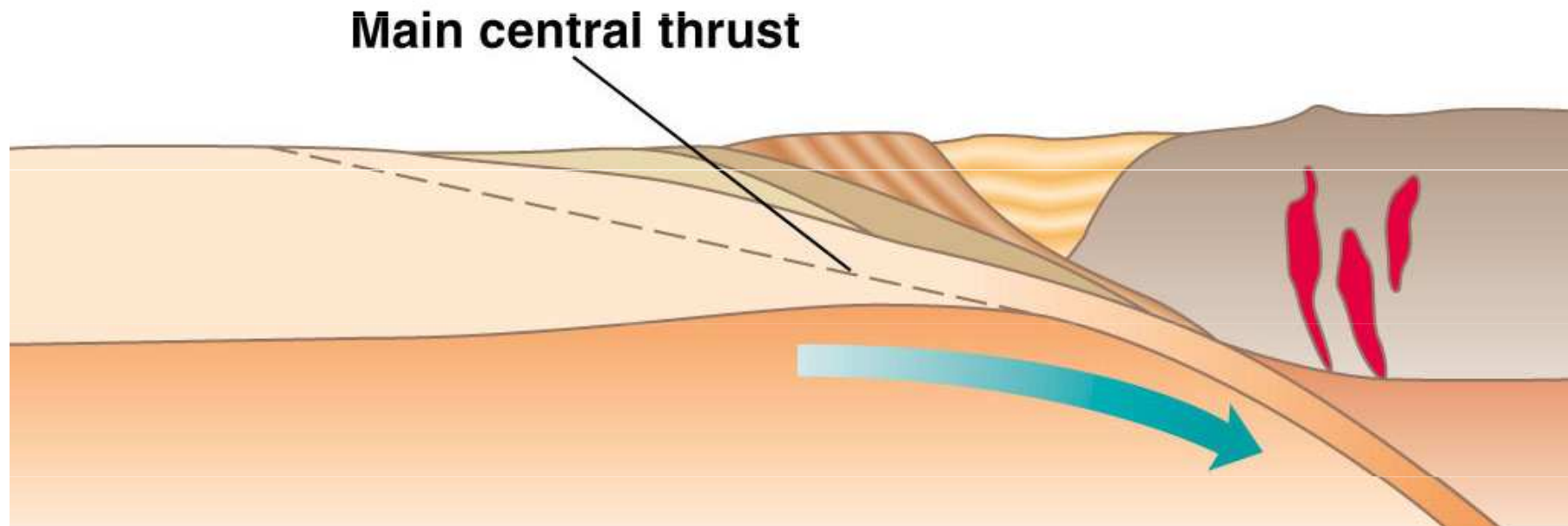
Ztluštění tibetské kůry na téměř dvojnásobek proběhlo od středního eocenu do spodního miocenu a současná výška byla dosažena asi před 8MA

2) **Podsouvání indické kontinentální litosféry pod Eurasii.** Názory na rozsah se liší, nejnovější seismické údaje ukazují, že to muselo být **přinejmenším 200km** nebo více.

3) **Východní laterální extruze (boční únik) Tibetu a JV Asie.** Opět se názory liší, řádově to však byly **stovky km.**

