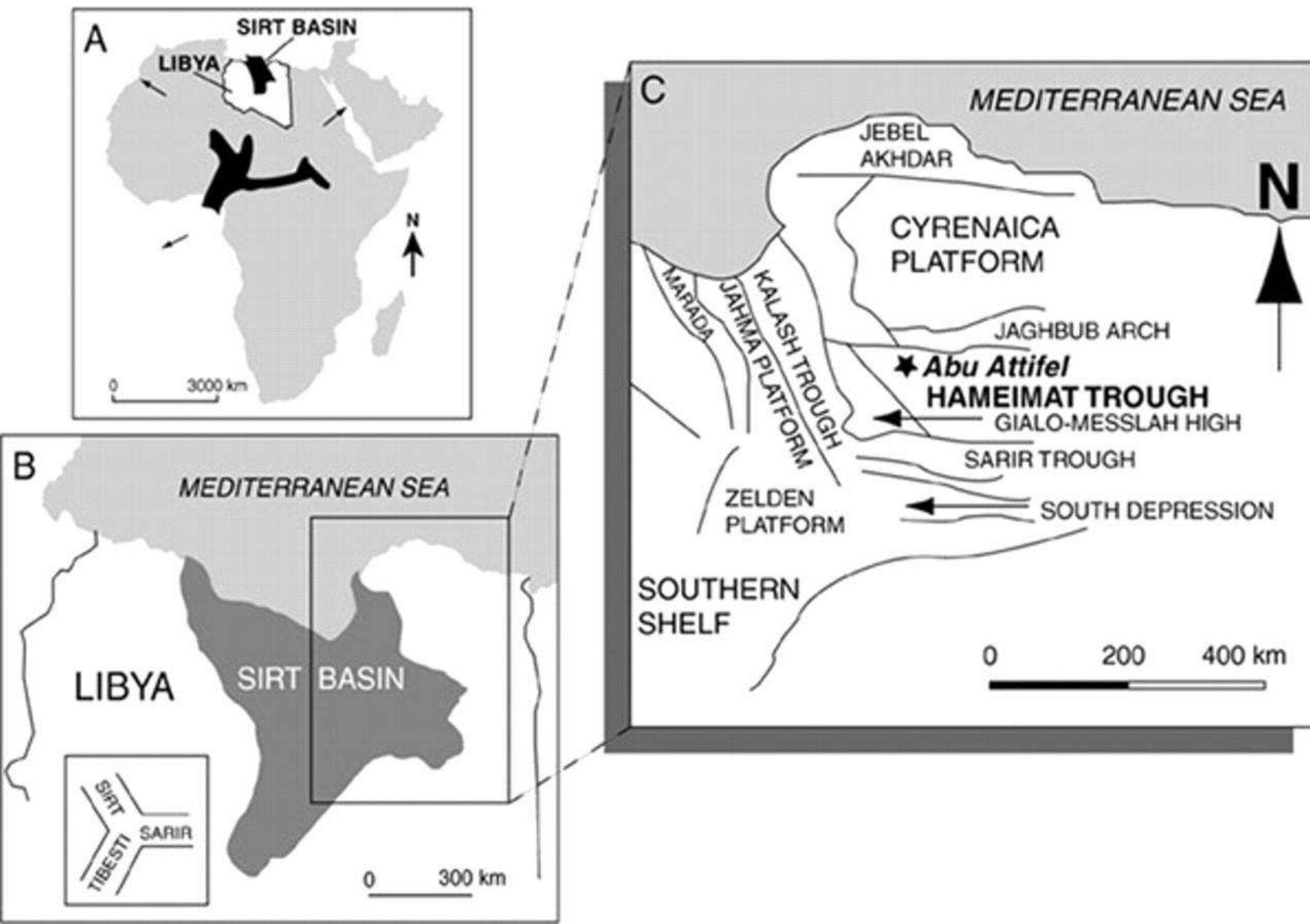


Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии



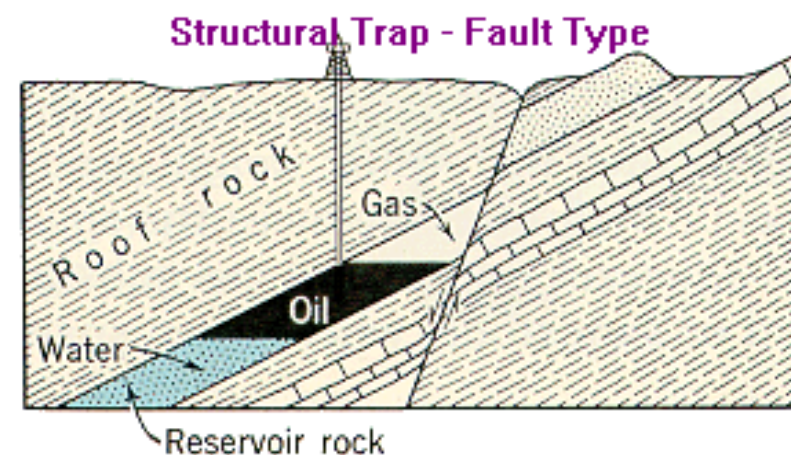
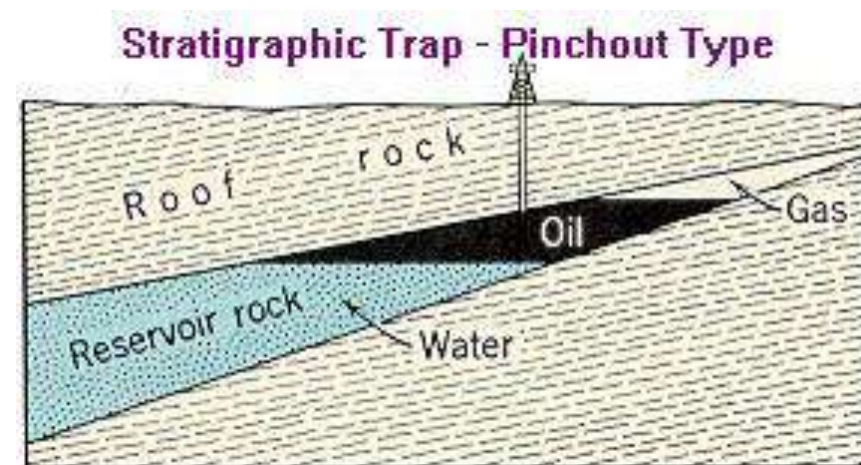
Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии

Генезис ОБ – морской и озерный

<i>Province or system</i>	<i>Age of source(s)</i>	<i>Source environment</i>	<i>Main reservoirs</i>	<i>Estimated reserves, oil ($\times 10^9$ BBL)</i>	<i>Estimated reserves, gas ($\times 10^{12}$ SCF)</i>
1. Mesozoic reservoir and source systems					
Southern Sirt	1. Cenomanian–Turonian	Marine	1. Early Cret.	24	8.6
	2. Early Cret.	Lacustrine	2. Triassic-Cambro-Ordovician	(Barsoum 1995) 9 (Parsons <i>et al.</i> 1983)	
	3. ?Triassic	Lacustrine	3. Precambrian		
Central /Western Sirte	1. Late Cret.	Marine	1. Late Cret. carbonates	21 (Barsoum 1995)	~3
	2. Paleocene	Marine	2. Paleogene Carbonates	14 (Parsons <i>et al.</i> 1983)	
Abu Gharadiq	1. Middle Jurassic	Marine	1. Late Cret.	0.2	3.5
	2. Late Cretaceous				
Gulf of Gabès	1. Eocene carbonates	Marine	1. Late Cret.	~1.5	~1
	2. Late Cret. carbonates		2. Eocene 3. Triassic-Liassic 4. Early Cret.		
Tellian Atlas	1. Eocene	Marine	1. Eocene carbonates	< 0.1	–
	2. Late Cret.				
Saharan Atlas	1. Early Cret.	Marine	1. Early Cret. carbonates	~0.1	–
	2. Late Cret.				
Rharb	1. Late Cret.	Marine		< 0.1	< 0.1
Essaouria	1. Mid-Late Jurassic	Marine	1. Jurassic	small (< 0.1??)	small (c. 0.1??)
	2. Carboniferous coals		2. Triassic		
Tarfaya	1. Middle Jurassic	Marine	1. Late Jurassic carbonates	< 0.1	0
2. Other North African petroleum systems with a partial Mesozoic component					
Triassic Basin, Algeria	1. Silurian 2. Devonian	Marine	Triassic (sub-salt)	~4	~90

<i>Estimated reserves, total (× 10⁹ BBL equivalent)</i>	<i>Largest field</i>	<i>Trap types</i>	<i>Age of generation-oilfield filling</i>	<i>Comments</i>	<i>References</i>
24 (Barsoum 1995) 11 (Parsons <i>et al.</i> 1983)	Sarir	1. Fault Blocks 2. Updip pinchout	Mainly Neogene	High preservation system	Gumati & Schamel 1988, Parsons <i>et al.</i> 1983 Gras & Thusu (this volume)
24 (Barsoum 1995) 17 (Parsons <i>et al.</i> 1983)	Gialo	1. Drape anticlines 2. Carbonate build-ups	Paleogene in Western Basins, Paleogene-Neogene in Eastern basins	High preservation system	Gumati & Schamel 1988 Parsons <i>et al.</i> 1983
0.8	Abu Gharadiq	1. Inversion anticlines (L. Cret. age) 2. Fault Blocks	Tertiary		Awab 1984 Keeley <i>et al.</i> 1990, Bagge & Keeley 1994
~2	Bouri	1. Carbonate build-ups 2. Carbonate permeability pinchout 3. Inversion anticlines	Neogene		Zappaterra (1995) Bishop 1975
<0.1	Oued Gueterini	Thrust anticlines	Neogene		
~0.1	Douleb	Inversion anticlines (Alpine)	Tertiary		Bishop 1975
<0.1		1. Thrust anticlines 2. Sand pinchouts	Neogene		Morabet <i>et al.</i> (this volume)
<0.1	Meskala				Broughton & Trepanier 1993
<0.1	Cap Juby	Carbonate build-up	?		Morabet <i>et al.</i> (this volume)
~20	Hassi R'Mel	1. Pinchout traps on arches 2. Inversion anticlines 3. Fault blocks	Late Jurassic-Paleogene		Boudjema 1987 Attar <i>et al.</i> 1993

Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии



**Лекция 5.
Стратиграфия, НГБ и
нефтяные системы
Ливии**

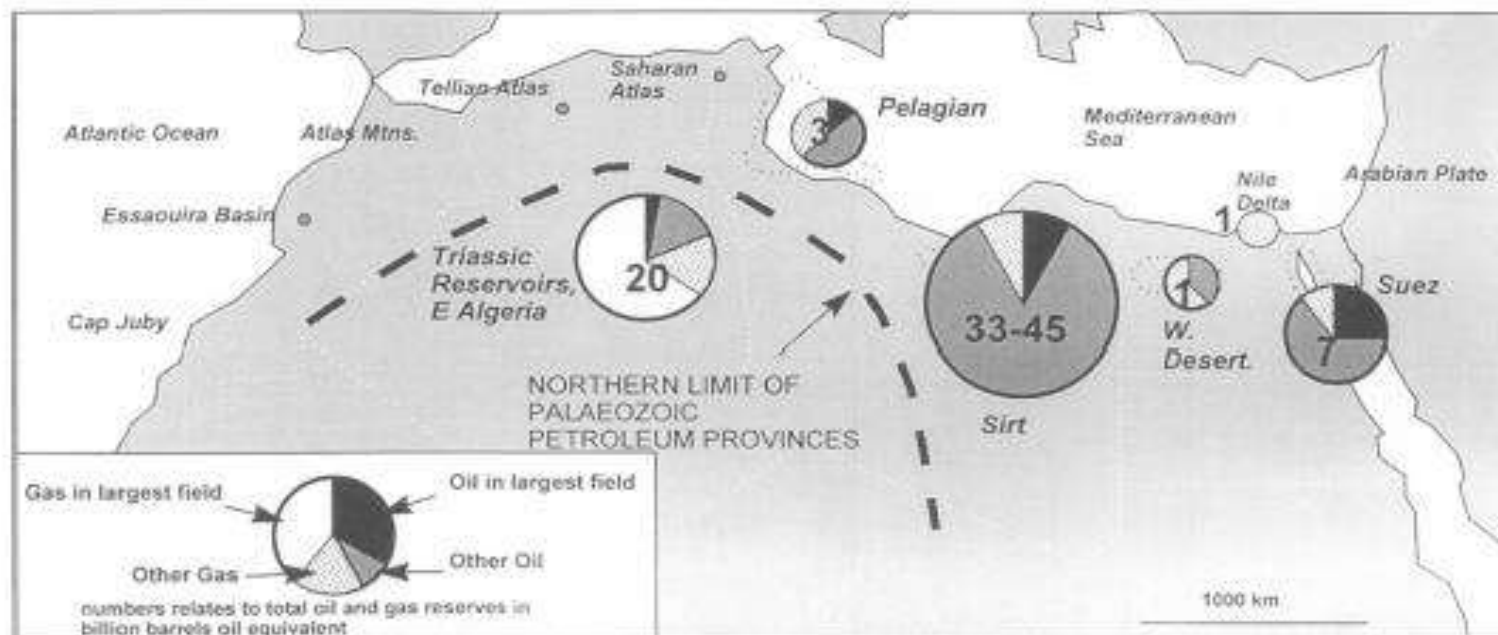


Fig. 1. Distribution of reserves within the Mesozoic and Tertiary petroleum provinces of North Africa. (Note the predominance of the Sirt province of Libya as the largest system sourced and reservoirized by Mesozoic strata.) The Triassic reservoirized system of Algeria is sourced from Palaeozoic source rocks.

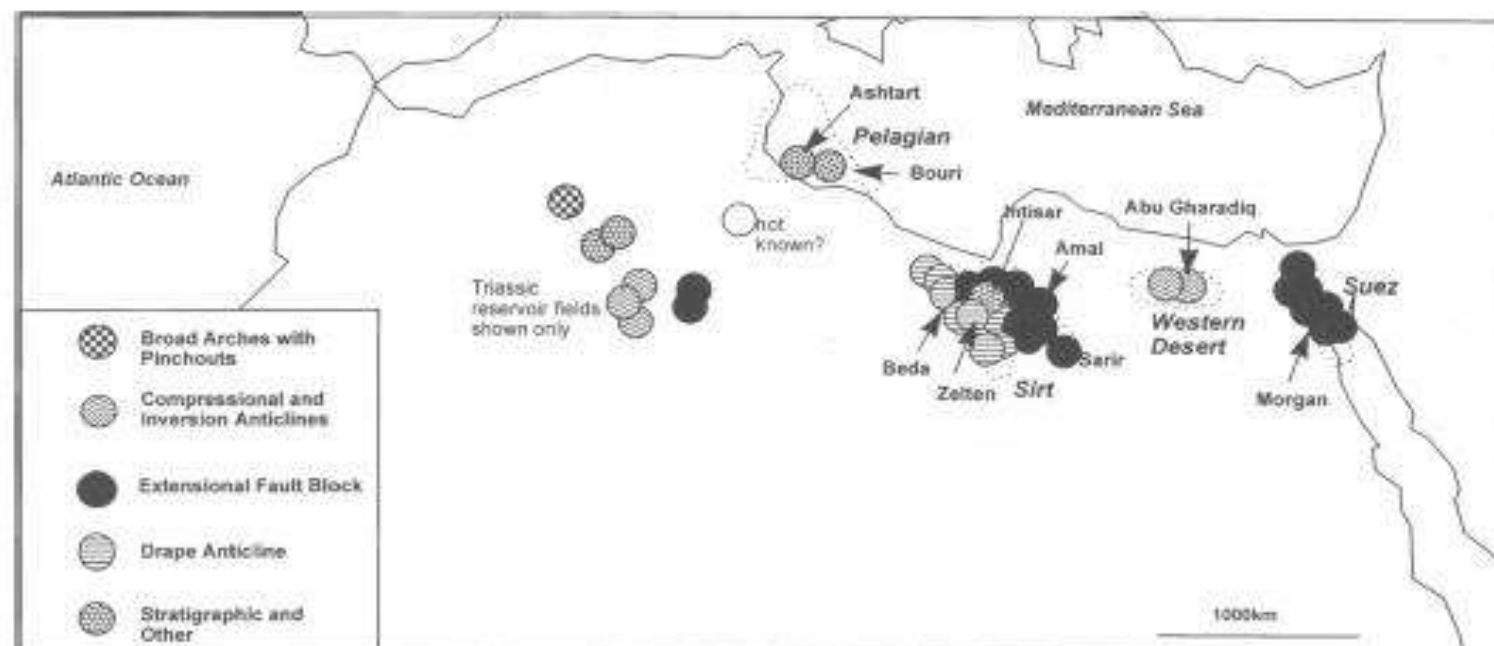


Fig. 2. Trap types of giant oilfields within Mesozoic and Tertiary reservoirs, with main fields labelled.

Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии

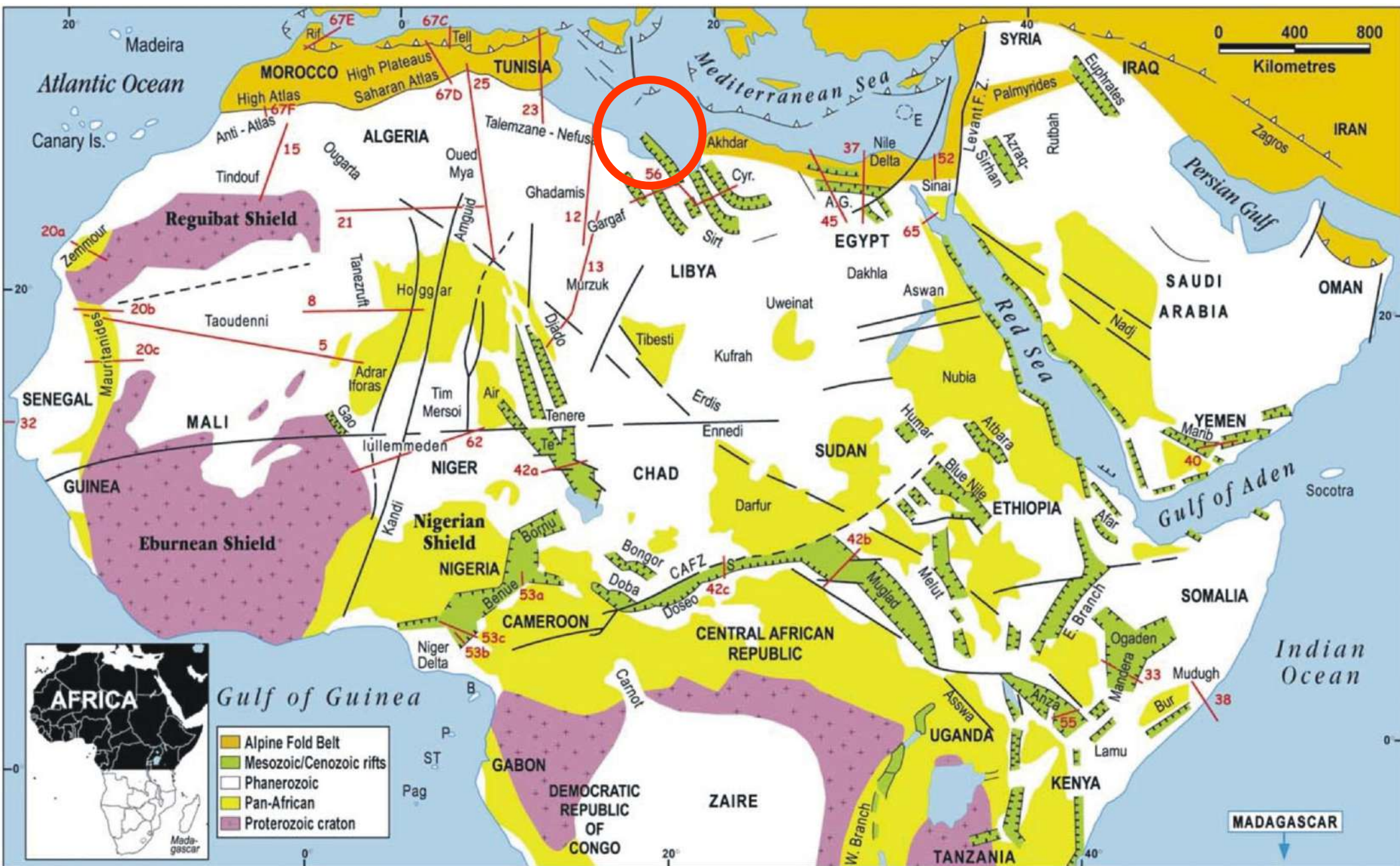
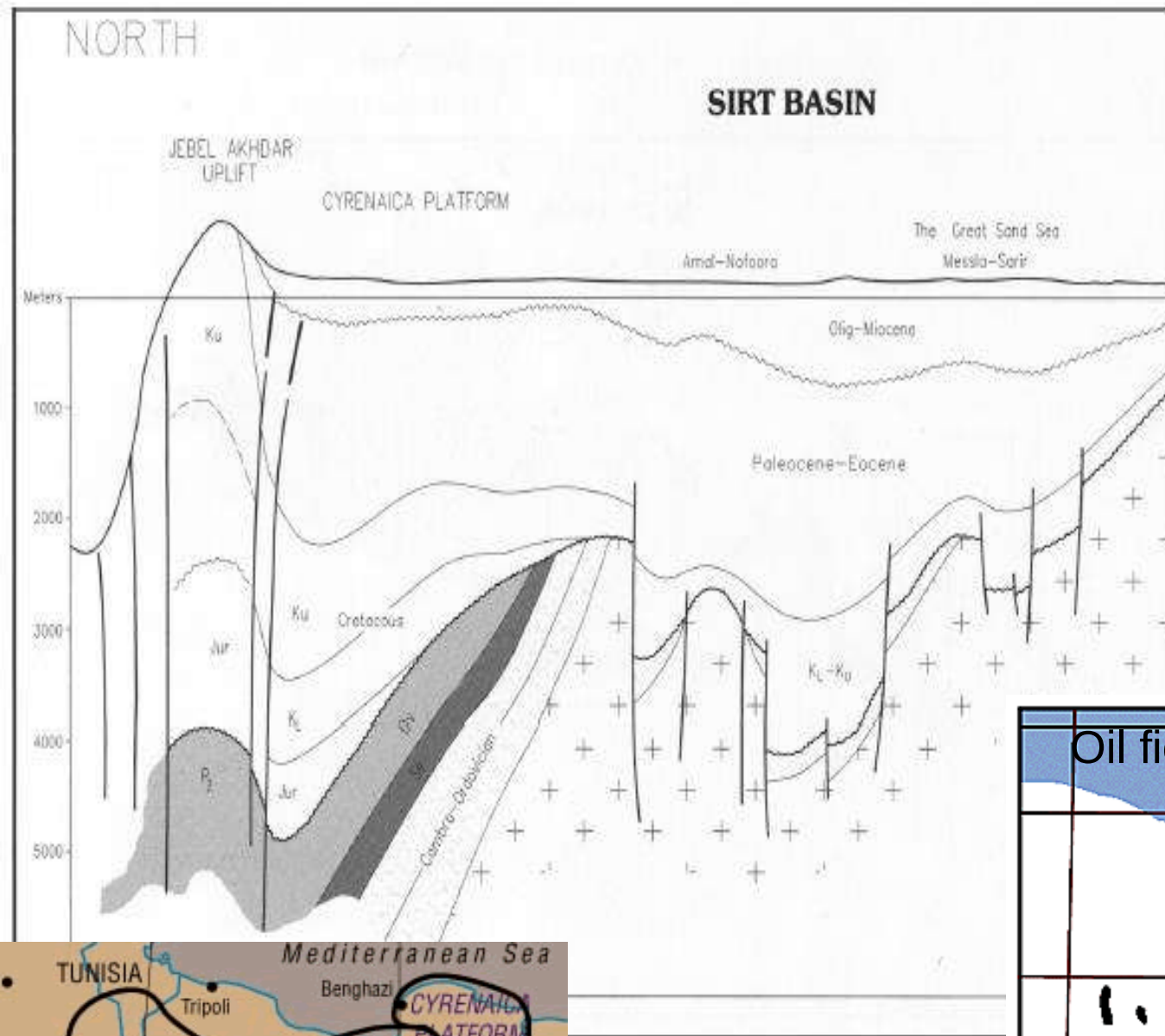


Fig . Schematic geological map of Northern Africa, Central Africa and Arabia

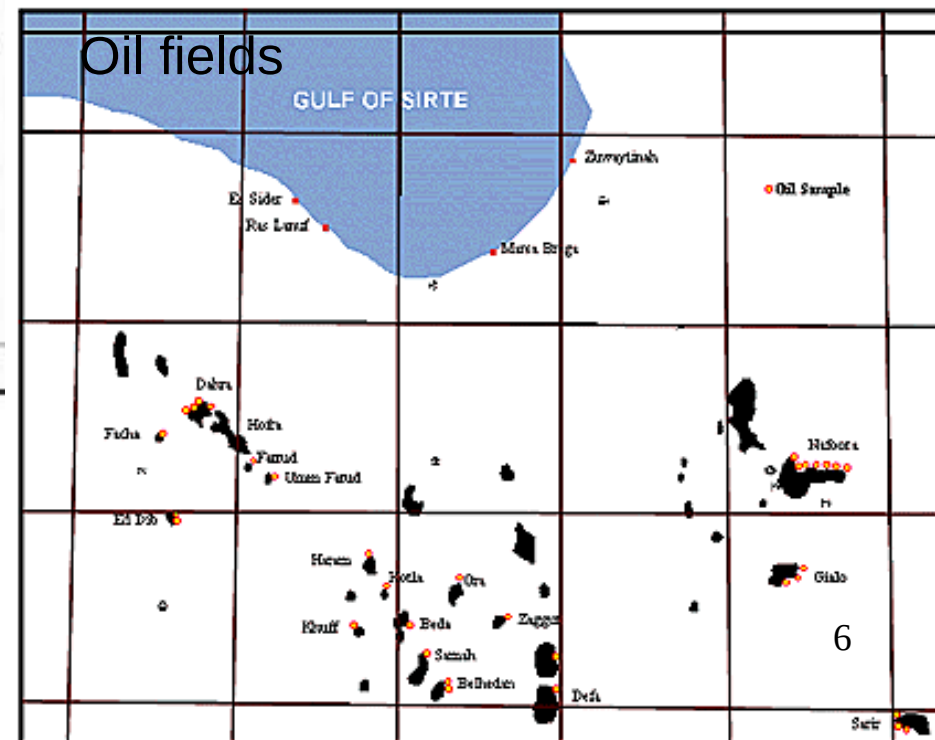
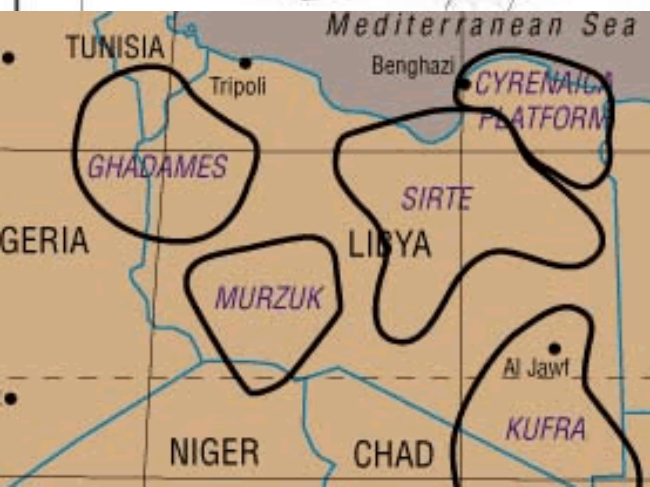
Legend: AG, Abu Gharadig; B, Bioko; CAFZ, Central African Fault Zone; Cyr, Cyrenaica; E, Eratosthenes Seamount; JP, Jos Plateau; P, Principe; Pag, Pagalu; S, Salamat; ST, São Tomé; Te, Termit.

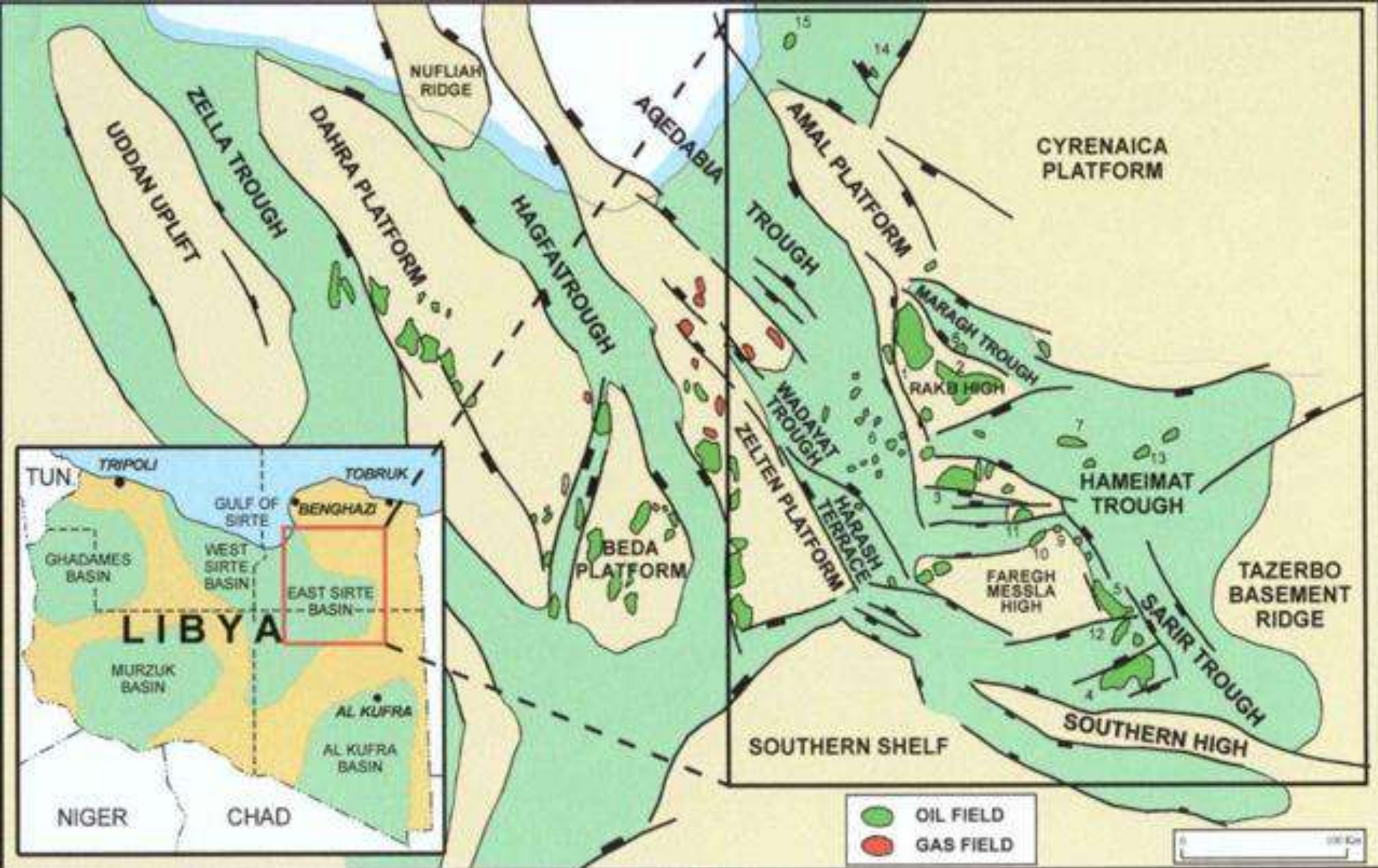
SIRT BASIN, NOTHERN LYBIA

Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии

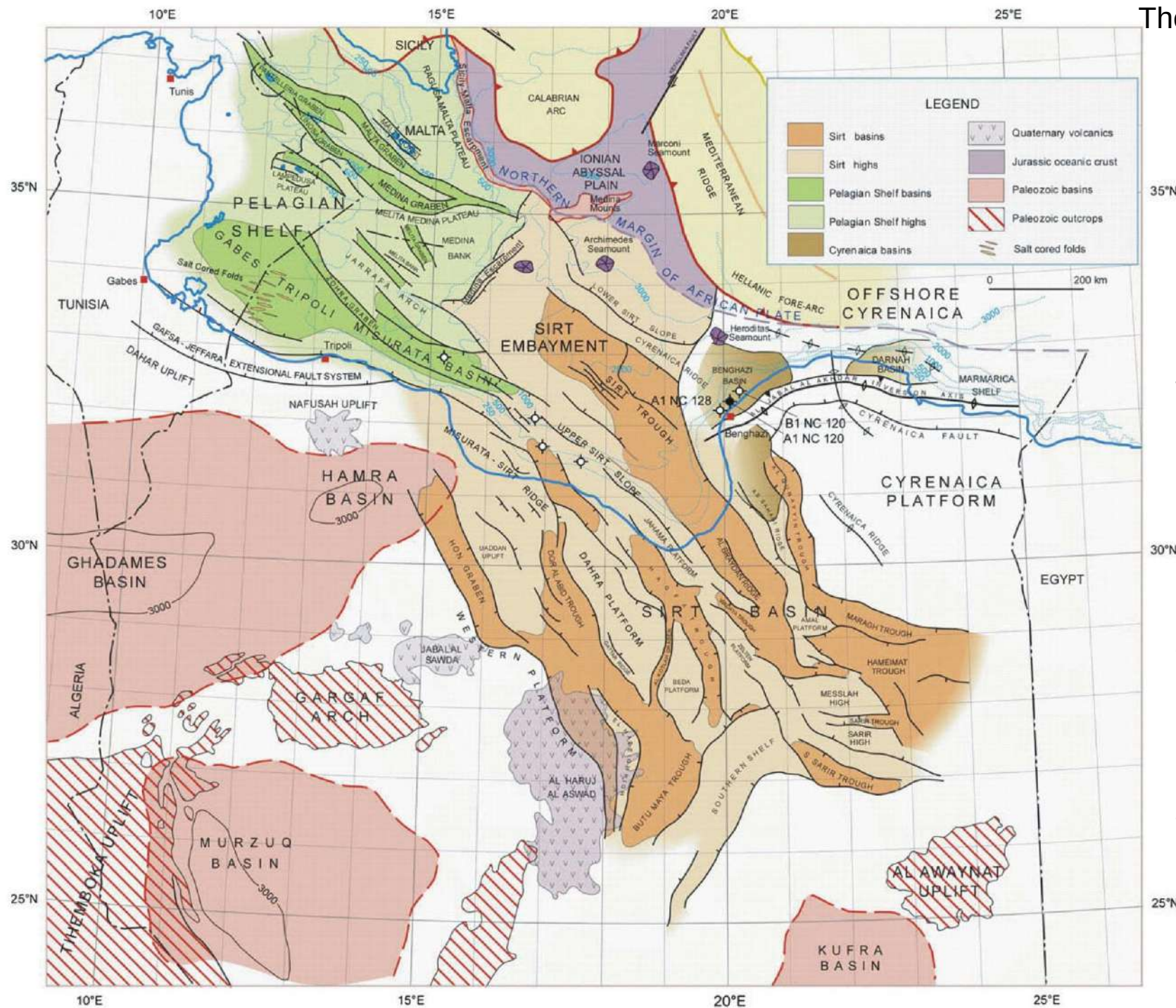


Youngest of the Libyan basins with largest petroleum reserves in Libya and ranked 13th of world's petroleum basins.





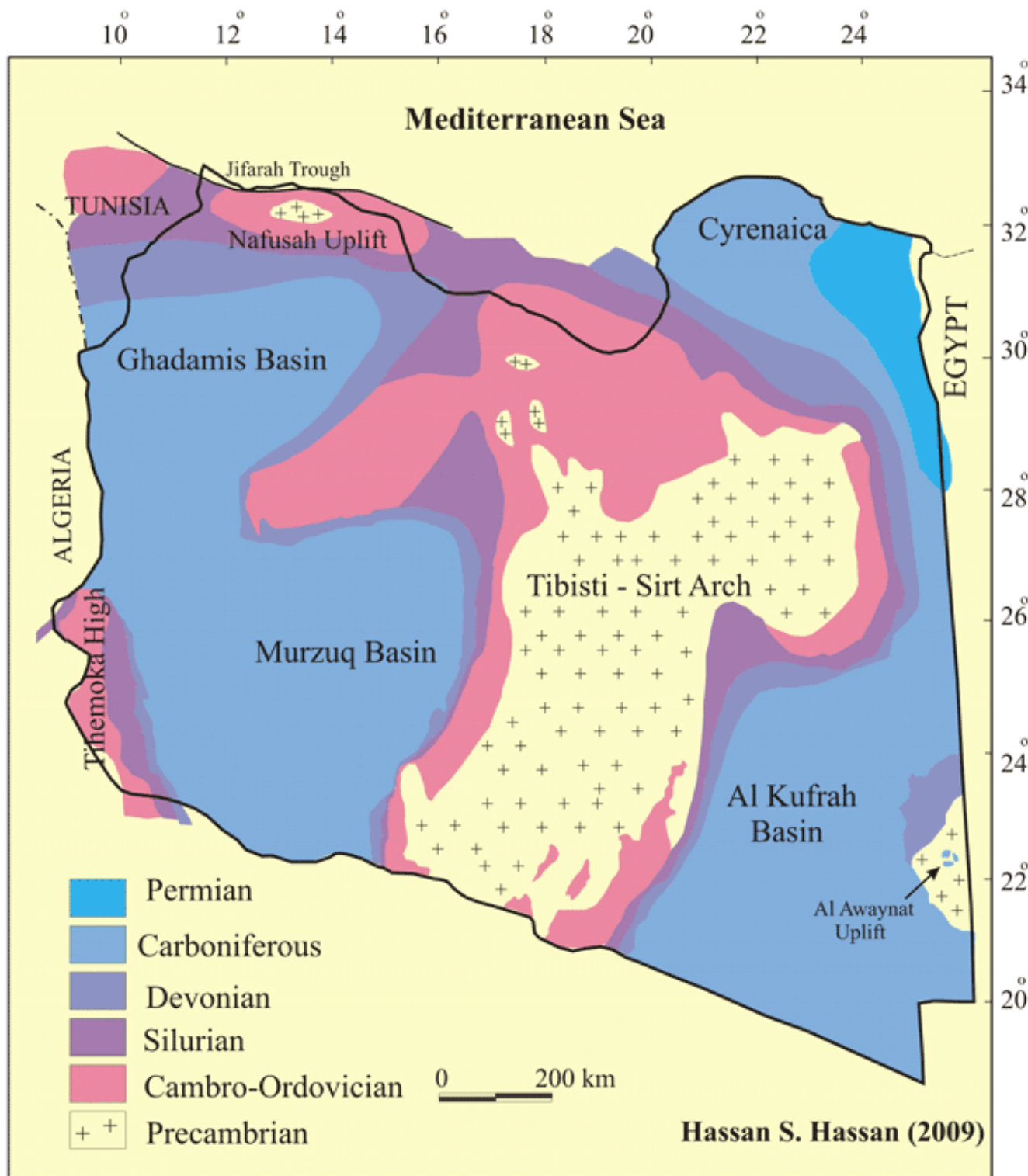
The complex tectonic history of the Sirte Basin resulted in multiple reservoirs and conditions that favored hydrocarbon generation, migration, and accumulation, principally on or adjacent to the horst blocks. Carbonate reservoirs including bioherms mostly Paleocene and Eocene age (some Oligocene), were also concentrated on the structural highs in the central Sirte Basin, principally along the southern portion of the province in the Az Zahrah, Al Bayda, and Al Janamah Platforms (also known as the Zeltan, Beda, Dahra, and Zalten Platforms).



The Sirte Basin province is considered to be a holotype of a continental rift (extensional) area and is referred to as part of the Tethyan rift system. The structural weakness of the area is exemplified by alternating periods of uplift and subsidence originating in late Precambrian time, commencing with the Pan African orogeny that consolidated a number of proto-continental fragments into an early Gondwanaland.

The Sirte Basin Province of Libya—Sirte-Zelten Total Petroleum System
Thomas S. Ahlbrandt

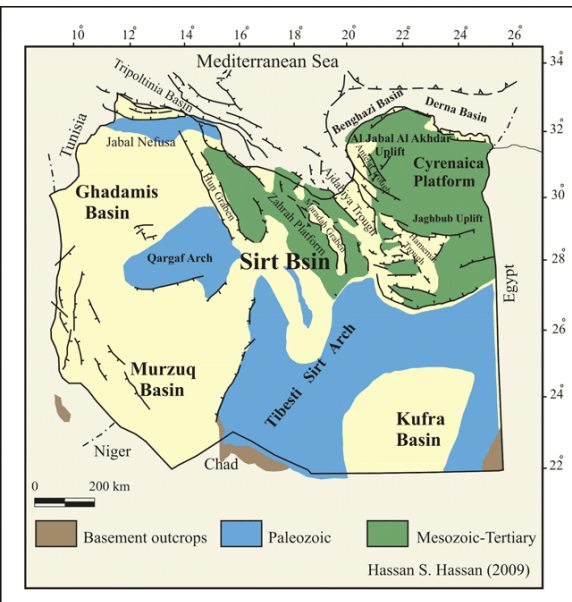
Tectonics and structural elements map for Libya and surrounding offshore areas. Structural highs and lows within the Pelagian Shelf, Sirt Basin, and Sirt Embayment are shown by lighter or darker shades respectively of the same color. Structures in subbasins of the Cyrenaica region have not been so designated and are shaded brown.



Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии

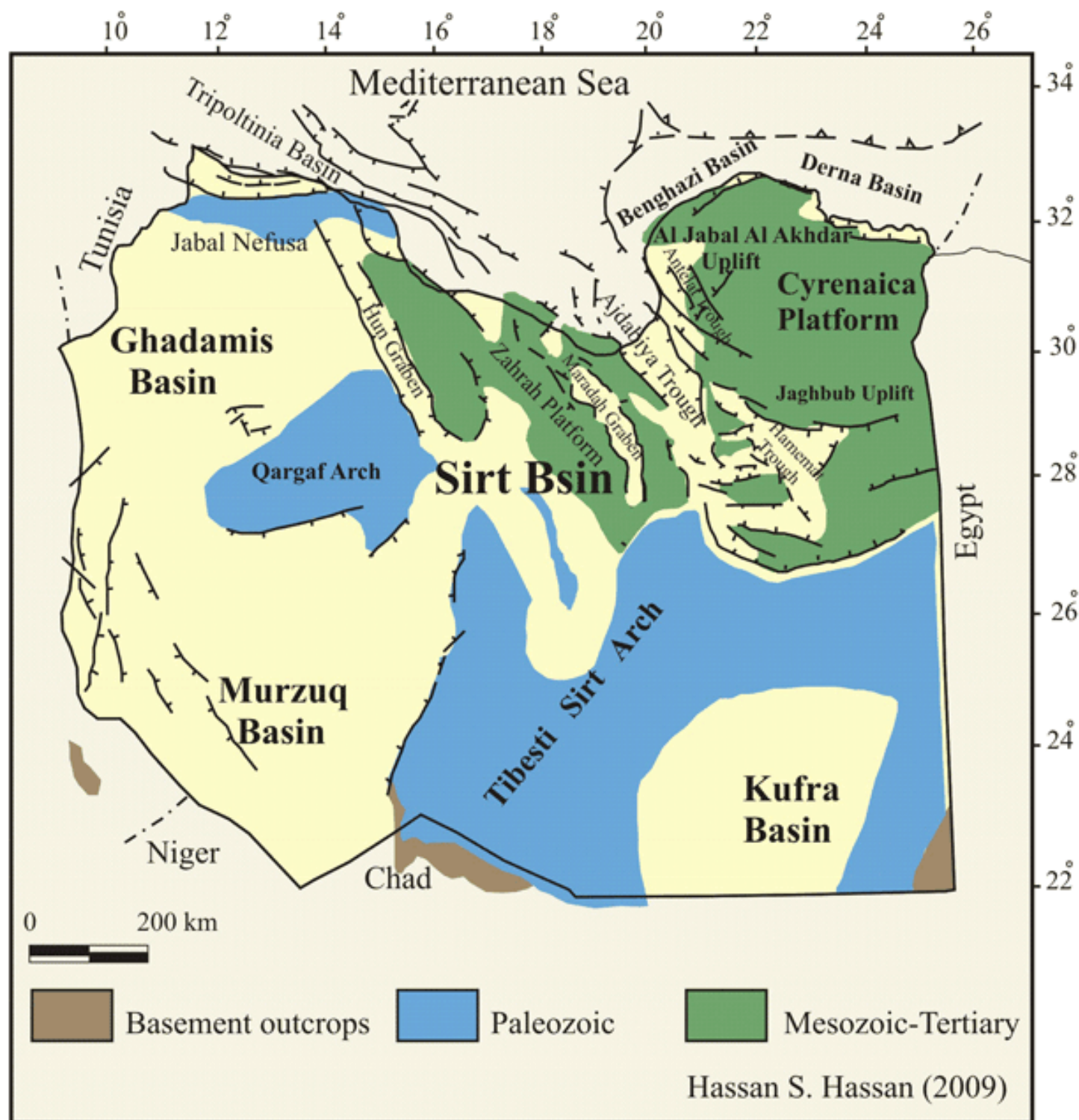
Early Paleozoic history of the Sirte Basin reflects a relatively undisturbed Paleozoic cratonic sag basin with intermittent periods of arching in the Paleozoic(?) (for example, formation of a regional uplift referred to as the Sirte Arch). The timing of this uplift is debatable; historically it is considered to be a mid-Paleozoic event, but it could have formed in the Mesozoic preceding an Early Cretaceous rifting event.

Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии



Rifting commenced in the Early Cretaceous, peaked in the Late Cretaceous, and terminated in early Tertiary time, resulting in the triple junction (Sirte, Tibesti, and Sarir arms; within the basin, the Early Cretaceous rifting reflected east-west sinistral shear zones (strike-slip) that strongly controlled clastic deposition in the Sarir arm, but alternatively proposed that dextral shear forces dominated this period of deformation in the Sarir arm. Dextral shear forces dominated Late Cretaceous tectonism. The Late Cretaceous rifting event is characterized by the formation of a series of northwest-trending horsts and grabens that step progressively downward to the east; the Sirte Trough (variously known as the Ajdabiya Trough, the Abu Attifel Graben, the Hameitat, Kalash, or Sirt trough or graben represents the deepest portion of the basin. These horsts and grabens extend from onshore areas northward into a complex offshore terrane that includes the Ionian Abyssal Plain to the northeast. This plain is underlain by oceanic crust that is being subducted to the north and east beneath the Hellenic arc. The Pelagian province to the west, particularly the pull-apart basins of the Sabratah Basin and extending along the South Cyrenaica Fault Zone (SCFZ) and the Cyrenaica Platform to the east, is strongly influenced by extensional dextral strike-slip faulting. To the south, the Nubian Uplift is the stable continental basement for this rifted basin.

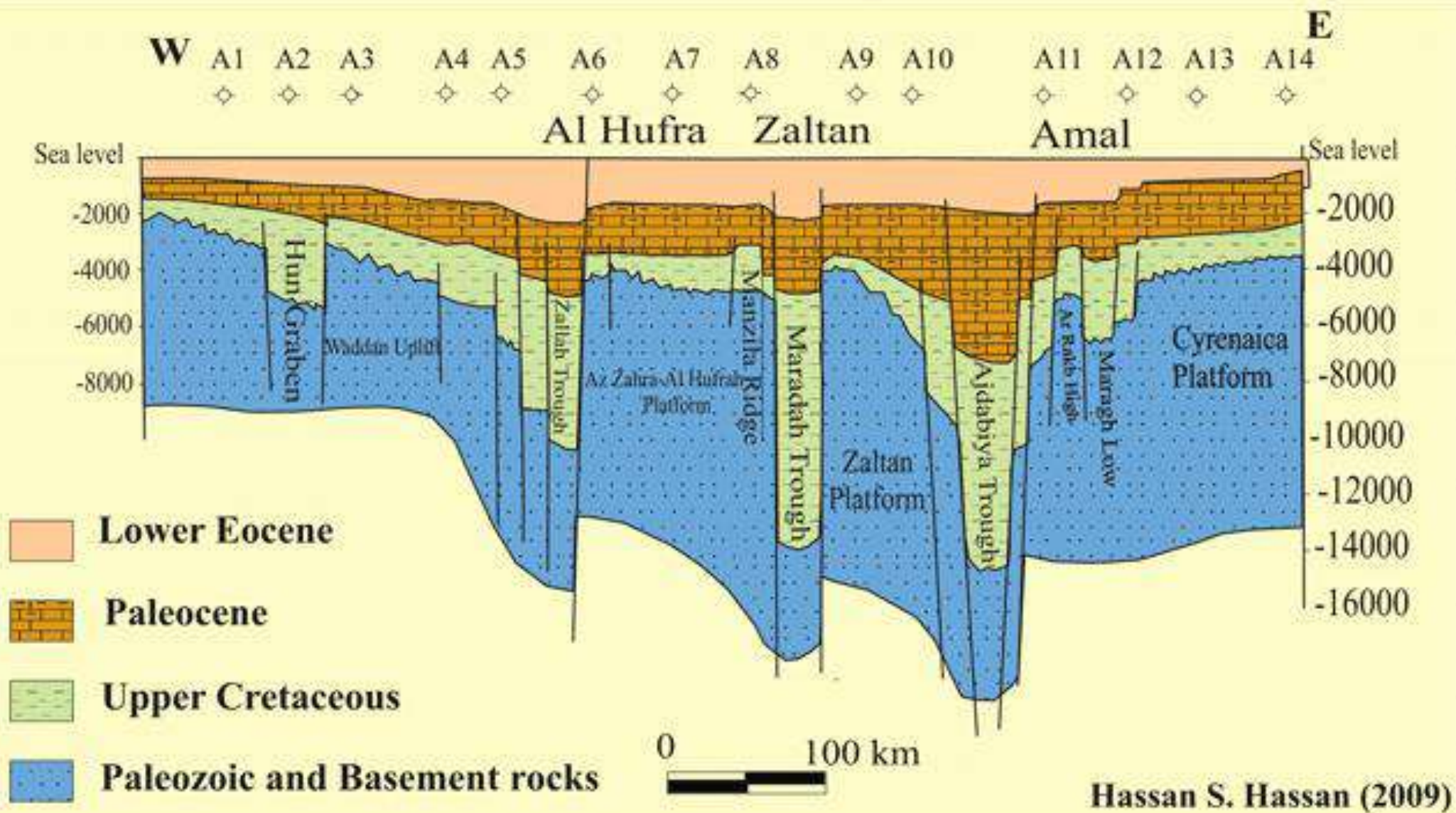
*Лекция 5.
Стратиграфия, НГБ и
нефтяные системы
Ливии*



Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии

Although the timing of formation of the **Sirte Arch is uncertain**, sufficient **uplift** of the area now known as the Sirte Basin took place to **cause erosion of pre-Cretaceous sediments over a wide area**. An argument favoring the deformation to be of Mesozoic age rather than Paleozoic age may be that it was related to the west-to-east migration of a mantle plume across North Africa that was followed by Cretaceous rifting. The youngest rifting in North Africa is now east of the Sirte Basin in the Red Sea where rifting is active today. Syn-rift clastics of the **Sarir Sandstone (Nubian Sandstone equivalent)** in the eastern part of the Sirte Basin province **accumulated in and across a series of east-west-trending horsts and grabens in the Sarir arm during Middle and Late Jurassic and Early Cretaceous time. This depositional period** was followed by rifting along the northeastern arm **of a triple junction** that resulted in the formation of a series of northwest-southeast-oriented horsts and grabens (Sirte arm) beginning in the Late Cretaceous and extending into the early Tertiary. Transpressional forces elevated platforms (horsts) in the Tibesti and Sirte arms to higher structural elevations than in the nearby Trias/Ghadames province to the west in Algeria or the Cyrenaica Platform (Shelf) to the east. The Sirte Basin is asymmetric, deepening to the east. The relative relief on the juxtaposed horst and graben blocks increases to the east coincident with significant thinning of sediments across the province. Erosion associated with the Sirte Arch resulted in truncation of the Paleozoic sequence in the Hamra Basin and western Cyrenaica Platform, but these deposits were preserved offshore. Cambrian-Ordovician sediments were also preserved over much of northern Libya prior to the formation of the Sirte Arch. **Progressive erosion of younger sediments and subsequent episodes of block faulting resulted in placing these mostly clastic Paleozoic and Mesozoic reservoirs in a structural high position with respect to thermally mature Cretaceous source rocks that occupied the deeper portion of the basin.**

Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии



East-West cross section of Sirt Basin

Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии

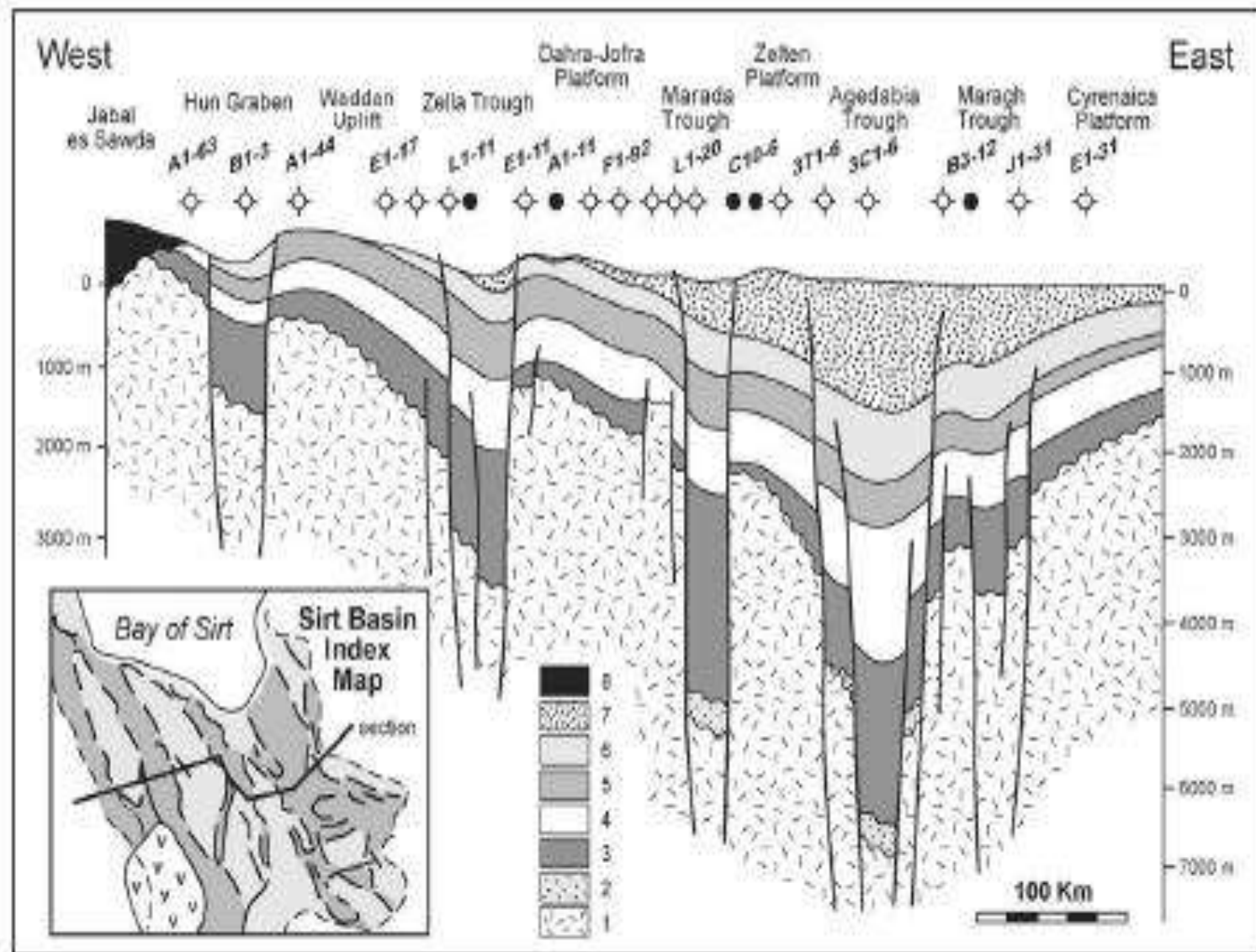


Fig. 56. Schematic geological cross-section of the Sirt Basin, northern Libya, slightly modified from Abuhajar and Roohi (2003). (1) Precambrian basement and Paleozoic quartzites; (2) Lower Mesozoic(?) sandstones; (3) Upper Cretaceous; (4) Paleocene; (5) Lower Eocene; (6) Middle Eocene; (7) Upper Eocene to Recent; (8) Cenozoic volcanics.

Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии

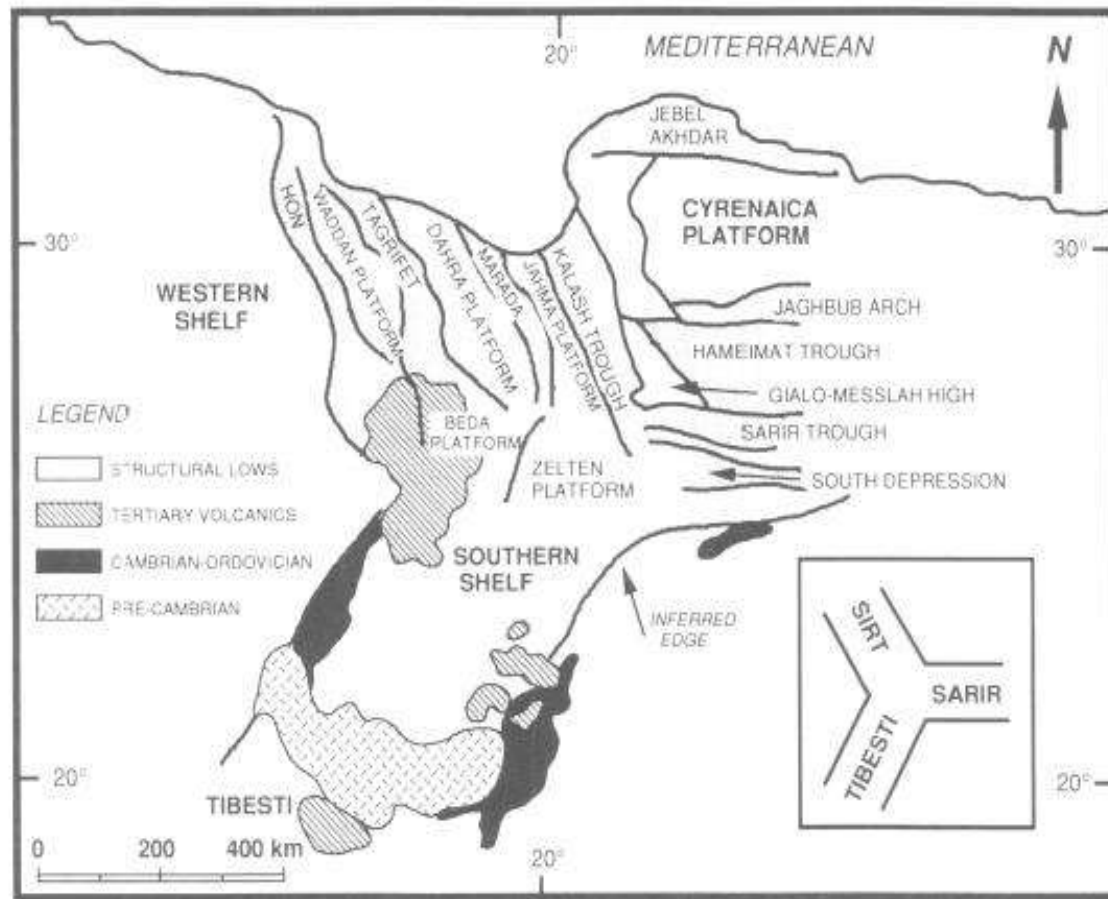


Fig. 3. Tectonic elements of Sirt Basin, showing triple point junction model. Modified after Saenz de Santa Maria (1993).

The Sarir arm (eastern limb) of the triple junction in the Hameimat and Sarir Troughs is thought to have an Early Cretaceous origin in which **clastic reservoirs** are located against basin structures. The syn-depositional clastics of the Sarir Formation occupy structural lows in the Sarir arm, and stratigraphic traps are important components of the petroleum system of this area. These Cretaceous clastic reservoirs are treated as a **separate assessment unit** within the total petroleum system. **To the west, Late Cretaceous and lower Tertiary carbonate reservoirs, commonly reefs or bioherms.**

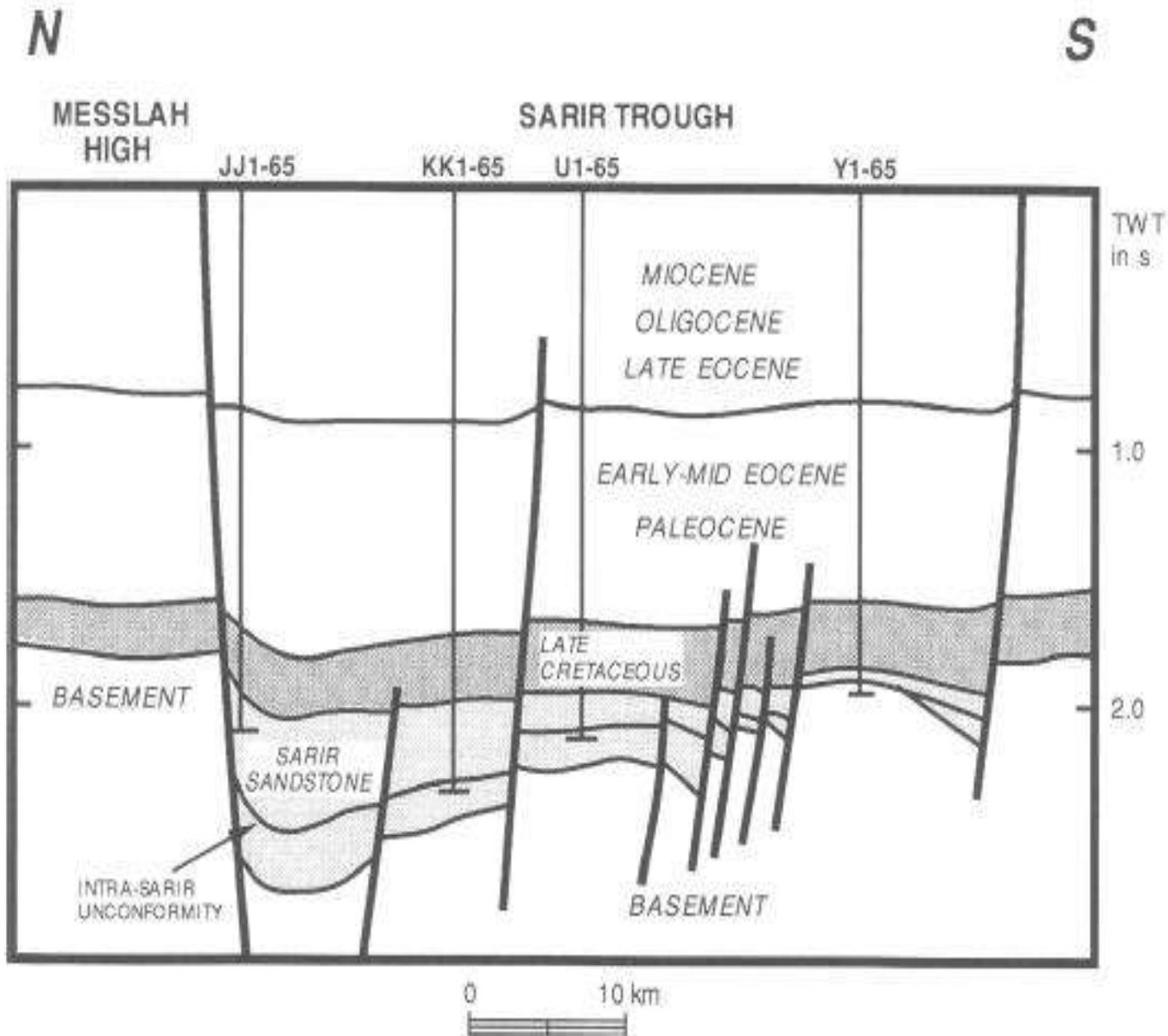


Fig. 7. Cross-section of Sarir Trough, eastern Sirt Basin, based on interpreted seismic section NC171-91-55. (For line location, see Fig. 2.) The age and lithology of the section below the Intra-Sarir unconformity are not known.

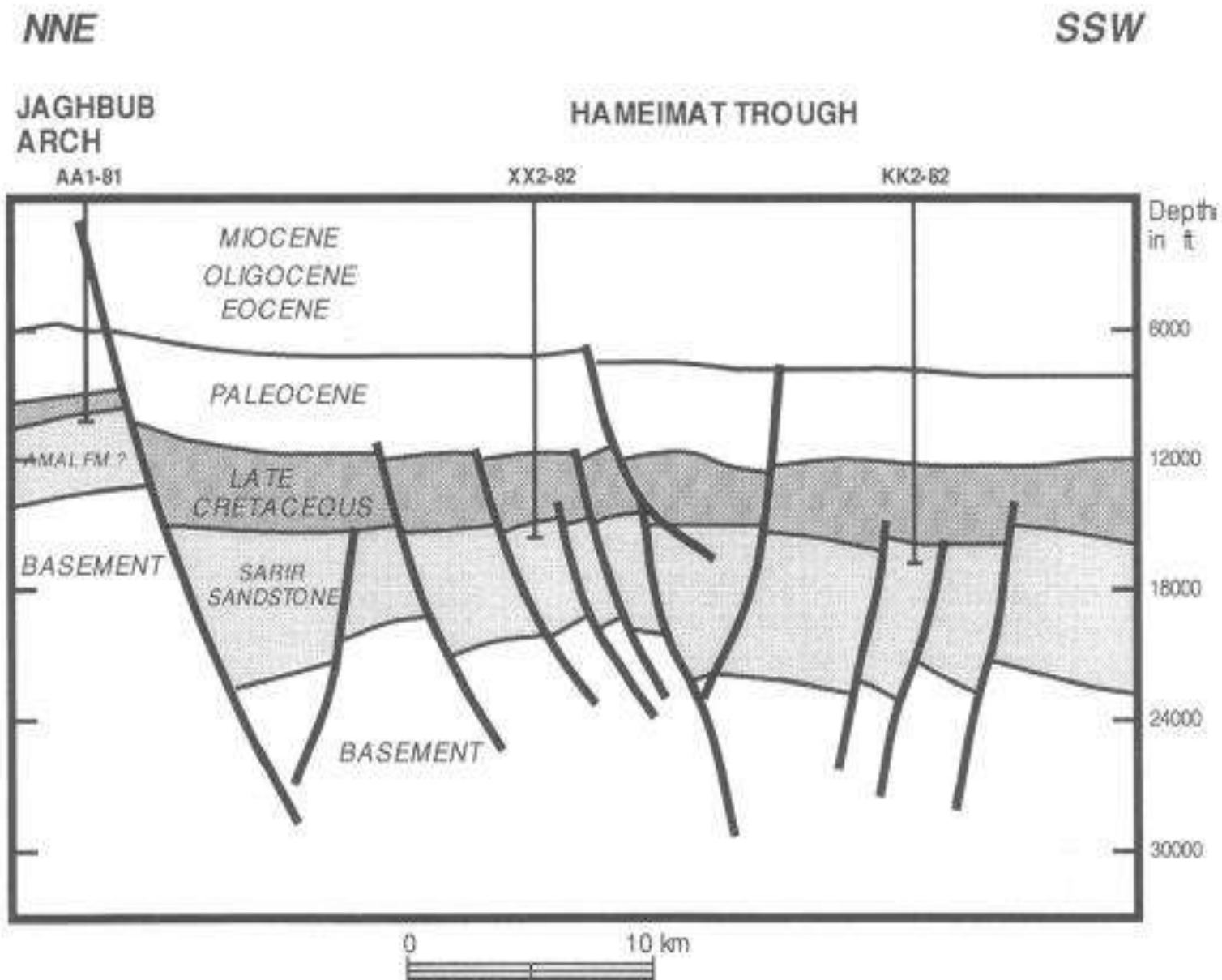


Fig. 10. Cross-section of northern margin of Hameimat Trough, modified after Missallati (1992), showing basinal tilted fault blocks. Sandstone is indicated to be present on the Jaghbub Arch, which comprises the graben shoulder. This Sandstone is likely to be part of the pre- or early rift sequence, and hence it has been tentatively interpreted as the Triassic Amal Sandstone. Location of section shown in Fig. 2.

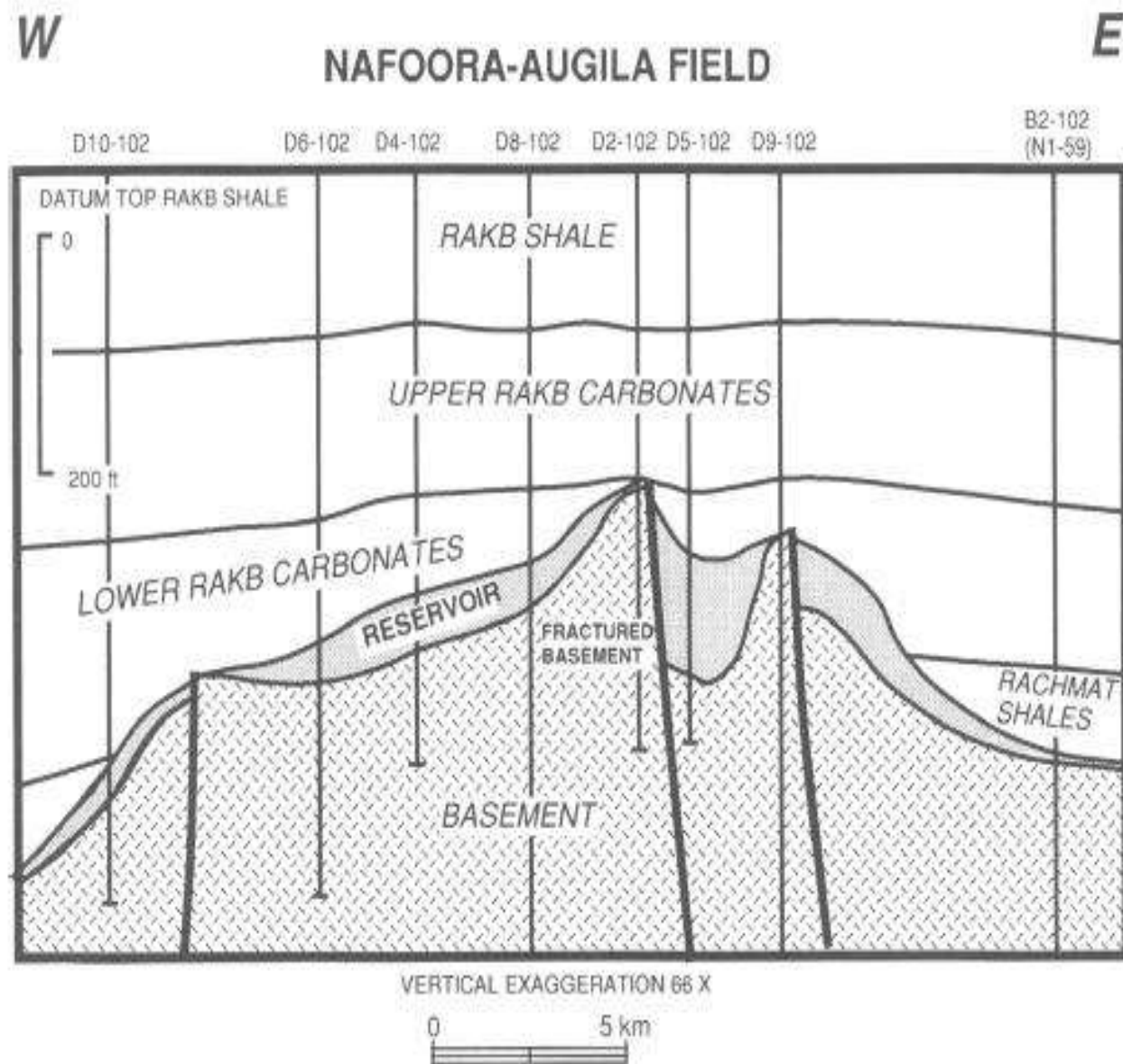


Fig. 11. Stratigraphic cross-section across Augila field (Nafoora-Augila unit) basement high. Production is from transgressive Late Cretaceous reservoirs, consisting of both clastic and carbonate units, as well as fractured and weathered basement. The section has been modified and tentatively interpreted on the basis of Williams (1972); the original Late Cretaceous stratigraphic names used in this paper have been retained. Location of section indicated in Fig. 2.

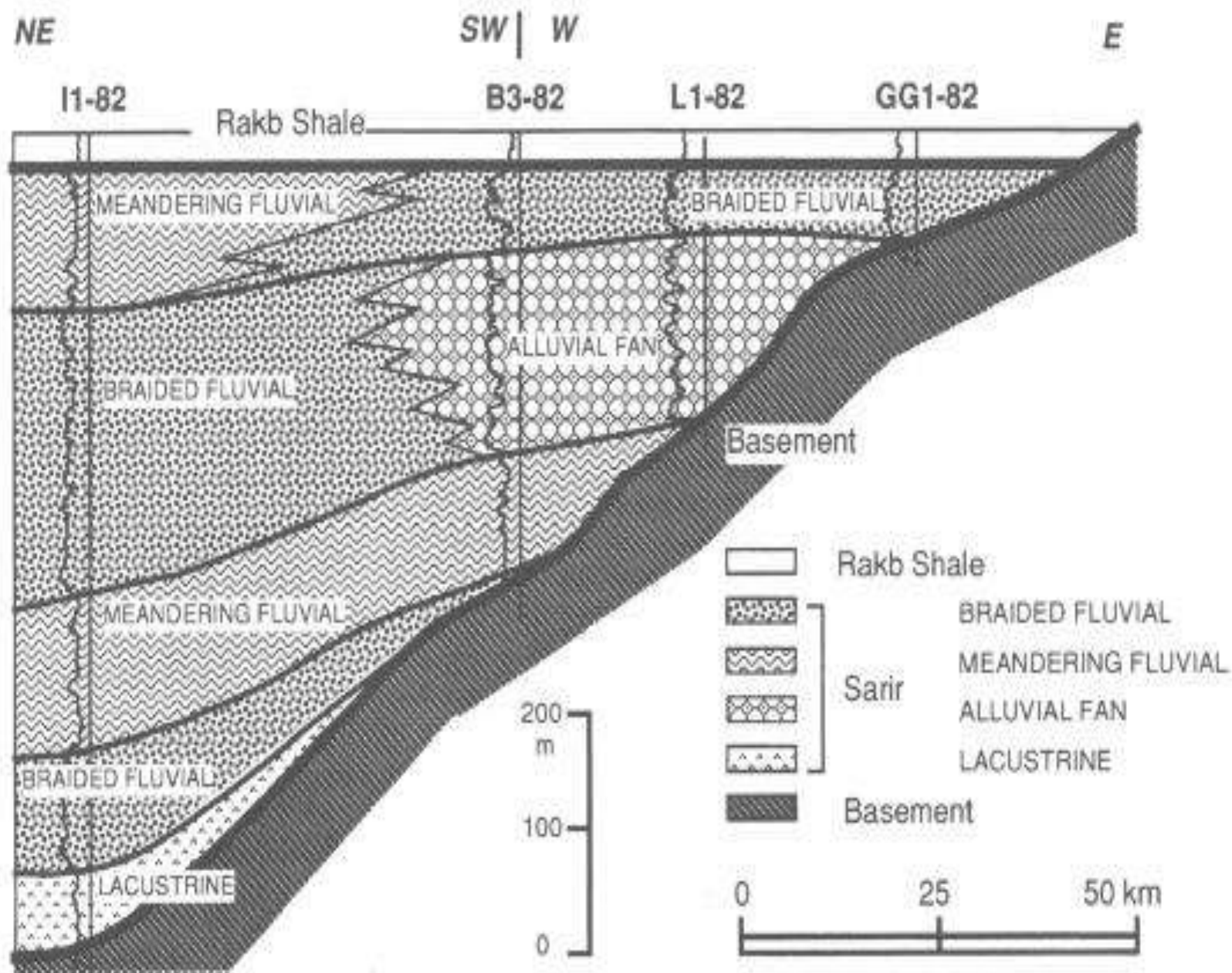
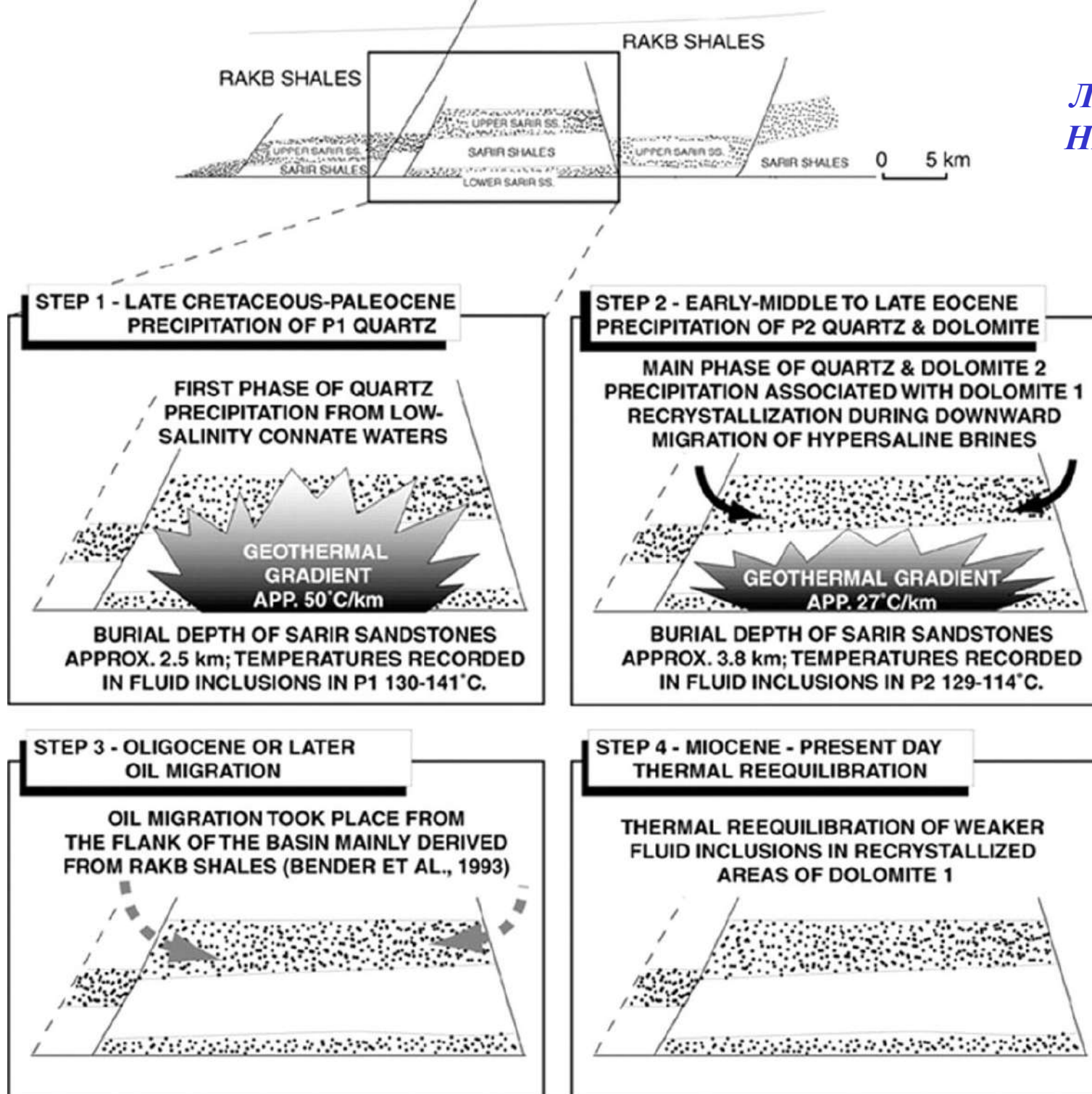


Fig. 15. Log correlation diagram and facies interpretation of Sarir Sandstone, eastern Hameimat Trough, modified after Rossi (1991). Location of well-correlation shown in Fig. 2.

Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии



The Sarir Sandstone is the principal reservoir for oil accumulations in the eastern Sirt Basin in Libya. The main phase of the rifting in this area took place in the Late Jurassic-Early Cretaceous, during which time the Sarir Sandstone was deposited as a non-marine, intra-continental clastic syn-rift sequence

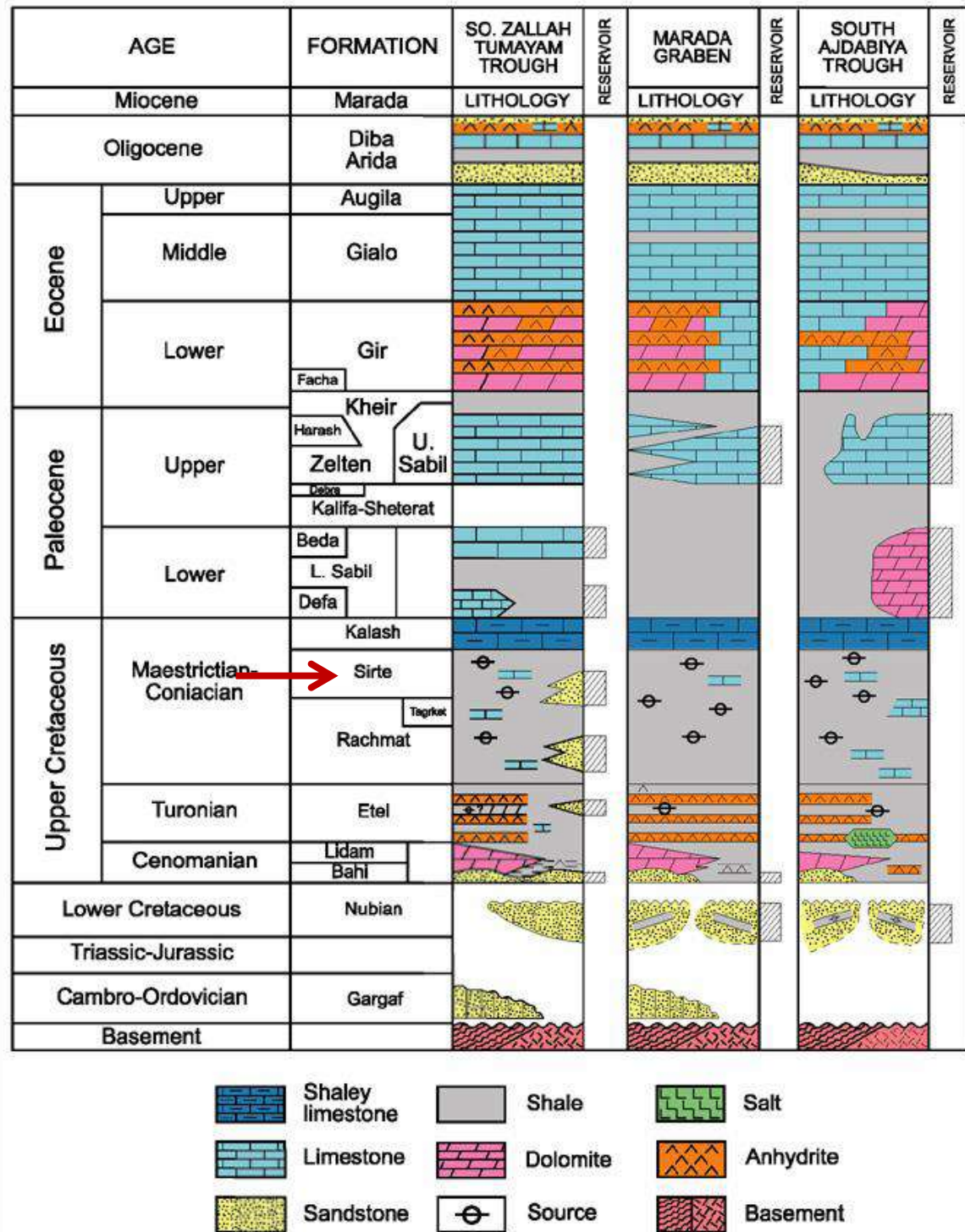
Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии:

принципиальный разрез района

RIFT SEQUENCE (after MEER & CLOETINGH)	RIFT SEQUENCE (after GRAS & THUSU)	AGE	LITHOLOGY	FORMATION	MAXIMUM THICKNESS (m)
POSTRIFT THERMAL CONTRACTION		MIOCENE	^ ^ ^ ^ ^ ^ ^ ^	MARADA	125
		OLIGOCENE		DIBA	180
				ARIDA	140
		UPPER EOCENE		AUGILA	150
SYN-RIFT	POSTRIFT THERMAL CONTRACTION	MIDDLE-EARLY EOCENE		GIALO GIR	1600
		PALEOCENE		HARASH ZELTEN KHALIFA/DAHRA BEDA	1050
PRE-RIFT	SYN-RIFT	LATE CRETACEOUS		HAGFA SHALES KALASH SIRTE SHALES TAGRIFET RAKB SHALES	1295
	MAIN	EARLY CRETACEOUS-LATE JURASSIC		UPPER SARIR SS. SARIR SHALES	700
				LOWER SARIR SS.	
	EARLY	TRIASSIC		AMAL/HOFRA SANDSTONE	
	PRE-RIFT	CAMBRIAN-ORDOVICIAN		GARGAF --- BASEMENT	

MUDSTONES	EVAPORITES	LIMESTONES
SANDSTONES	DOLOMITES	METAMORPHIC & IGNEOUS ROCKS
UNCONFORMITIES		

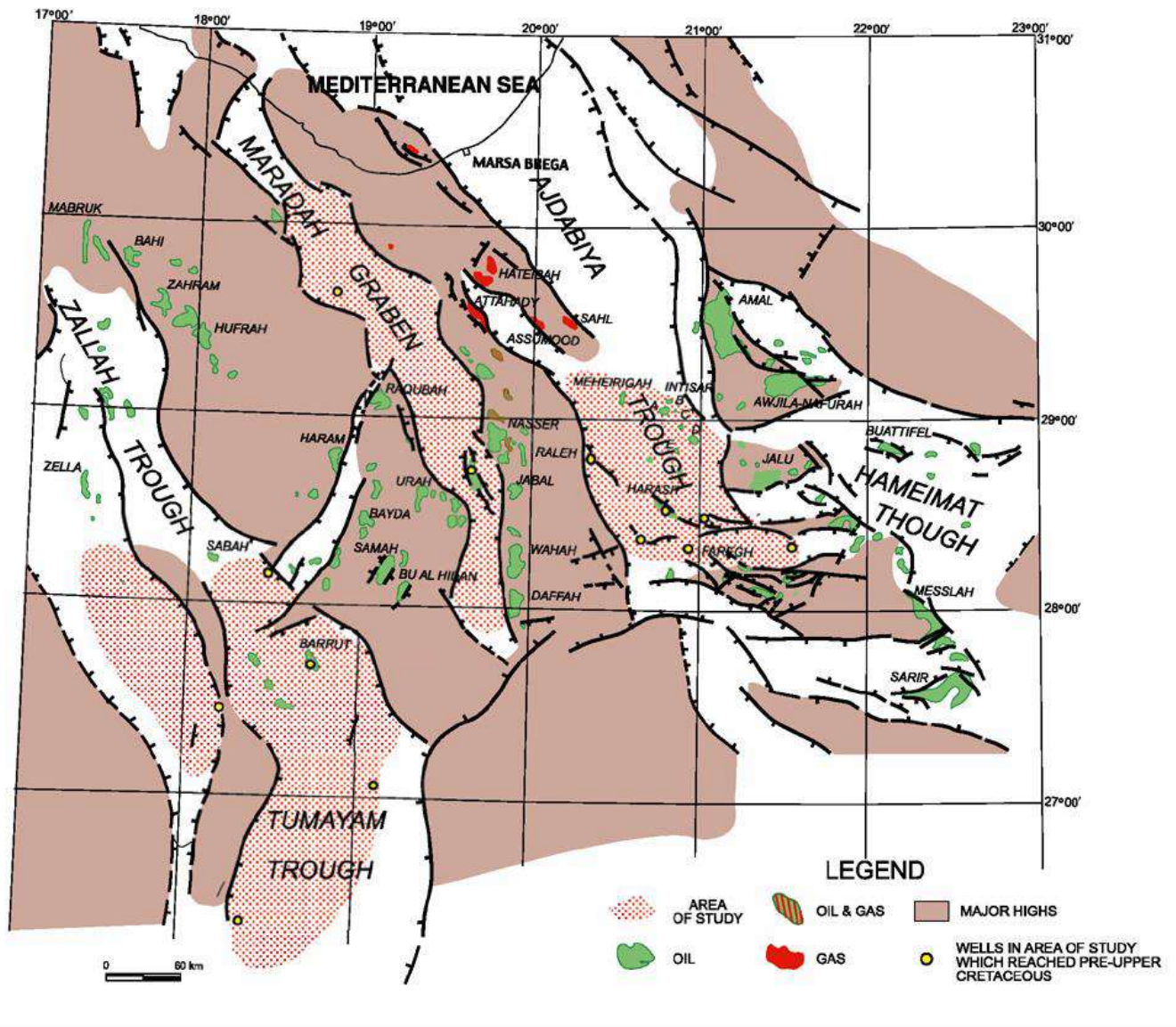
Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии



There is one dominant total petroleum system in the Sirte Basin, here named the **Sirte-Zelten Total Petroleum System**. The naming of the total petroleum system follows the convention of Magoon and Dow (1994) whereby the principal source rock is the **Upper Cretaceous (Senonian/Campanian) Sirte Shale** (also referred to as “Sirt Shale”) of the Rakb Group. Some authors have distinguished an **Upper Sirte Shale (Campanian)** and a **Lower Sirte Shale (Turonian)**, separated by a Tagrifet Limestone (Coniacian/Santonian); all are considered source rocks .

The Sirte Basin is an example of a dominantly vertically migrated petroleum system, wherein Upper Cretaceous oil charges multiple reservoirs along fault zones adjacent to horsts and grabens. The importance of right-lateral wrench fault systems of Senonian age was demonstrated, and pointed out that the periodic rejuvenation of these systems in the **Sirte Basin** was particularly important to vertical migration of petroleum.

Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии



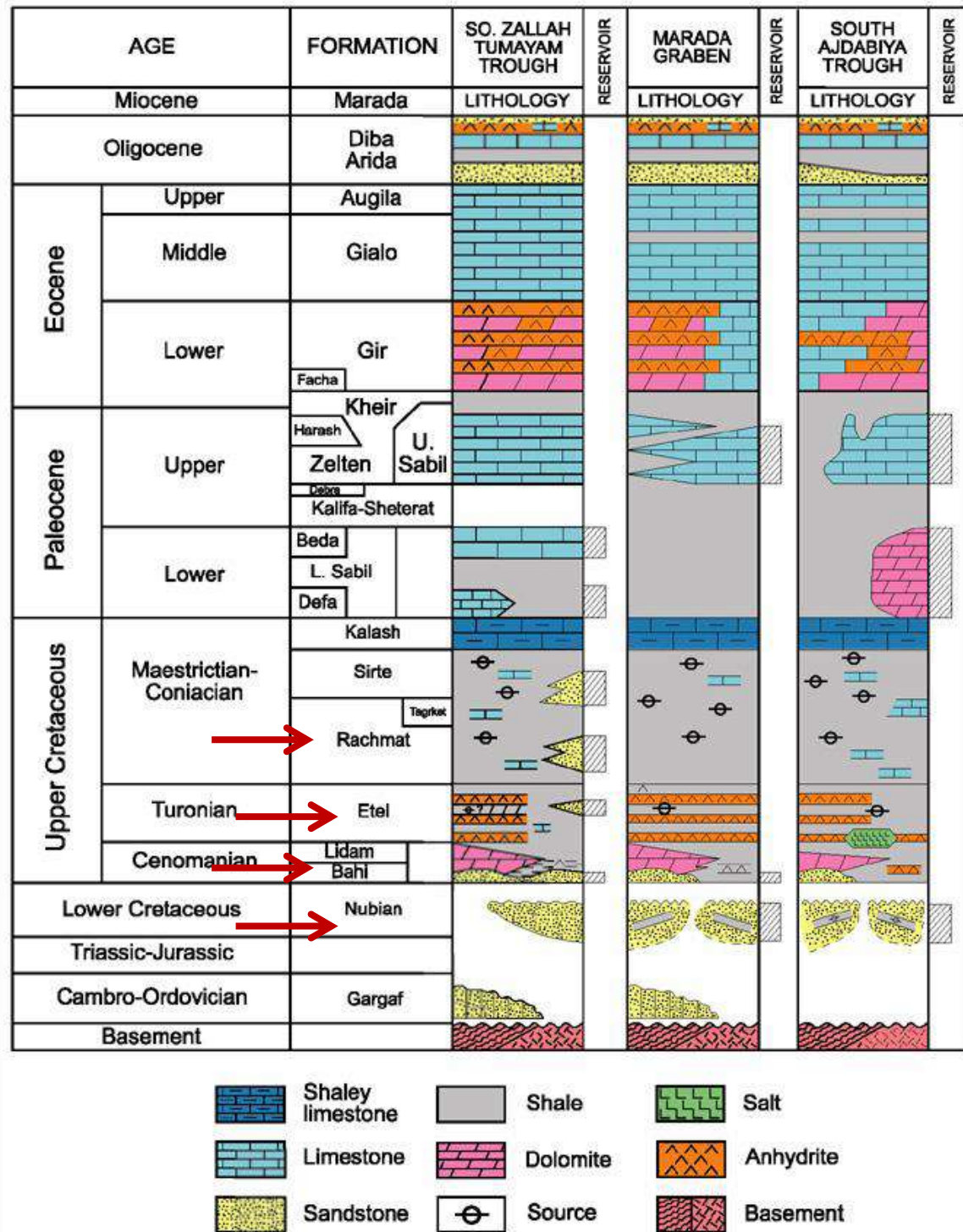
Structural elements of the Sirt Basin, showing oil and gas fields, areas of study, and location of wells with total depths exceeding 12,000 ft in the areas of study. The approximate size of the Sirt Basin areas of study are Ajdabiya trough, 8,500 km²; Maradah graben, 10,000 km²; and South Zallah trough–Tumayam trough, 25,000 km²

Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии

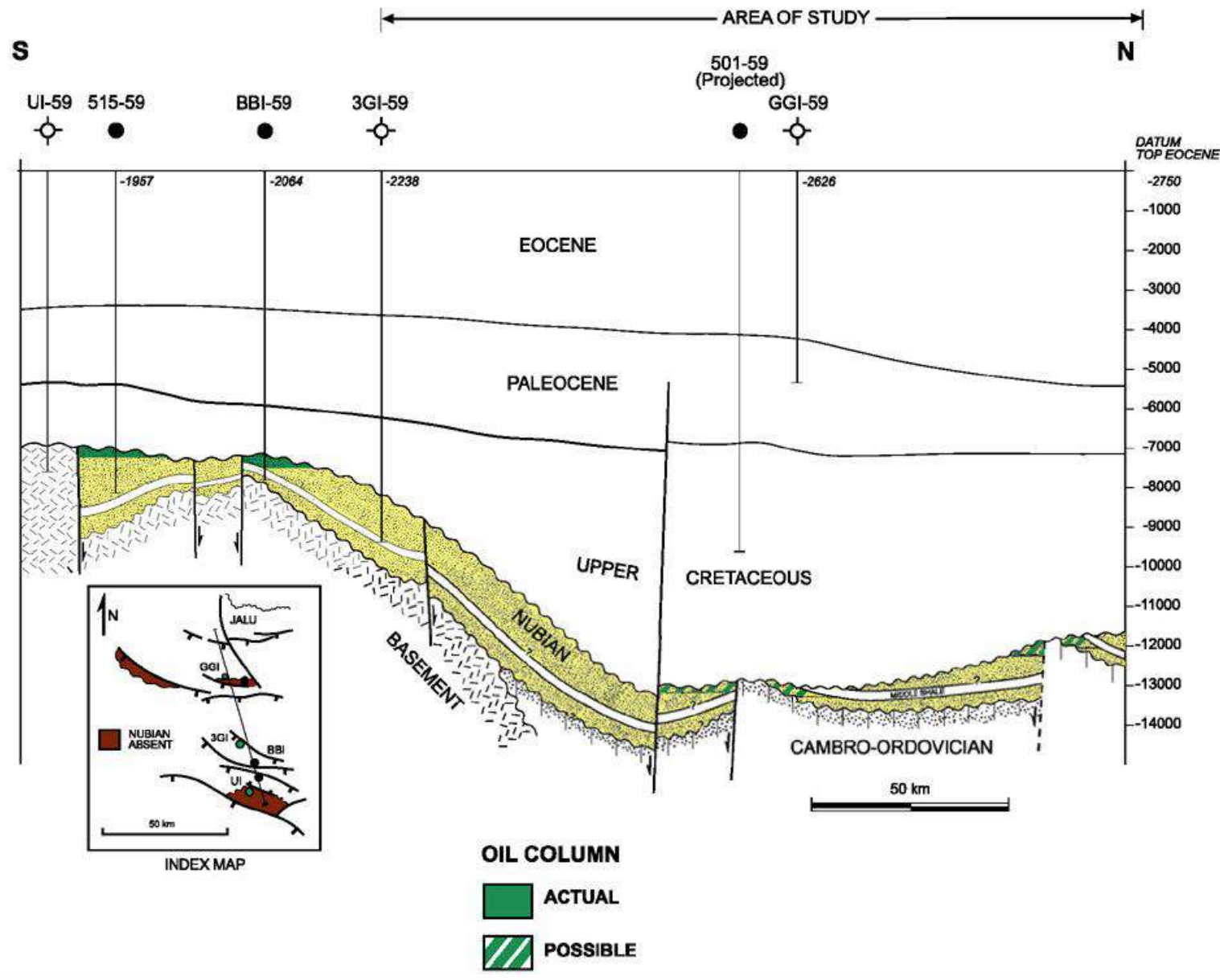
Generalized stratigraphic correlation chart of the Sirt Basin study areas: south Ajdabiya trough, Maradah graben, and south Zallah trough–Tumayam trough. The main reservoir and source intervals are indicated on the chart. Hachured boxes represent main reservoirs

The lower and upper sandstone members of the **Upper Jurassic to Lower Cretaceous Nubian Formation** are clearly the primary reservoir targets for the area.

Secondary reservoir objectives are high risk in the area because of limited distribution and reservoir properties. The **Bahi (Maragh) sandstone** equivalent is absent or very thin in surrounding areas, with dominant siltstone and shale lithology suggestive of the **Etel Formation**. The Lidam dolomite, a facies of the Etel Formation in this sector of the Sirt Basin, is also very thin or absent in nearby wells. The **Tagrifet limestone** and equivalent **Rachmat limestone** beds are thin and generally argillaceous mudstones west of the Amal and Jalu highs.

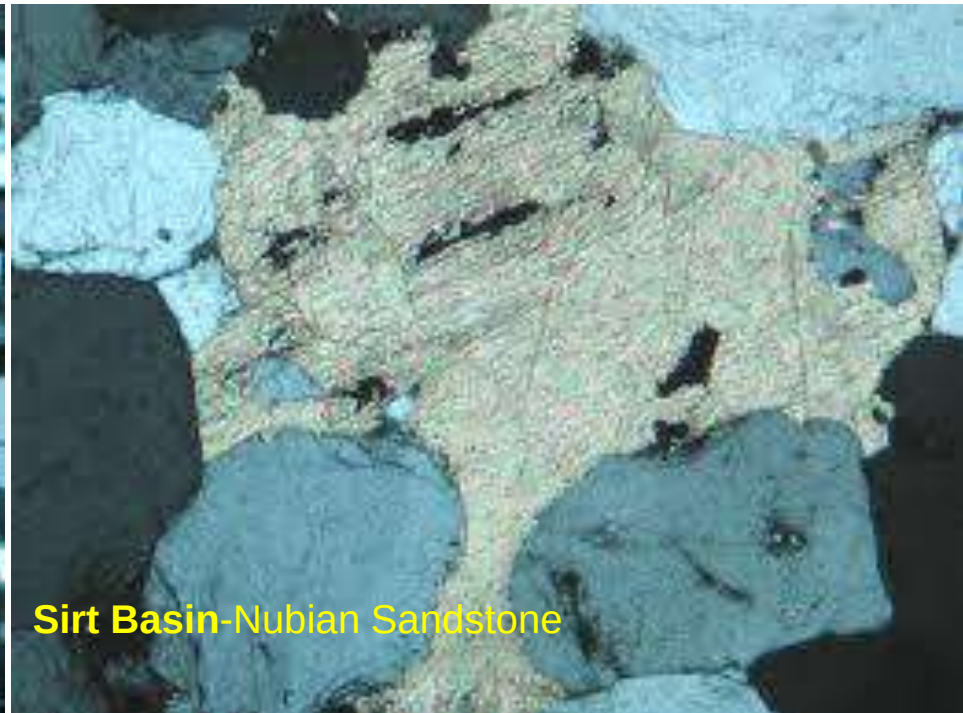
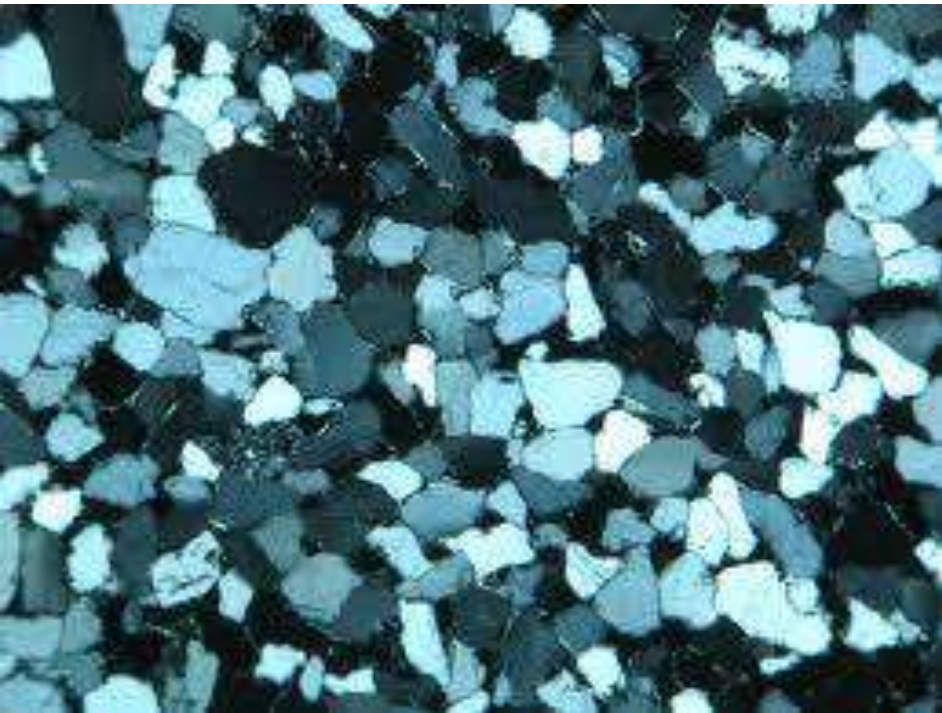


Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии



South Ajdabiya Trough Reservoirs. The lower and upper sandstone members of the Upper Jurassic to Lower Cretaceous Nubian Formation are clearly the primary reservoir targets for the area. Net sand thicknesses are estimated to range from 0 (at discrete onlap and truncation limits) to 1200 ft . Depth to the top Nubian ranges from 12,000 to 18,000 ft . Despite these depths, it is expected that average porosities will be 12–13%, with maximum porosity exceeding 20%. Average porosity at depths below 15,000 ft ranges from 12% to 13.5% in some wells in nearby Hameimat²⁵ trough.