India Collided with Asia

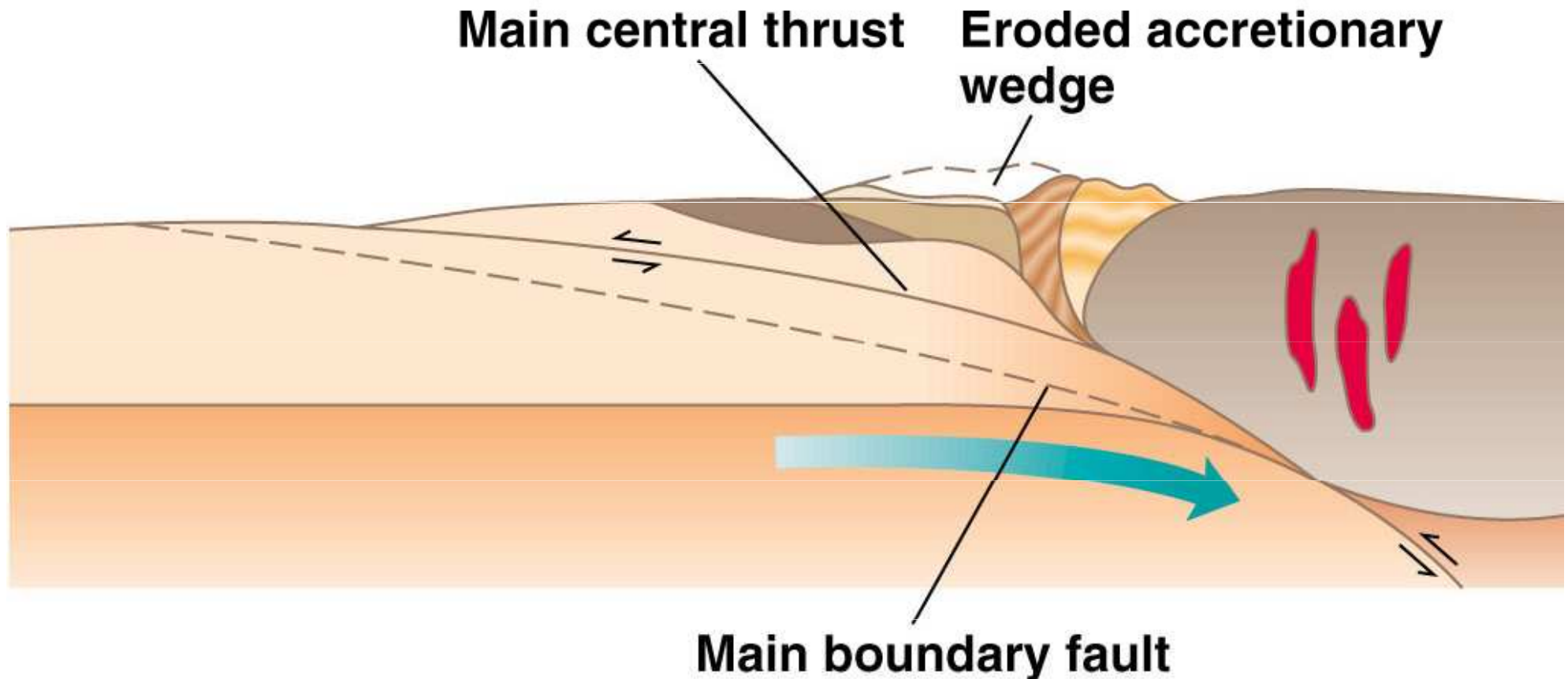
- About 40 to 50 million years ago
- India collided with Asia,
 - but because India was too light to subduct,
 - it thrust under Asia



(b) 40–50 M.Y.A.

Continued Convergence

- Thrusting of Asian rocks
 - onto the Indian subcontinent
 - accompanied continued convergence



(c) 20–40 M.Y.A.