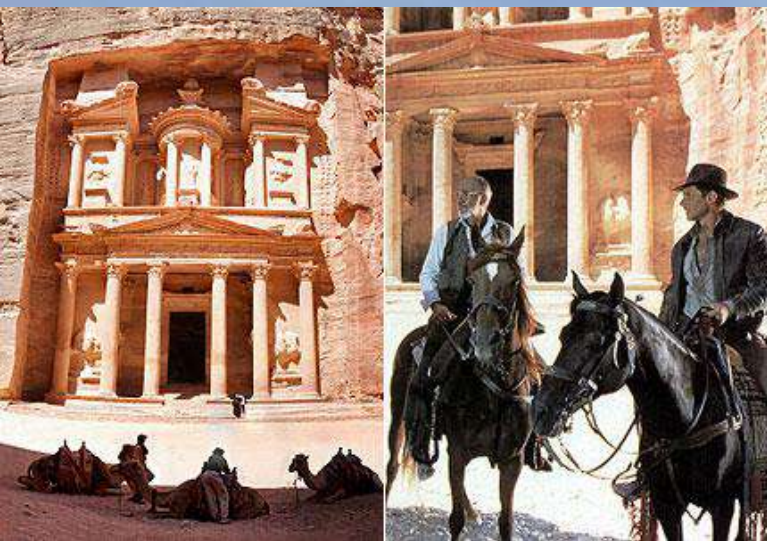
North-south structural cross section from the central part of the Ajdabiya trough to the Faregh oil-field area, depicting actual and inferred Nubian sandstone trap configurations



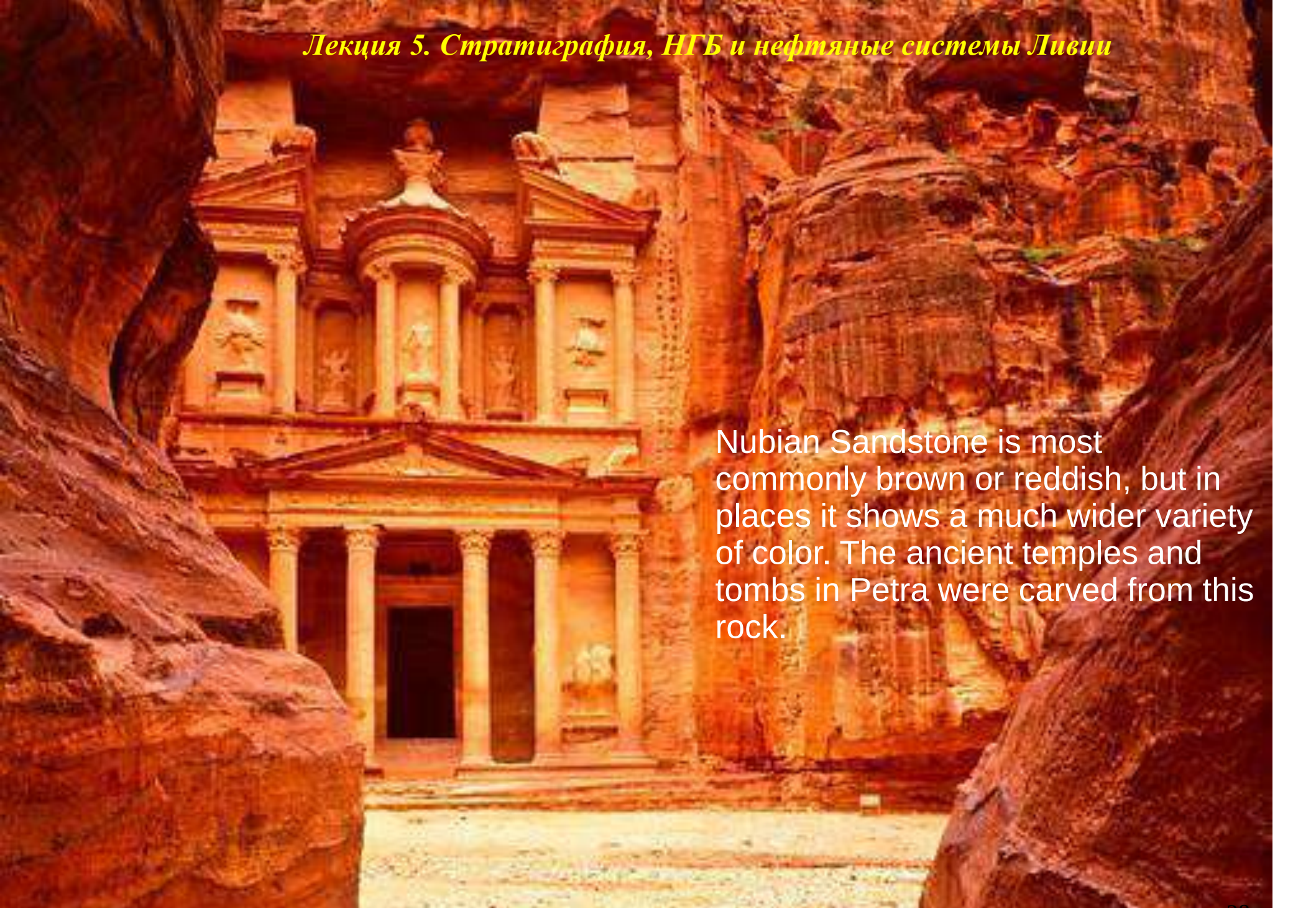
The term “Nubia sandstone” was first introduced to the Egyptian stratigraphy by Joseph Rüssegger in 1837, who used the term "Sandstein von Nubien" to designate nonfossiliferous sandstone sections of Paleozoic or Mesozoic age. Russegger followed and studied this series of sandstone formations from Sudan, Egypt, Lybia and Arabia Petrsea

Nubian Sandstone refers to a variety of sedimentary rocks deposited on the Precambrian basement in the eastern Sakhara, north-east Africa and Arabia. It consist of **continental sandstones** with thin beds of **marine limestones and marls**. Nubian sandstone was deposited between the **Lower Paleozoic** and **Upper Cretaceous**, with marine beds dating from the **Carboniferous** to **Lower Cretaceous**. The Nubian sandstone complex has a thickness varying from under 500 m to over 3000 m, resting on the Precambrian basement.

Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии



Mesozoic continental Nubian Sandstones, Jebel Bin Genihma, eastern margin of the Murzuq Basin, SW Libya

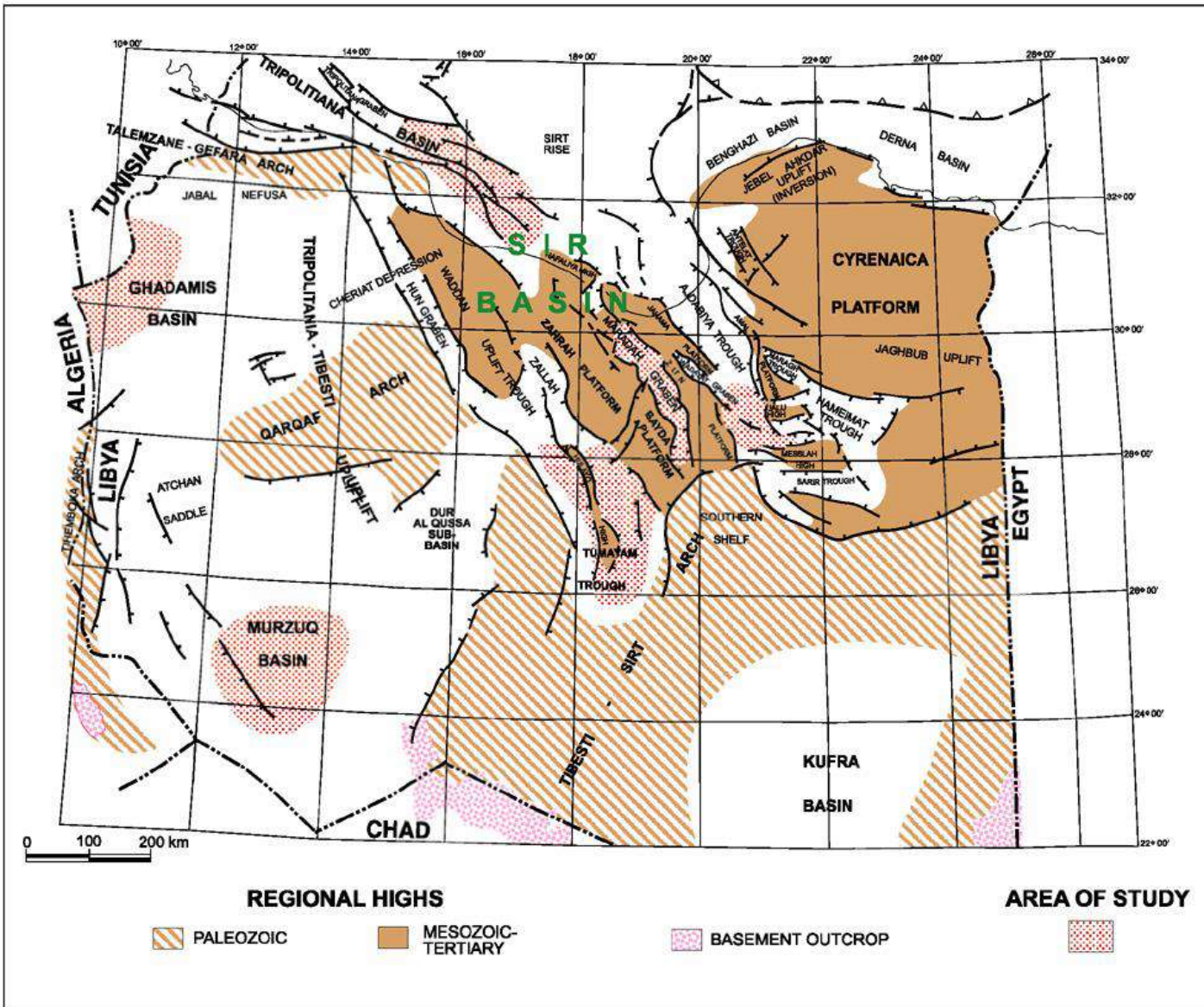


Nubian Sandstone is most commonly brown or reddish, but in places it shows a much wider variety of color. The ancient temples and tombs in Petra were carved from this rock.

Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии

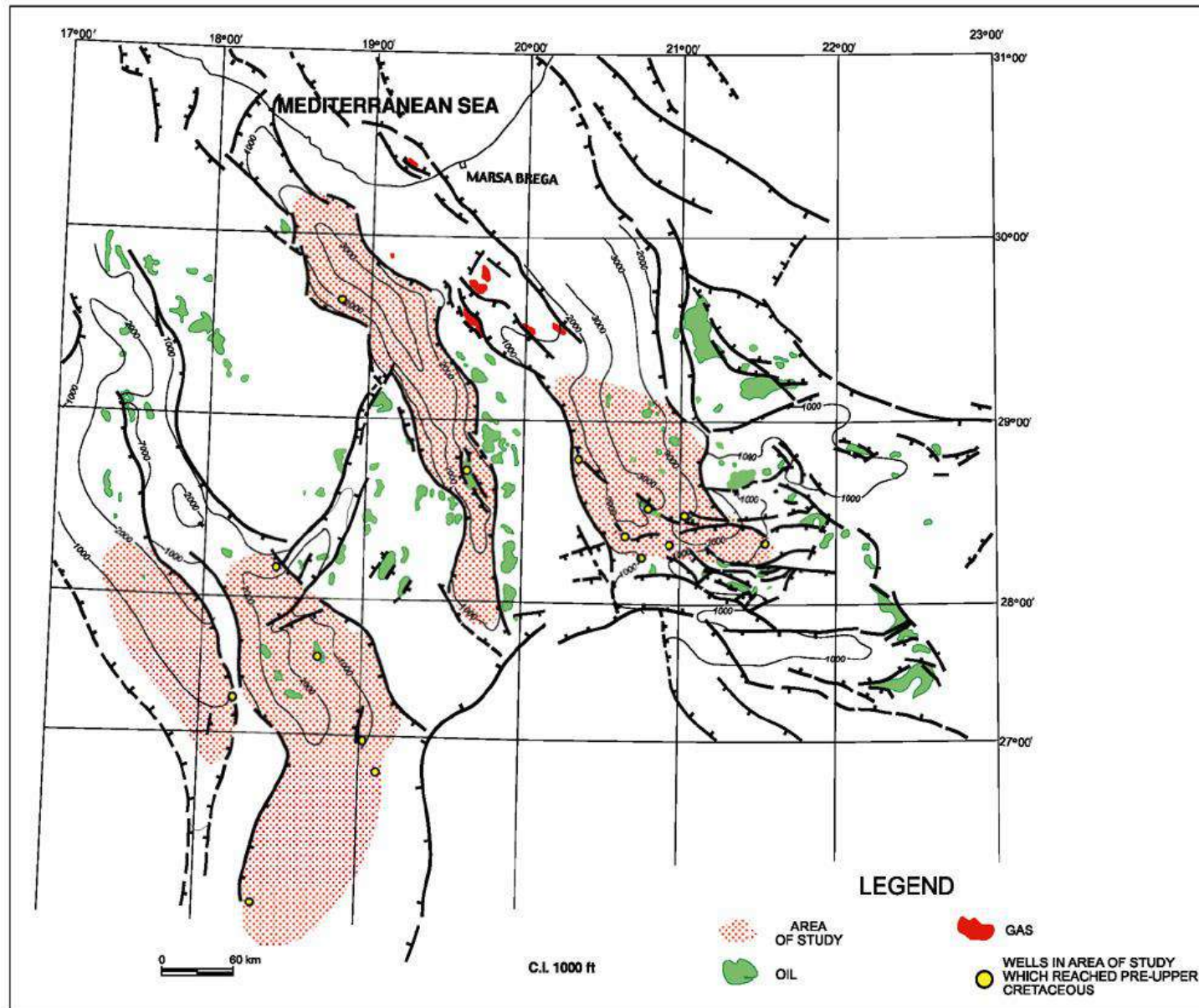
Sirt Basin General

The underexplored sectors of the Ajdabiya trough, Maradah graben, and Zallah-Tumayam trough have important features in common: **nearby oil production**, only four or five exploration wells which reached sub–Upper Cretaceous horizons, a world-class source rock (the Upper Cretaceous Sirt-Rachmat shale), and large areal extent. The Ajdabiya, Maradah, and Zallah-Tumayam areas cover 8,500 km², 10,000 km², and 25,000 km², respectively.



Generalized tectonic map of Libya showing major structural features. Also shown are six underexplored central basin or trough areas

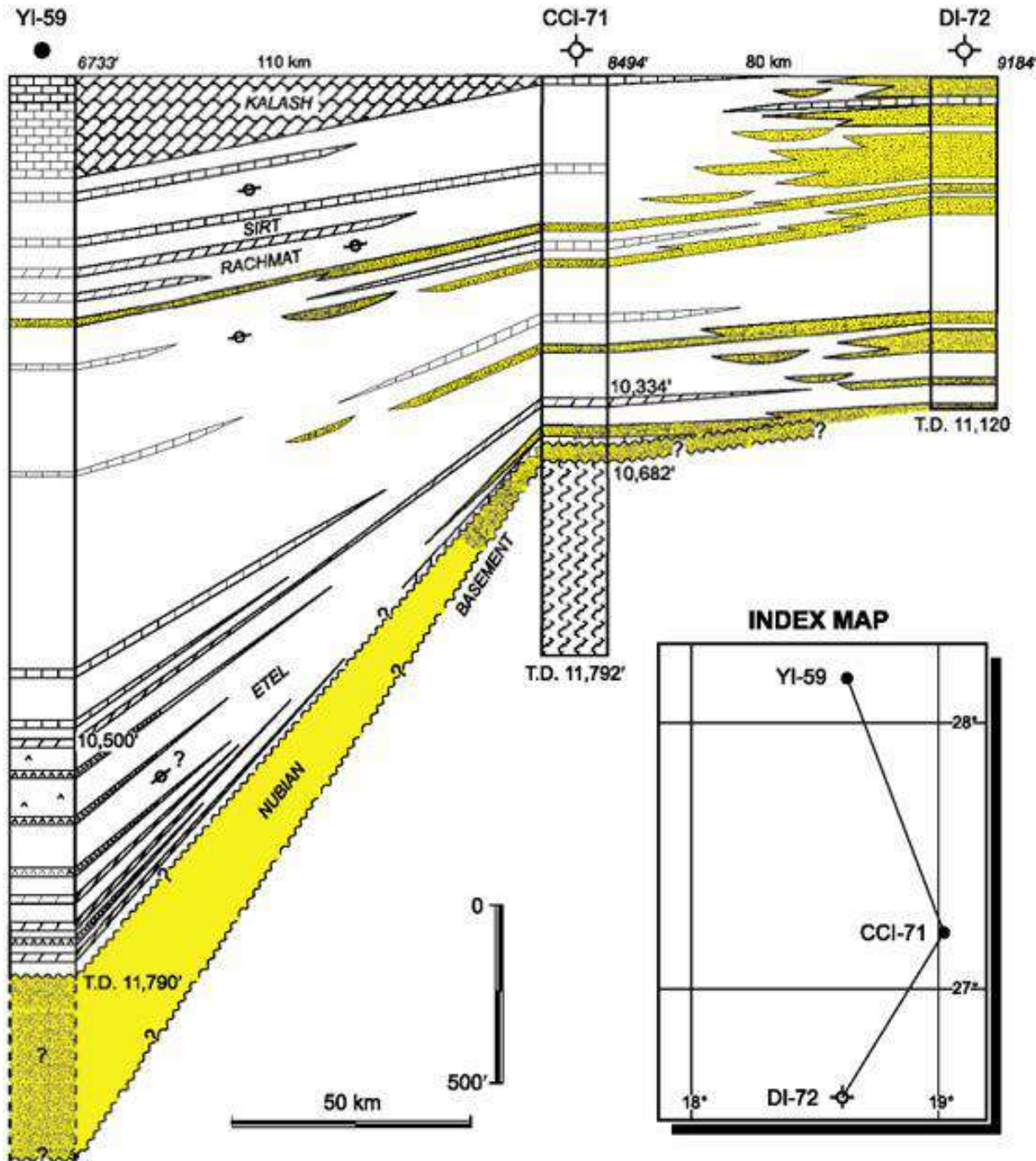
Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии



The Campanian-Coniacian Sirt-Rachmat shale sequence, which includes minor amounts of carbonates (Tagrifet limestone) with variable source potential, varies in thickness from 1000 ft to more than 3000 ft in each of the three troughs. The total organic carbon (TOC) of this sequence ranges from 0.5% to 8%, averaging 1.5–4%.

Net shale isopach map of Sirt and Rachmat Formations (Upper Cretaceous), Sirt Basin.

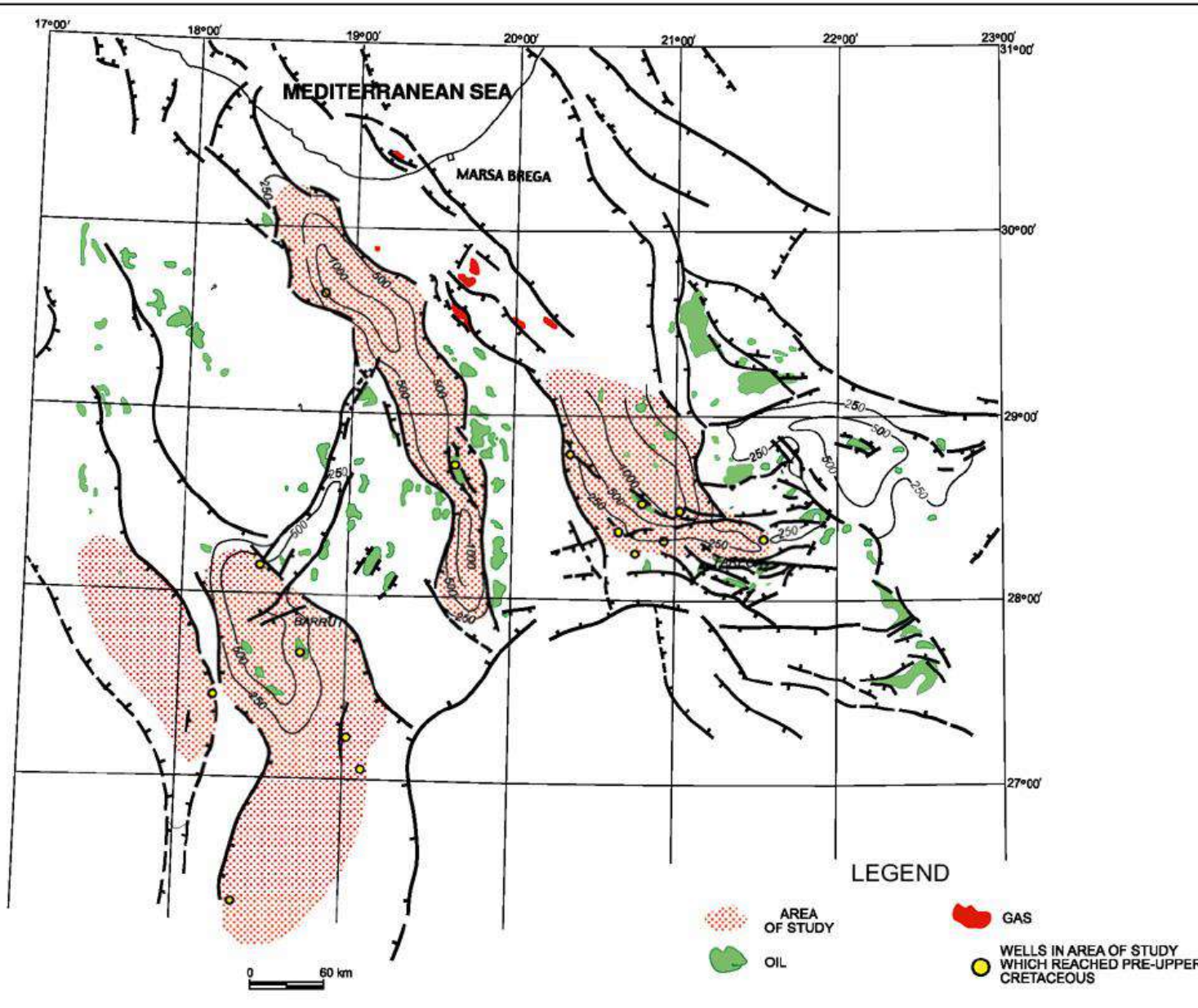
Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии



North-south diagrammatic correlation of the Cretaceous section of wells YI-59, CCI-71, and DI-72. Well correlation illustrates probable relationship of the northward sandstone pinch-outs interfingering with Sirt-Rachmat shale source beds. Also shown is the interpreted Nubian sandstone correlation. Datum is the top Cretaceous

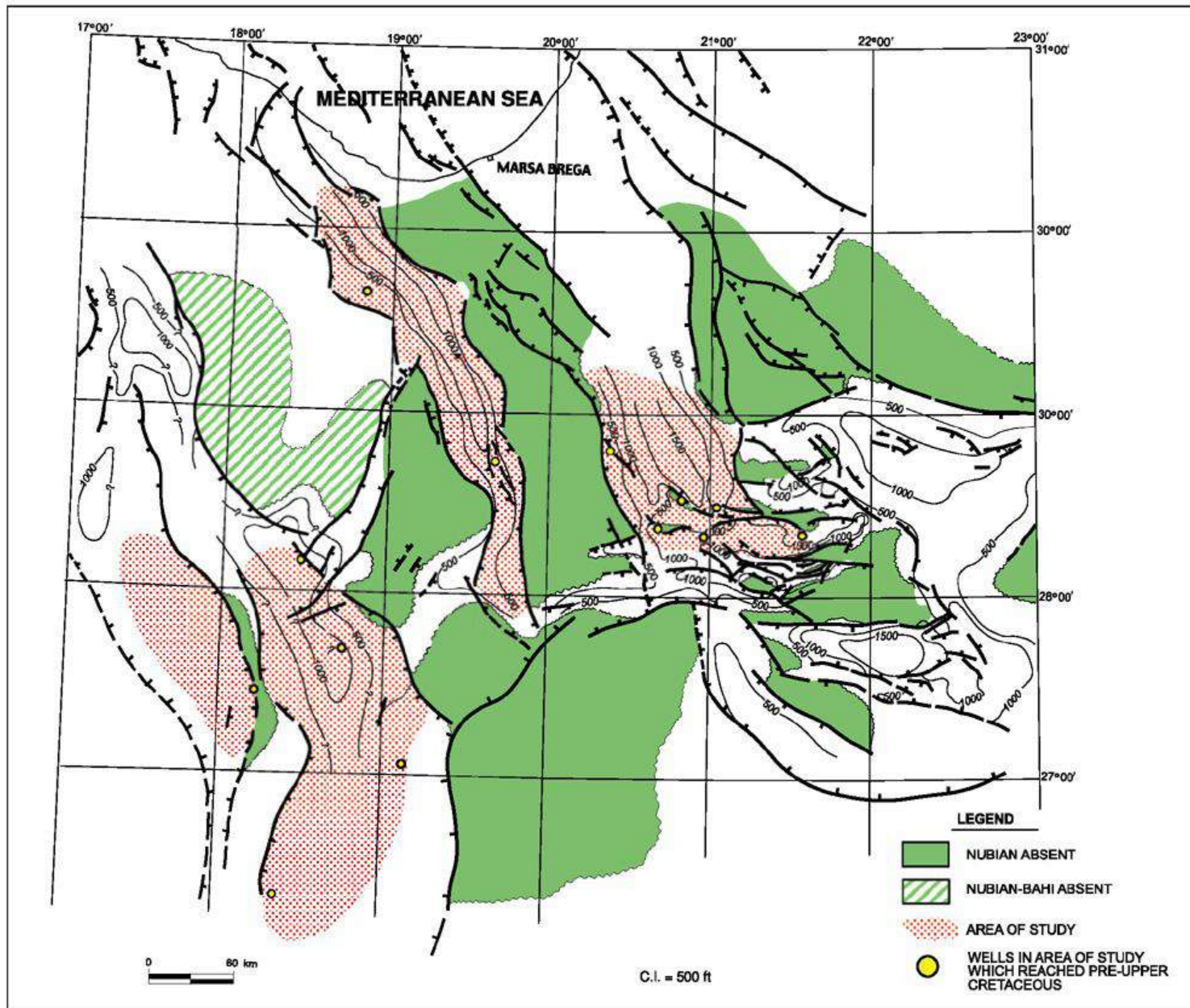
Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии

Source-rock Summary. The Cenomanian-Turonian Etel Formation (evaporites, shale, and minor carbonates deposited in shallow lagoonal to supratidal conditions) exhibits good source-rock characteristics, with **TOC ranging from 0.6% to 6.5%** in the Hameimat trough. These same Etel facies, with net shale thicknesses of 200 ft to more than 1000 ft, are present in the southern Ajdabiya trough and Maradah graben. Therefore, they should be considered an effective source in those sectors. The source quality of the Etel shale is questionable in the southern Zallah and Tumayam troughs, where it exceeds 500 ft in a limited area only.



Net shale isopach map of the Etel Formation (Upper Cretaceous), Sirt Basin.

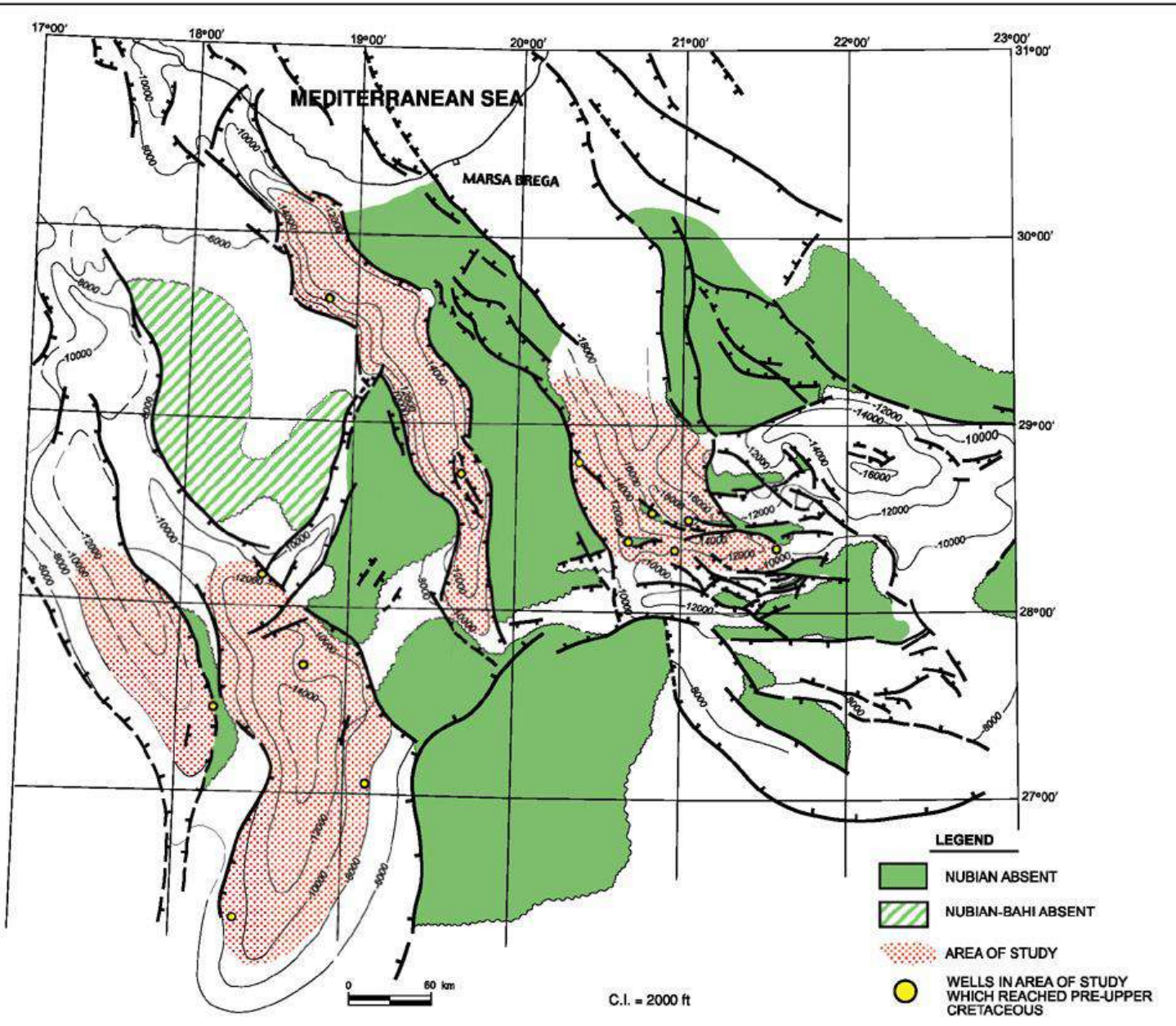
Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии



A third source is the Lower Cretaceous middle shale member of the Nubian Formation. Nubian lacustrine to lagoonal shale has been identified in the Hameimat trough and the adjoining Faregh and Messlah areas, where thicknesses vary from 0 to 1000 ft and average **TOC is approximately 3%**. It is most likely a minor source in the southern part of the Ajdabiya trough. In the Maradah graben, based on only two wells, the Nubian middle variegated shale member attains thicknesses ranging from 200 to 400 ft. This shale sequence was deposited in a partially anoxic, marginal-marine environment.

Net sand isopach map of the Nubian Formation (Lower Cretaceous), Sirt Basin. Areas where the Nubian is absent because of erosion or nondeposition are indicated.

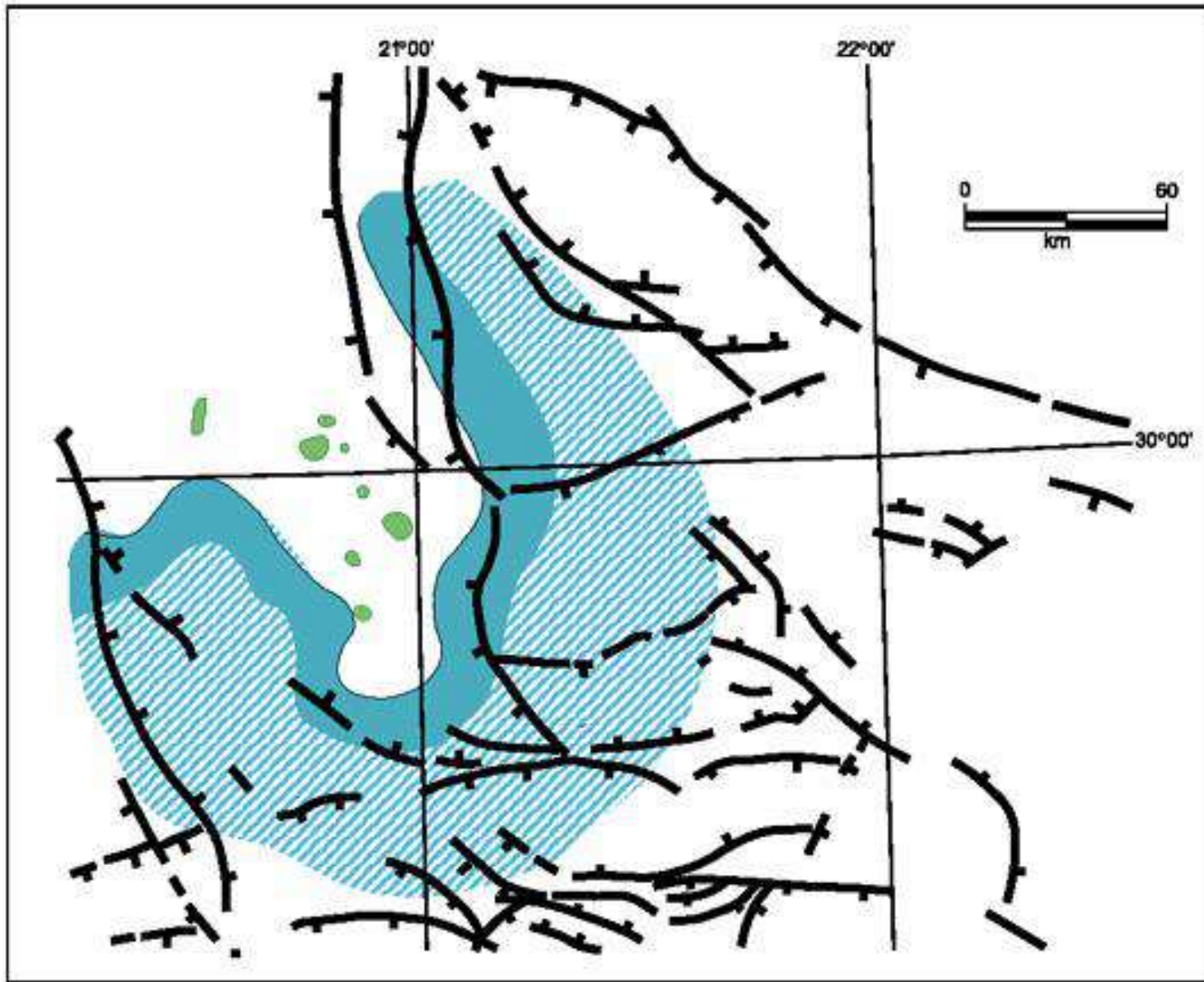
Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии



It may have contributed some hydrocarbon to surrounding areas. The contribution of variable quantities of oil from as many as four source units (shale or shale and carbonate) at different times of expulsion (during periods from early Oligocene to early Pliocene) has yielded several distinct crude oils in different areas. More rock-oil correlation analyses and related studies are needed for more accurate determinations of regional rock-oil timing associations.

Structure map on the top Nubian Formation, Sirt Basin.

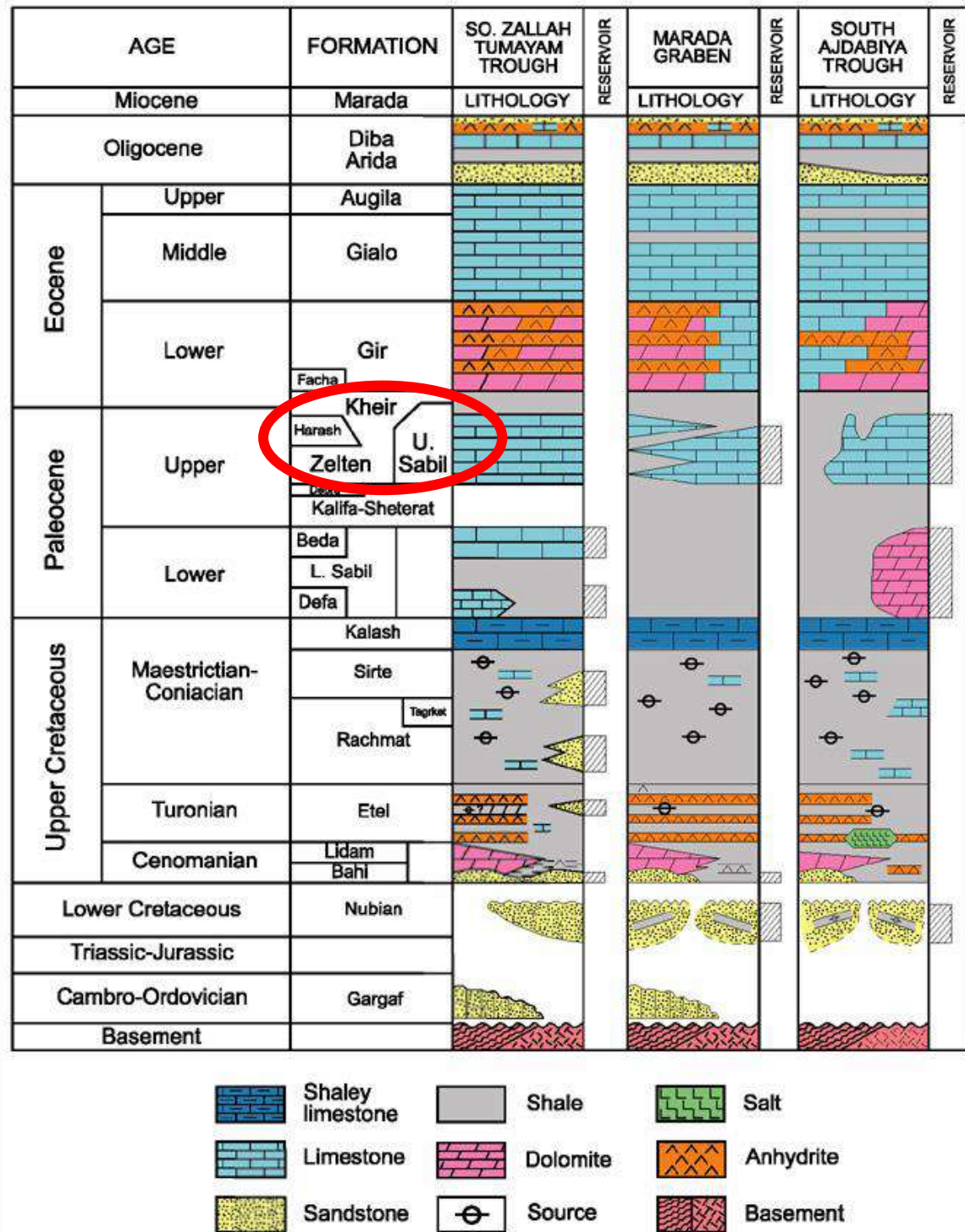
Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии

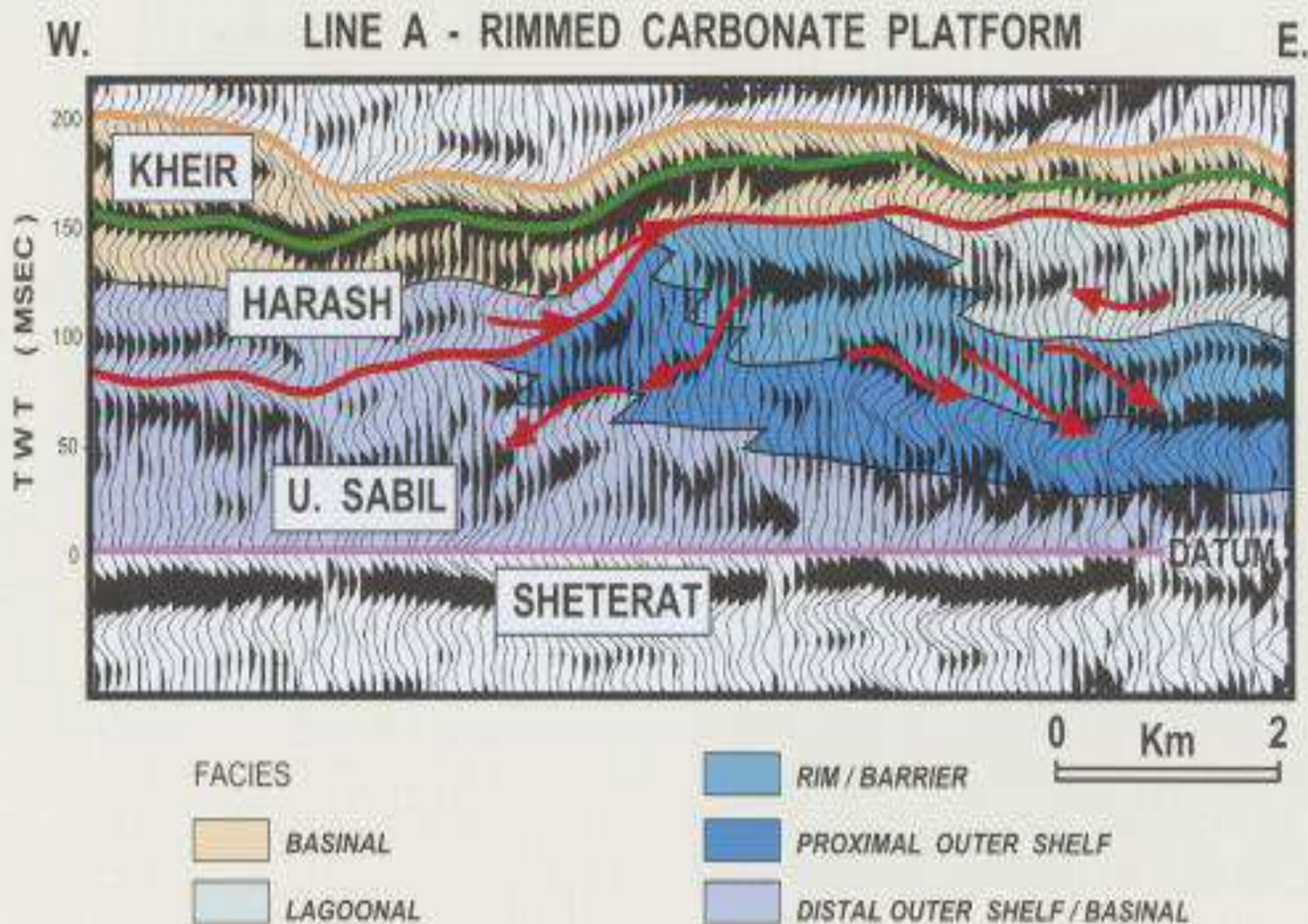


Possible attractive secondary targets are **Paleocene lower and upper Sabil shoal and reef limestones**. Upper Sabil shelf-edge deposition was not controlled by rift phase faulting, and the shelf extended across the southern part of the Ajdabiya trough. **This potential reservoir is at relatively shallow depths** and consequently has been the subject of exploration programs for some time.

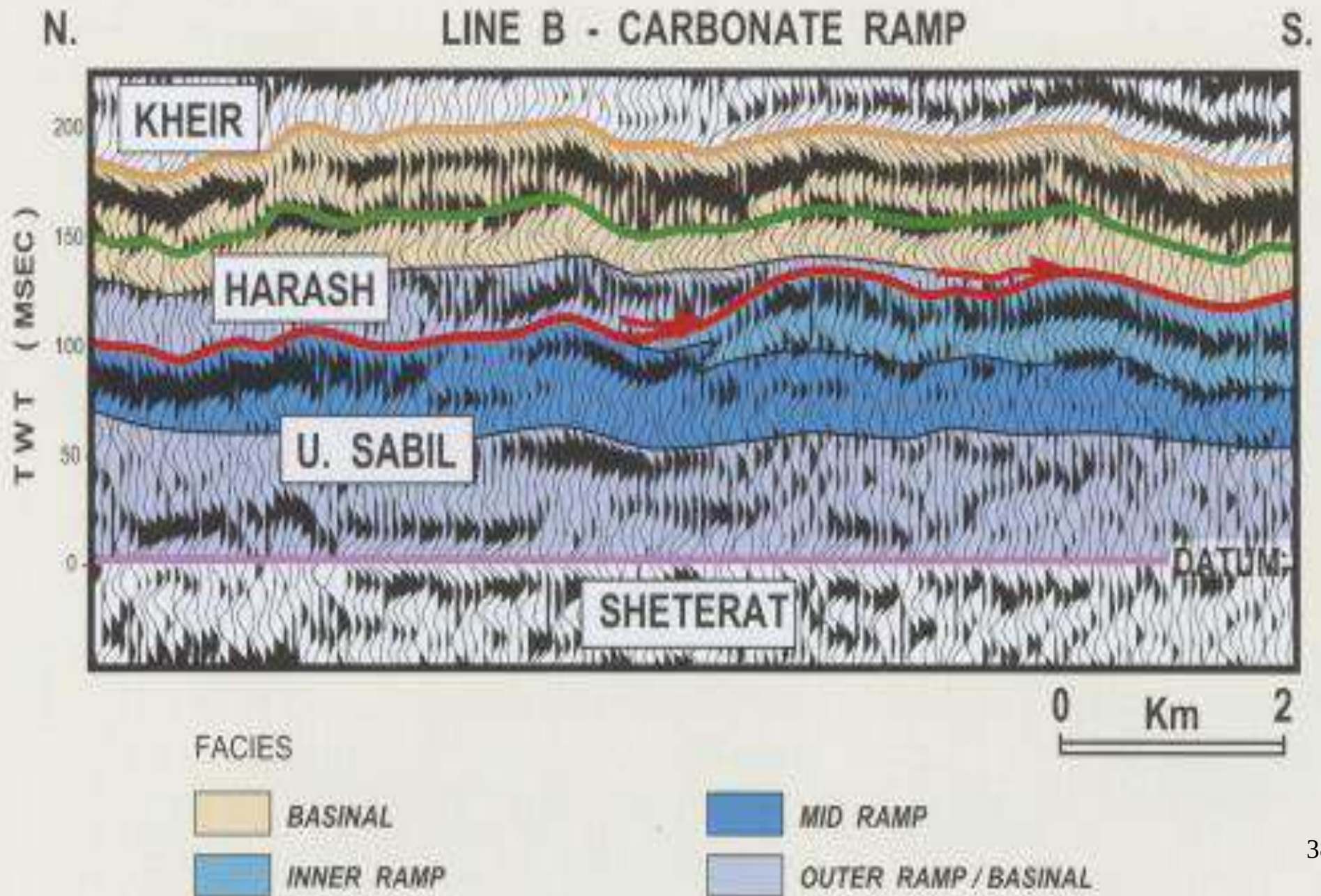
Approximate location of the Paleocene Upper Sabil carbonate shelf edge, Ajdabiya trough—a zone of potential reef and shoal development. Shelf slope pinnacle reef oil fields are shown.

Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии





Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии



NE

Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии

WELL E SW

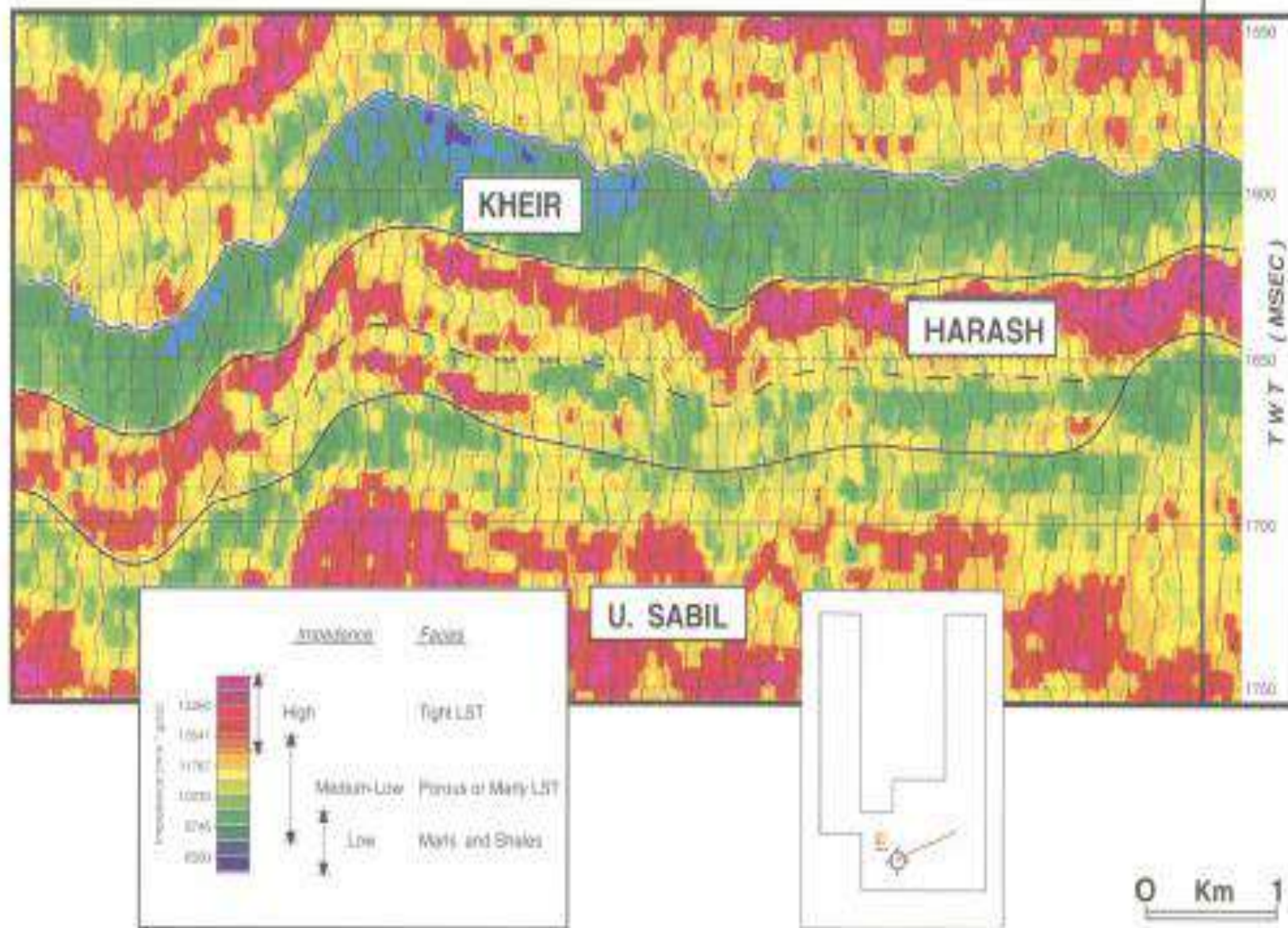


Fig. 10. Pre-drill seismic inversion interpretation for Upper Paleocene seismic anomaly and inversion colour scheme.

Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии

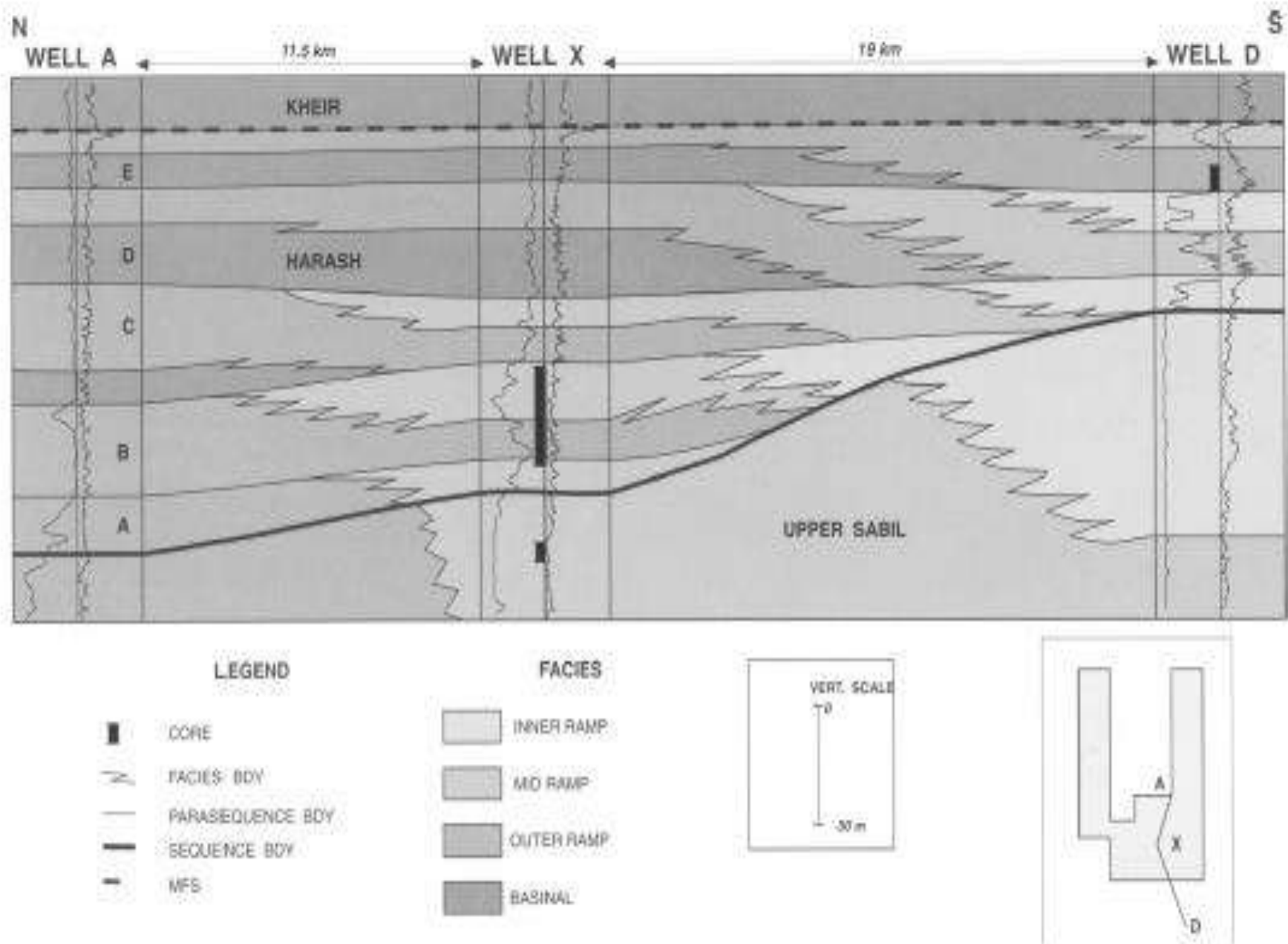


Fig. 12. Well correlation across southern Agedabia Trough incorporating results of Well X. (Compare with pre-drill interpretation in Fig. 7b.)

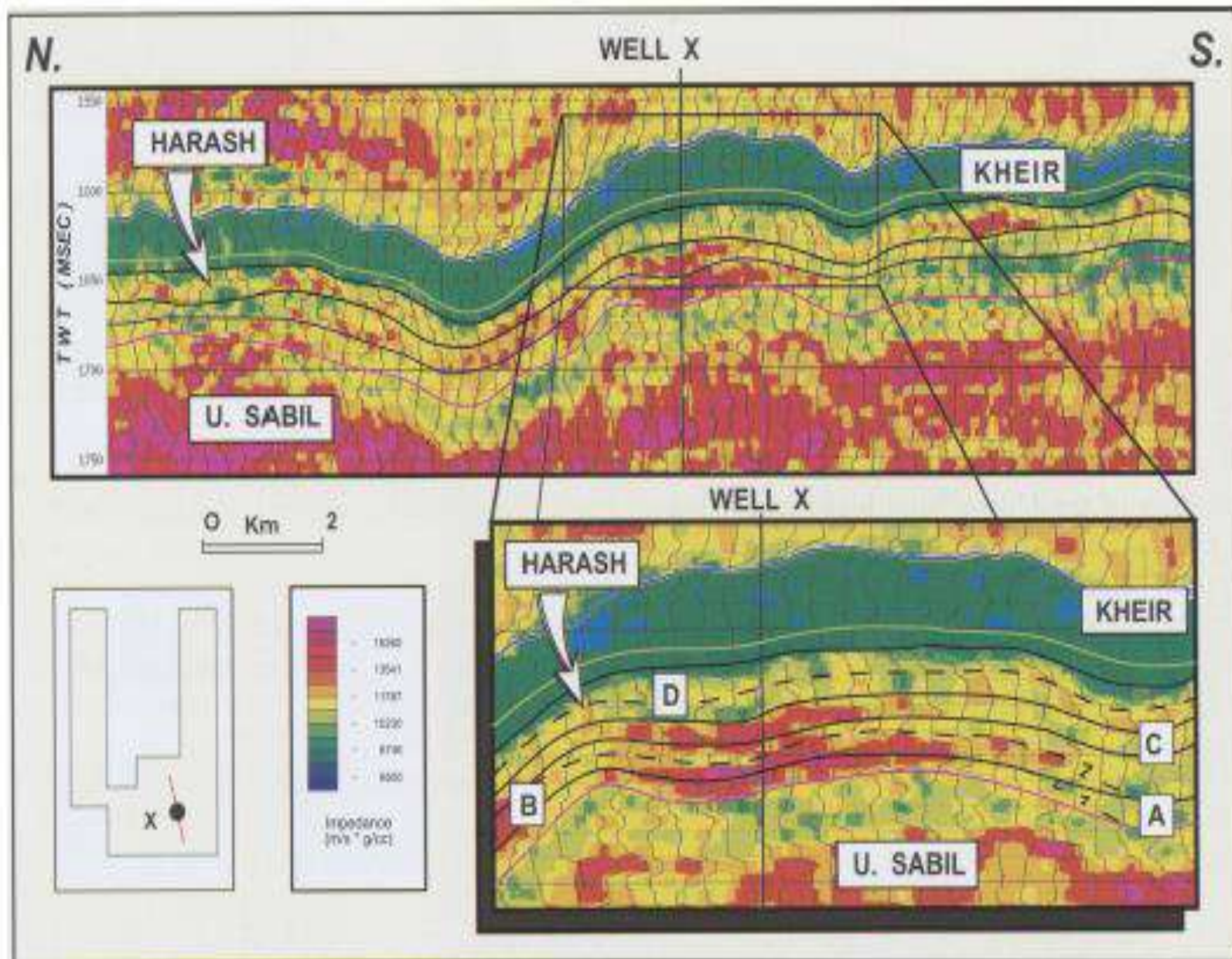


Fig. 14 Post-well seismic inversion interpretation. Inset show details of Harash Formation cycles A–E. (Compare with pre-drill interpretation in Fig. 10.)

Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии

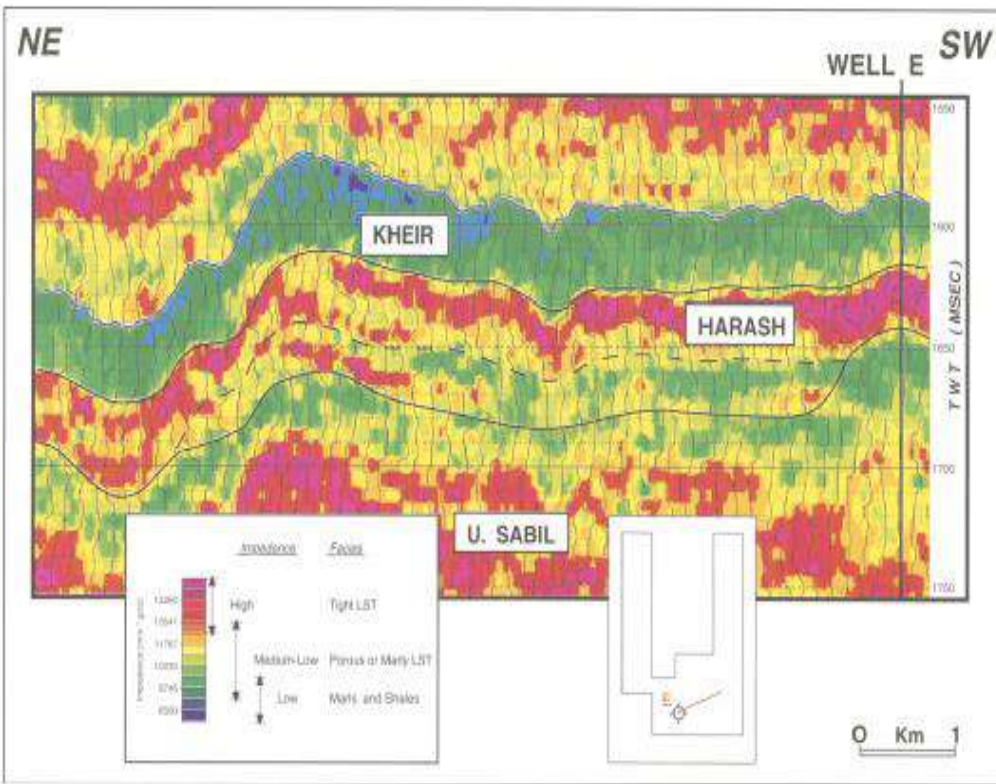


Fig. 10. Pre-drill seismic inversion interpretation for Upper Paleocene seismic anomaly and inversion colour scheme.

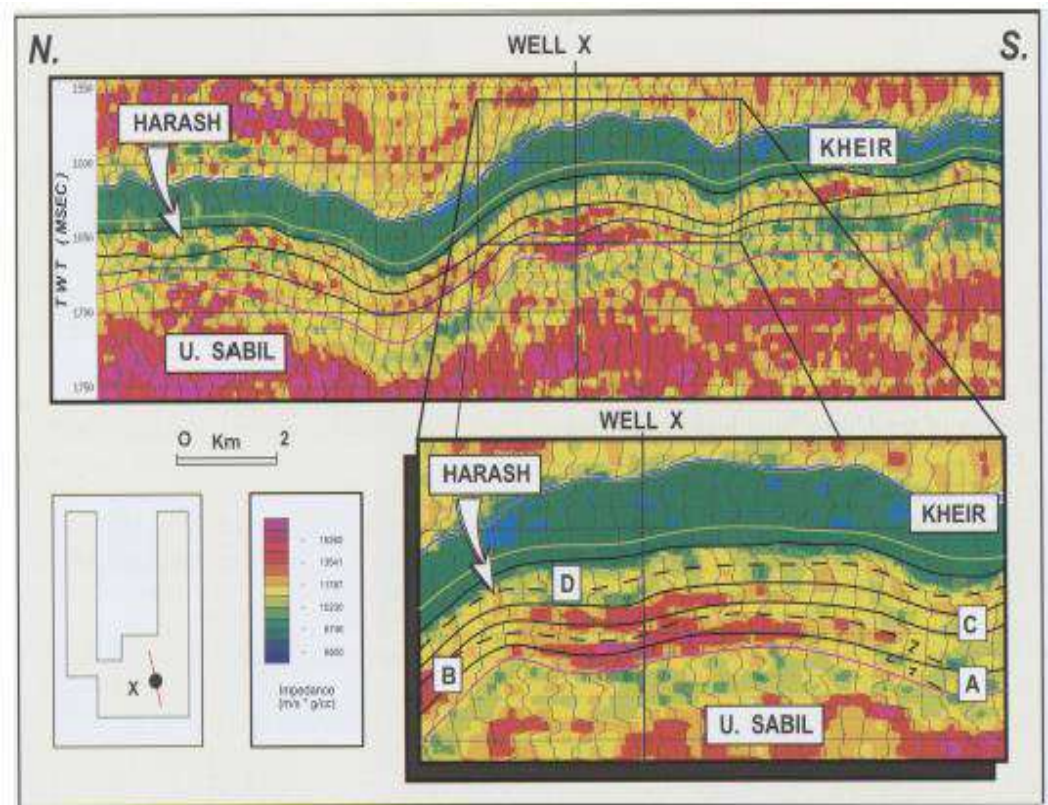


Fig. 14 Post-well seismic inversion interpretation. Inset show details of Harash Formation cycles A-E. (Compare with pre-drill interpretation in Fig. 10.)

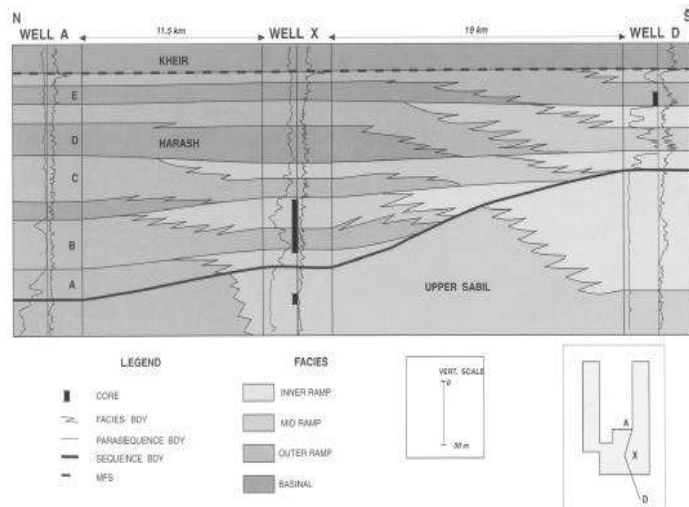
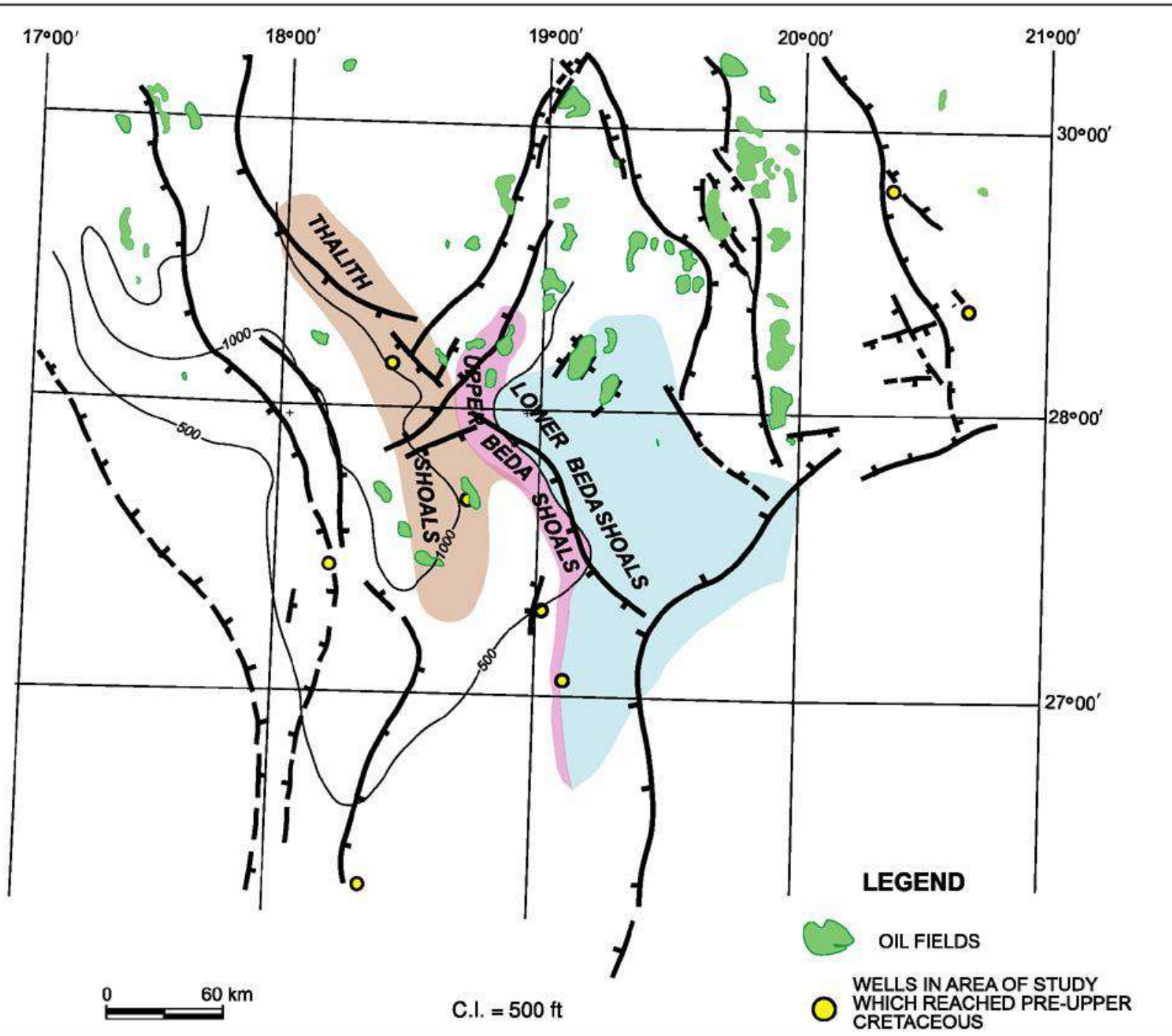


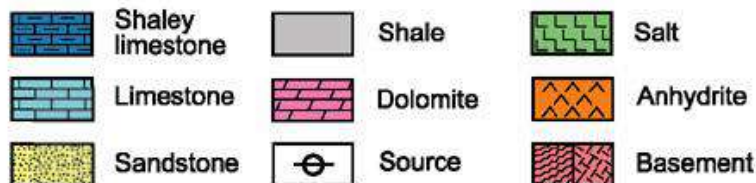
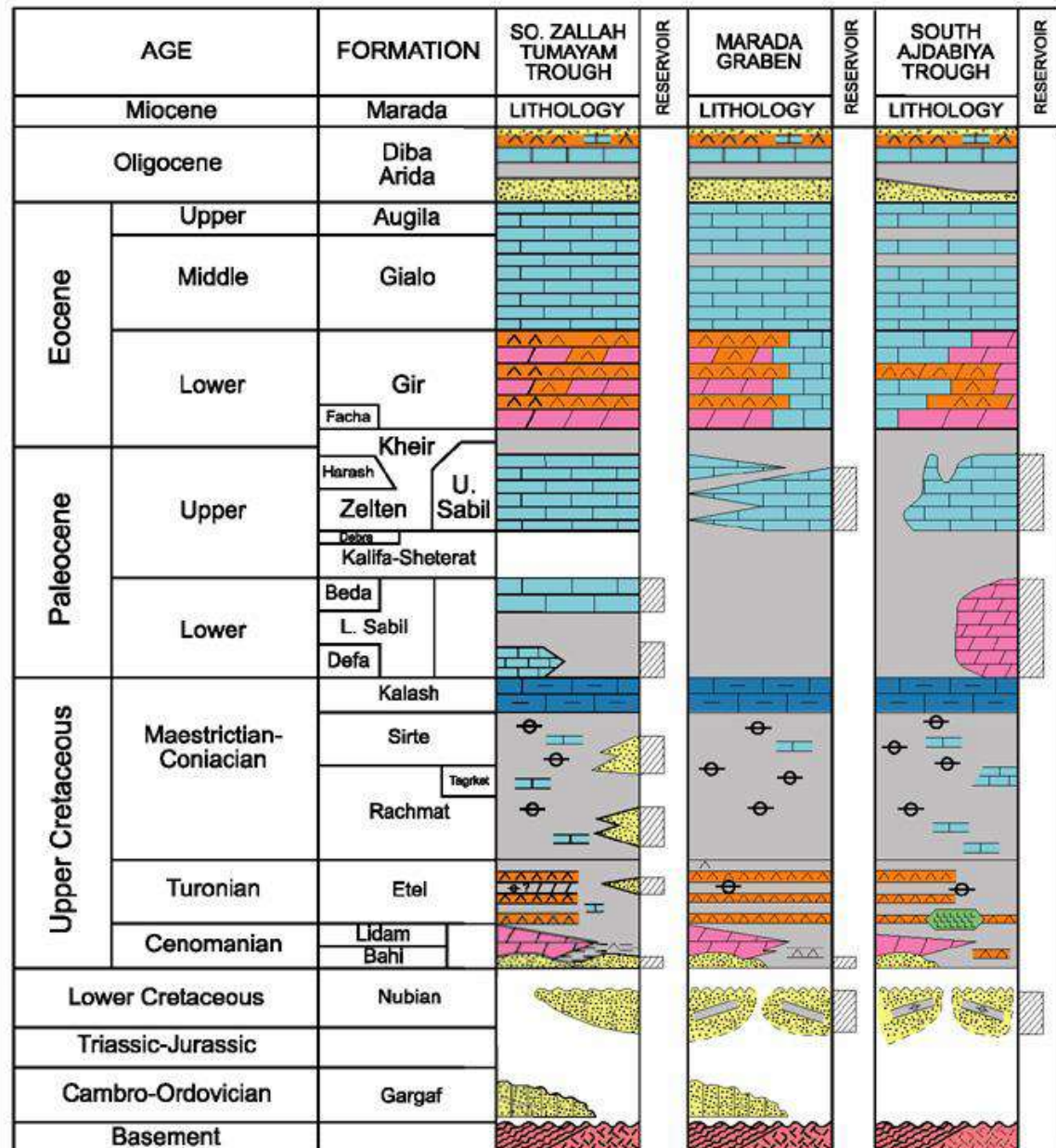
Fig. 12. Well correlation across southern Agedabia Trough incorporating results of Well X. (Compare with pre-drill interpretation in Fig. 7b.)

Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии



Isopach map of the Beda Formation (lower Paleocene), showing distribution of barrier shoal carbonate facies of the Thalith, lower Beda, and upper Beda members, south Zallah trough–Tumayam trough.

Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии



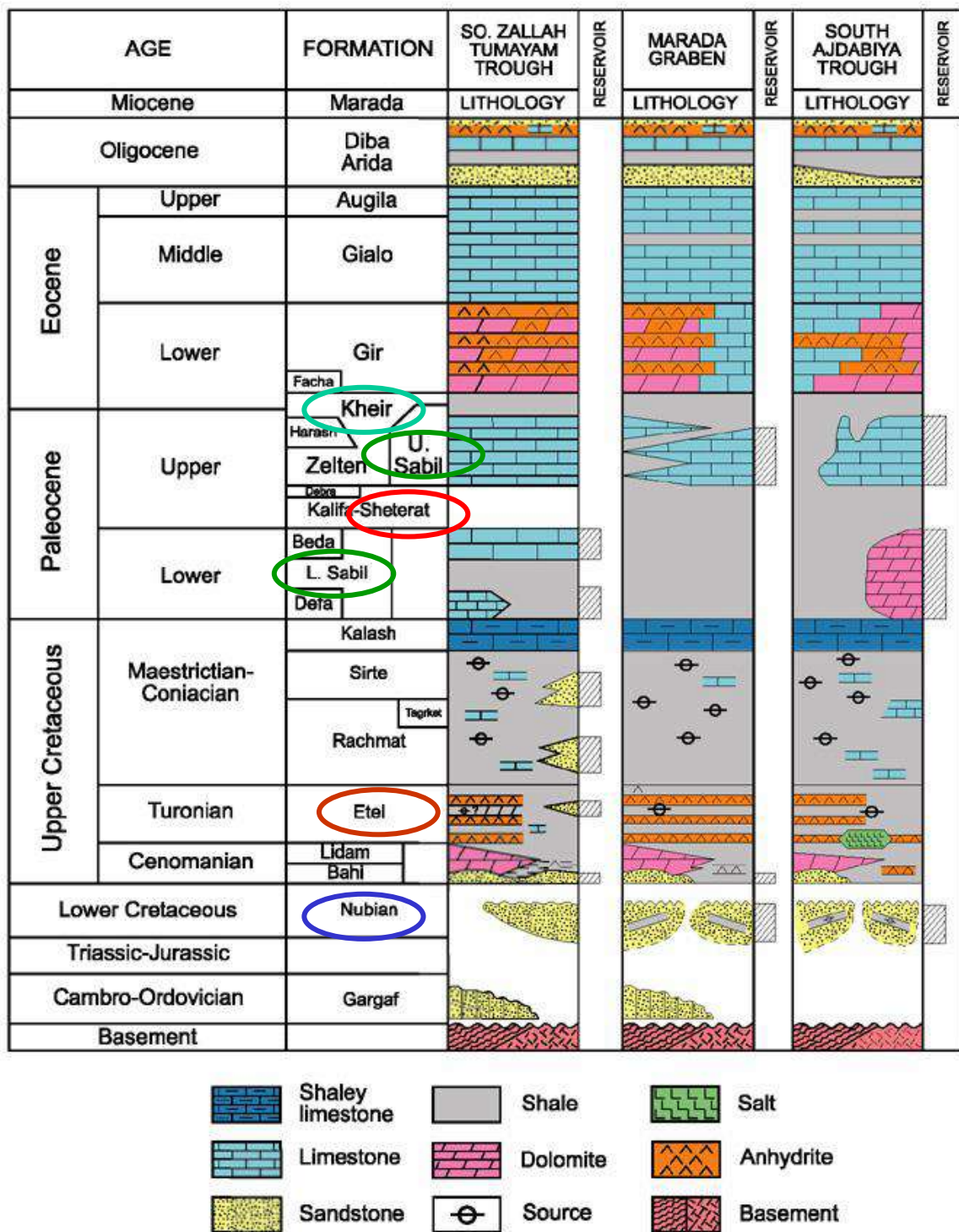
Traps.—Trap types for Nubian reservoirs are horsts, tilted fault blocks, updip unconformity truncations, and updip terminations against basement or Cambrian-Ordovician quartzite. Sabil traps are usually drape anticlines over buildups with lateral permeability barriers.

Типы ловушек для нубийских коллекторов - это горсты, наклонные блоки по разломам, несогласия по восходящим и срезаемым вылегающими образованиями пластам отложений фундамента или кварцитов кембрия-ордовика. Ловушки формации Сабил обычно представляют собой антиклинали над рифовыми постройками с барьерами боковой проницаемости.

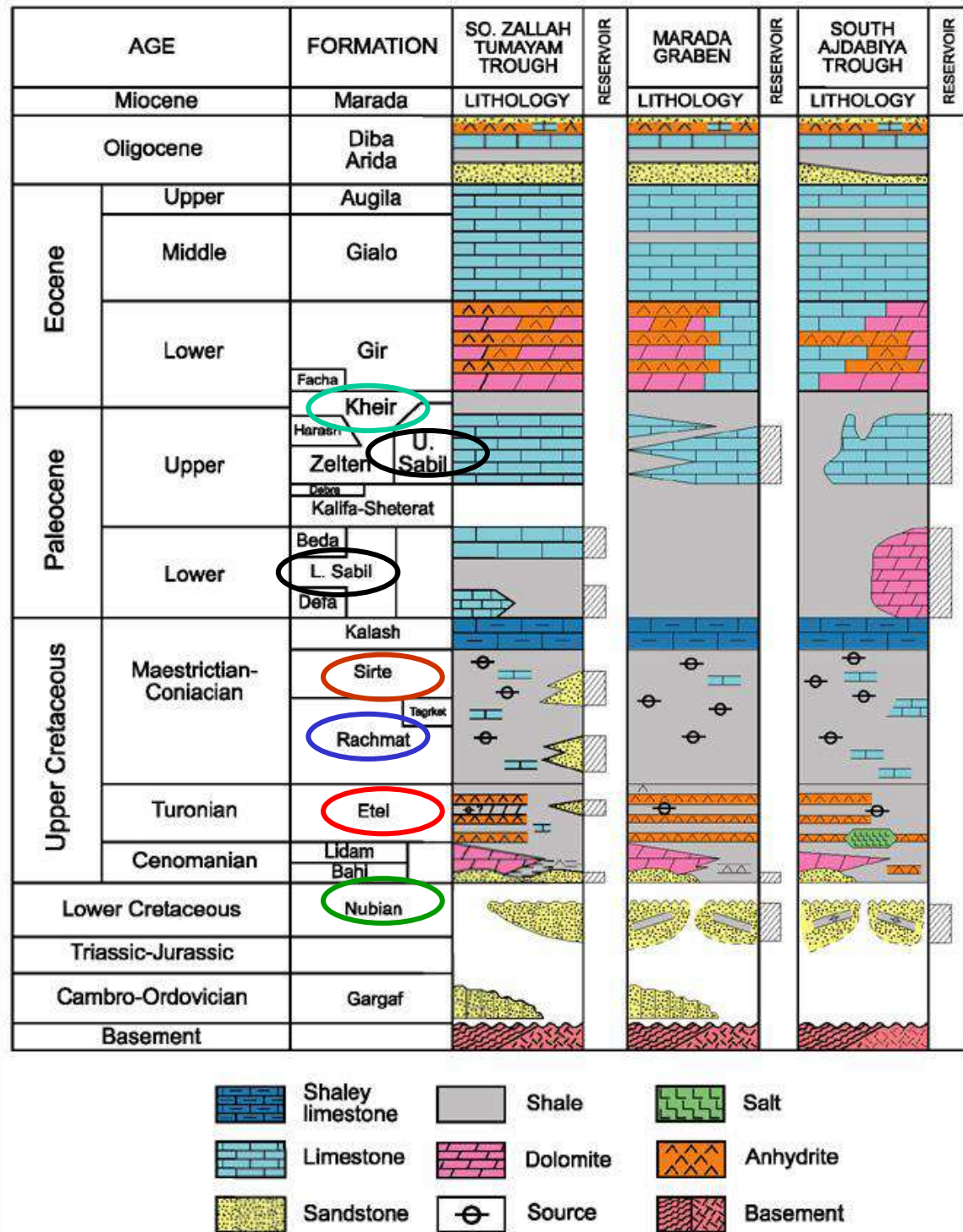
Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии

ПОКРЫШКИ

Seals.—Etel shale and anhydrite at the Sirt unconformity provide an effective seal for the Nubian sandstone throughout most of the area. Locally, a thin Bahi (Maragh) sandstone or Lidam dolomite sequence may directly overlie the Nubian, in which case the Nubian lacks a seal. Sheterat and Kheir shales provide excellent seals for lower and upper Sabil carbonates, respectively.

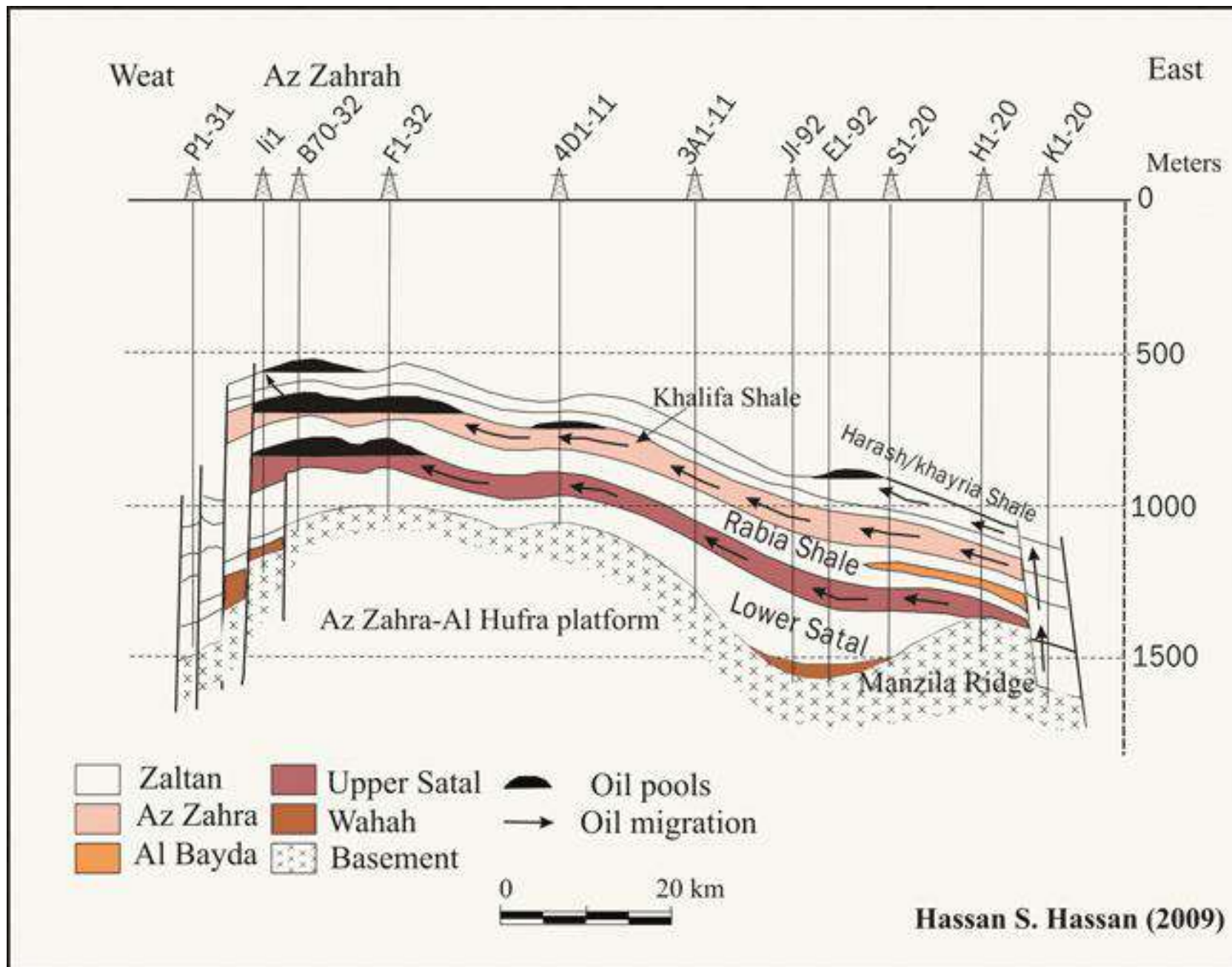


Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии



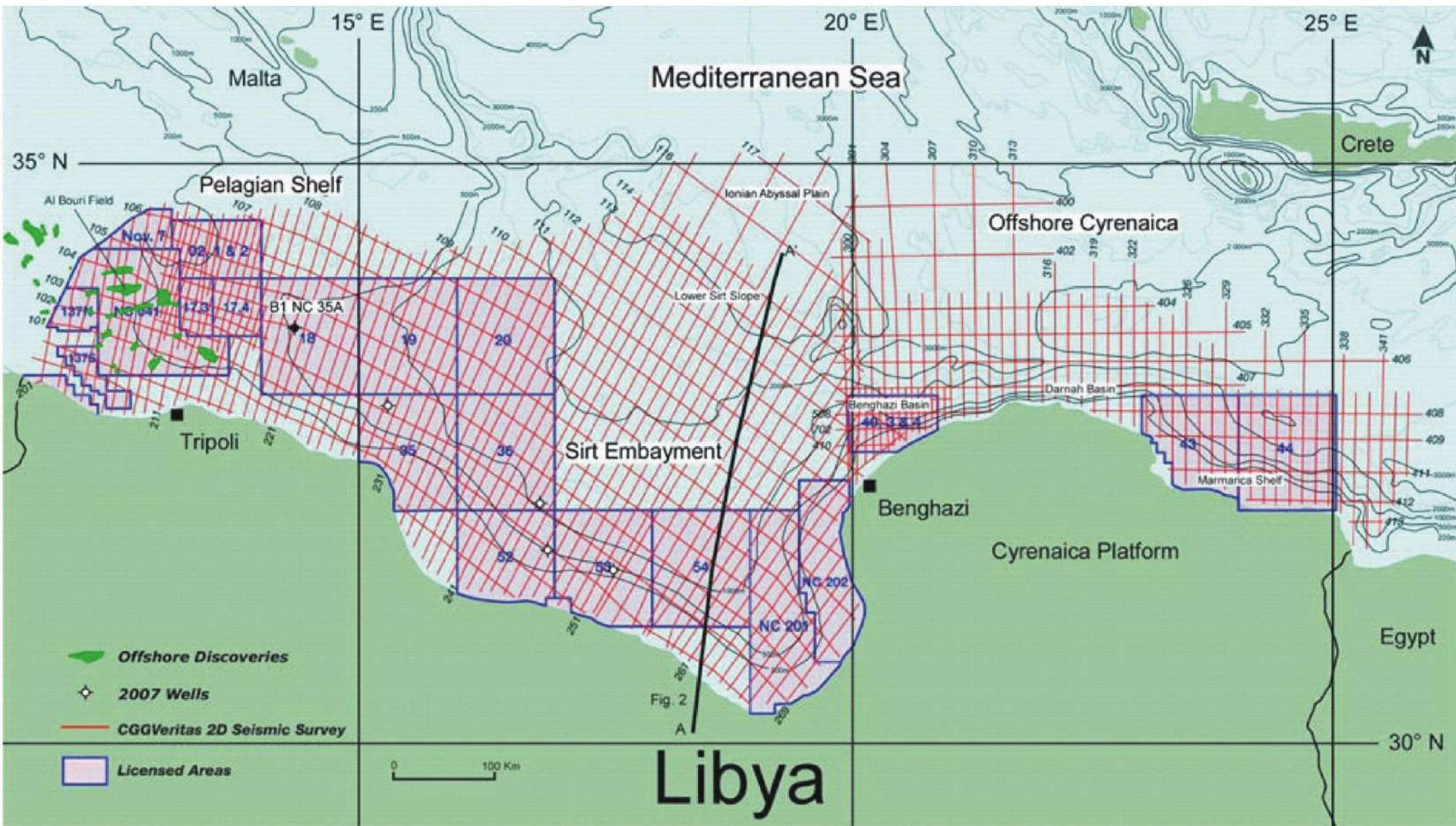
Timing and migration.—In the southern part of the Ajdabiya trough, the peak oil-expulsion stage occurred approximately from the late Eocene to the late Pliocene from source beds of the **Rachmat** and **Sirt** Formations. This stage occurred generally at depths below 11,000 ft. Because the latest significant structural and stratigraphic trap development was late Paleocene, drainage timing was ideal. The main source rocks (**Sirt shale** and **Rachmat shale**) are stratigraphically separated from the **Nubian**. Therefore, secondary migration would have been via faults or faults in combination with the Sirt unconformity. Migration from **Etel source** beds would have been accomplished by lateral drainage via the Sirt unconformity to underlying **Nubian** sands. Oil from Sirt source beds reached **Sabil** reservoirs via vertical migration along faults and fractures.

Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии



East-west cross section in central Sirt Basin showing the oil. Migration through faults from eastern Maradah Trough to Paleocene carbonate rocks on Az Zahra - Al Hufrah platform.

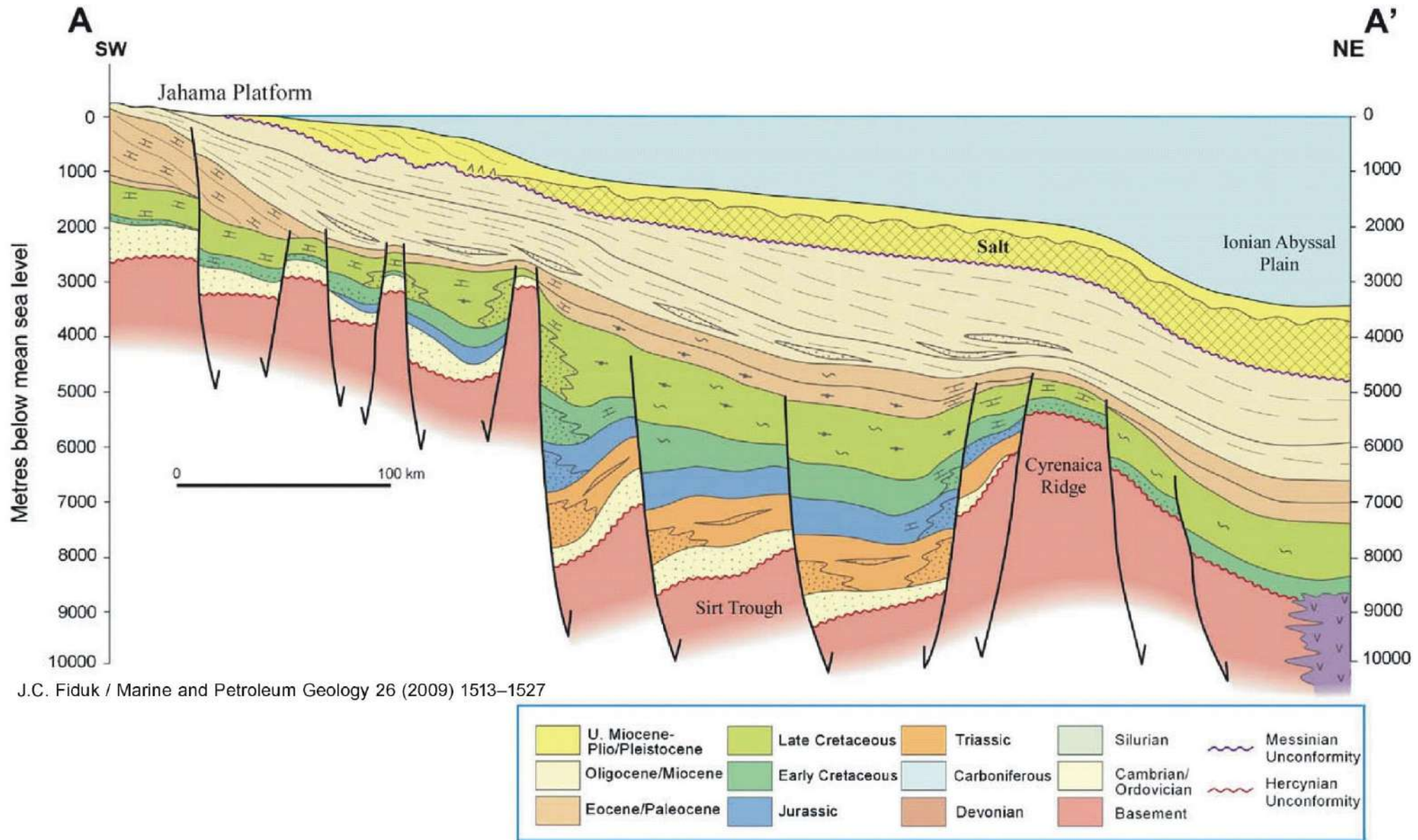
Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии



Base map showing northern Libya and the Mediterranean Sea.

J.C. Fiduk / Marine and Petroleum Geology 26 (2009) 1513–1527

Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии



J.C. Fiduk / Marine and Petroleum Geology 26 (2009) 1513–1527

Fig. 2. Cross-section A–A⁰ is a south to north oriented schematic interpretation drawn across the Sirt Embayment. It shows the progradational character of Cenozoic strata along the Sirt margin and a hypothetical wedge of halite associated with the Messinian section. The existence of the salt wedge was postulated to explain the loss of seismic reflections below the top Messinian unconformity. A wedge of salt, as shown, would be unstable and should show significant deformation.

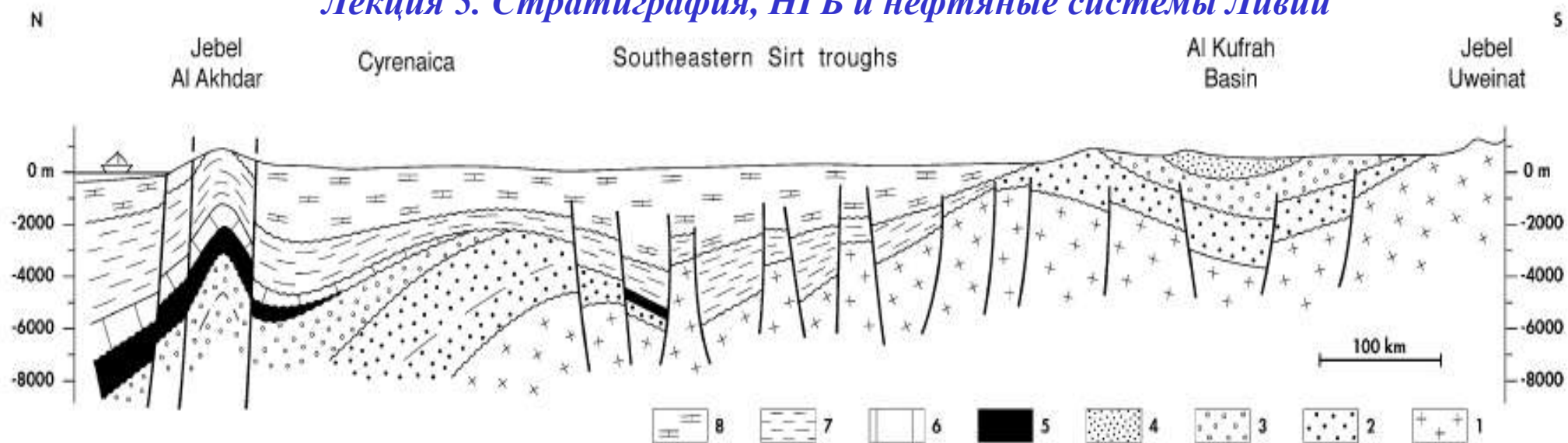


Fig. 7. Schematic geological cross-section along eastern Libya, after Guiraud and Bosworth (1999). Vertical exaggeration $\times 20$. (1) Pan-African basement; (2) Early Paleozoic; (3) Late Paleozoic; (4) undifferentiated Mesozoic; (5) Triassic; (6) Jurassic; (7) Cretaceous; (8) Cenozoic.

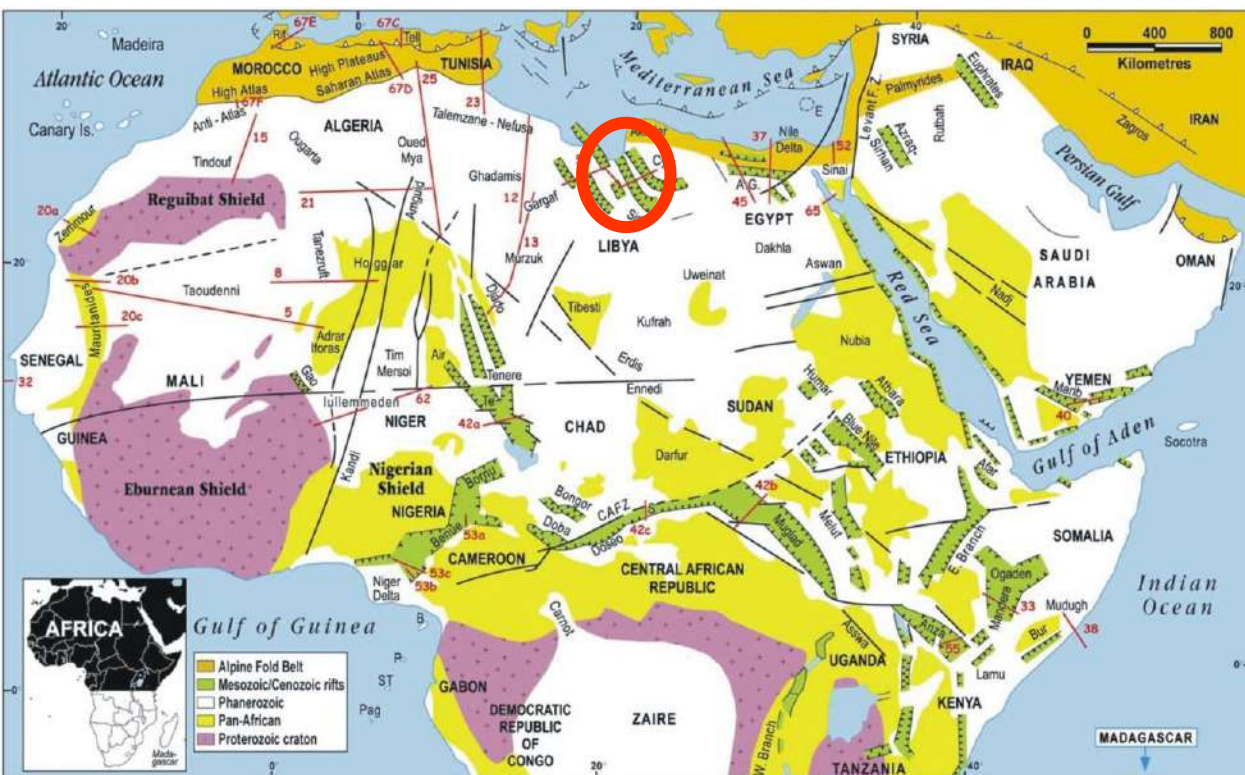
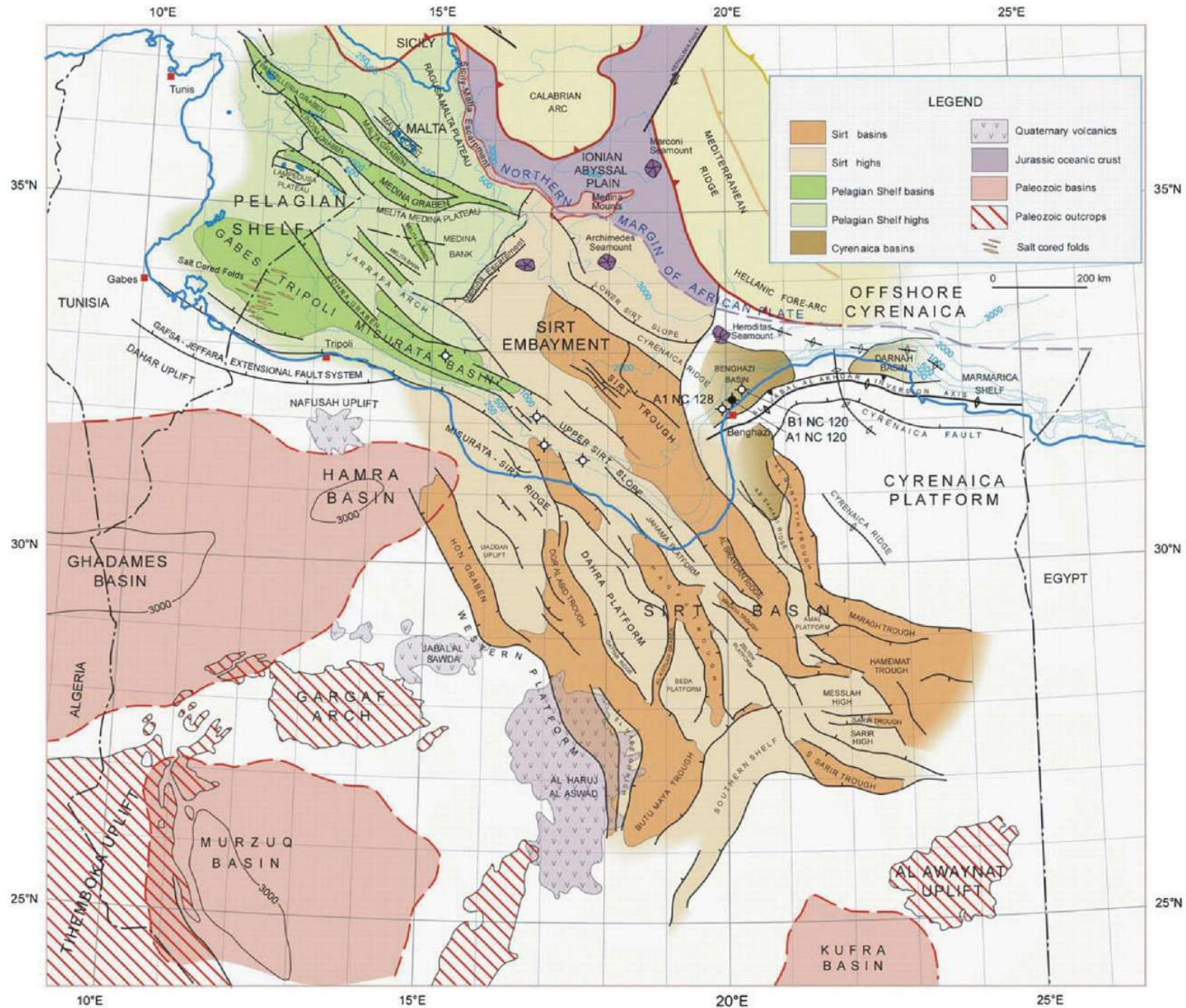


Fig. 8. Schematic geological map of Northern Africa, Central Africa and Arabia
Legend: AG, Abu Gharadig; B, Bioko; CAFZ, Central African Fault Zone; Cyr, Cyrenaica; E, Eratosthenes Seamount; JP, Jos Plateau; P, Principe; Pag, Pagalu; S, Salamat; ST, São Tomé; Te, Termit.

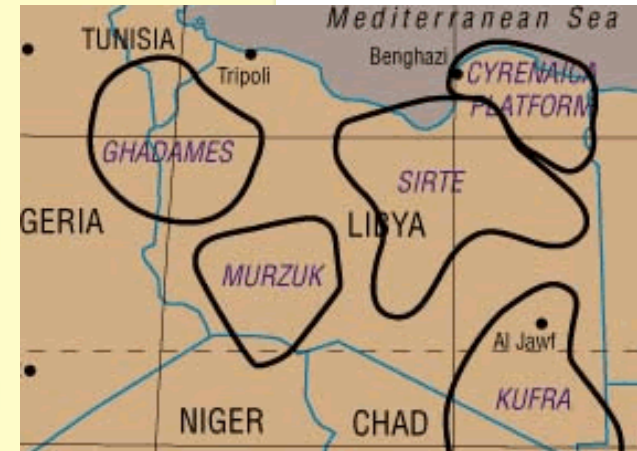
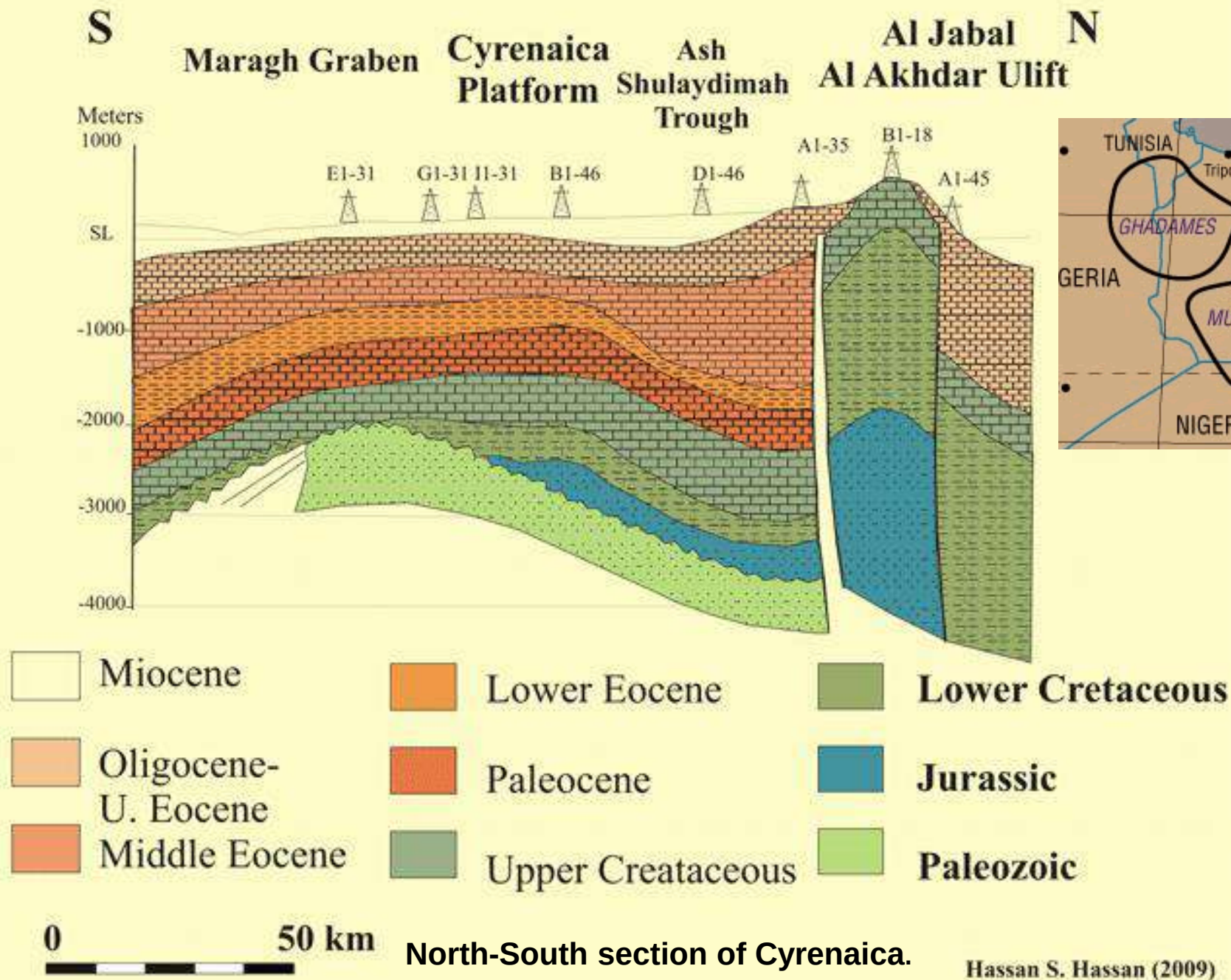
North eastern Libya (referred to as Cyrenaica) is located on the southern margin of Mediterranean Sea and on the northern margin of the African plate. It is divided into two distinctive tectonic provinces.

These are the stable Cyrenaica platform to the south and Al Jabal Al Akhdar uplift to the north. The upper Cretaceous and Tertiary rocks of Cyrenaica contain several potential reservoir and seal rocks.