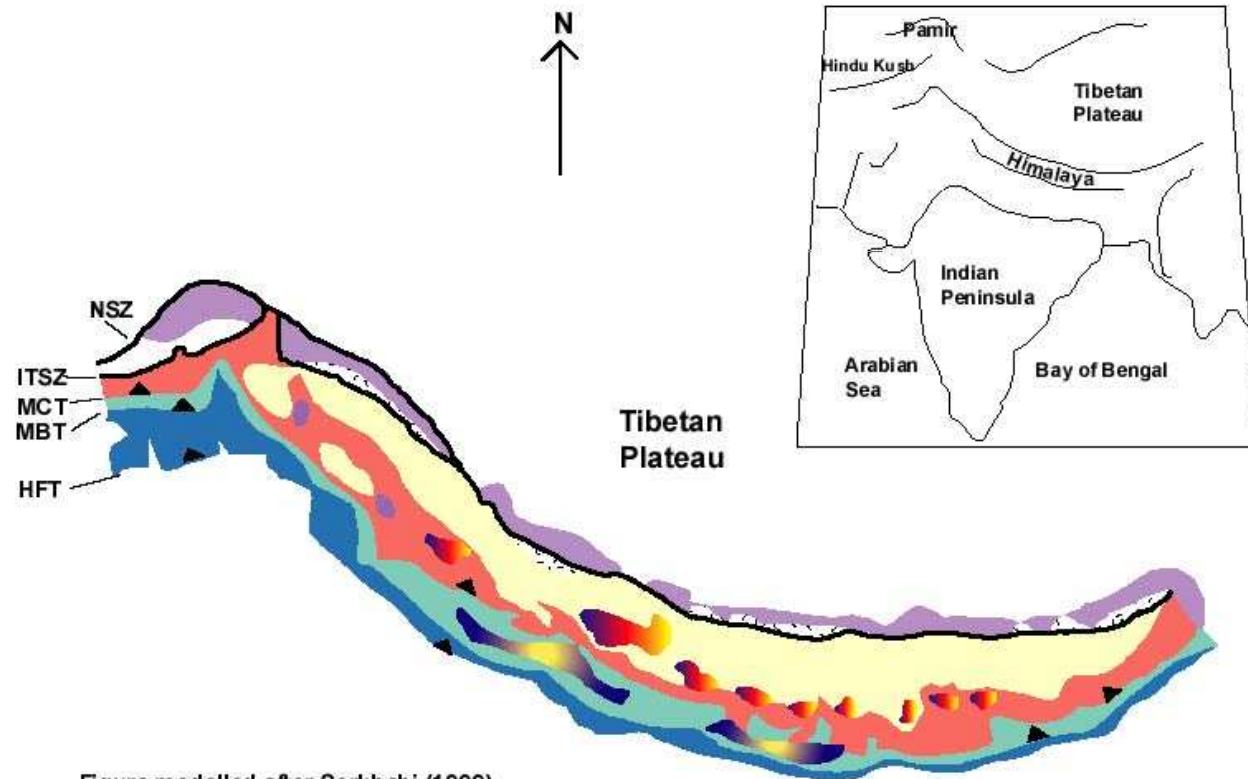
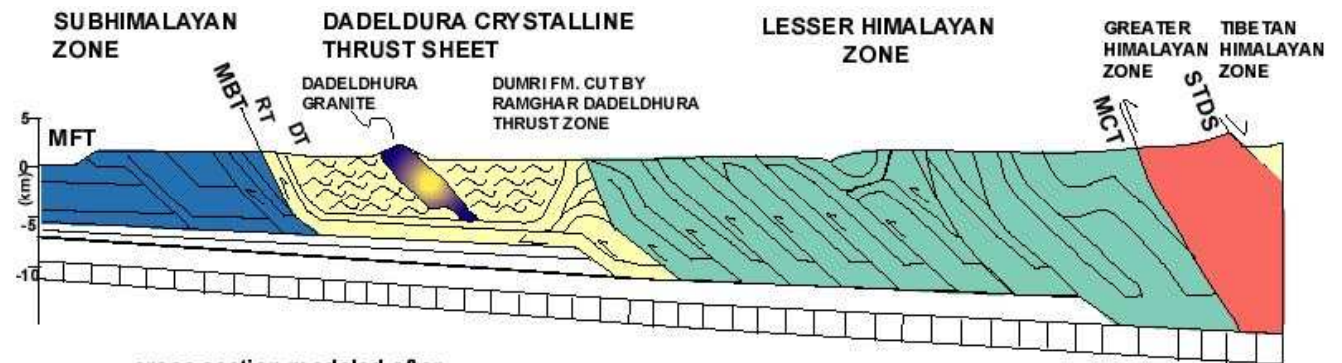


Figure modelled after Sorkhabi (1999)

-  Trans-Himalayan Batholith
-  Tethys Himalayan Sediments
-  Higher Himalayas
-  Lesser Himalayas
-  Sub Himalayas
-  ITSZ Sedimentary Rocks
-  Mid-Tertiary Leucogranites
-  Outer Crystalline Klippen
- NSZ** Northern Suture Zone
- ITSZ** Indus-Tsangpo Suture Zone
- MCT** Main Central Thrust
- MBT** Main Boundary Thrust
- HFT** Himalayan Frontal Thrust



cross section modeled after DeCelles 1998