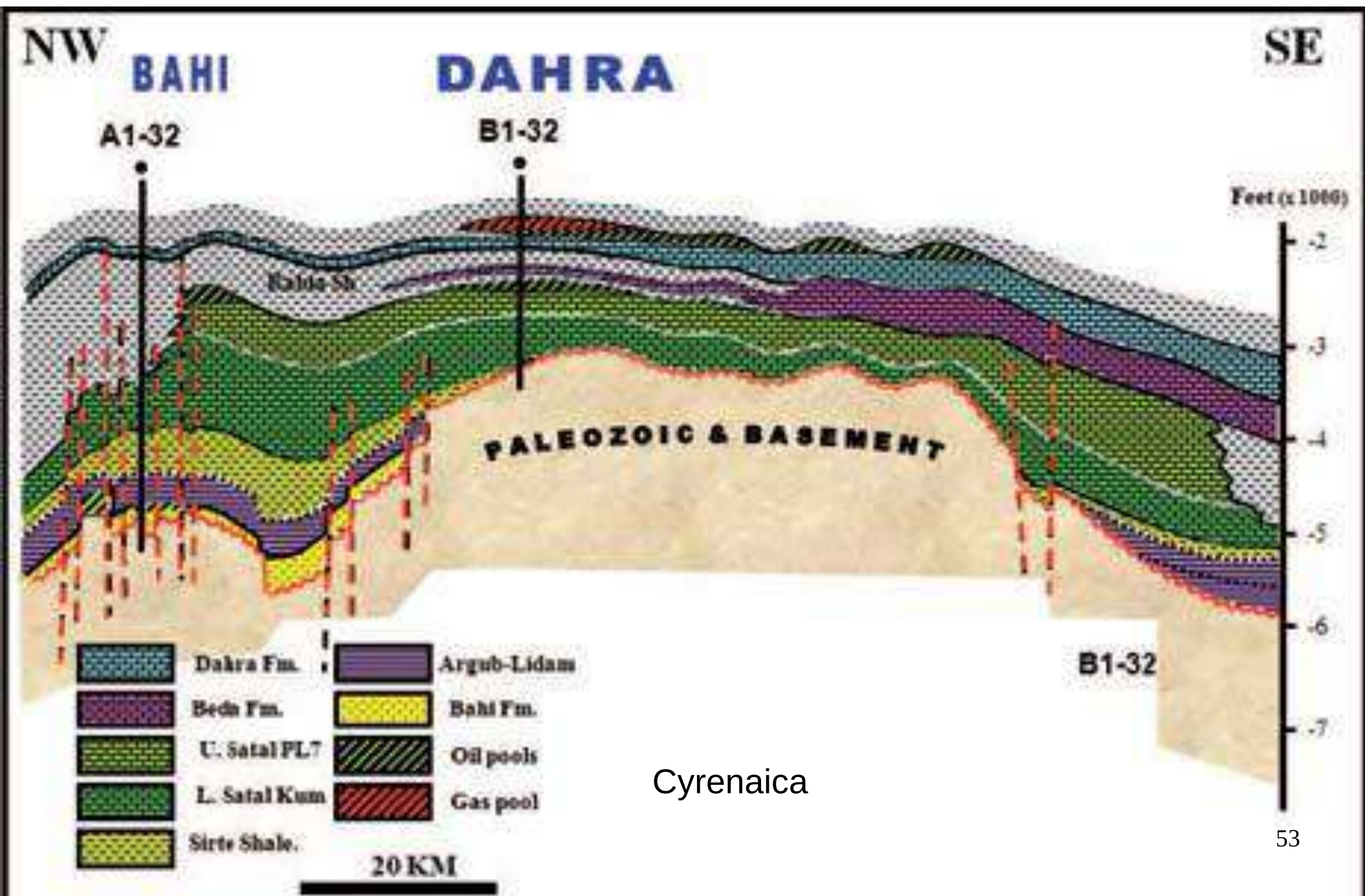


Tectonics and structural elements map for Libya and surrounding offshore areas. Structural highs and lows within the Pelagian Shelf, Sirt Basin, and Sirt Embayment are shown by lighter or darker shades respectively of the same color. Structures in subbasins of the Cyrenaica region have not been so designated and are shaded brown.

Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии

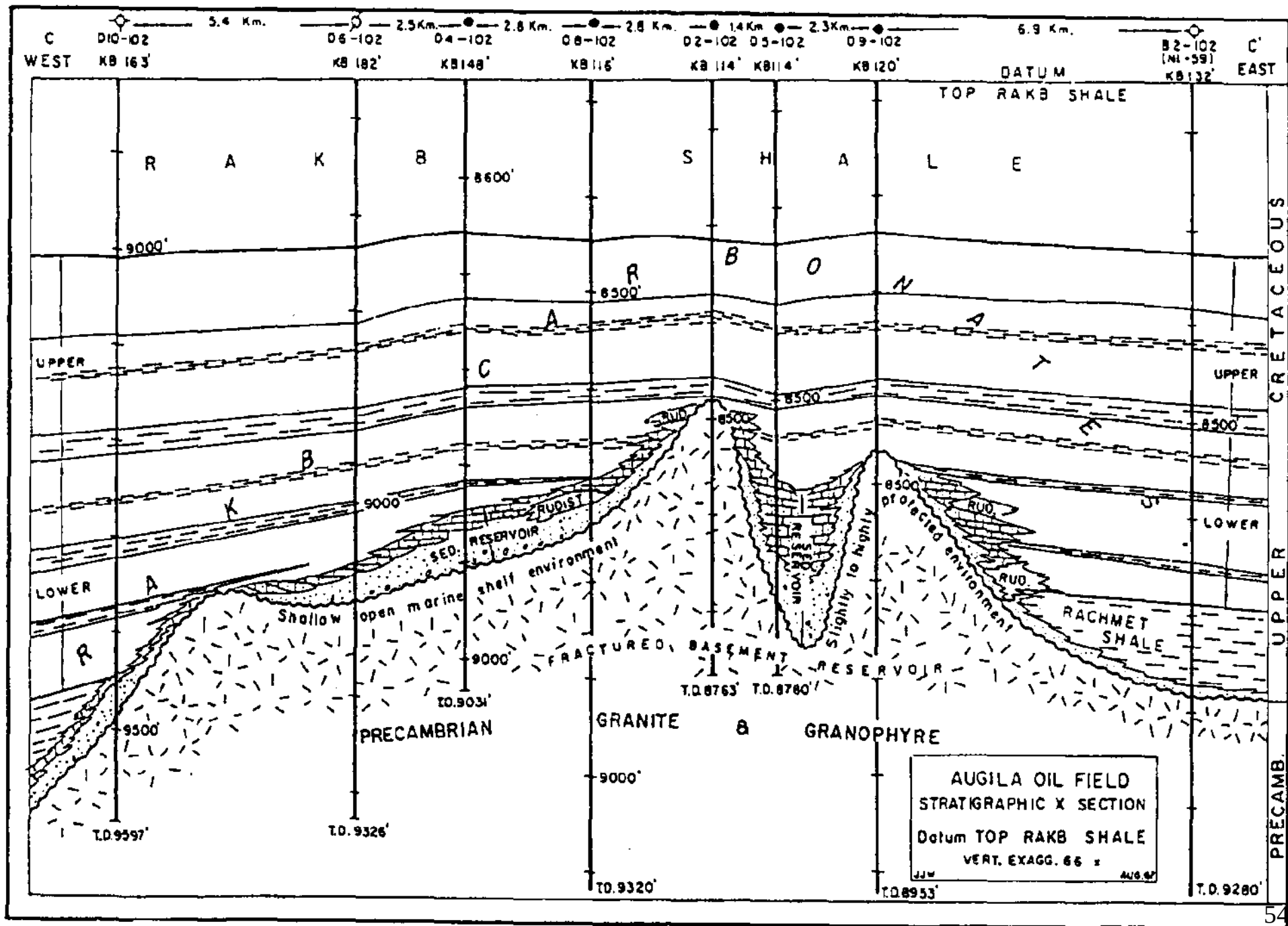


Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии



Cyrenaica

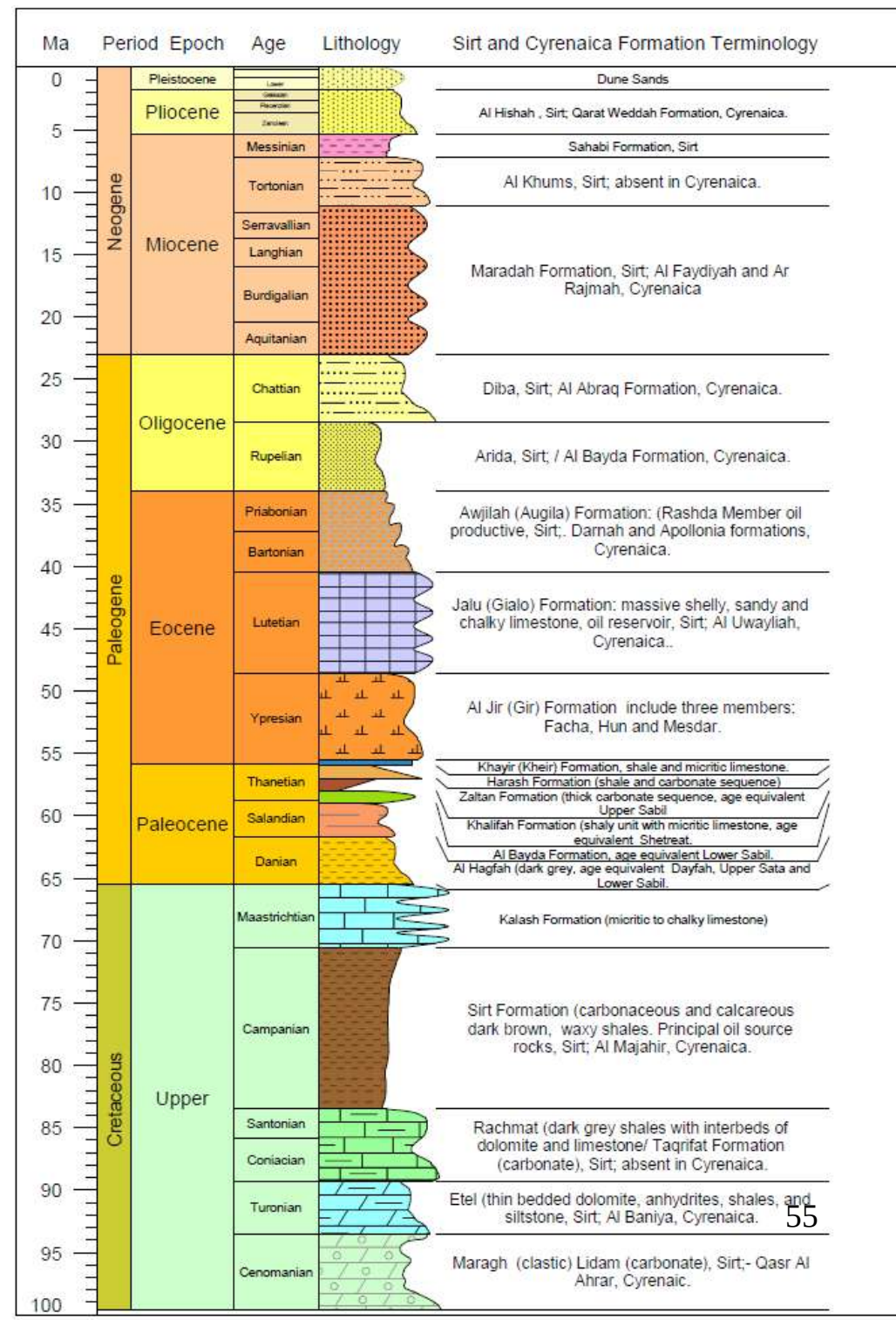
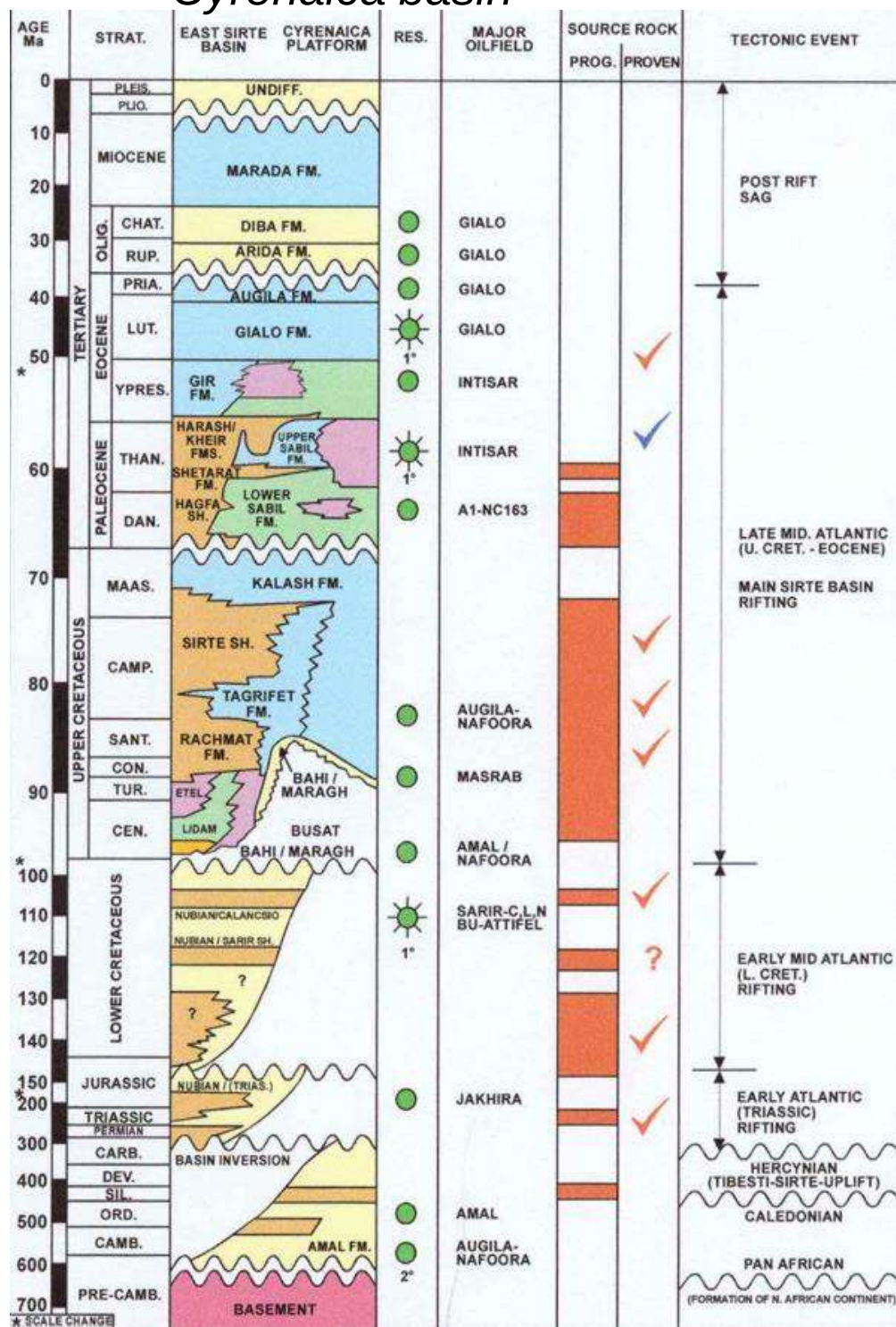
Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии



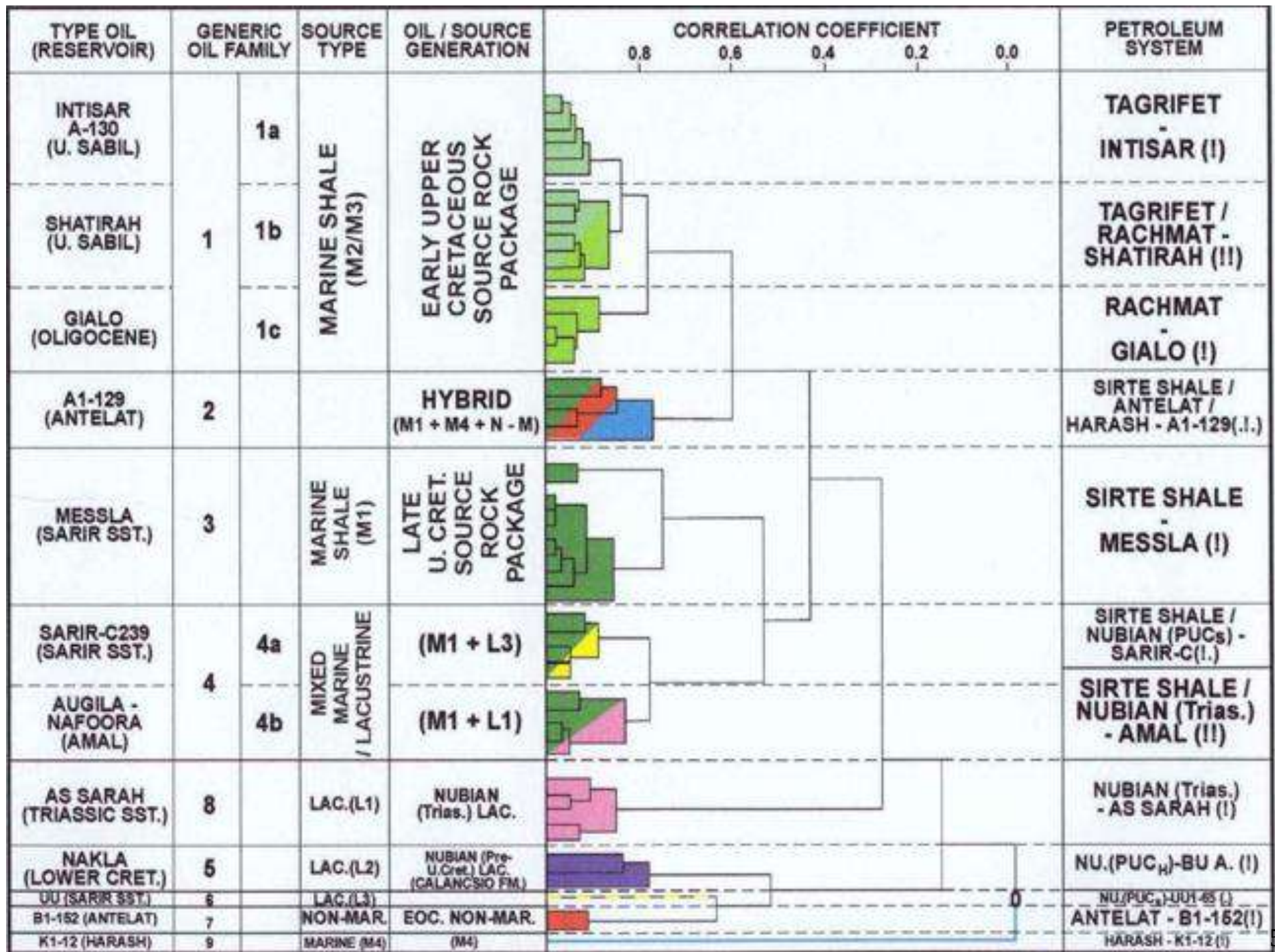
Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии

Cyrenaica basin

<http://www.hulinks.co.jp/corporate/>



Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии



Age		Formation	
Miocene		Tubtah	Sidi Bannour
		Bir Sharuf	
		Al Mayah	
Oligocene		Dirbal	Ras Abdjalil
Eocene	Upper	Telil Group	Samdium
	Middle		Harshah
	Lower	Farwah Group	Jdeir
Paleocene		Farwah Group	Jirani
			Mbr
		Bilal	
		Aljurf	
		Ehduz	
Upper Cretaceous	Maastrichtian		
	Campanian	Buisa	Sirt
	Santonian	Jamil	
	Coniacian	Makhbaz	Argub
	Turonian	Annaba Bahloul	Rachmat Lidam
	Cenomanian	Alagah	
Albian		Masid	
Aptian		Turghat	
Barremian-Neocomian		Kiklah	

☐ Hydrocarbon source

⊗ Reservoir rocks

Hassan S. Hassan (2009)

Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии

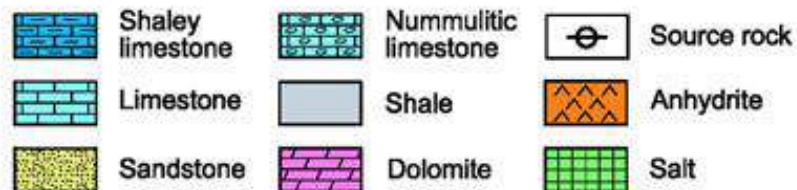
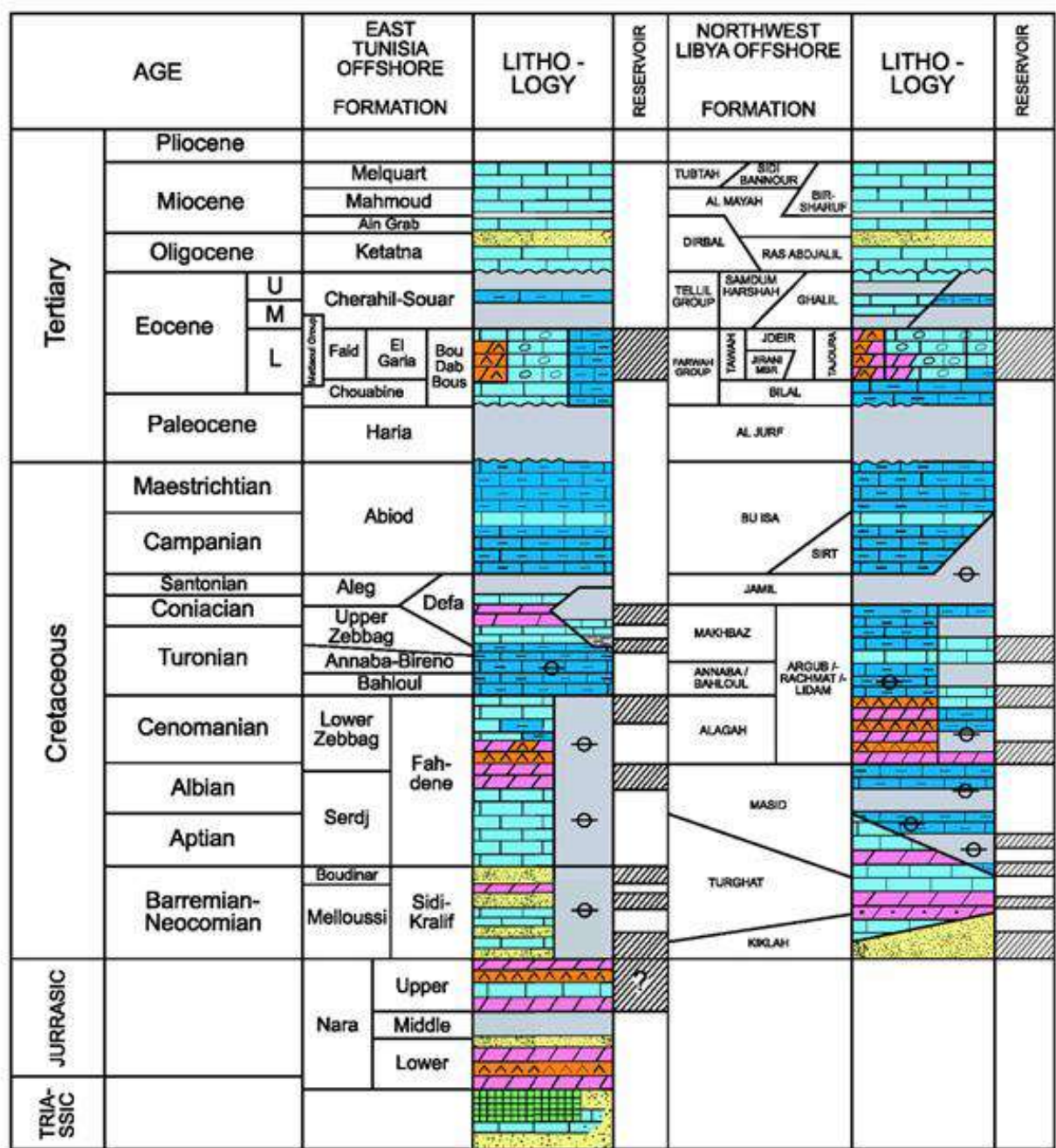
Stratigraphic section of Offshore NW Libya.

Contains the El Bouri oil field is the largest giant oil field discovered (1976) so far in the Mediterranean Sea in Lower Eocene Jdeir Formation. The trapping styles in the basin are mainly stratigraphic buildup and minor faulted structures.

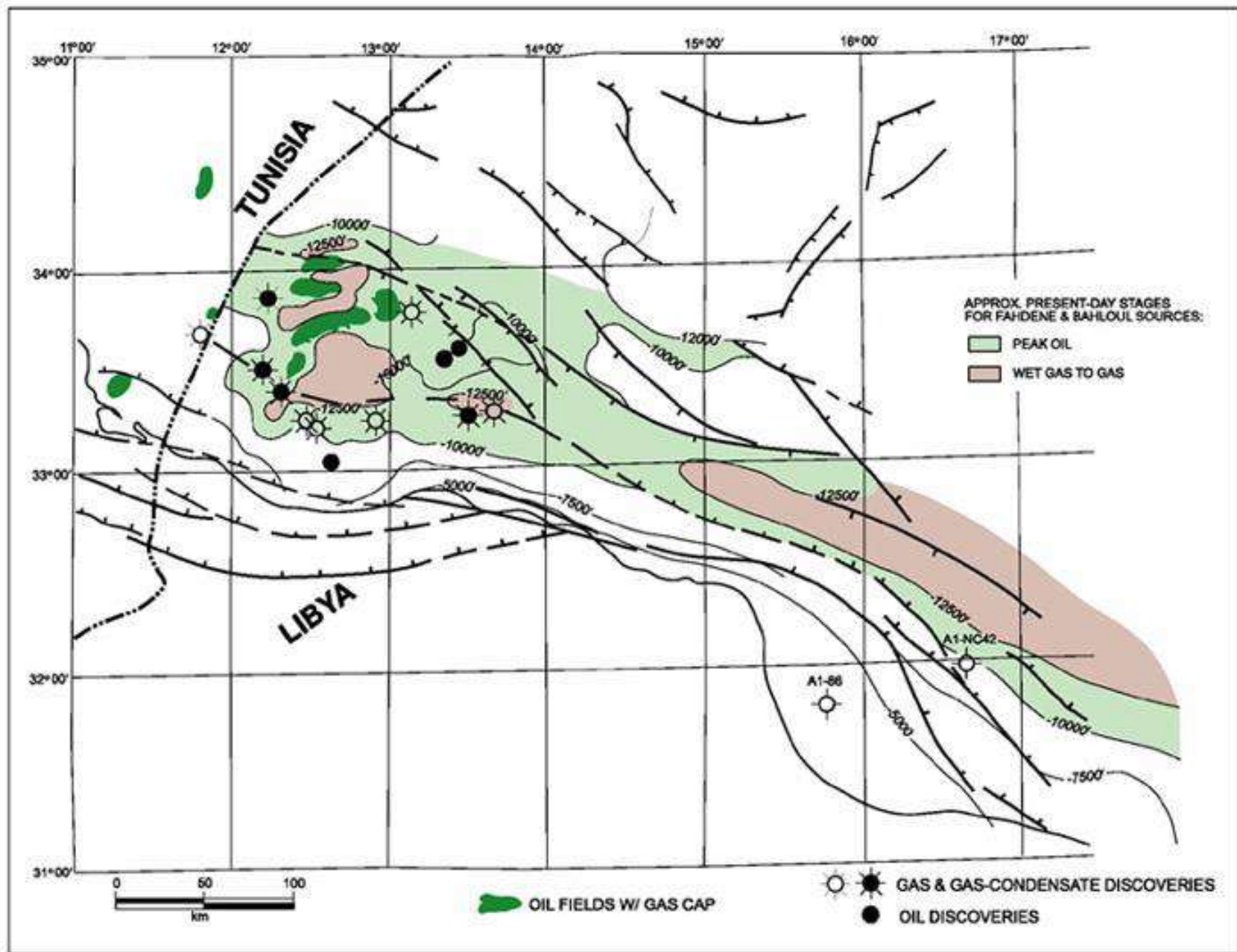


Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии

Stratigraphic correlation chart of formations and generalized lithologies of northwest offshore Libya and south offshore Tunisia.

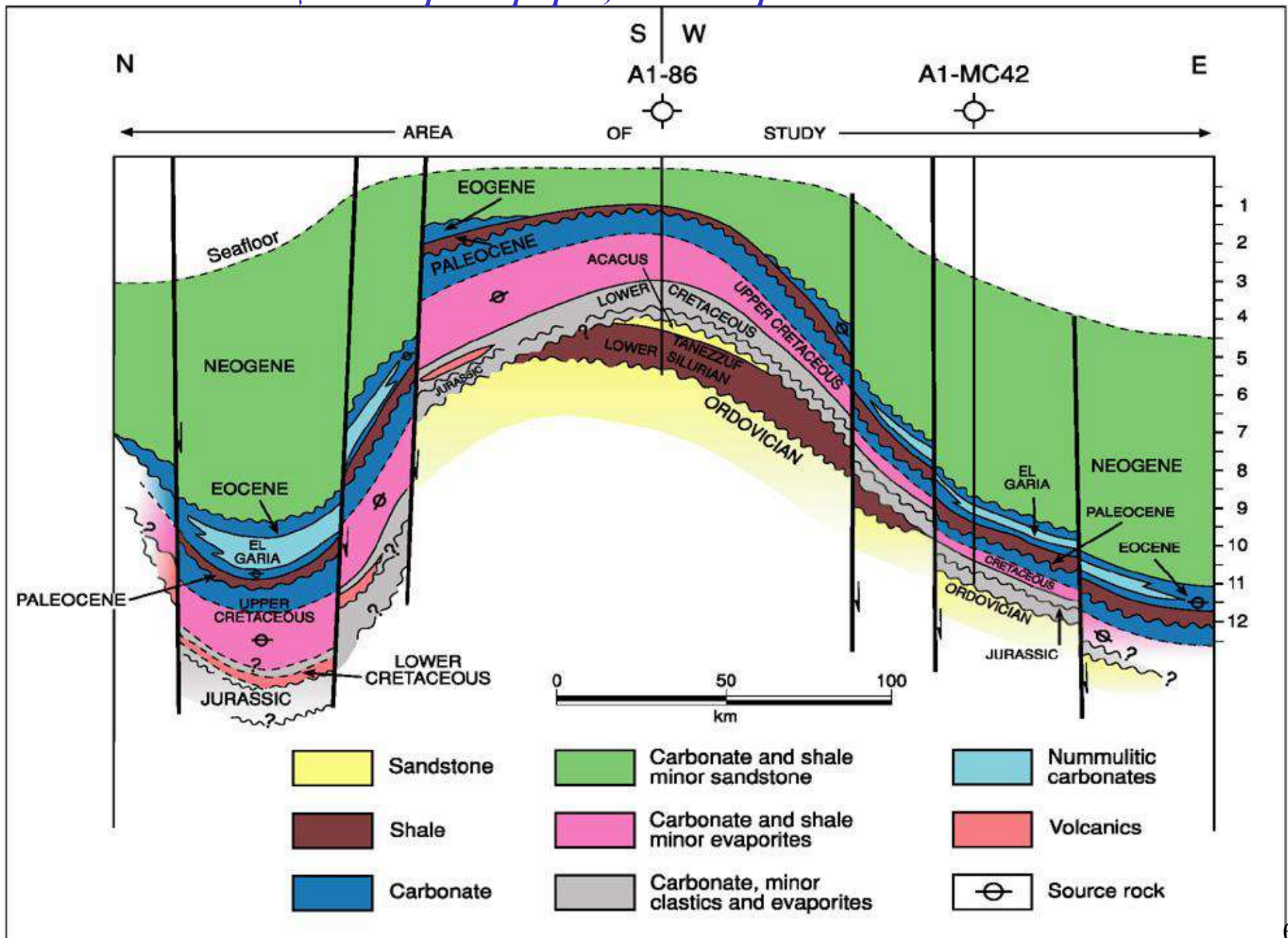


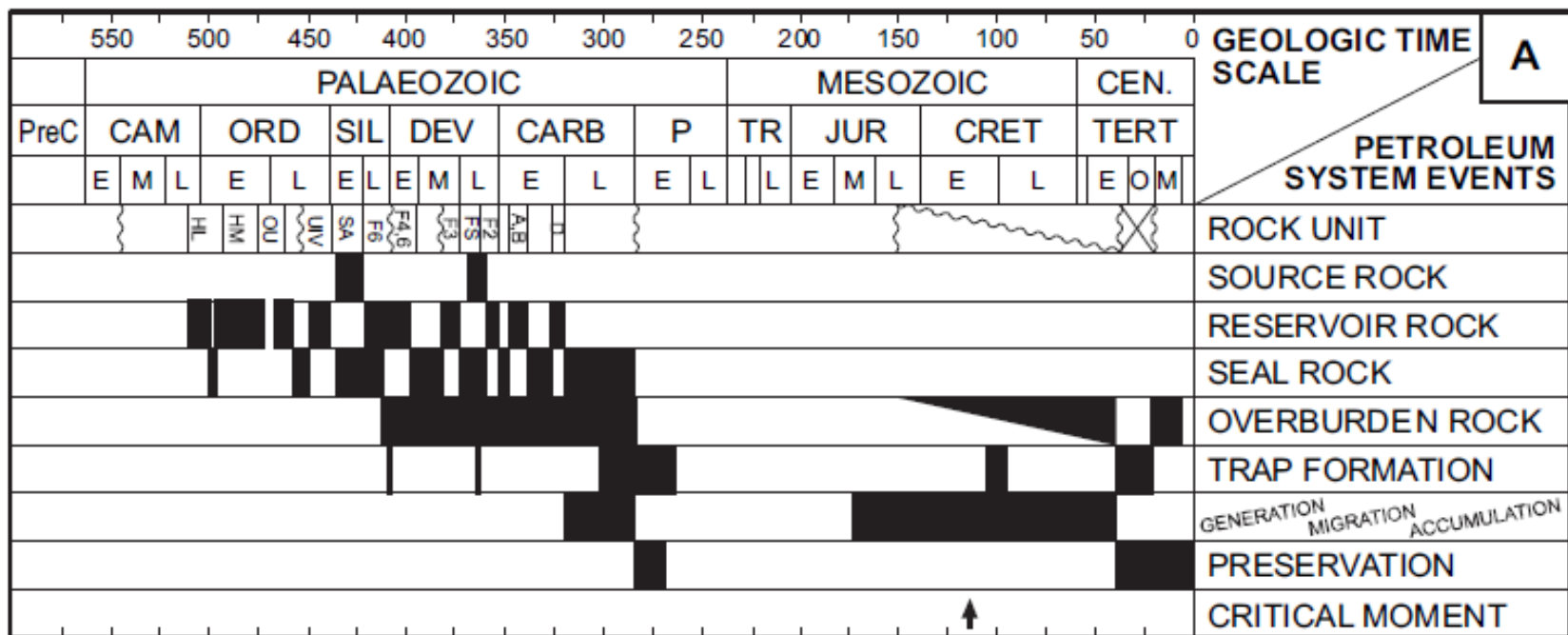
Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии



Structure map of the top Cretaceous, Tripolitania Basin, showing approximate zones of present-day peak oil generation of the Fahdene–Sidi Kralif and Bahloul source rocks.

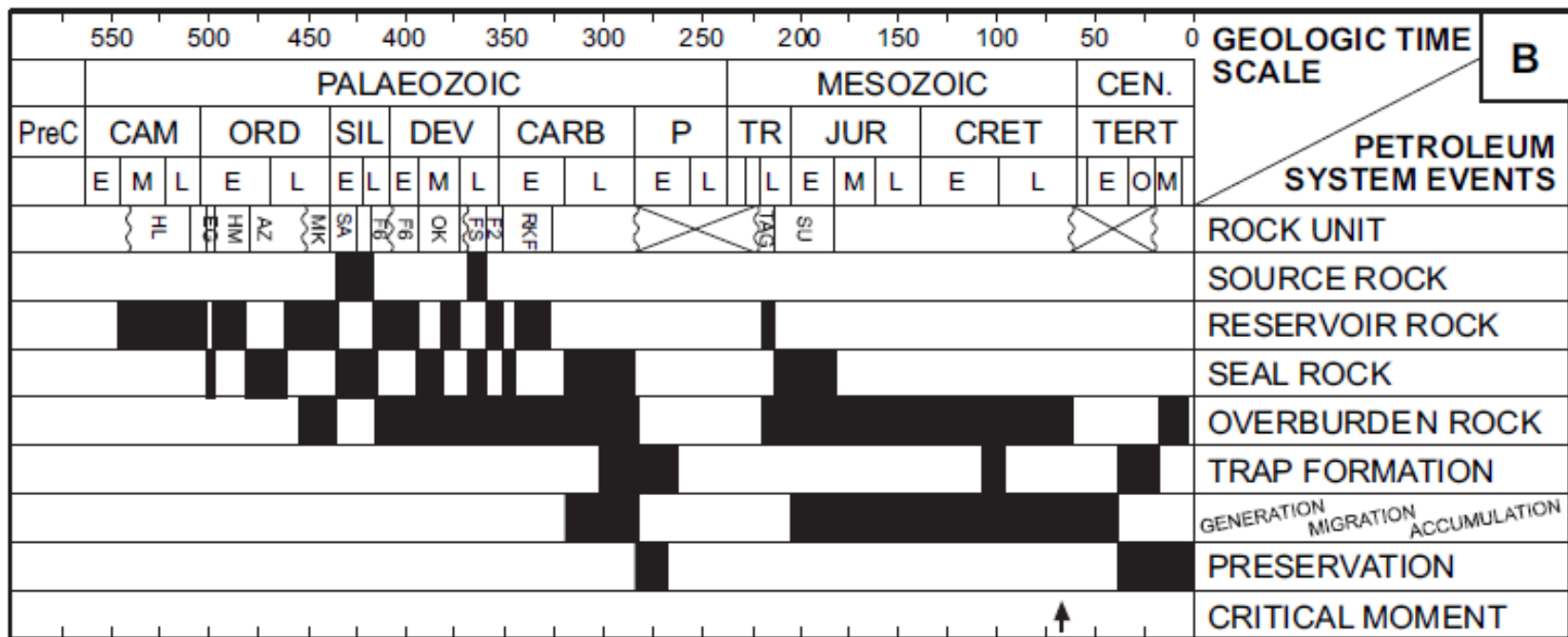
Лекция 5. Стратиграфия, НГБ и нефтяные системы Ливии





Petroleum system event charts of the Berkine–Illizi area slightly modified from Klett, (2000a,b). A: Illizi basin; B: Berkine–Ghadames basin.

Formation name abbreviations are: A,B, Lower Carboniferous Sandstones; AZ, Argiles d’Azzel; D, D Sandstone (Early Carboniferous); EA, El Atchane; EG, El Gassi; F2, F3, F4–F6, Devonian sandstone members (F6 also Late Silurian); FS, Frasnian Shales (includes Frasnian Hot Shale); HM, Hamra Quartzite; HL, Hassi Leila; MK, M’Kratta Mb; OK, Ouan Kasa; OU Oued Saret or Ouargla Fm; RKF, Rhourde El Khrouf (Mrareq); SA, Silurien Argileux (Tanezzuft eq; includes Silurian Hot Shale); TAG, Triassic Argilo–Greseux; SU, Saliferous Units; UIV: Unit IV.



TECTONISM

Pan-African Orogeny

Arenig Event

Caledonian Regime

Hercynian Regime

Pemo-Triassic Extension

Mid Cretaceous Tectonism

Atlasic Tectonism Hoggar Uplift

Petroleum Geology of North Africa

edited by D. S. Macgregor, R. T. J. Moody and D. D. Clark-Lowes

**Geological Society
Special Publication
No. 132**

Sarir Field

C. J. LEWIS
Consultant
Houston, Texas U.S.A.

FIELD CLASSIFICATION

BASIN: Sirte
BASIN TYPE: Cratonic Sag on Earlier Rifted Basin
RESERVOIR ROCK TYPE: Sandstone
RESERVOIR ENVIRONMENT OF DEPOSITION: Deltaic

RESERVOIR AGE: Cretaceous
PETROLEUM TYPE: Oil
TRAP TYPE: Horst Block



Available online at www.sciencedirect.com



Journal of African Earth Sciences 43 (2005) 83–143

Journal of **African
Earth Sciences**

www.elsevier.com/locate/jafrearsci

Phanerozoic geological evolution of Northern and Central Africa: An overview

R. Guiraud ^{a,*}, W. Bosworth ^b, J. Thierry ^c, A. Delplanque ^a

^a Laboratoire Dynamique de la Lithosphère, Case 60, Université Montpellier II, 34095 Montpellier Cedex 5, France

^b Marathon Oil Company, P.O. Box 3128, Houston, TX 77253, USA

^c Centre des Sciences de la Terre, Université de Bourgogne, 6 Brd Gabriel, 21000 Dijon, France

Received 9 October 2004; accepted 18 July 2005

Available online 11 November 2005

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



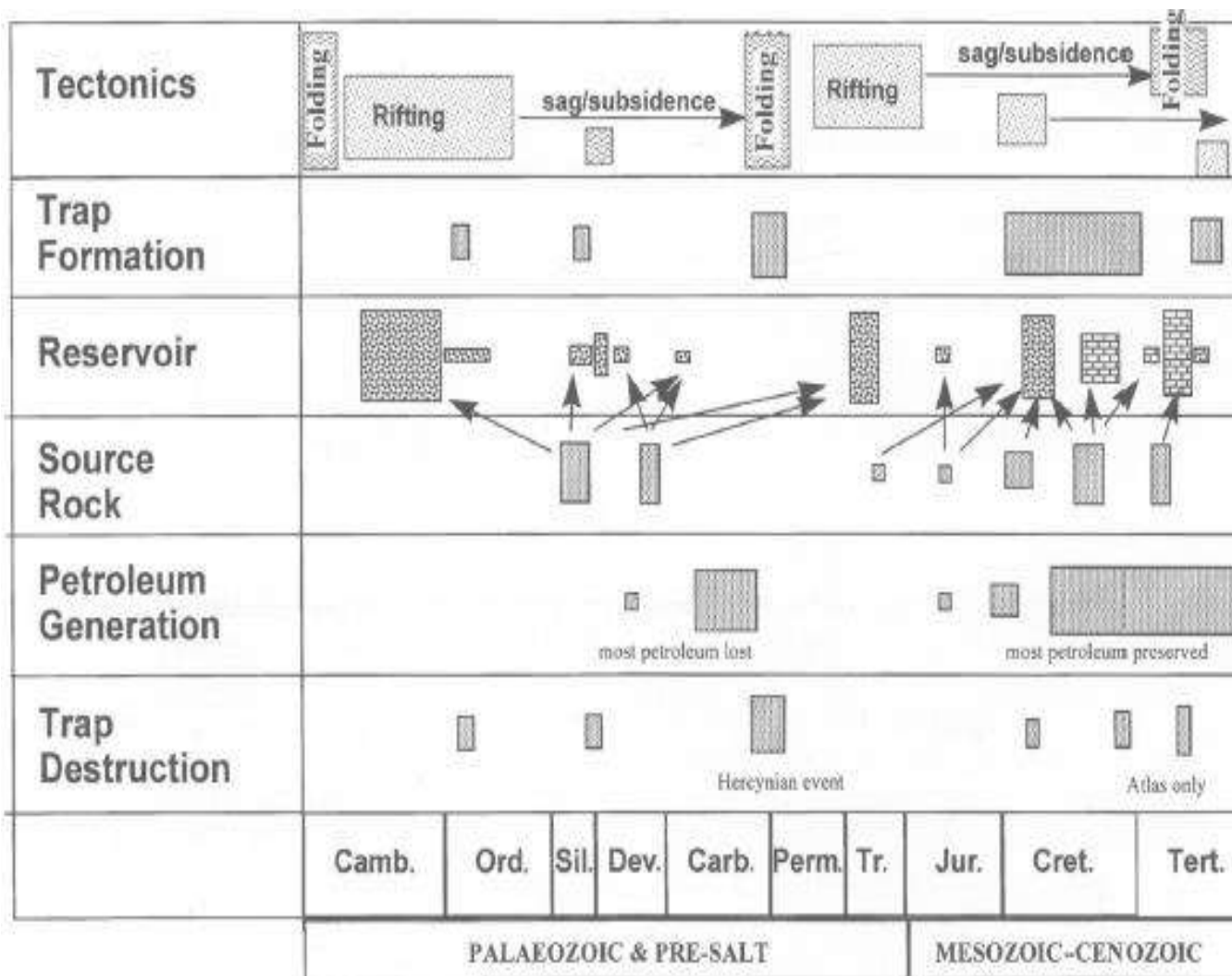
План:1. Нефтяные системы НГБ Северной Африки и Ливии

2. Геология и секвенции НГБ Северной Африки и Ливии (Berkine basin, Oued Mya basin, Illizi basin, Ghamra-Ghadames basin, Tindouf basin, Taudenni basin, al Kufra Basin)



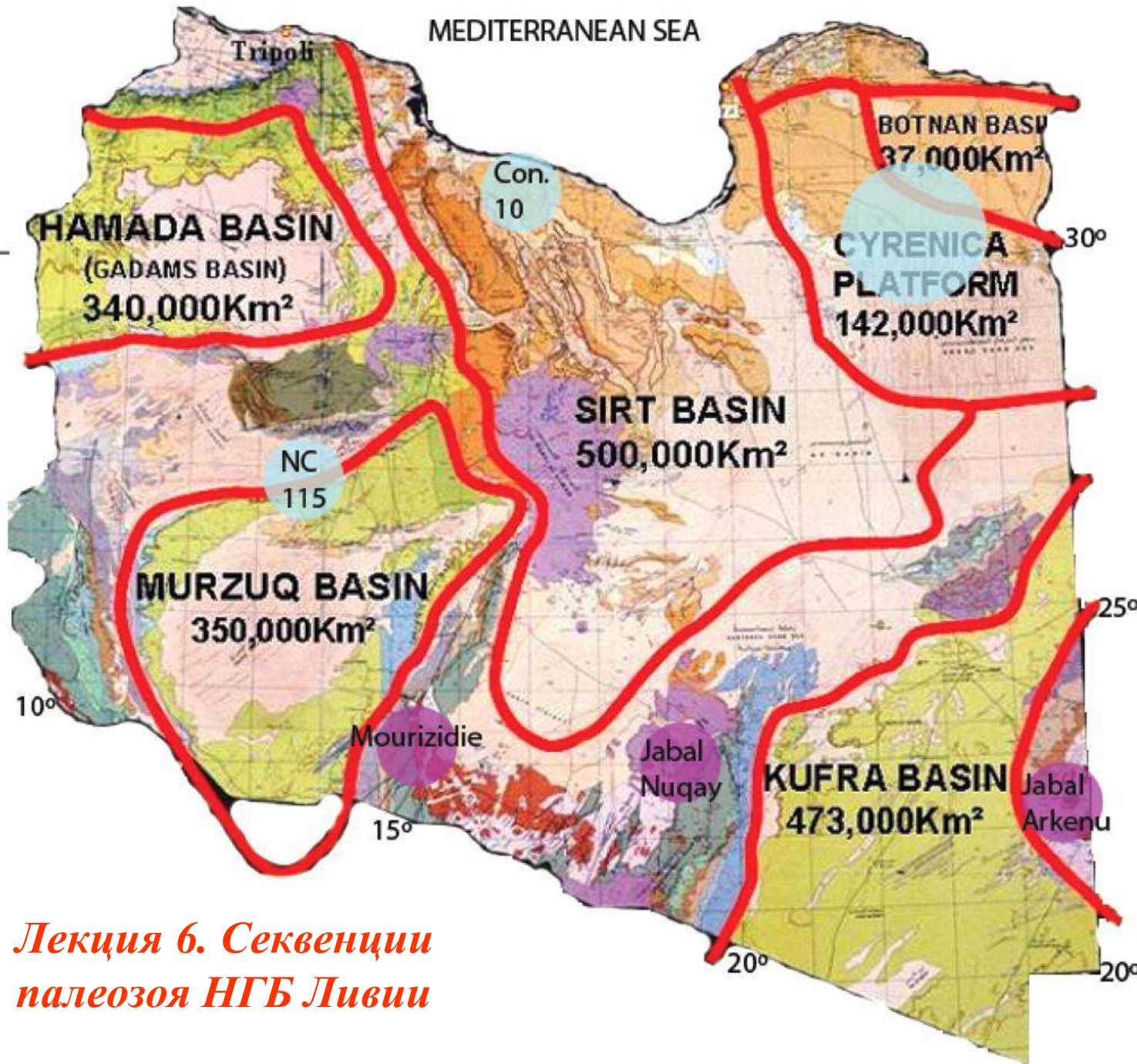
Триумфальная арка Марка Аврелия, Триполи

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии





200 km



Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

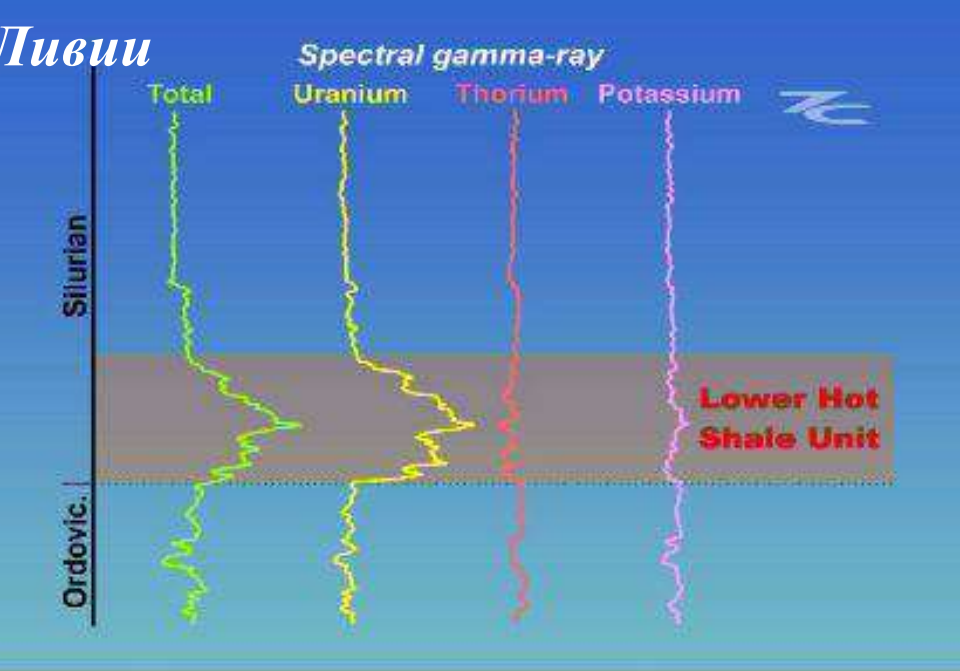
Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



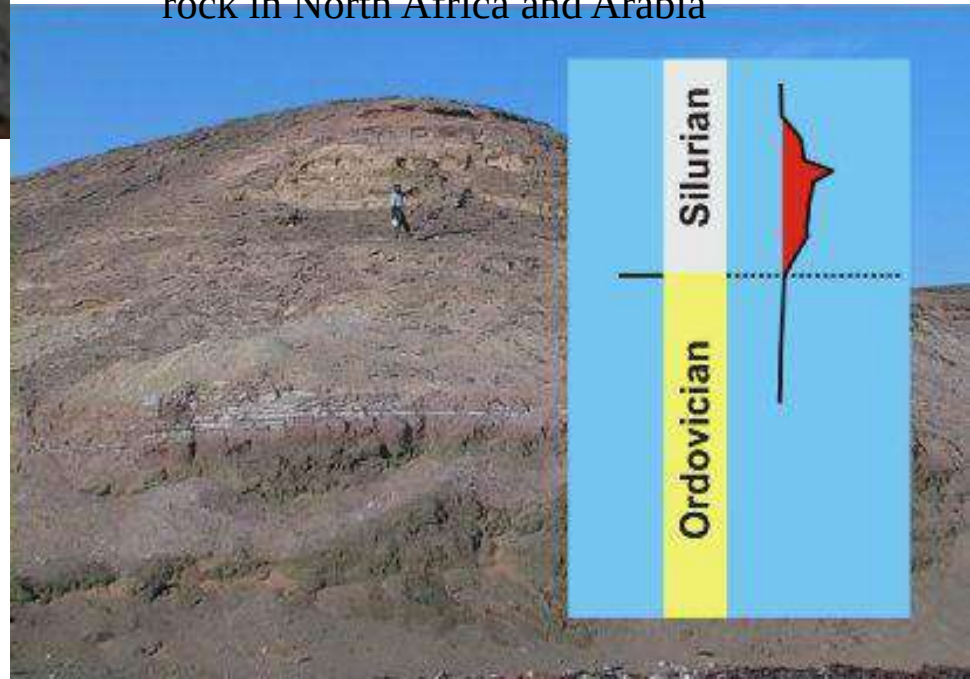
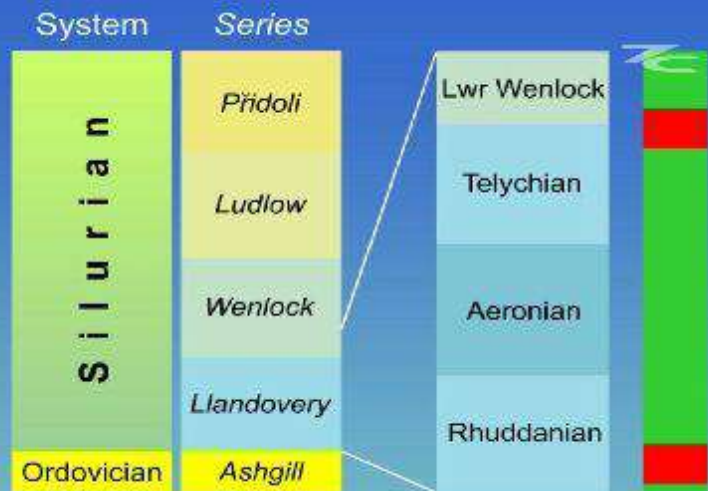
The Palaeozoic petroleum systems of North Africa contain five large giant (> 1 billion barrels of oil equivalent) and 24 giant (> 250 million barrels of oil equivalent) oil and gas fields with total recoverable reserves discovered to date of more than 46 billion barrels of oil equivalent.

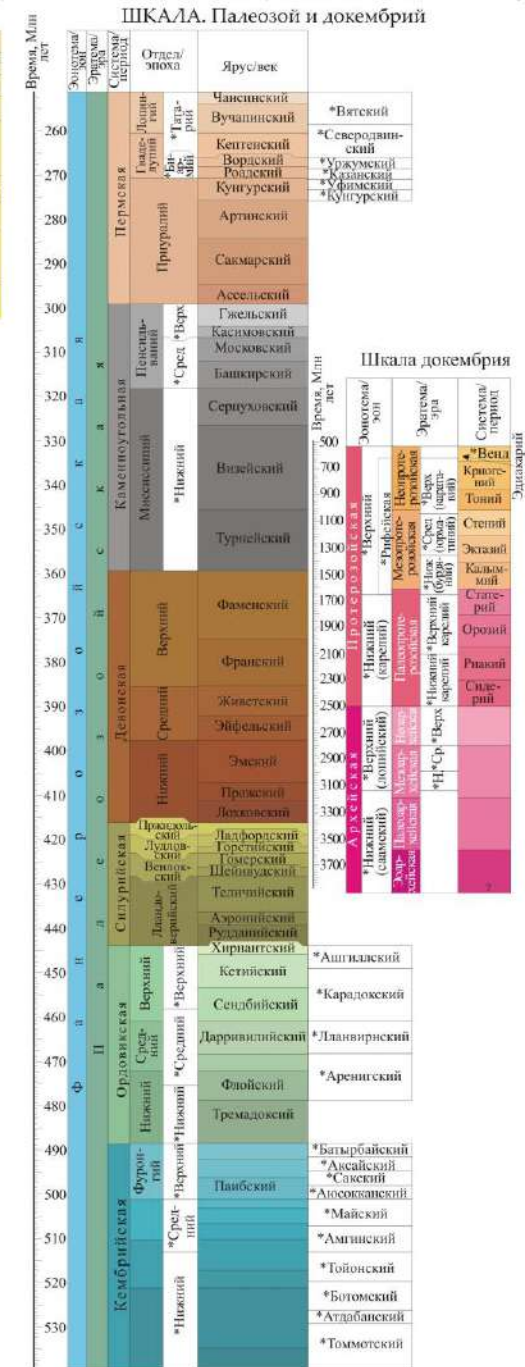
The regionally extensive Lower Silurian Tanezzuft Formation is the origin of 80-90% of Palaeozoic sourced hydrocarbons, with a further 10% from the Upper Devonian Frasnian shales, charging a number of intra-Palaeozoic and basal Triassic reservoirs. Triassic fluvial sands are the most important of these, hosting just over half of the total reserves, while Cambro-Ordovician and Lower Devonian F6 sandstone reservoirs are the second and third most significant, respectively.

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



The Silurian 'hot shales' are a key source rock in North Africa and Arabia





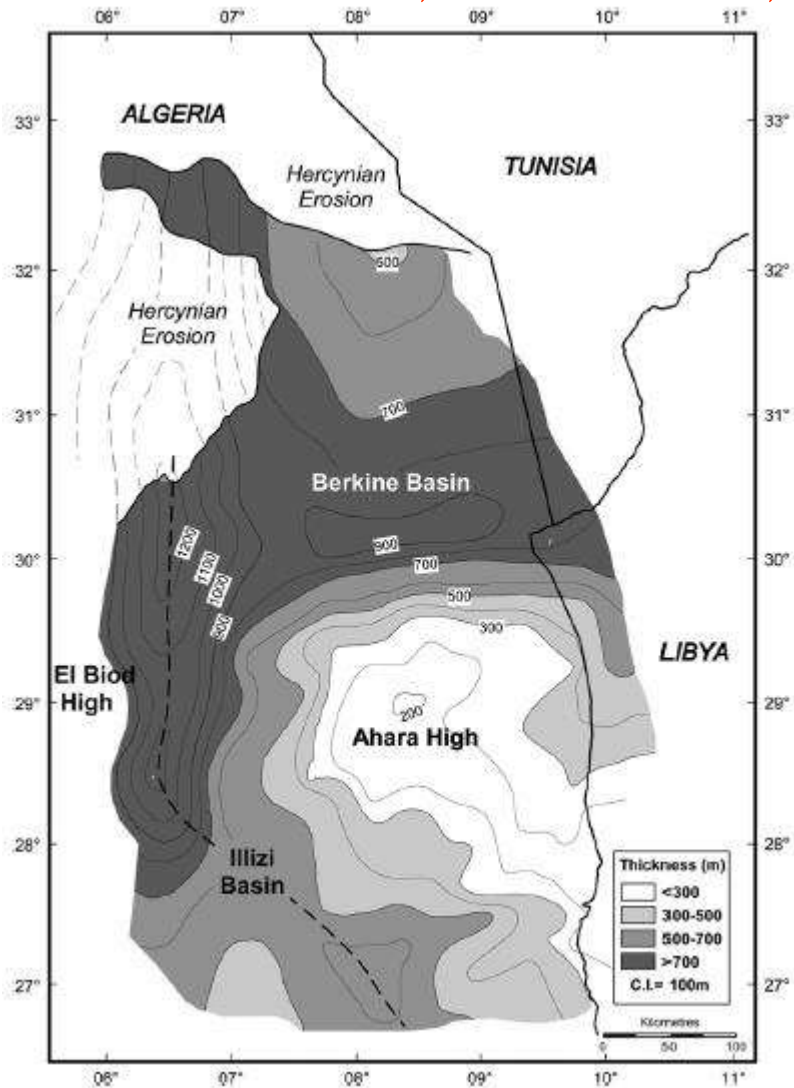
2007 E.

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



Tanezzuft warm shale bed with 11 ppm uranium in Jebel Eghei (western Kufra Basin margin, SE Libya).

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



Cambro-Ordovician isopach defining major depocentres and regional highs. Note that the usually called Illizi basin extending throughout southern Algeria is actually a well identified depocentre only towards the SW of the studied area. It continues to the north into the western extension of the Berkine basin

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

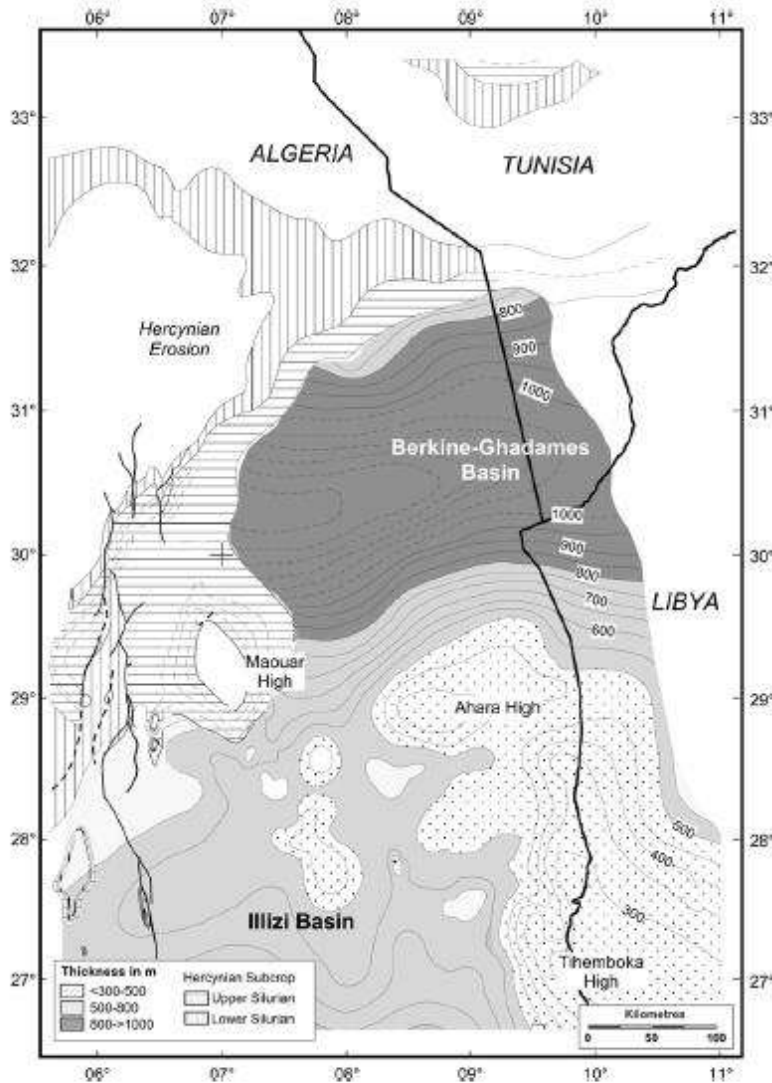
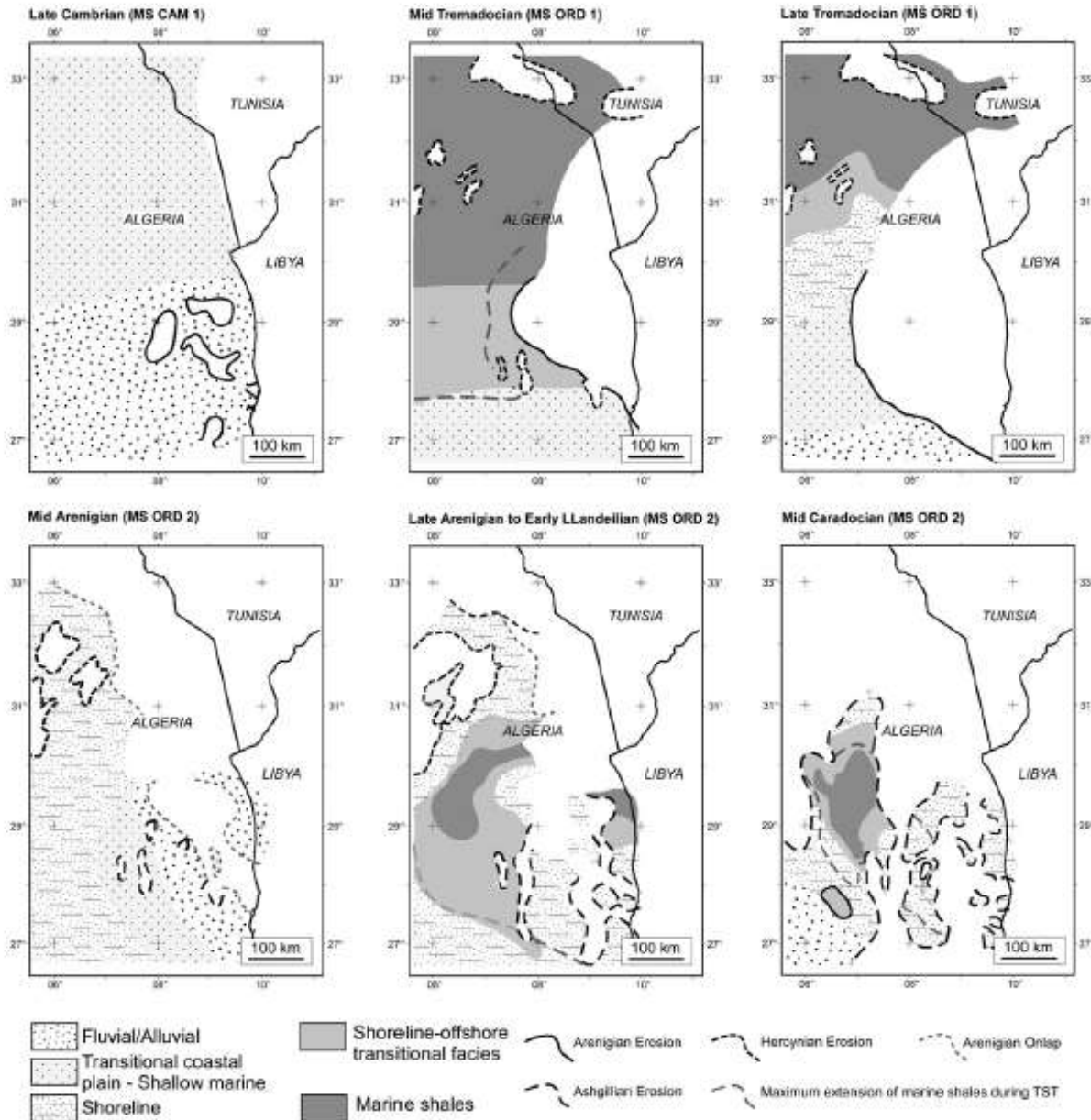


Fig. 7. Silurian isopach map. Note the thinning marking the Ahara and Tihemboka highs. The interval is absent in the Hassi Messaoud area due to Hercynian erosion. Thickness map based on well data, except in central Berkine-Ghadames Basin, where it was estimated from seismic data (dashed contours).

Silurian isopach map. Note the thinning marking the Ahara and Tihemboka highs. The interval is absent in the Hassi Messaoud area due to Hercynian erosion. Thickness map based on well data, except in central Berkine-Ghadames Basin, where it was estimated from seismic data (dashed contours)

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



Facies maps of selected intervals of Cambro–Ordovician (pre-Ashgillian) sequences. Note the effect of erosion at various major unconformities on the preservation of the Early Palaeozoic series, especially on the Ahara high. The outline of this regional high and its timing of formation (Late Tremadocian–Arenigian) are evidenced by the trend of Arenigian erosion, and facies patterns of the transgressive Mid Arenigian sequence. The Ashgillian erosion pattern is linked to glacial scouring

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

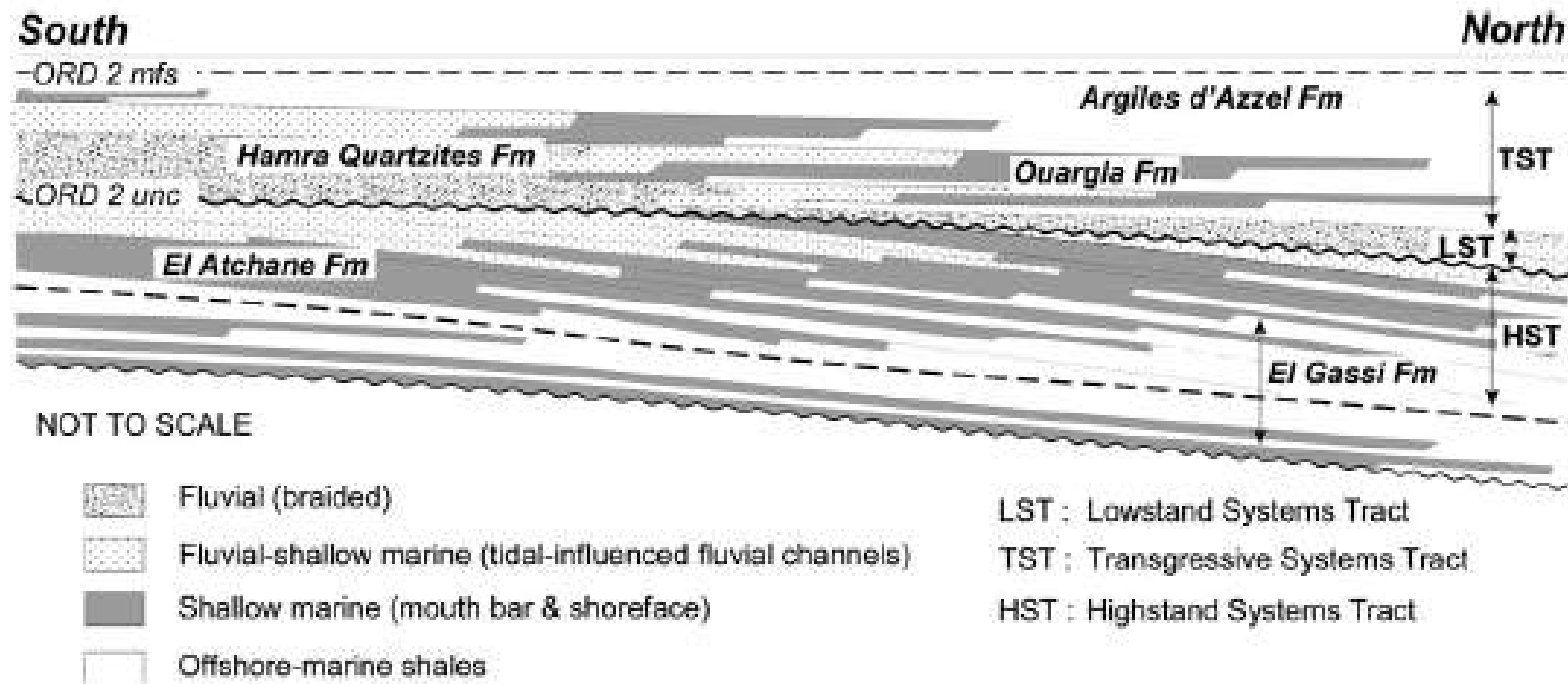
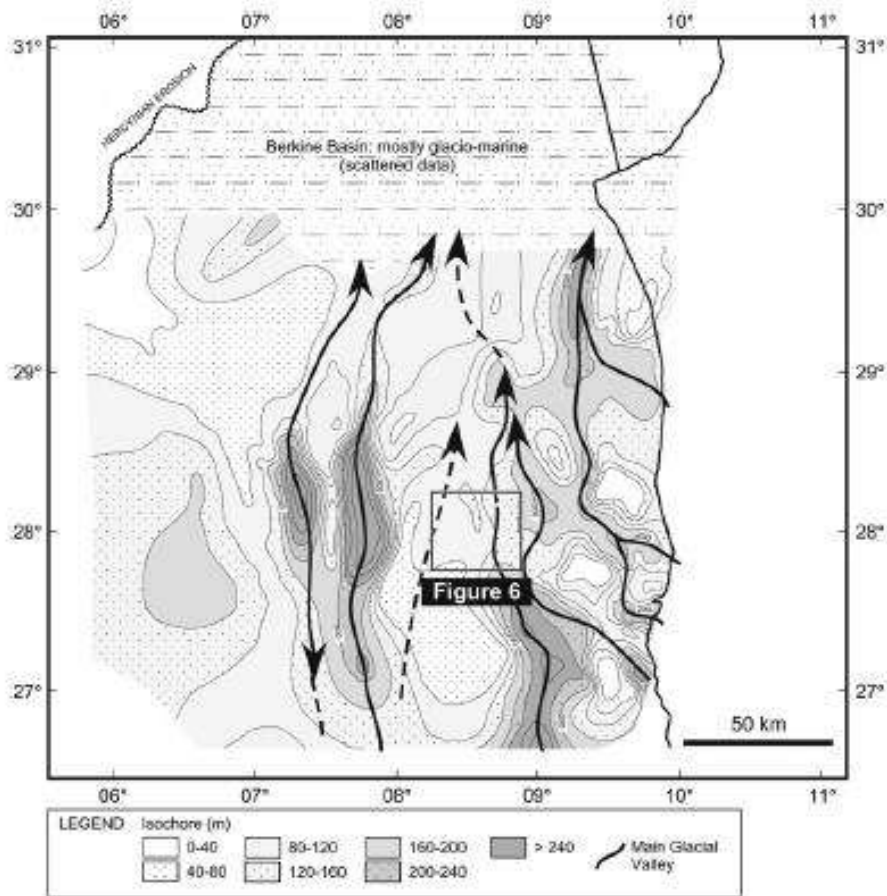


Fig. 4. Typical ramp-style depositional sequence architecture of Mid Ordovician interval. Formations are clearly time-transgressive at the regional scale.

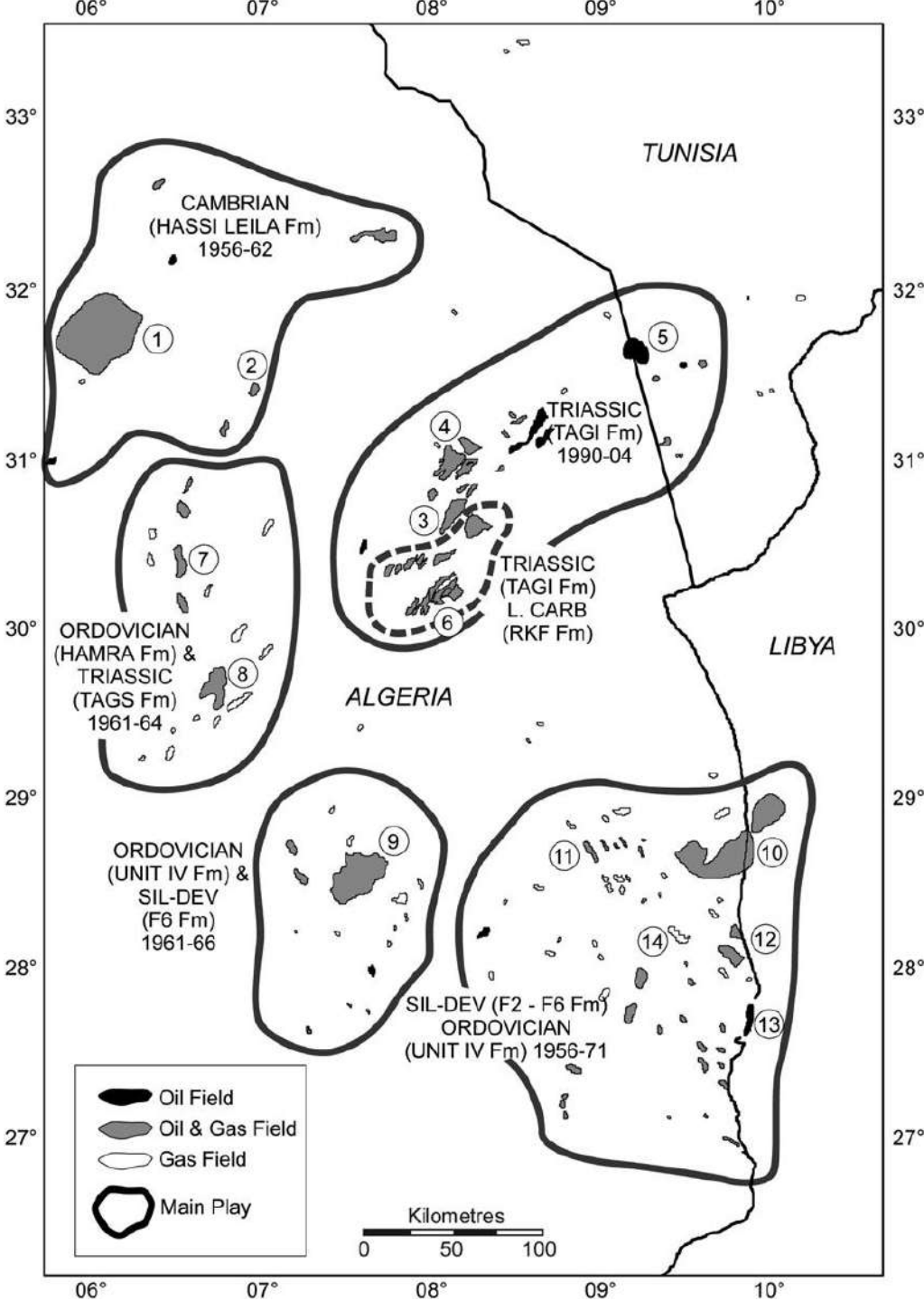
*Typical ramp-style depositional sequence architecture of Mid Ordovician interval.
Formations are clearly time-transgressive at the regional scale*

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



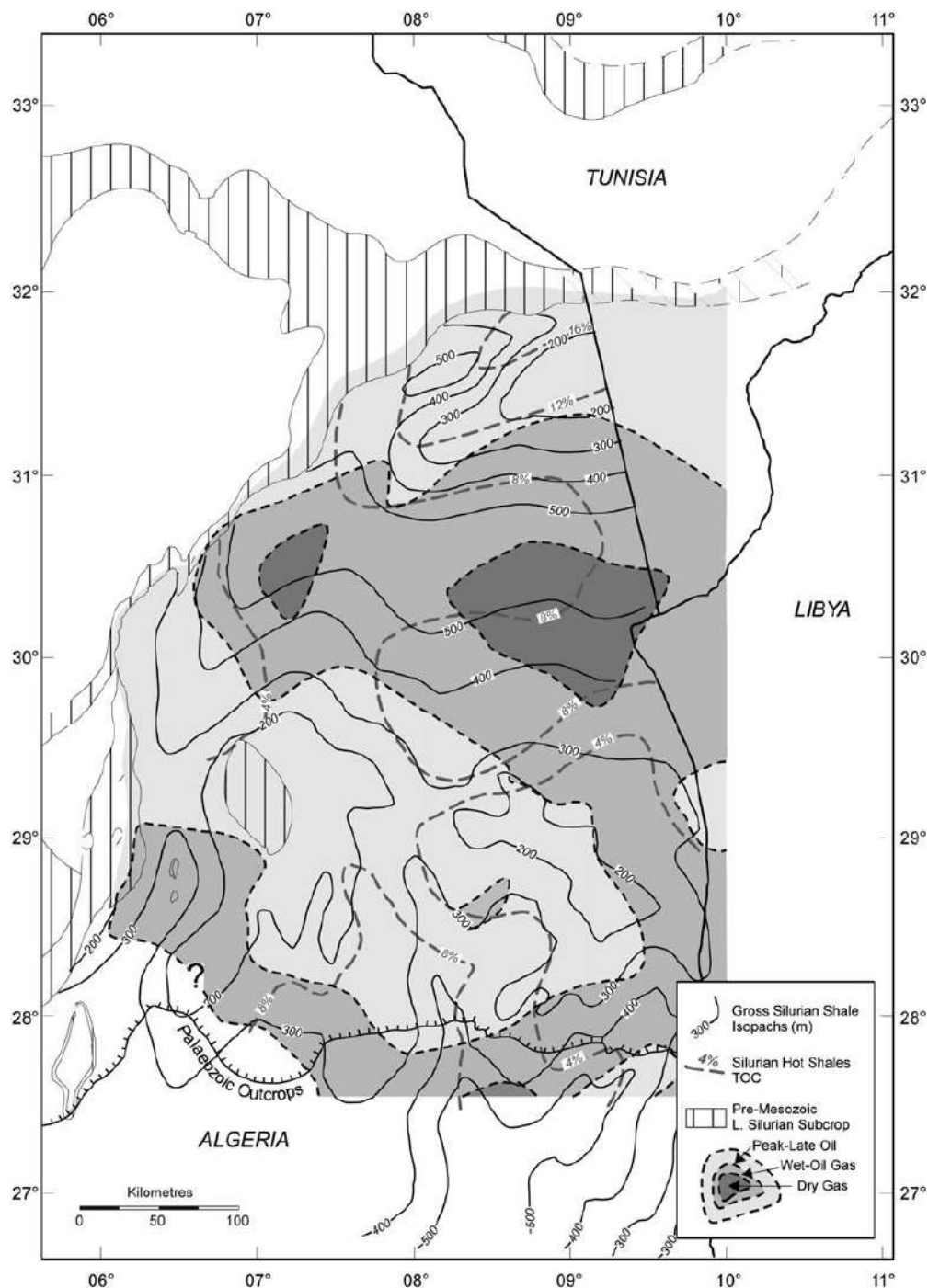
Isochore map of Ashgillian glacial deposits (Unit IV Fm). This map is based on well data and clearly shows regional N-S oriented thickness anomalies that correspond to glacial valley fills. More detailed mapping reveals additional smaller valleys and scours not displayed by this map. Sparse data on western portion of map precludes mapping of valleys.

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



Main oil fields and plays of the Berkine–Illizi area. Note the geographical segregation of the main plays. Proven and probable EUR (estimated ultimate recovery; IHS

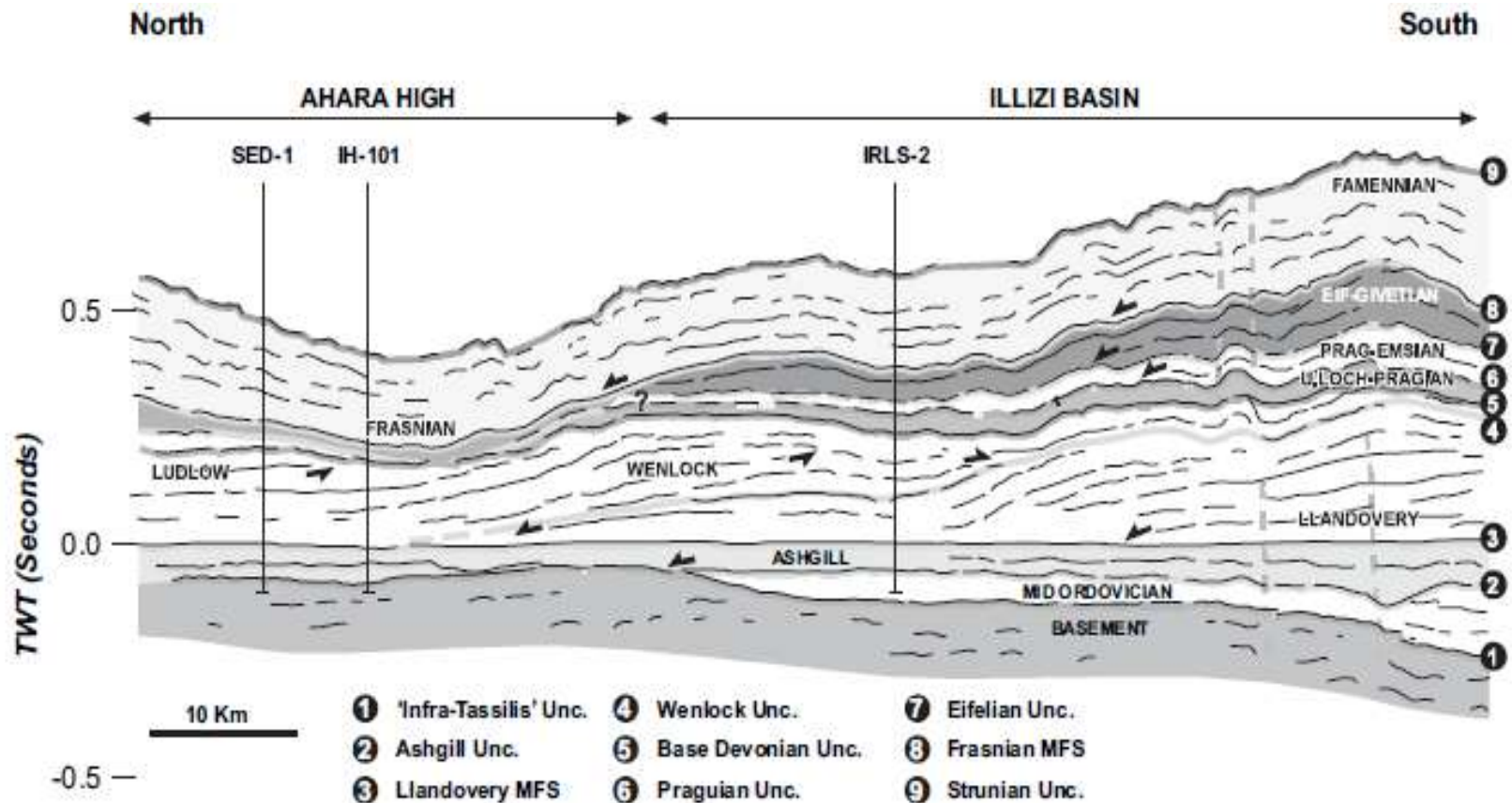
Database, 2005): 1, Hassi Messaoud (10 BBO, 8 TCF); 2, Rhourde El Baguel (1.2 BBO, 2 TCF); 3, Ourhoud (2 BBO, 500 BCF); 4, Hassi Berkine and satellites (1.3 BBO, 1 BBC, 1.5 TCF); 5, El Borma (880 MMBO, 1.3 TCF); 6, El Merk–Mendzel Ledjmet (1 TCF, 130 MBO); 7, Gassi Touil (1.7 TCF, 600 MMBO); 8, Rhourde Nouss (4.7 TCF, 500 MMBC); 9, Tin Fouye–Tabankort (8TCF, 840 MMBO, 270 MMBC); 10, Alrar–Al-Wafa (8.6 TCF, 450 MMBO, 350 MMBC); 11, Ohanet (2.2 TCF, 170 MMBO); 12, Zarzaitine (1.3 BBO, 3 TCF); 13, Edjeleh (300 MMBO, 50 BCF); 14, In Amenas (4.2 TCF, 240 MMBO, 88 MMBC)



Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

Silurian source rock compilation map. Maturity from (Malla, Khatir and Yahi, 1998). Thickness map refers to gross Silurian shales (not only Silurian Hot Shales). Note the control of the structurally subtle Ahara high on source rock maturity. Dry-gas areas in the Berkine basin may have generated oil before the Hercynian Orogeny

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

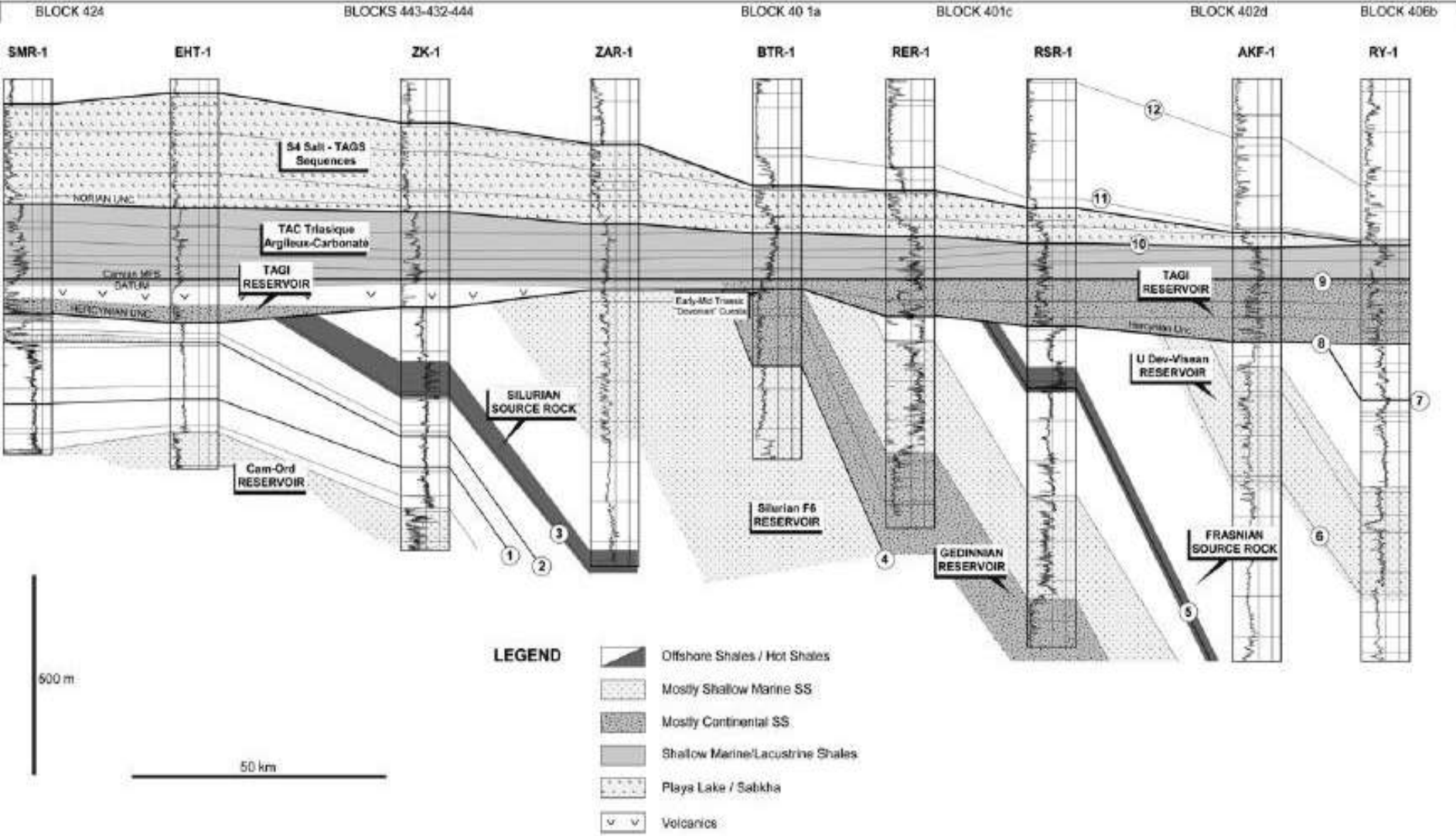


Lower Palaeozoic stratal pattern in the Illizi area. Line drawing based on seismic line flattened at Llandoveryan MFS (Silurian Hot Shale) to enhance the stratal pattern of the Ordovician and Silurian. The Mid-Late Ordovician interval is wedge shaped as it gradually thins over the Ahara high. It is characterised by a marked onlap over the top-basement unconformity, and an overall parallel stratal pattern. The Silurian section is a prograding wedge with a sigmoidal stratal pattern. During most of the Silurian the Ahara high remained a flooded sea-bottom feature, and had a minor effect in sedimentation. Note the top-lap and truncation termination patterns at the Base Devonian Unconformity

A
NW

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

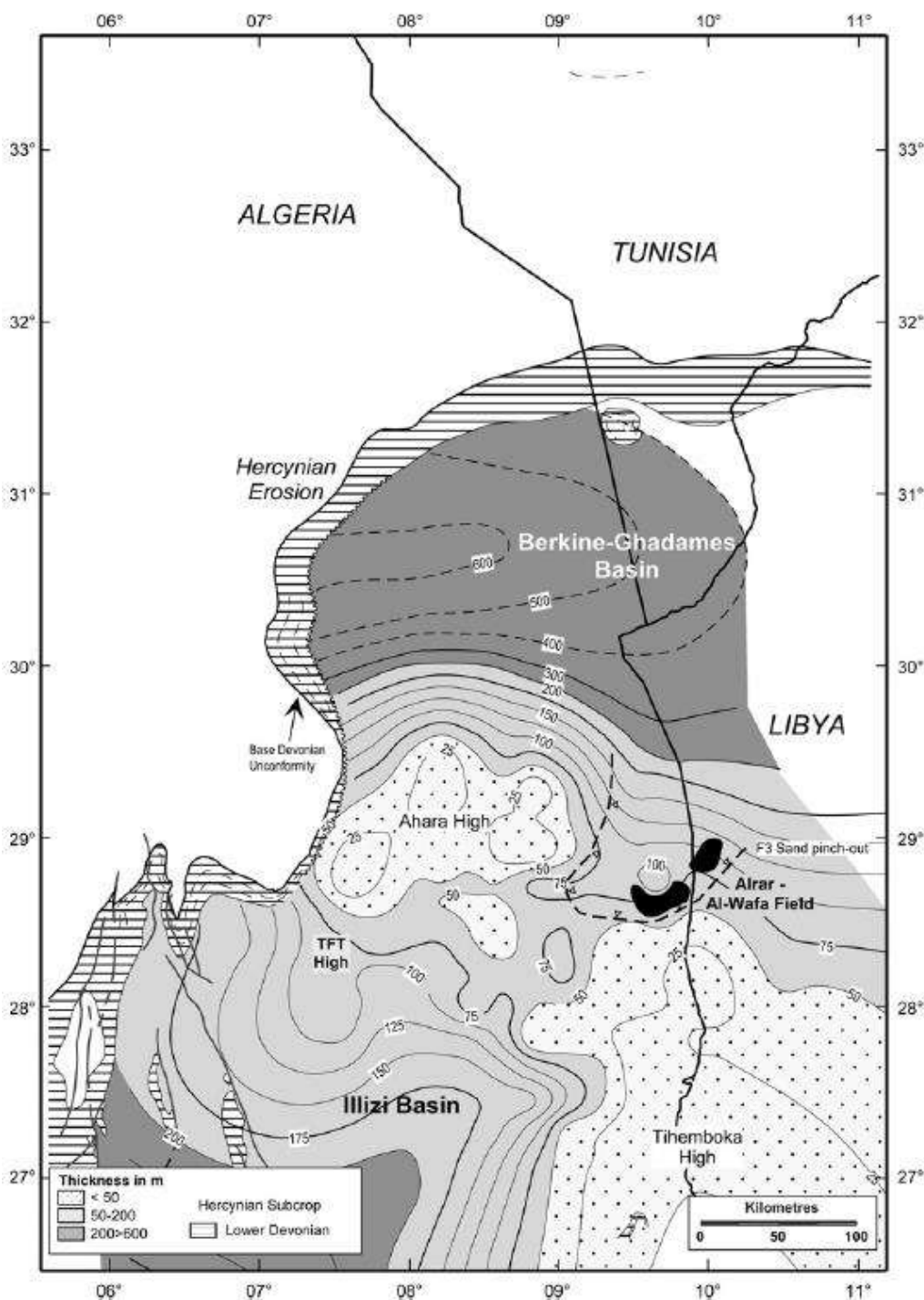
A'
SE



Well-log cross section of the Berkine basin (datum Late Carnian MFS). Note the lateral relationship between Triassic volcanics and TAGI fluvial deposits. Sand-rich TAGI deposits in Berkine Fairway are most probably largely composed of re-deposited shortly transported sands, sourced from subcropping Devonian sandstones. Frasnian–Triassic petroleum system works by direct charge of Triassic reservoirs by subcropping Frasnian shales as well as by vertical migration along normal faults. 1, ORD-2 MFS (Llandeilo); 2, Ashgillian Unc; 3, Sil-1 MFS (Llandoveryan); 4, Base Devonian Unc; 5, Frasnian MFS; 6, Strunian Unc; 7, Visean MFS; 8, Hercynian Unc; 9, Carnian MFS; 10, Norian Unc; 11, Lias-2 Unc; 12, ‘B’ Horizon (Sinemurian MFS).

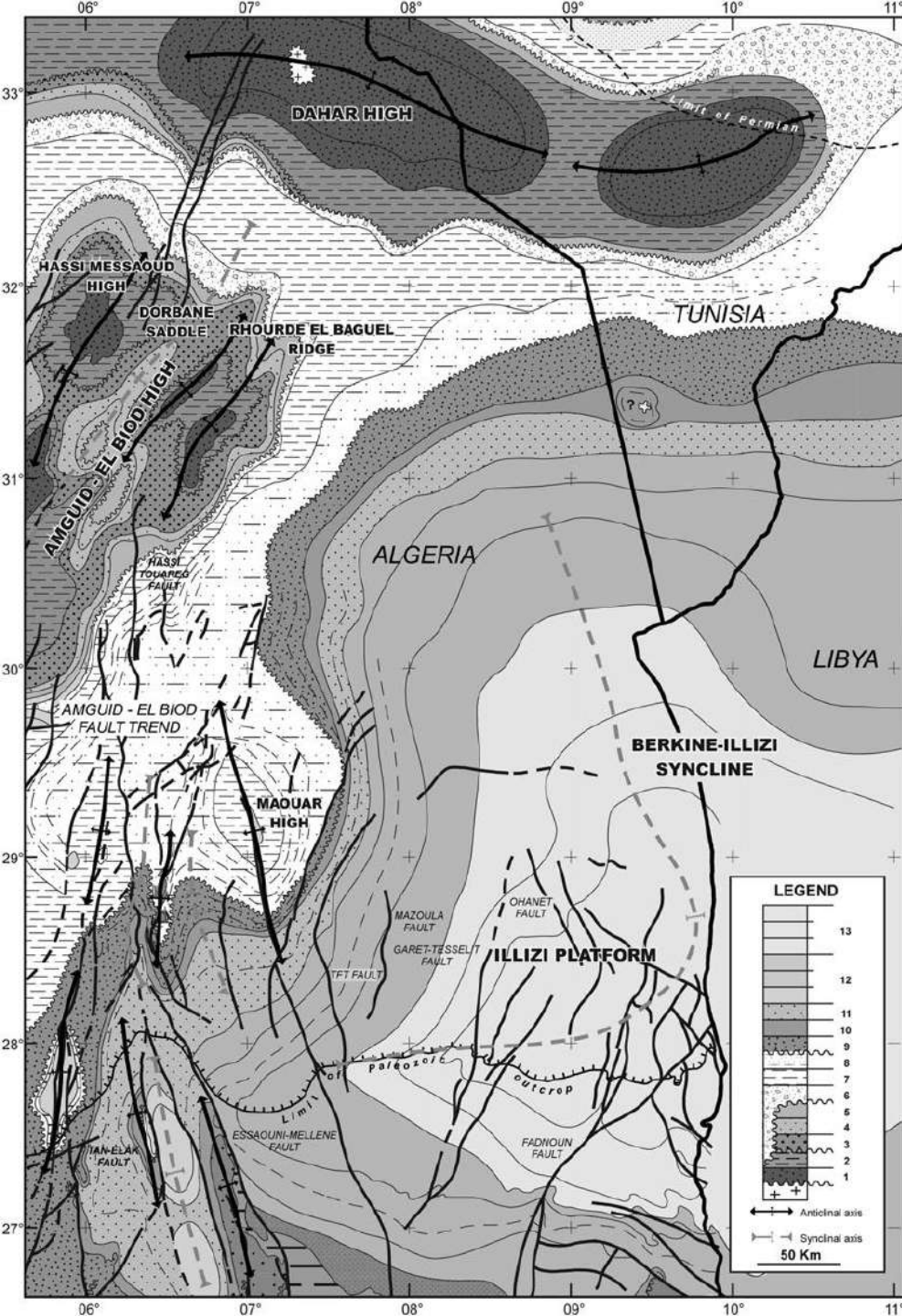
Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

Lower Devonian isopach map. Early Devonian deposition was highly influenced by the Ahara high especially during the Late Early Devonian as shown by the pinch-out trend of F3 sands in the Alrar–El Wafa area.



Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

Hercynian subcrop map of the Berkine–Illizi area. Note the different scales of Hercynian deformation expressed by regional highs and lows, and smaller-scale folds and faults. Intense deformation is concentrated along the Amguid–El Biod fault trend, which acted as a mild intraplate strike-slip mobile belt throughout the Phanerozoic. Other minor, although locally important strike-slip faults also developed or reactivated in the Illizi area, such as the Fadnoun and Garet–Tessalit faults. In addition, this map displays the major Palaeozoic unconformities of Arenigian, Ashgillian, and Late Silurian–Early Devonian age. 1, Cambrian (Hassi Leila Fm); 2, Tremadocian (El Gassi Fm); 3, Arenigian (Hamra Fm); 4, Arenigian–Llanvirnian (Ouargla Fm); 5, Llandeilian–Caradocian (Azzel and Oued Saret Fm); 6, Ashgillian (Unit IV); 7, Lower Silurian ('Argiles à Graptolites'–Tanezzuft Fm); 8, Upper Silurian (F6 Fm); 9, Lower–Mid Devonian; 10, Upper Devonian (Frasnian Hot Shale); 11, Upper Devonian; 12, Lower Carboniferous; 13, Mid and Upper Carboniferous



Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

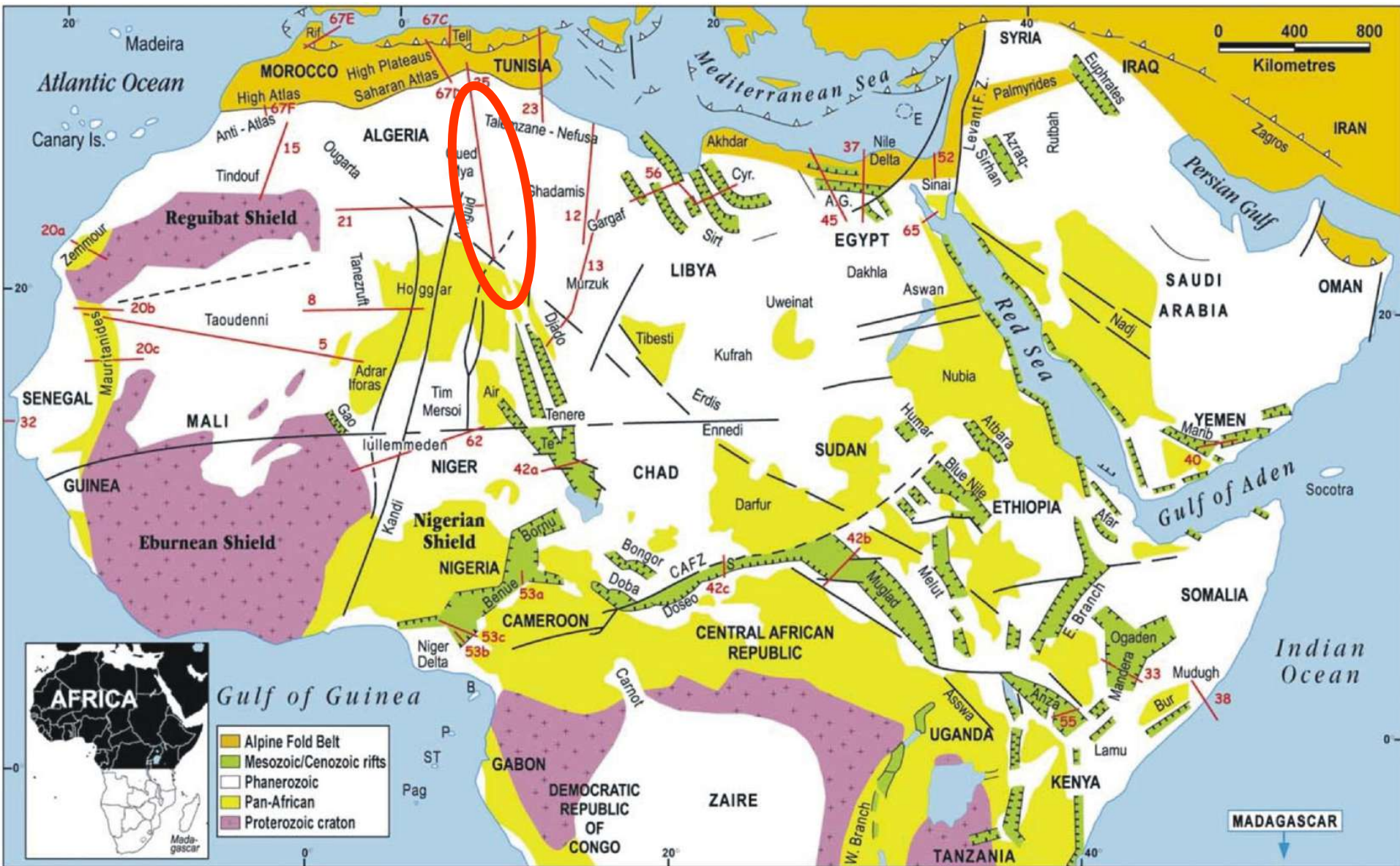


Fig . Schematic geological map of Northern Africa, Central Africa and Arabia

Legend: AG, Abu Gharadig; B, Bioko; CAFZ, Central African Fault Zone; Cyr, Cyrenaica; E, Eratosthenes Seamount; JP, Jos Plateau; P, Principe; Pag, Pagalu; S, Salamat; ST, São Tomé; Te, Termit.

QUED MYA & ILLIZI BASINS. ALGERIAN SAKHARA

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

Silurian Radioactive Shales (Hassi Messaoud High)

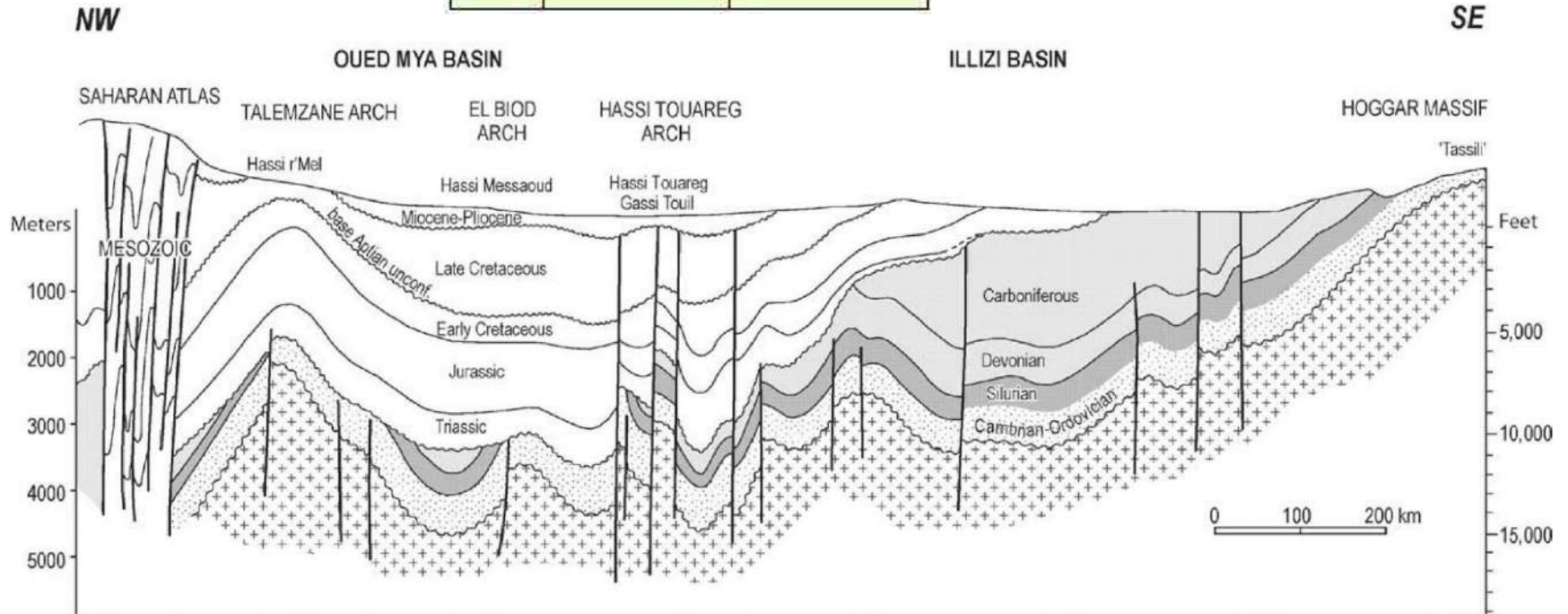
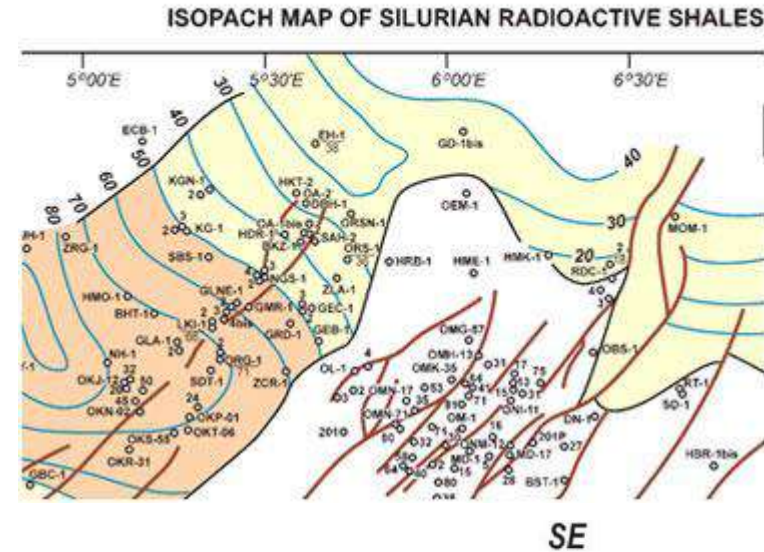
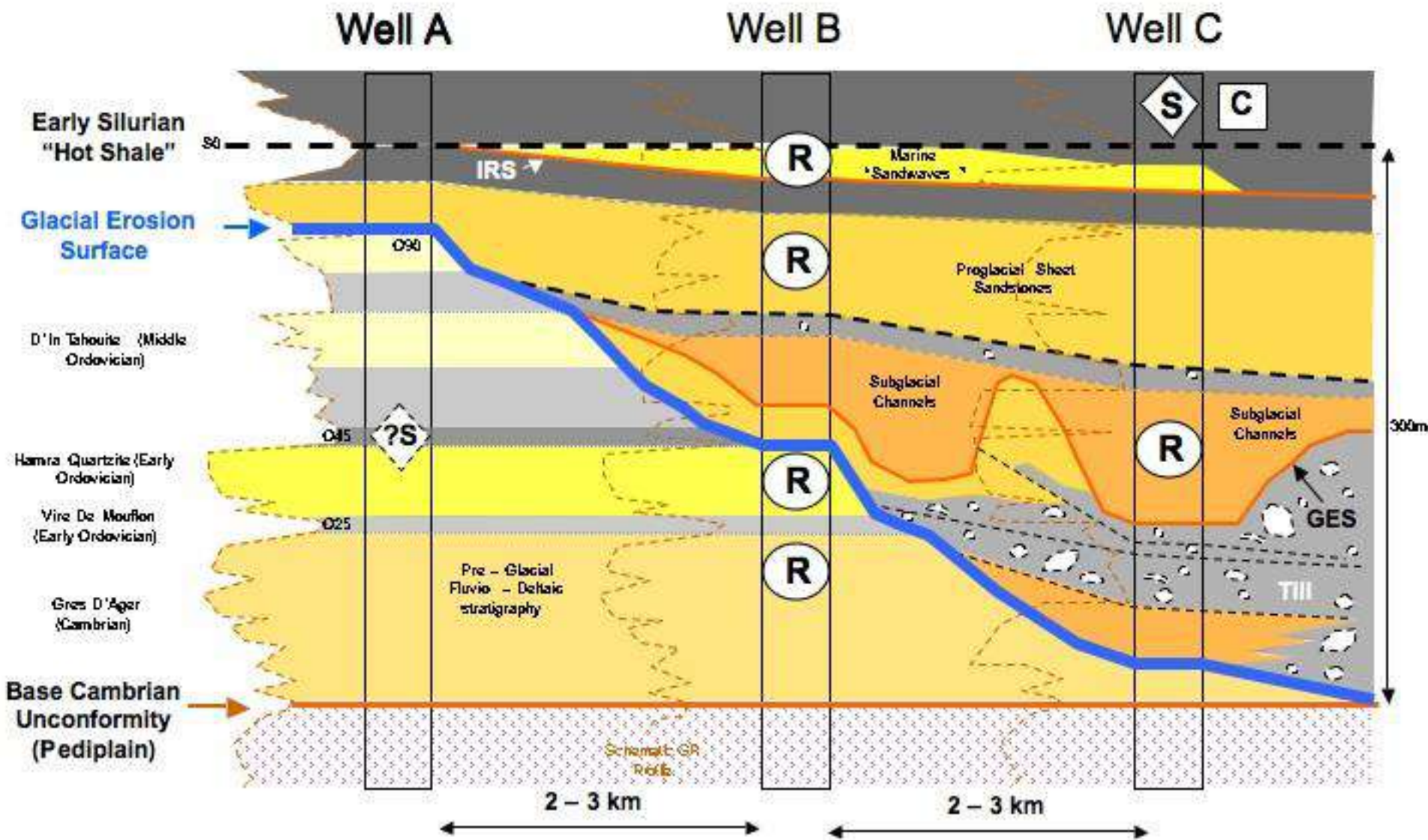


Fig. Schematic structural cross-section across the Oued Mya and Illizi basins, Algerian Sahara

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

Illizi basin



Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

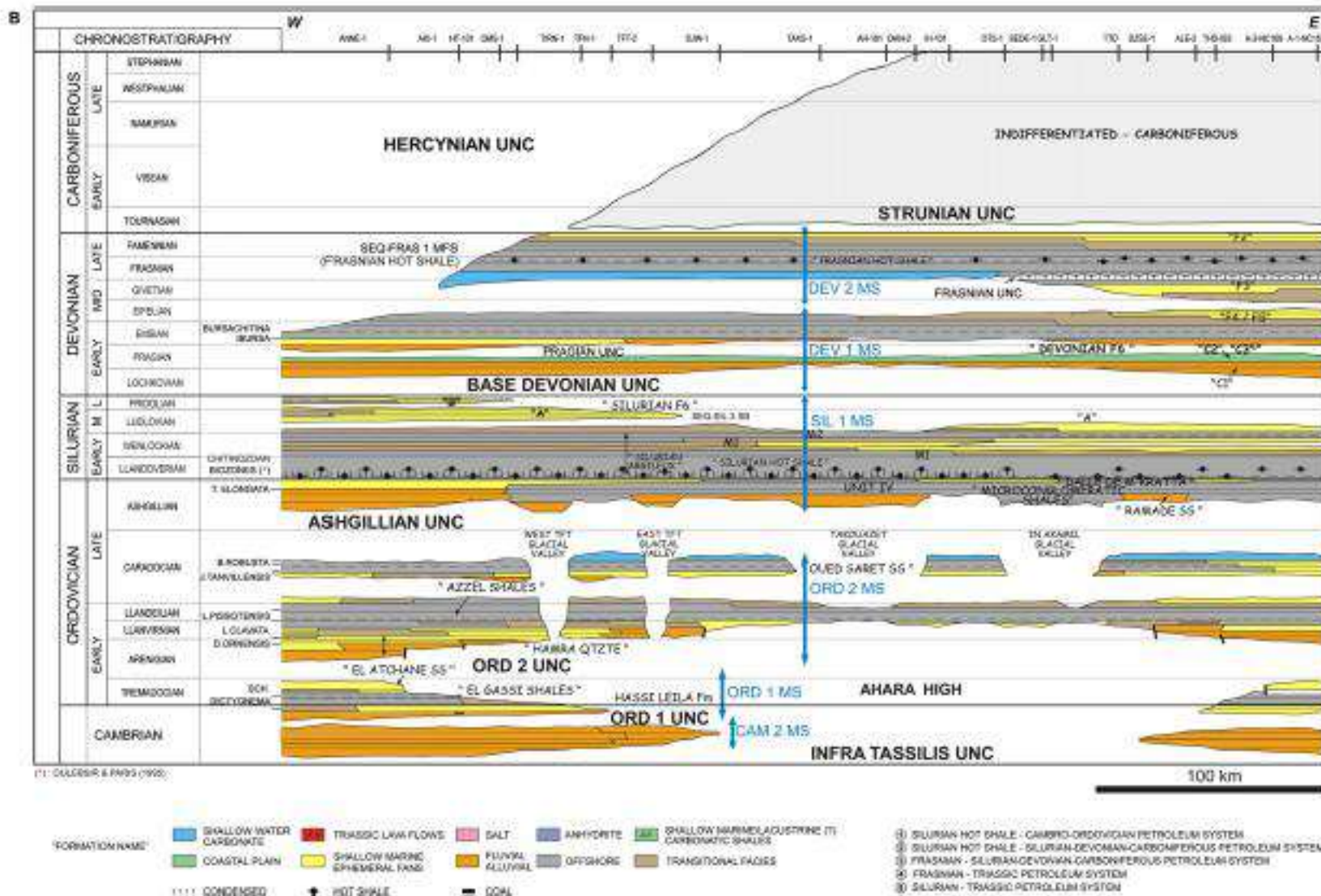


Plate 4. (A) N-S chronostratigraphic chart of the Illizi-Berkine area with indication of main petroleum systems. (B) E-W Palaeozoic chronostratigraphic chart of the Illizi basin. Only the most commonly used formation names shown. Location in Plate 3.

E-W Palaeozoic chronostratigraphic chart of the Illizi basin. Only the most commonly used formation names shown.

E

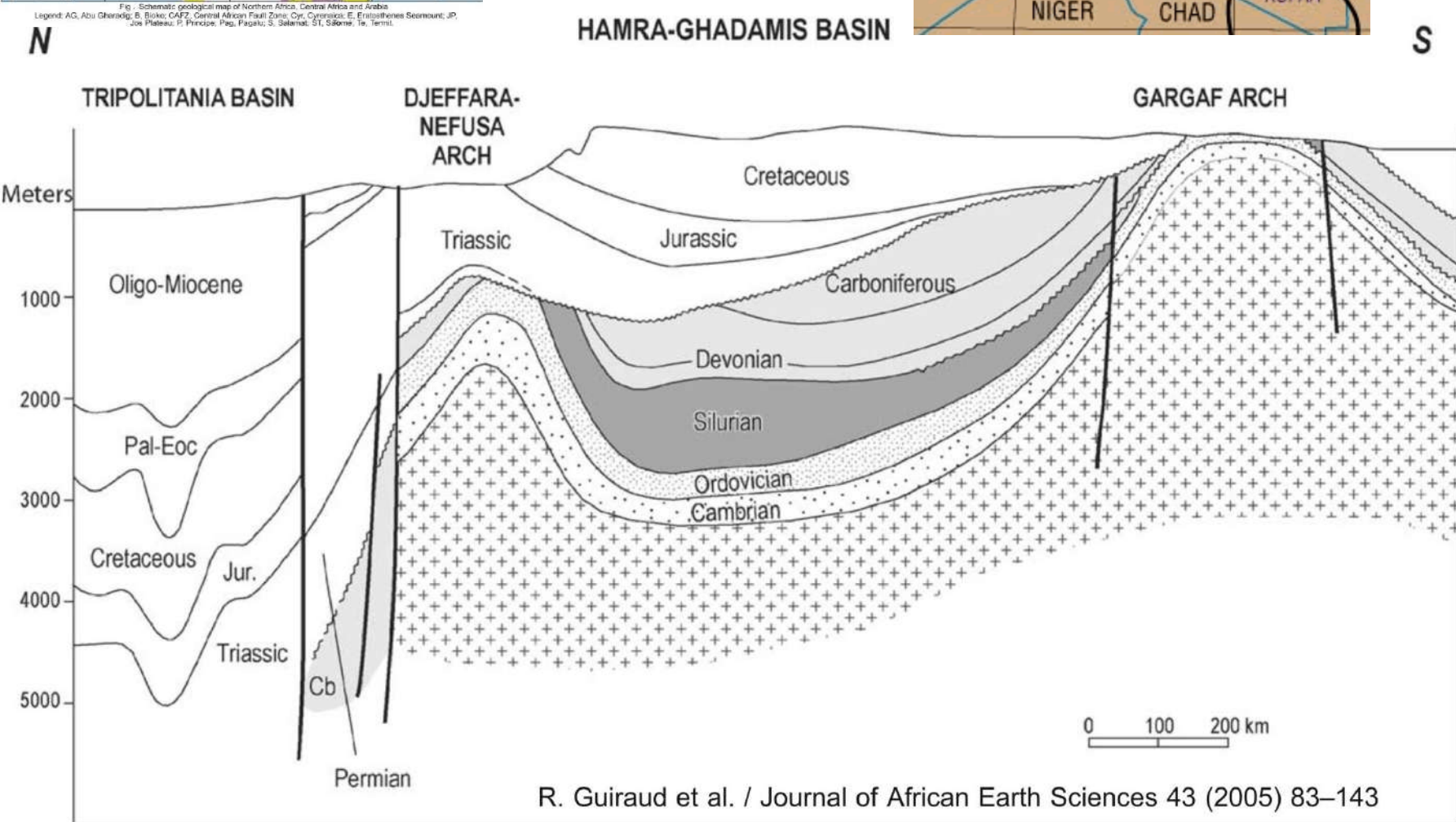
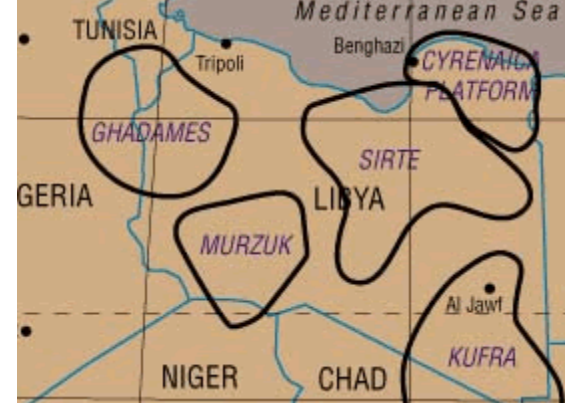


Lithostratigraphic units: 1, Hoggar-type polyphase metamorphic basement; 2, Hassi Leila Fm; 3, "Argiles d'El Gassi" Fm; 4, "Gre` s d'El Atchane" Fm; 5, "Hamra Quartzites" Fm; 6, "Gre` s d'Ouargla" Fm; 7, "Argiles d'Azzel" Fm; 8, "Gre` s d'Oued Saret" Fm; 9, "Gre` s de Ramade (Unit IV)" Fm; 10, "Argiles Microconglomeratiques (Unit IV)" Fm; 11, "Dalle de M'Kratta (Unit IV)" Fm; 12, Silurian Hot Shale or Tanezzuft Fm; 13, "Argiles a` Graptolites" Fm; 14–18, "Silurien Argilo-gresex" Fm; or 14–19, F6 Fm subdivided into members: 14, M1; 15, M2; 16, A; 17, B1; 18, B2; 19, Devonian F6 Fm or C1.

Simplified stratigraphic cross section showing the stratigraphic architecture of 3rd order depositional sequences and megasequences of Lower Palaeozoic in the Illizi area. Note the major truncation and erosion at the Arenigian (ORD-2), Ashgillian (AU), and Base Devonian (BD) unconformities. The basal CAM 2 sandstones are interpreted to partially onlap onto the Ahara high.



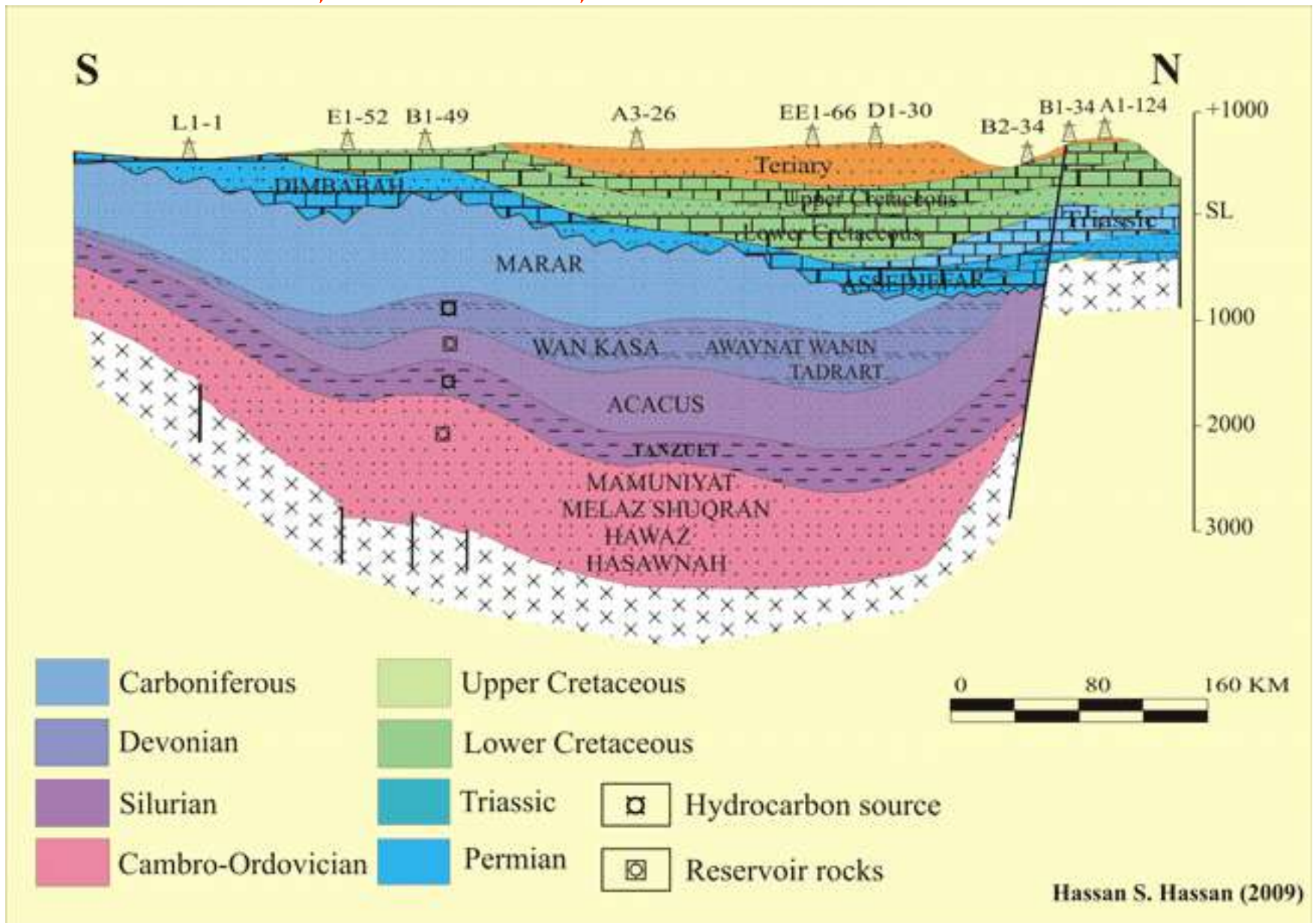
Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



R. Guiraud et al. / Journal of African Earth Sciences 43 (2005) 83–143

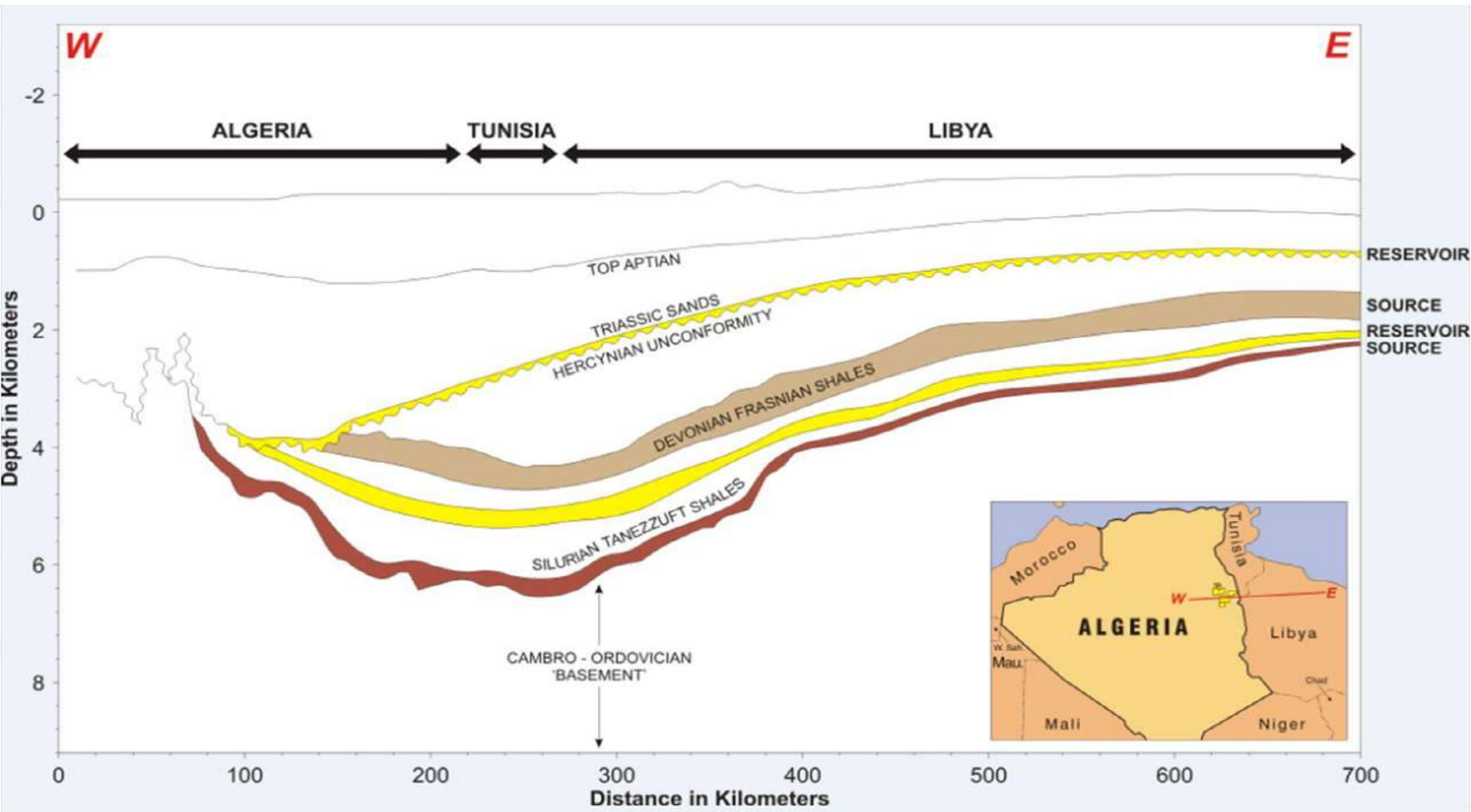
Fig. Schematic geological cross-section across the Hamra-Ghadamis Basin of northwestern Libya

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



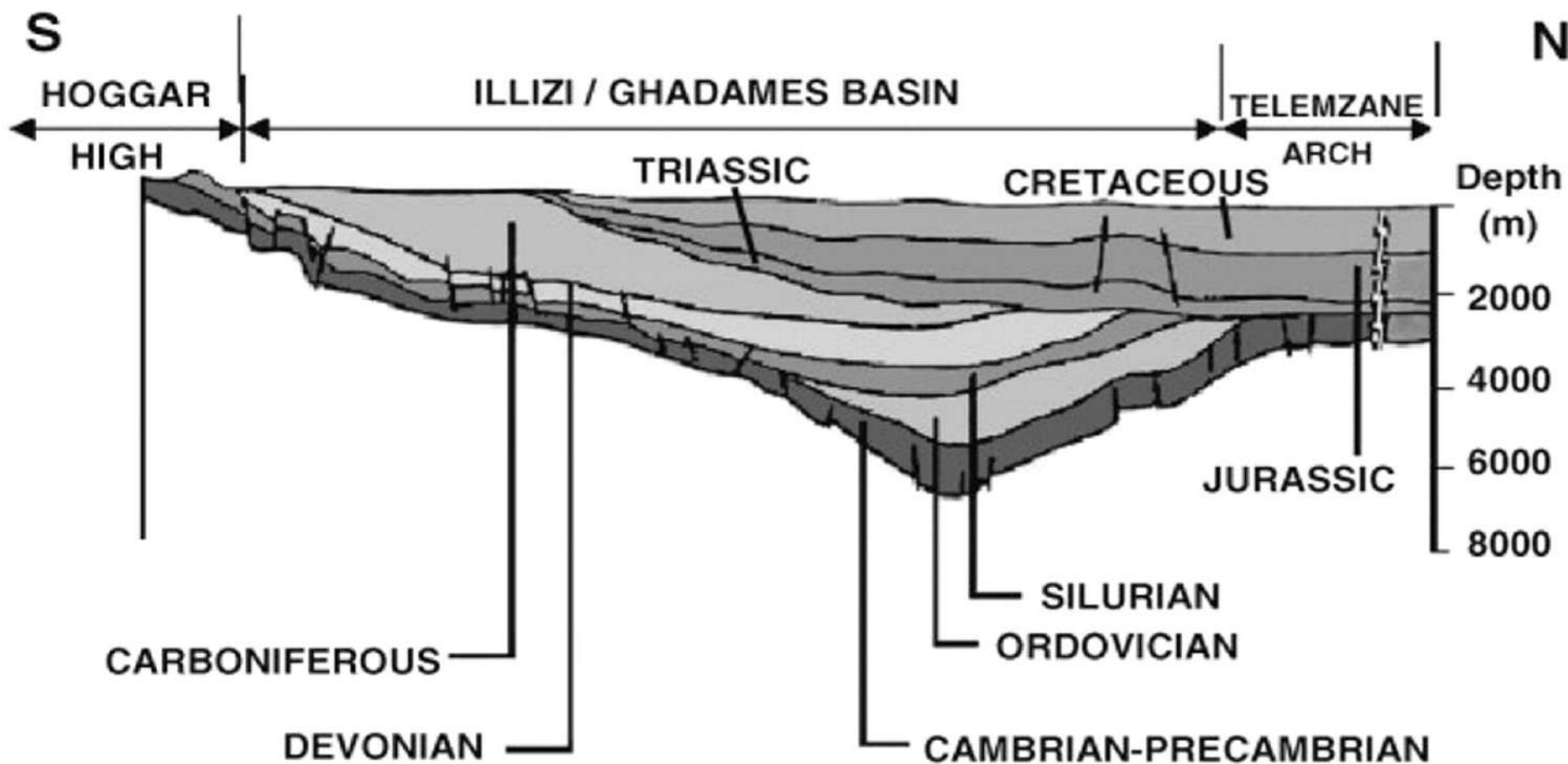
North-south cross section of Ghadamis Basin. (Modified after Pallas, 1980)

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



The intracratonic Ghadamis Basin located on the western Libya, southern Tunisia and eastern Algeria. May have oil and gas sourced by Middle-Upper Devonian and Basal Silurian hot shales.

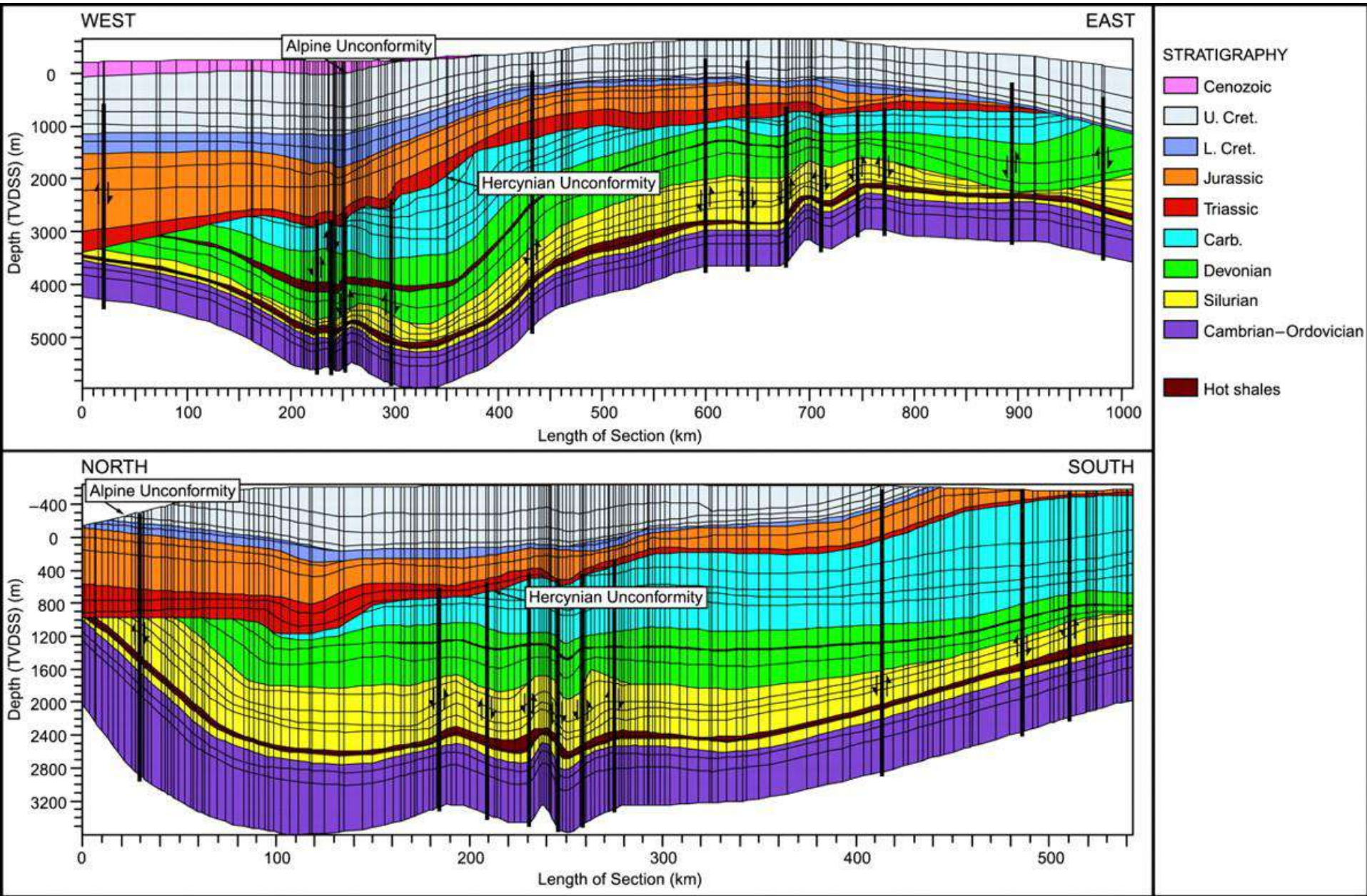
Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



b

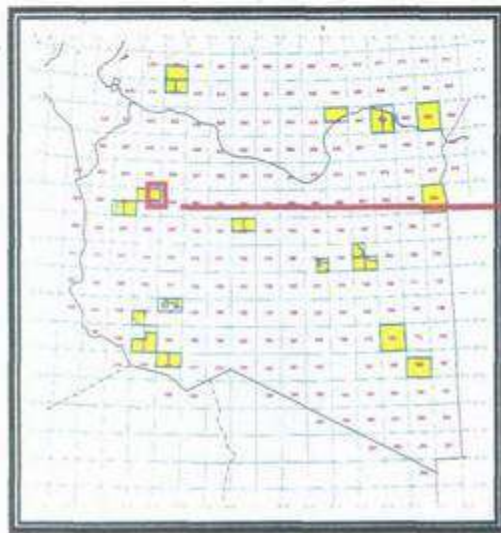
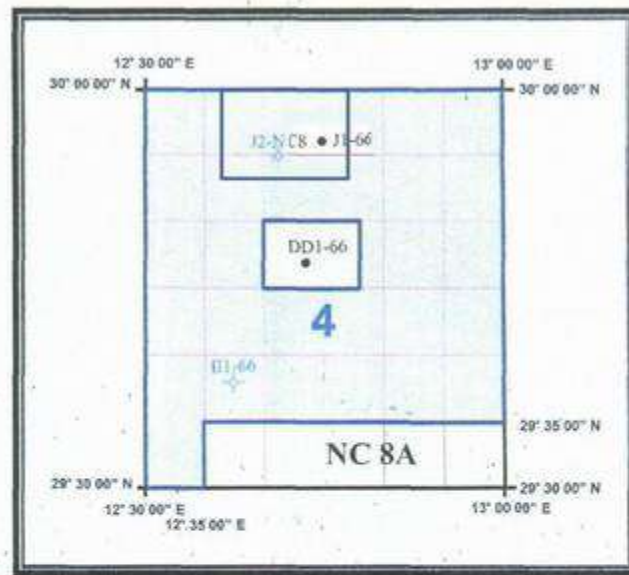
Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

Ghadames Basin



Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

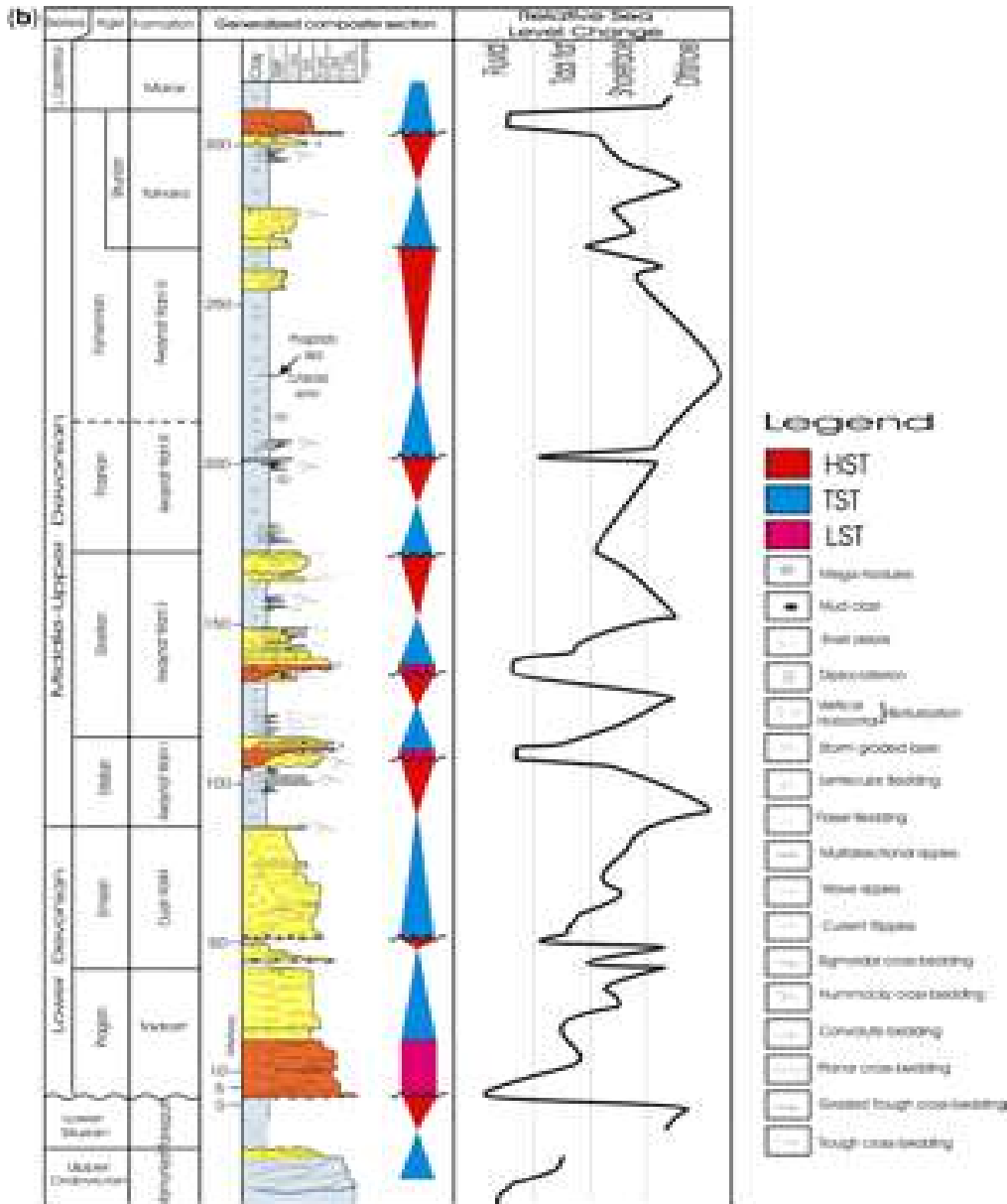
Contract Area 82 Block 4



Ghadames basin

AGE		LITHO- LOGY	FORMATION
MESOZOIC	TRIASSIC TO CRETACEOUS		MESSAK TAOURATINE ZARZAITINE
PALEOZOIC	PERMIAN		TIGUENTOURINE
	CARBONIFEROUS		DEMBABA
			ASSEDJAFAR
			MARAR
			TAHARA
	DEVONIAN		AWAYNAT OUNIEN
			EMGAYET
			OUN KASA
			TADRART
			AKAKUS
	SILURIAN		TANEZZUFT
			MEMOUNIAT
	ORDOVICIAN		MELAZ SHUGRAN
			HOUAZ
			HASAWNAH
	CAMBRIAN		BASEMENT

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



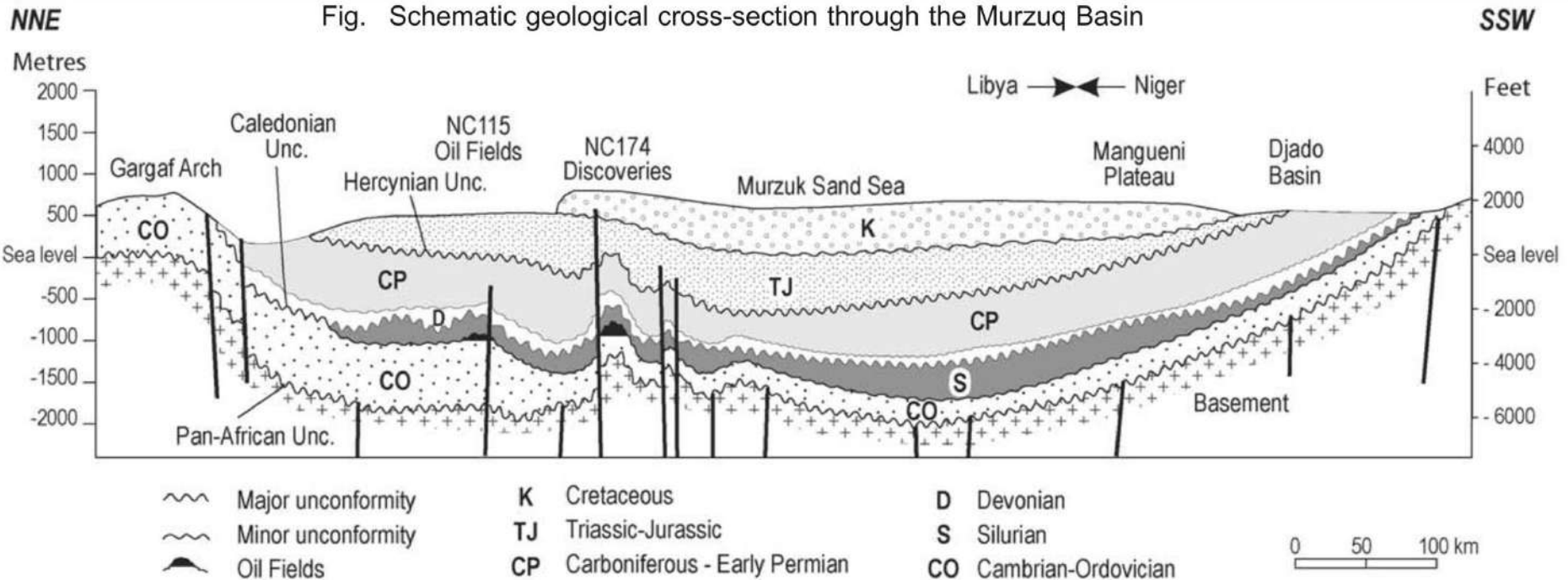
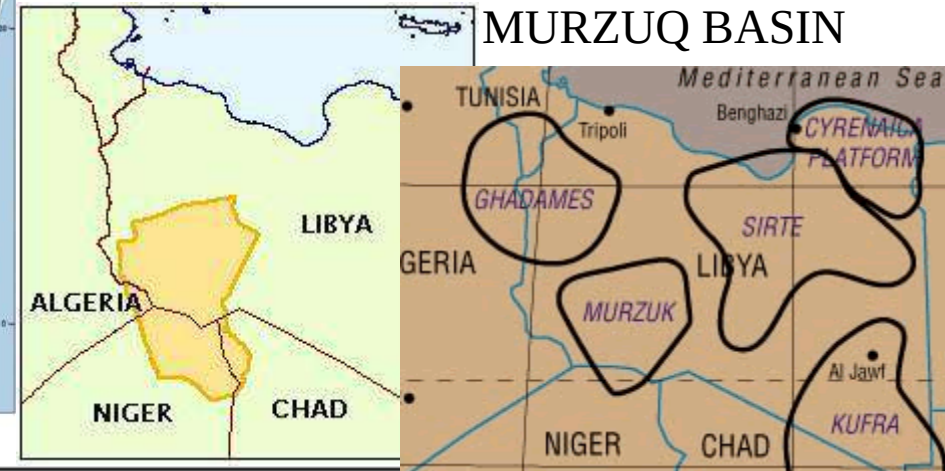
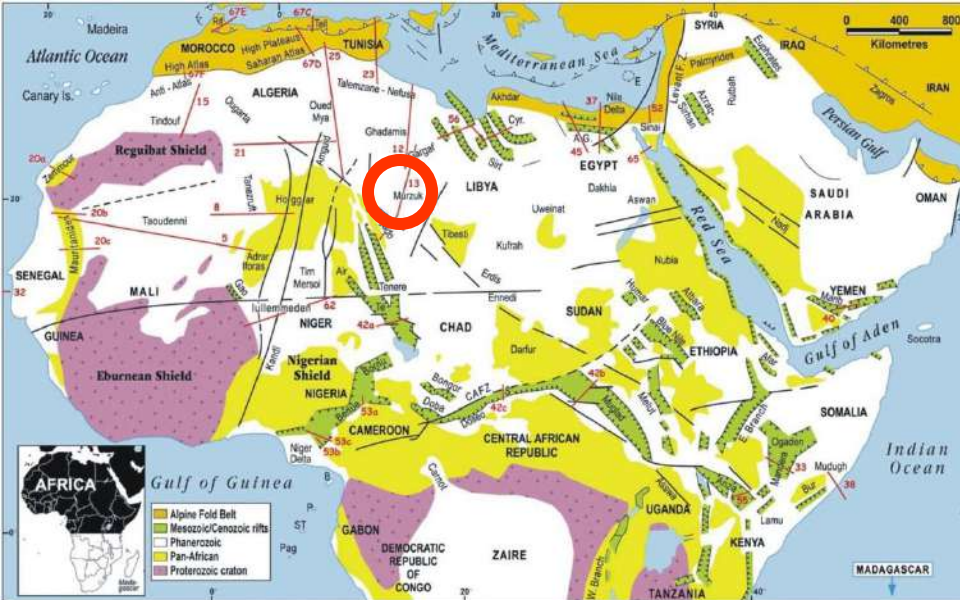
Generalized composite section of the Devonian successions exposed in the Southern Ghadamis Basin, Awaynat Wanin area (Ben Rahuma et al. 2008). Formation names and ages after Belhaj (1996), Massa (1988) and Gundobin (1985).

P. Königshof

Devonian change: case studies in palaeogeography and
palaeoecology - an introduction
Geological Society, London, Special Publications 2009,
v. 314, p. 1-6

Generalized composite section of the Devonian Successions exposed in southern Ghadamis Basin, Awaynat Wanin area. The formation ages and boundaries are based on: Bellhaj, F. (1996); Gundobin, V. M. (1985); Massa, D. (1988)

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

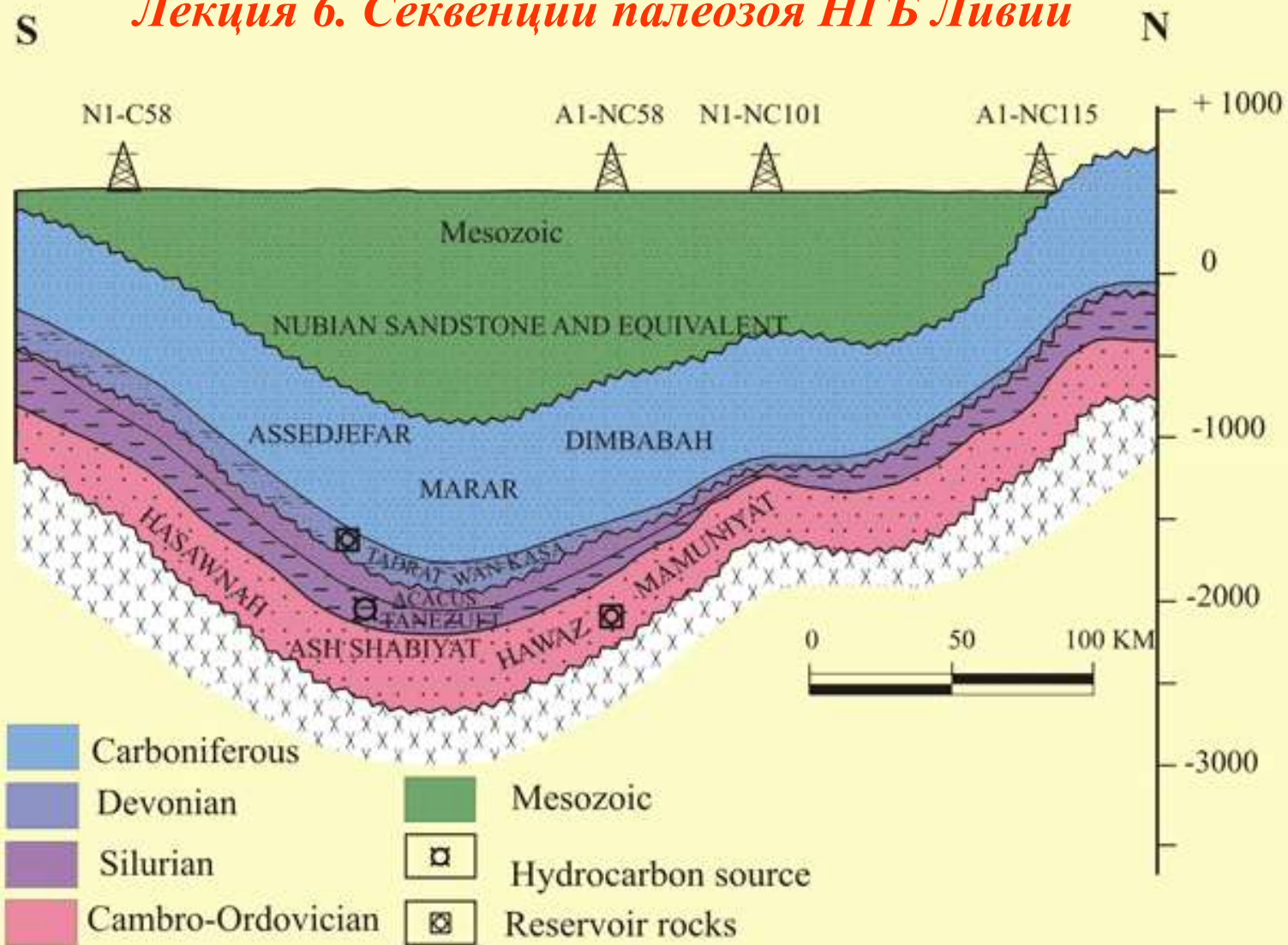


Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

Summary Sheet Contract Area 113 Blocks 3 and 4

Basin	–Murzuq Basin
Open Surface area	–4,272 sq km.
Drilled Wells	–B1-NC151
Potential Reservoirs	–Ordovician (Memouniat and Houaz formations). –Carboniferous Sandstone (Marar) –Devonian sandstones (A. Ounien "A Mbr.", Tahara)
Source Rocks	–Tanezzuft shale. –Devonian shale "Radioactive unit".
Seals	–Melaz Chogran –Tanezzuft shale –A. Ounien –Marar shaly intervals
Play Concepts	–Buried Hills (Ordovician) –Fault associated closures.
Acquired Seismic	–2400 Km 2D
Production facilities	–Al Wafa Field facilities within 200 km to the Northwest

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

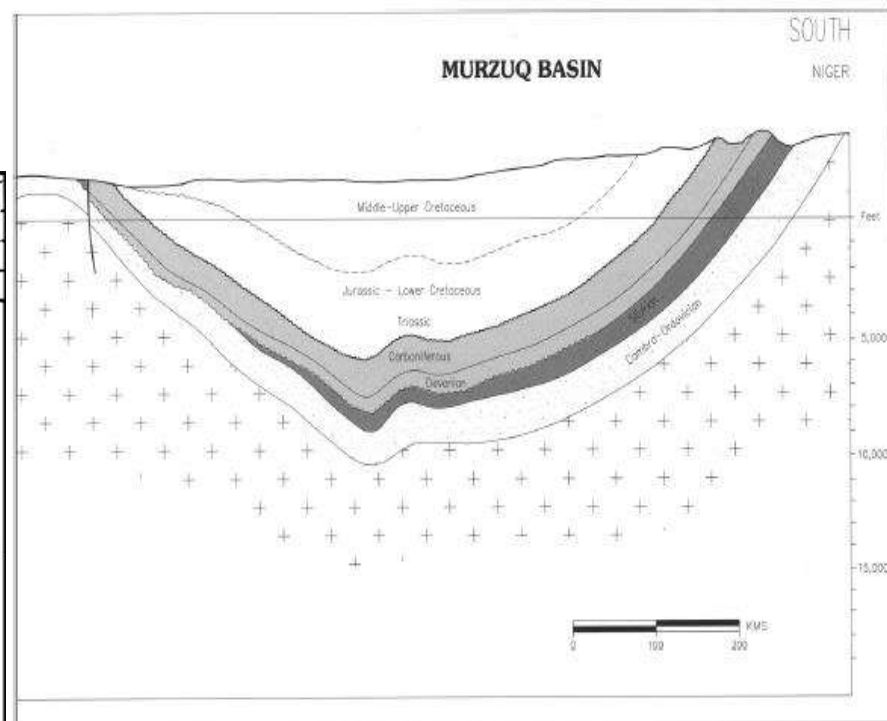
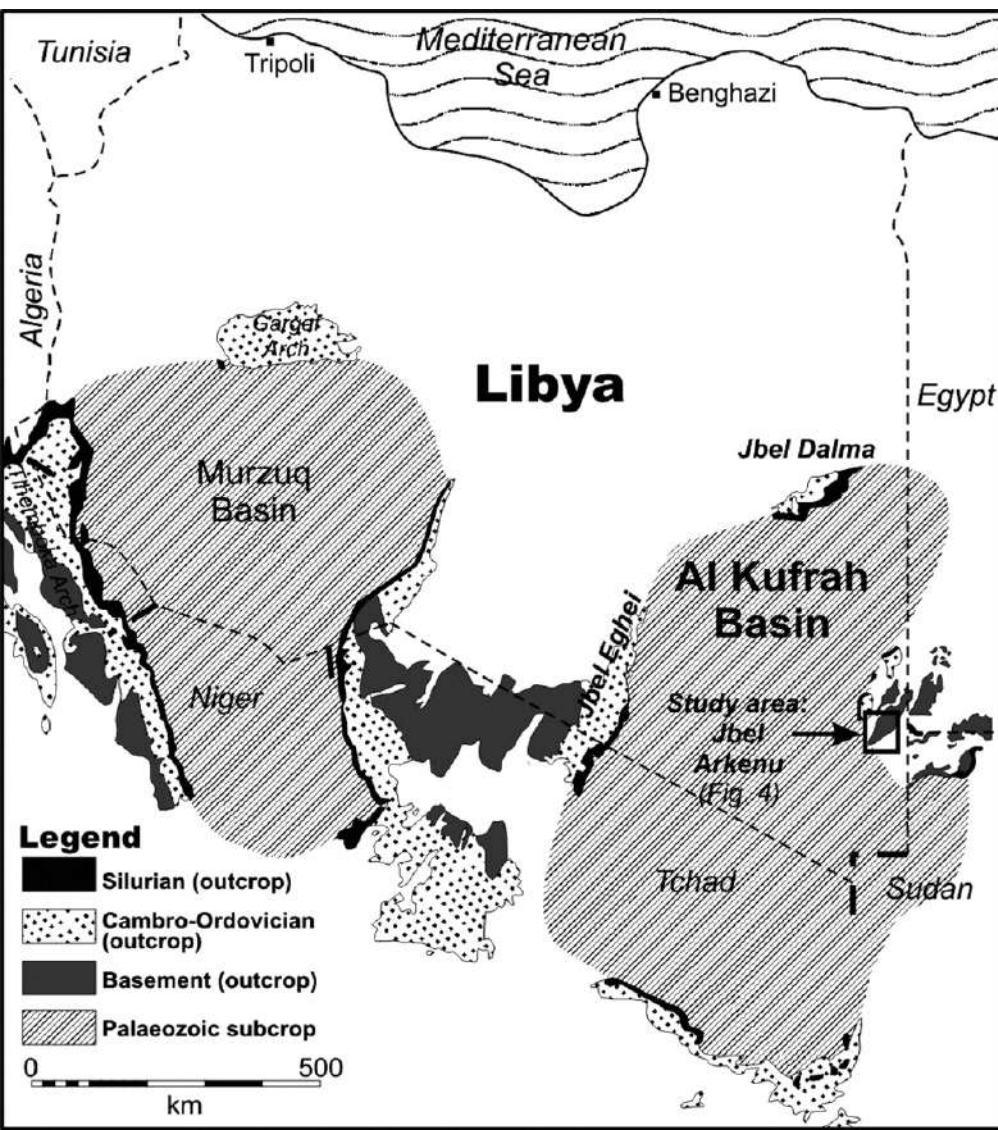


North-south cross section of Murzuq Basin

Hassan S. Hassan (2009)

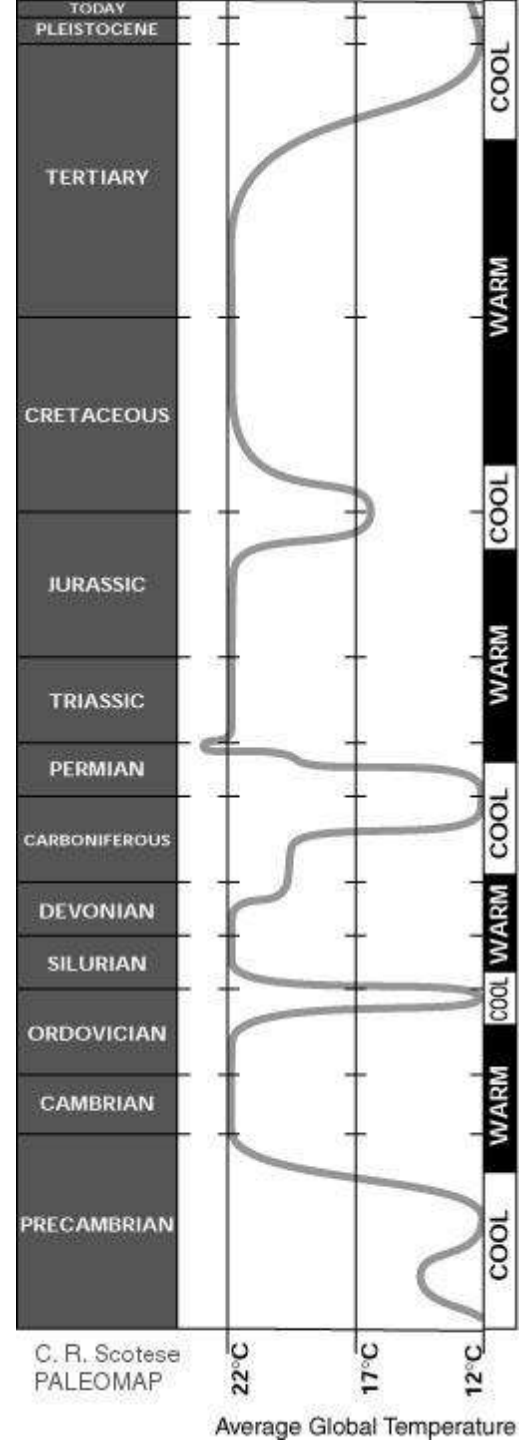
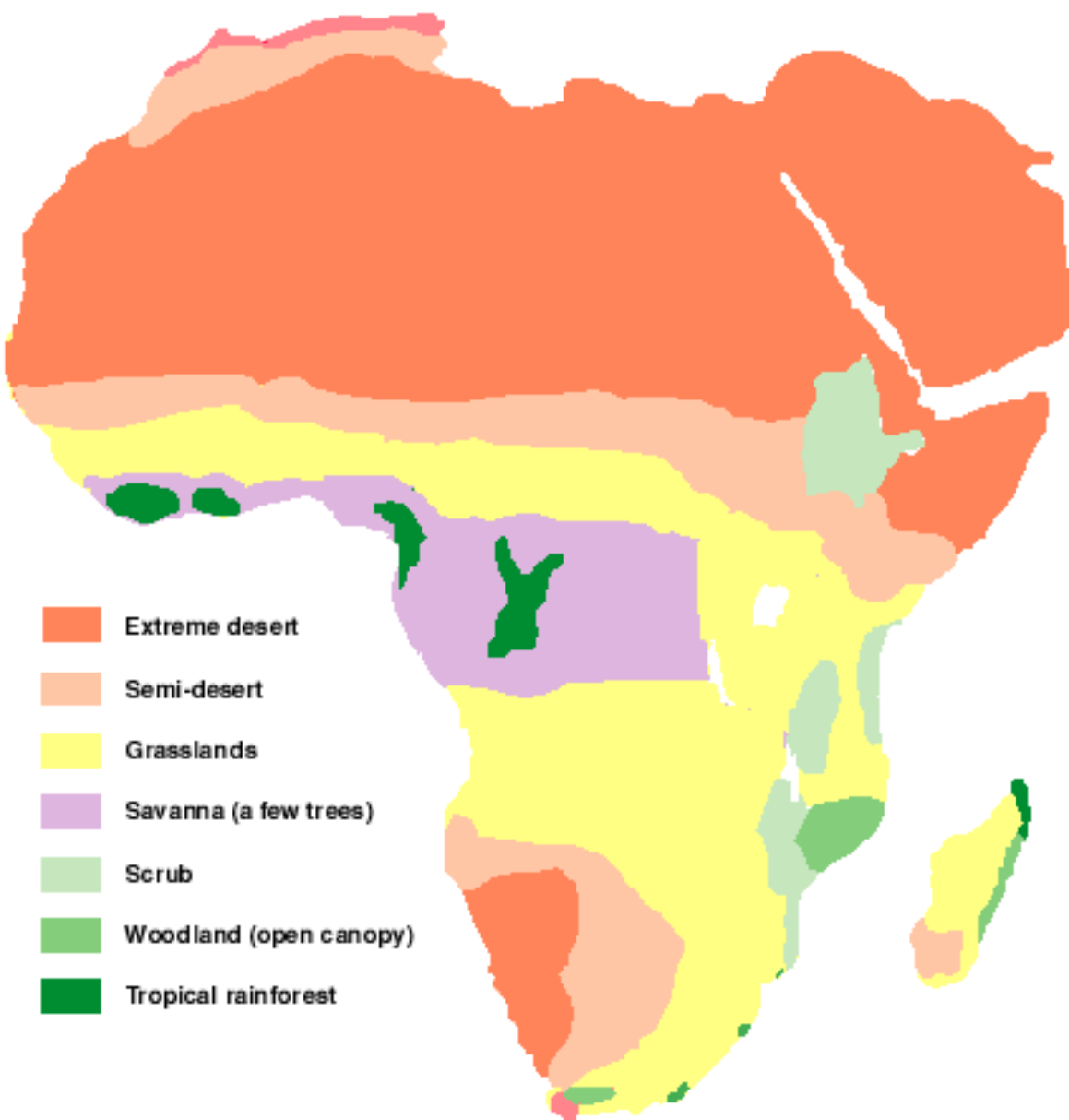
Large intracratonic Paleozoic basin, straddling the boundaries of Algeria, Niger and Chad. The Basin is filled with sediment ranging in age between Cambrian to Quaternary, with maximum total thickness of more than 3000 meter in the central part. The potential reservoirs in Murzuq Basin are mainly siliciclastics that include the Memouniat, Hawaz, Acacus and Tadrart Formations.

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

-  Extreme desert
-  Semi-desert
-  Grasslands
-  Savanna (a few trees)
-  Scrub
-  Woodland (open canopy)
-  Tropical rainforest



Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

Ледниковые палеодолины и их заполнение

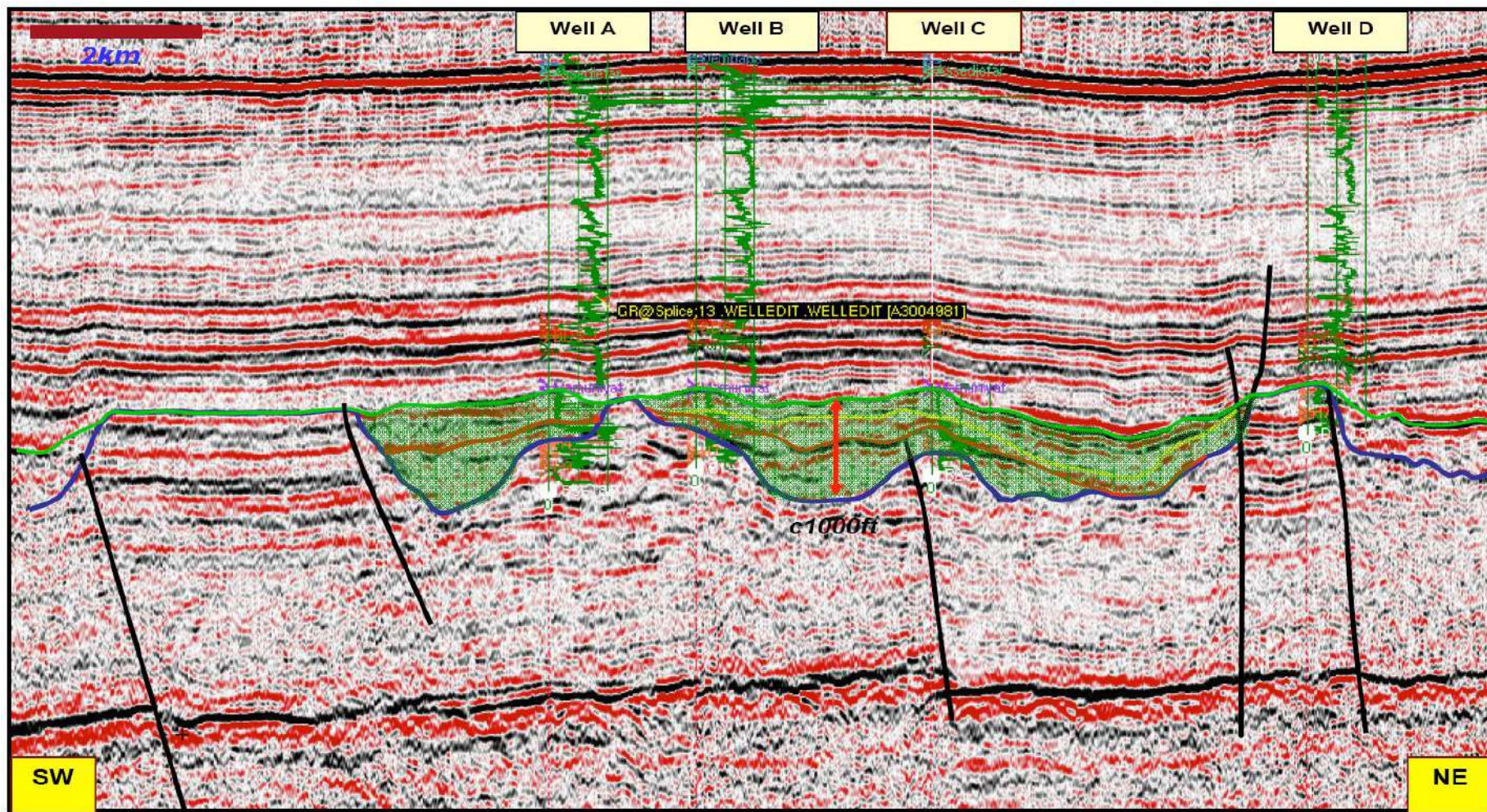


Figure 2. 3D seismic line cross-cutting a SSE-NNW trending palaeovalley complex up to approximately 1000ft thick in the Murzuq Basin (SW Libya)

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

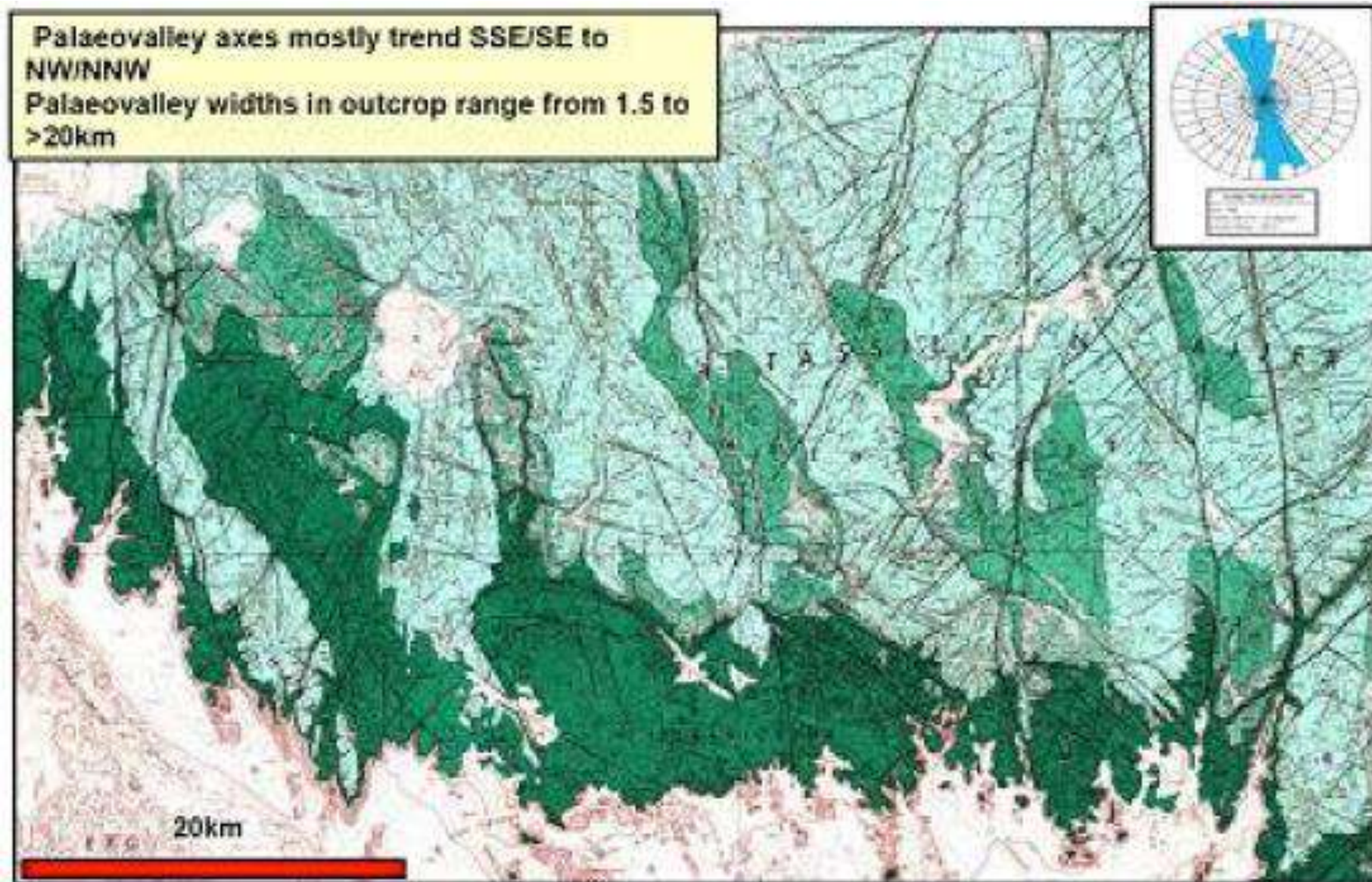
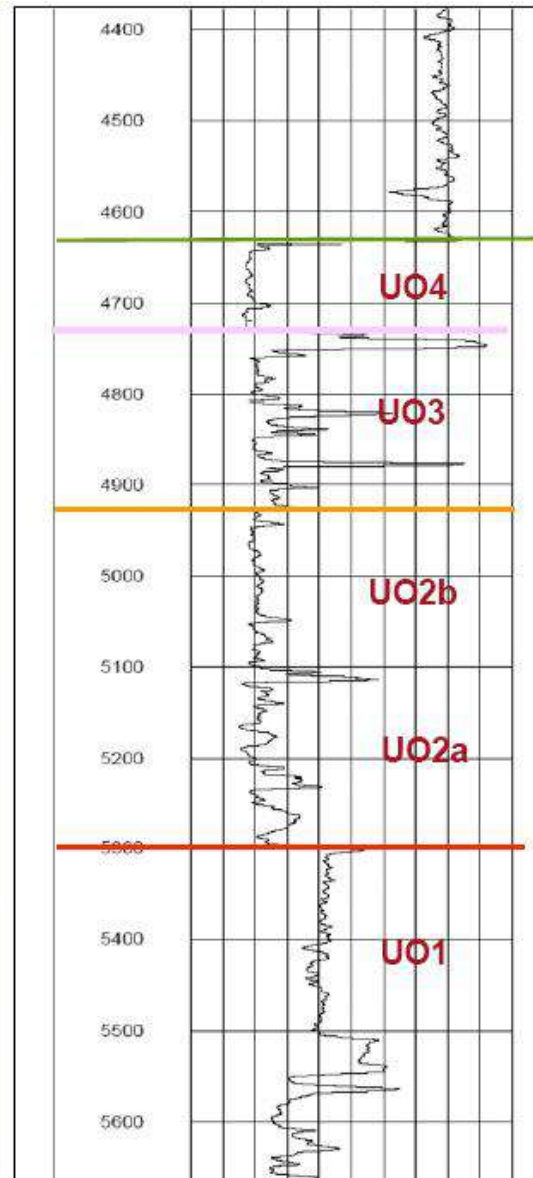
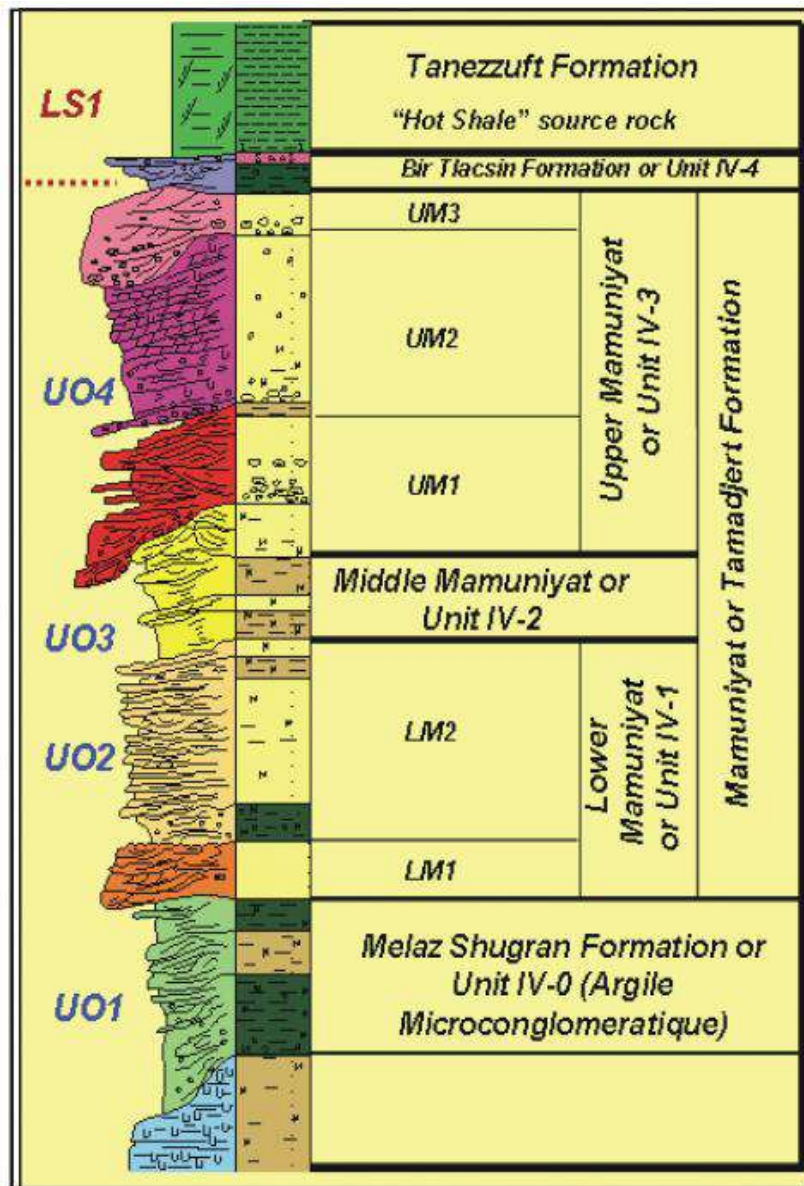


Figure 3. Palaeovalleys in outcrop; geological map of the Tamadjert area (SE Algeria) showing several major palaeovalley complexes up to 20km wide (palaeovalley fill in light green colour)

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



(a) Composite stratigraphic section for the Upper Ordovician (based on outcrop observations) and (b) a type well log section from SW Libya

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

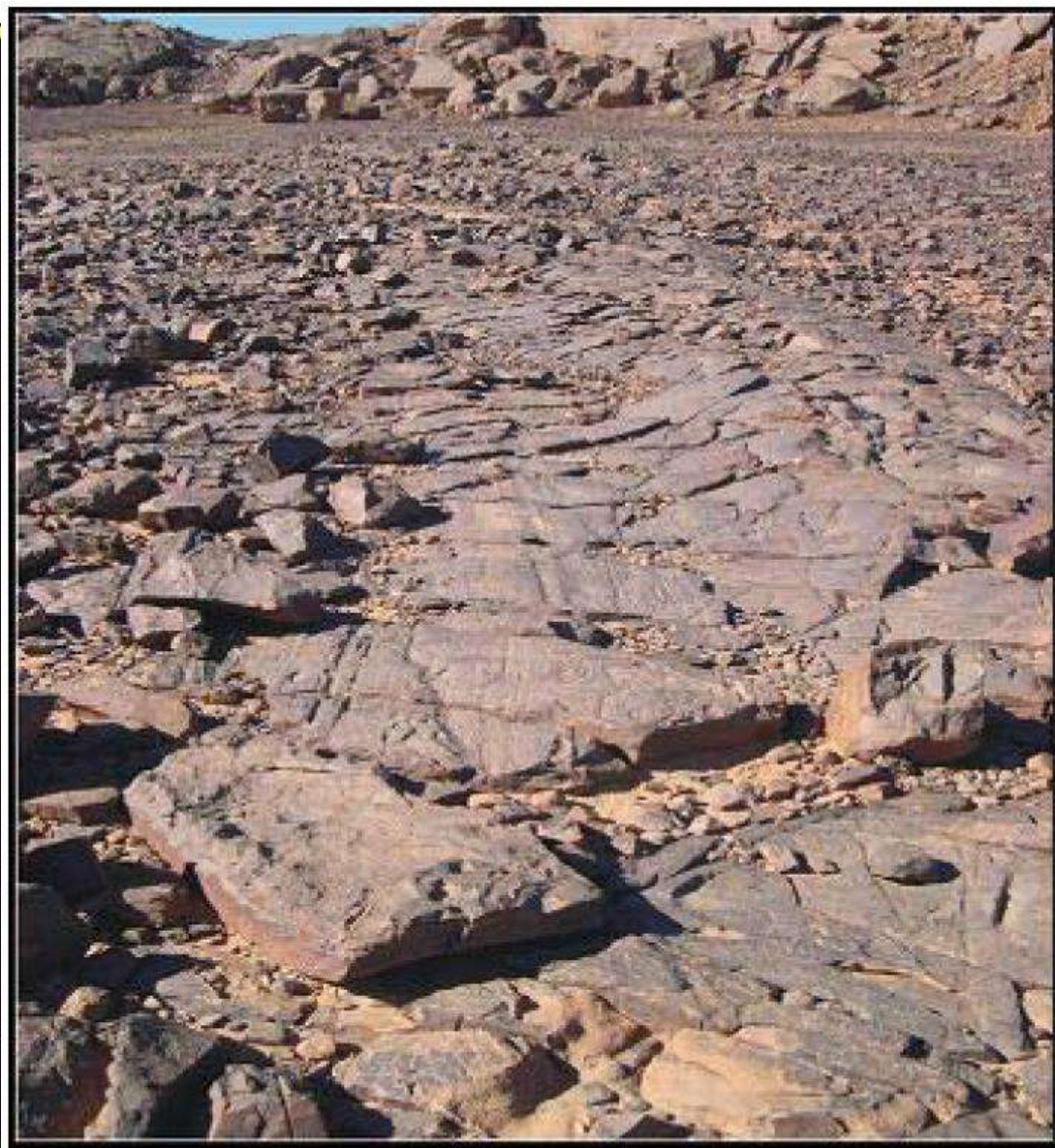
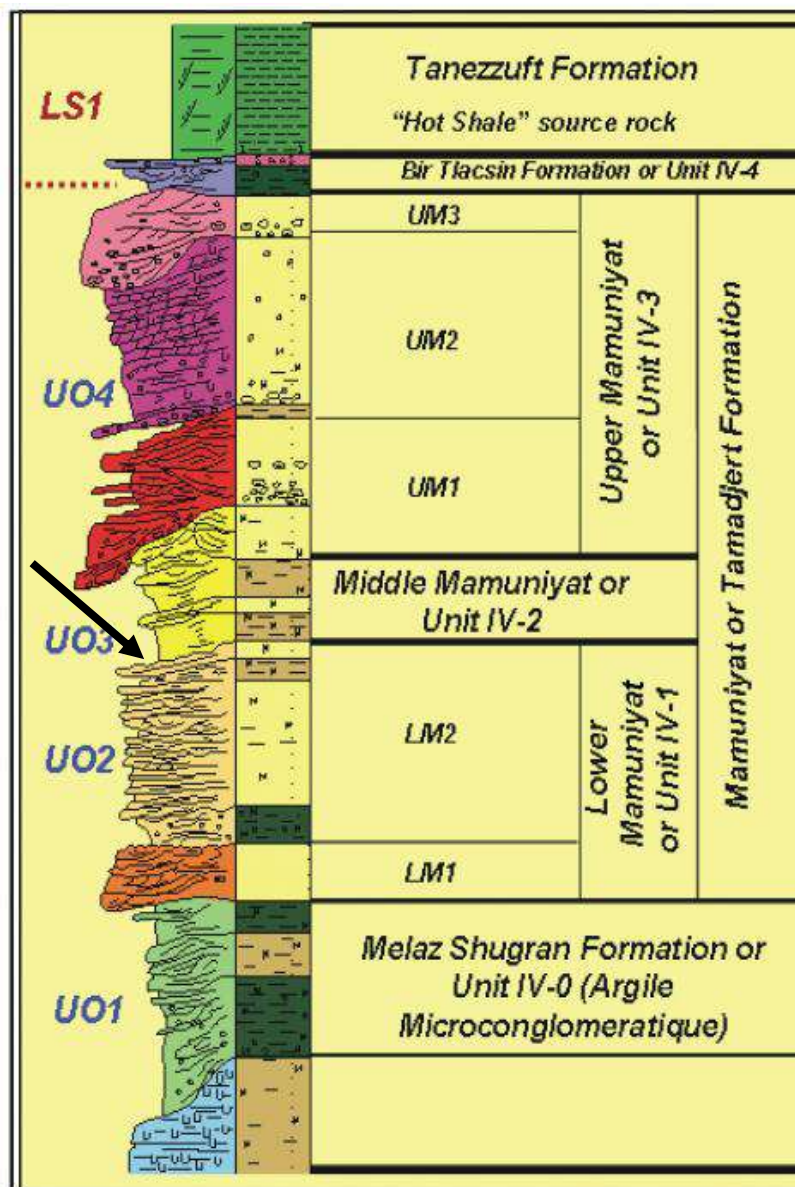


Figure 5. Glacial striae exposed at the contact between Sequences UO2 and UO3, Dider, SE Algeria

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

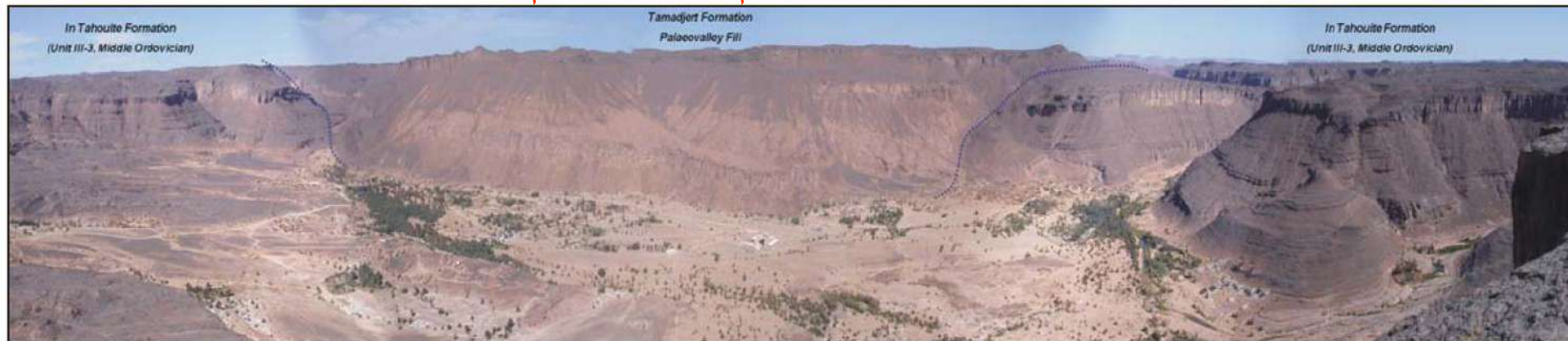
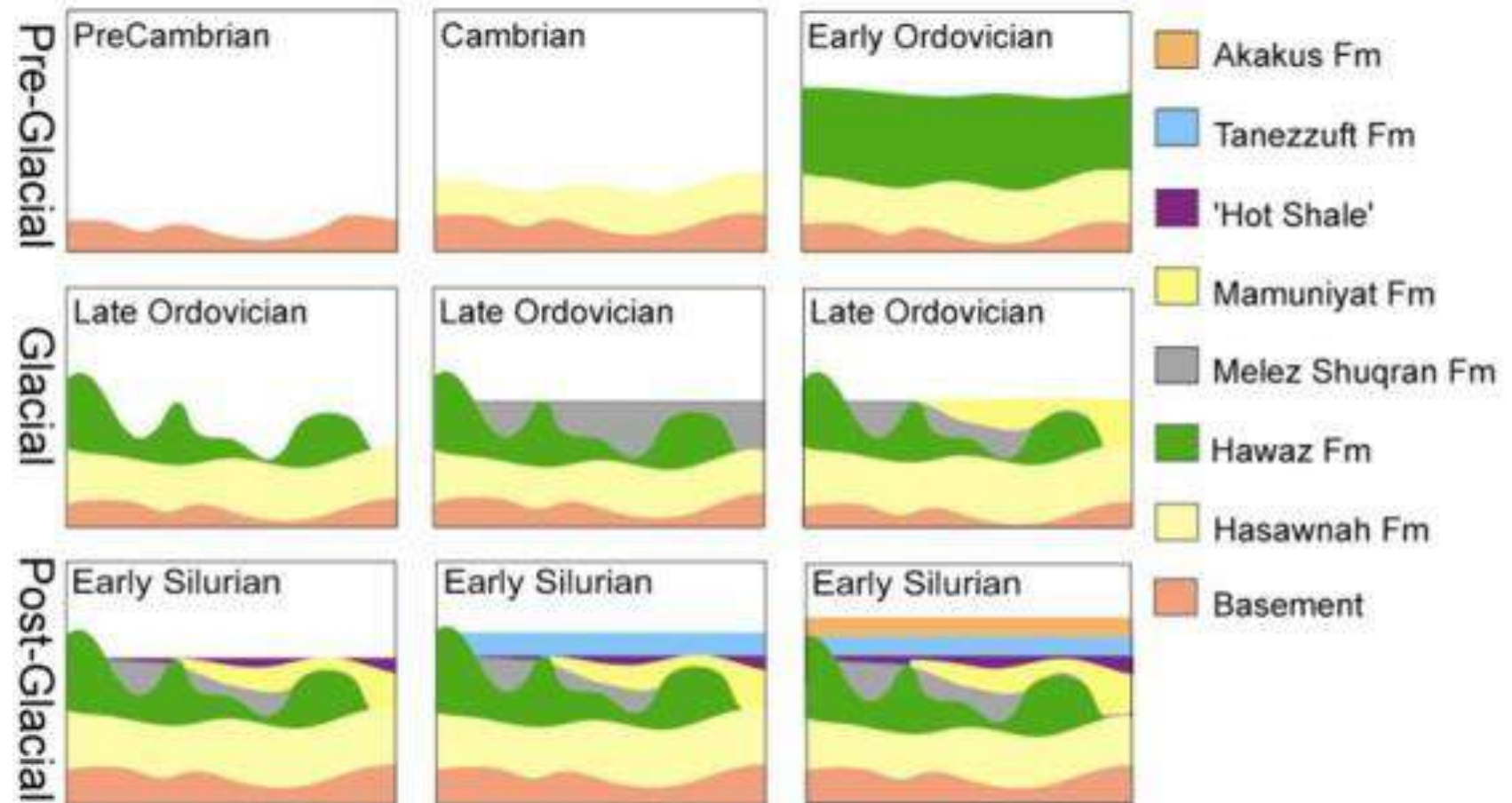


Figure 6. Panoramic view along the axis of a major palaeovalley (>400m deep) cut into the Middle Ordovician In Tahouite Formation at Iherir, SE Algeria



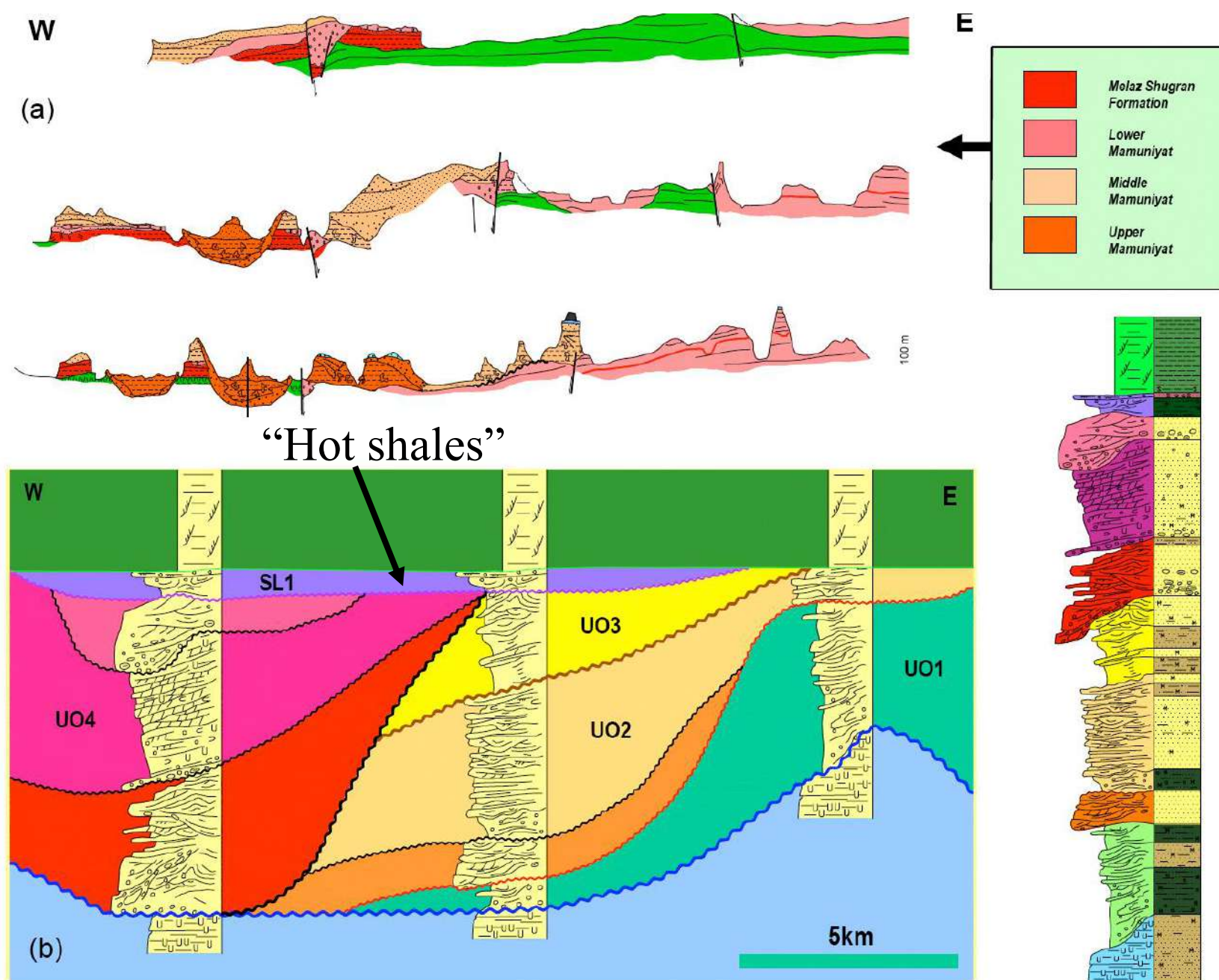


Figure 8. Simplified cross-sections and models summarising the key architectural elements of the Upper Ordovician from the Qarqaf Arch (a) and Ghat (b) areas of SW Libya

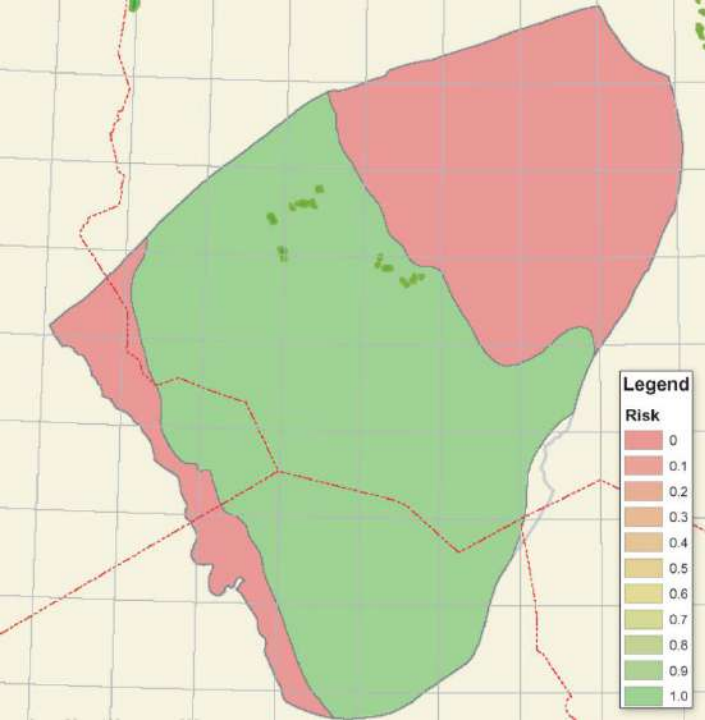
Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

Glacial, channelised
Mamuniyat Sandstone
(glacial upper Ordovician)
at Ghat Castle, Ghat,
Murzuq Basin, SW Libya

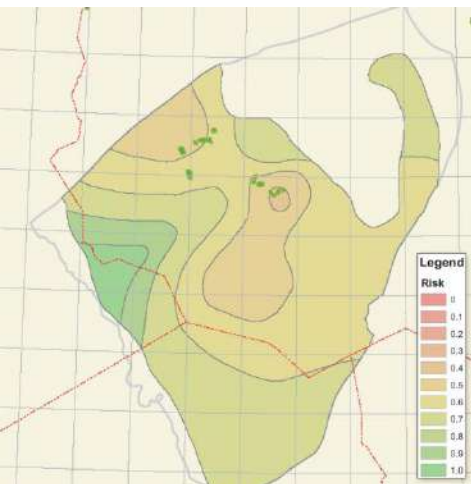


GIS Technology Used in Exploration Geoscience— Exploration Potential in the Libyan Murzuq Basin

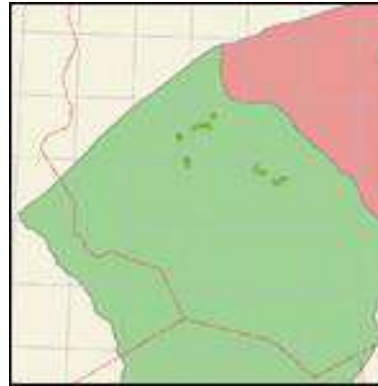
Fugro Robertson Limited



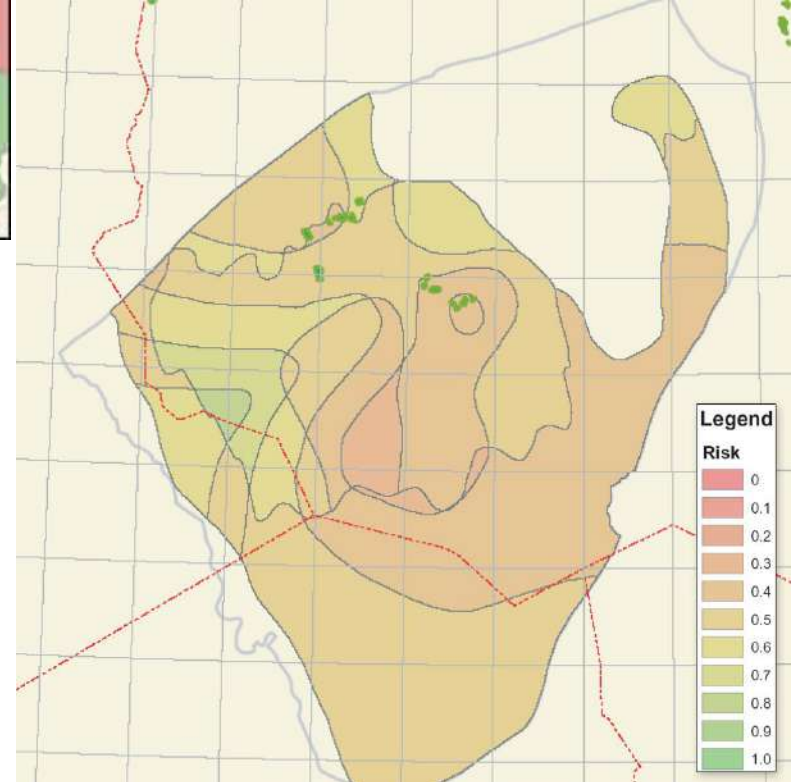
Sealquality risk is based on the presence/absence of the Silurian Tanezzuft Formation.



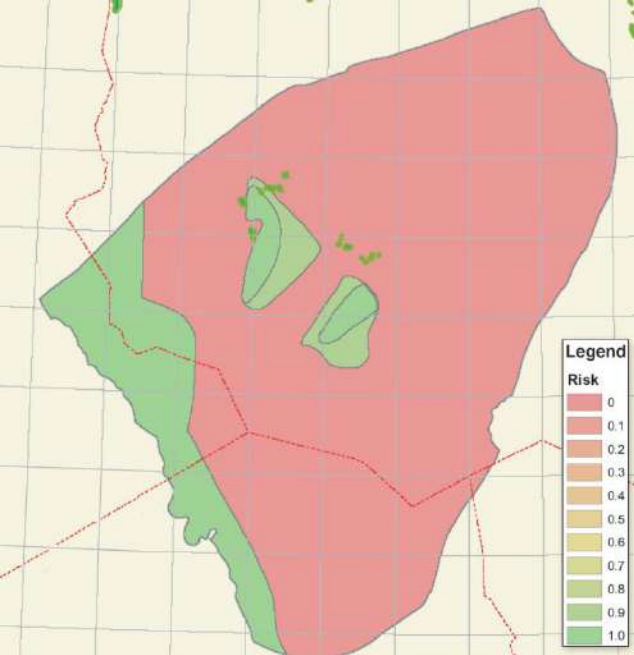
Reservoir diagnosis risk is burial based.



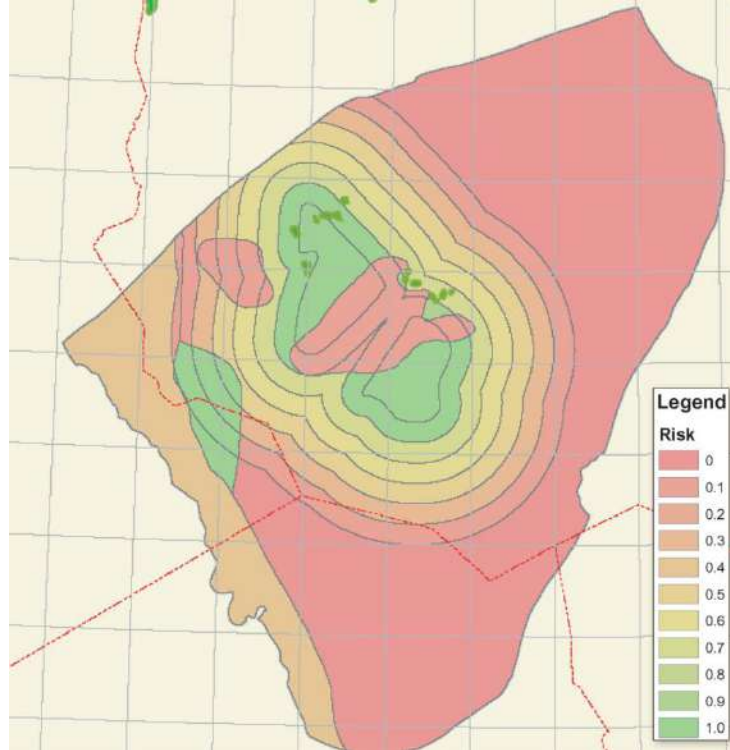
Trap risk is based on the presence/absence of the Upper Ordovician Memouniat Formation.



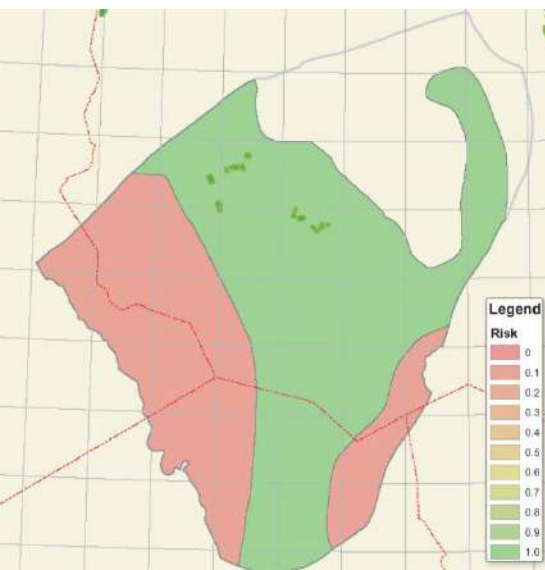
Reservoir environmental risk is facies based.



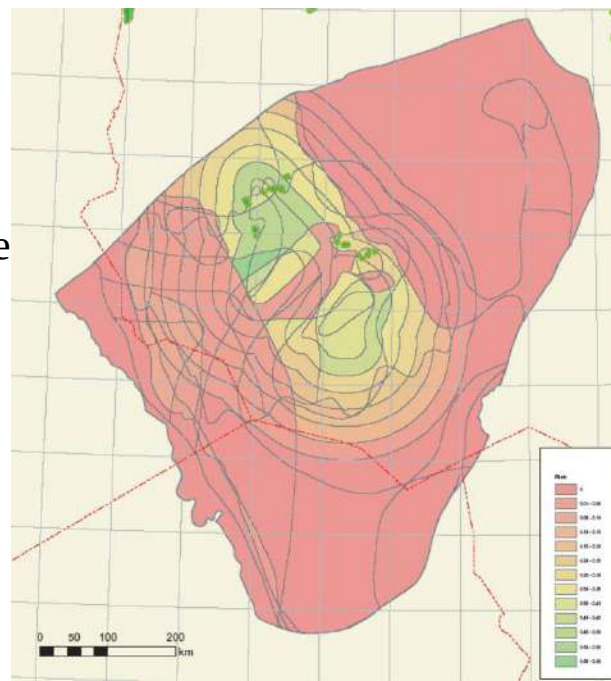
Source kitchen risk in the center of the basin is based on vitrinite reflectance and the presence of basal Silurian Tanezzuft Formation hot shales.



Migration risk is based on the distance "up-dip" from the oil kitchen for the source Silurian Tanezzuft Formation.



Preservation risk in this case is based on the potential for water flushing where the reservoir outcrops at surface.



The final risk analysis is a convolution of the above initial risk polygons.

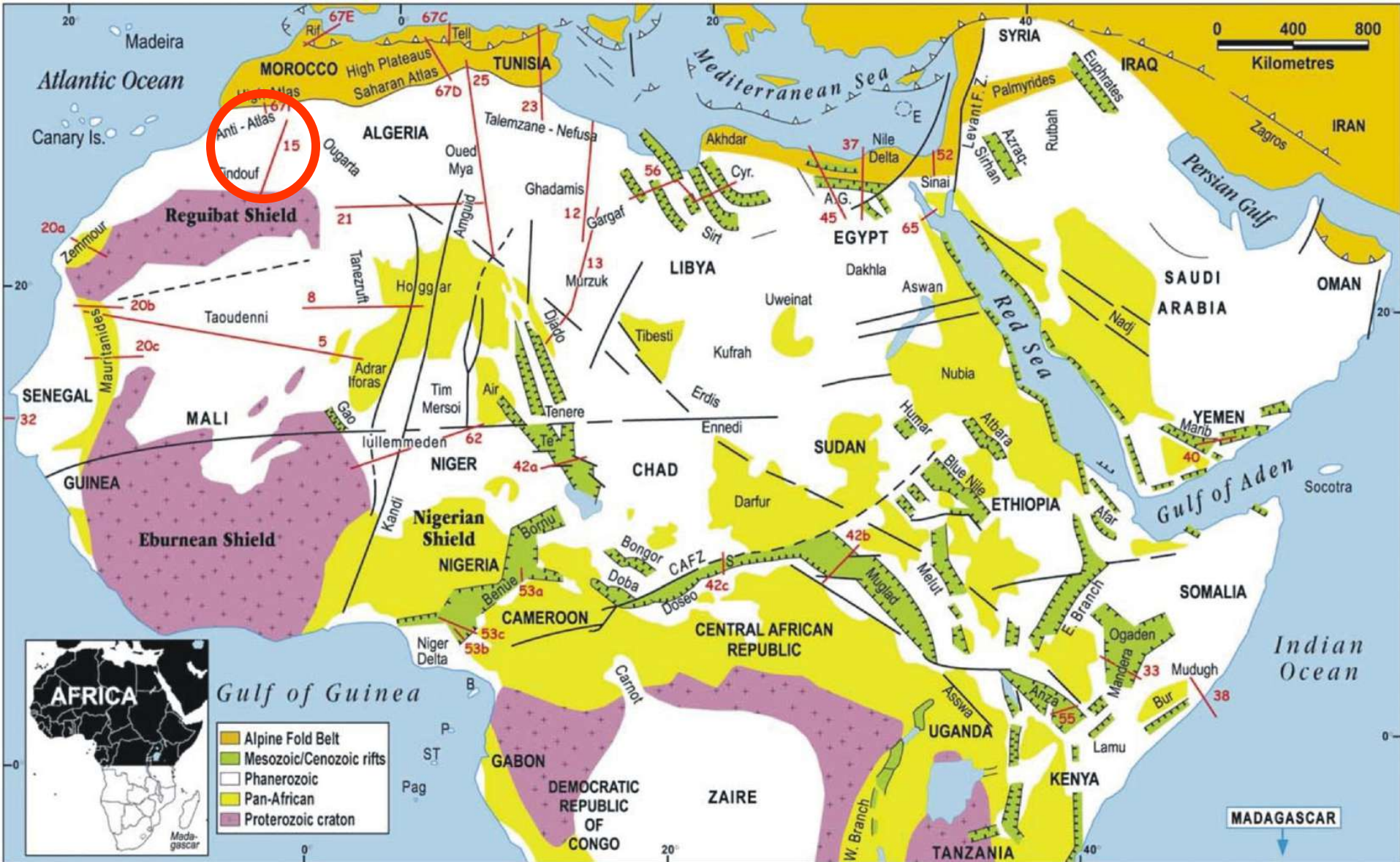


Fig . Schematic geological map of Northern Africa, Central Africa and Arabia

Legend: AG, Abu Gharadig; B, Bioko; CAFZ, Central African Fault Zone; Cyr, Cyrenaica; E, Eratosthenes Seamount; JP, Jos Plateau; P, Principe; Pag, Pagalu; S, Salamat; ST, São Tomé; Te, Termit.

TINDOUF BASIN

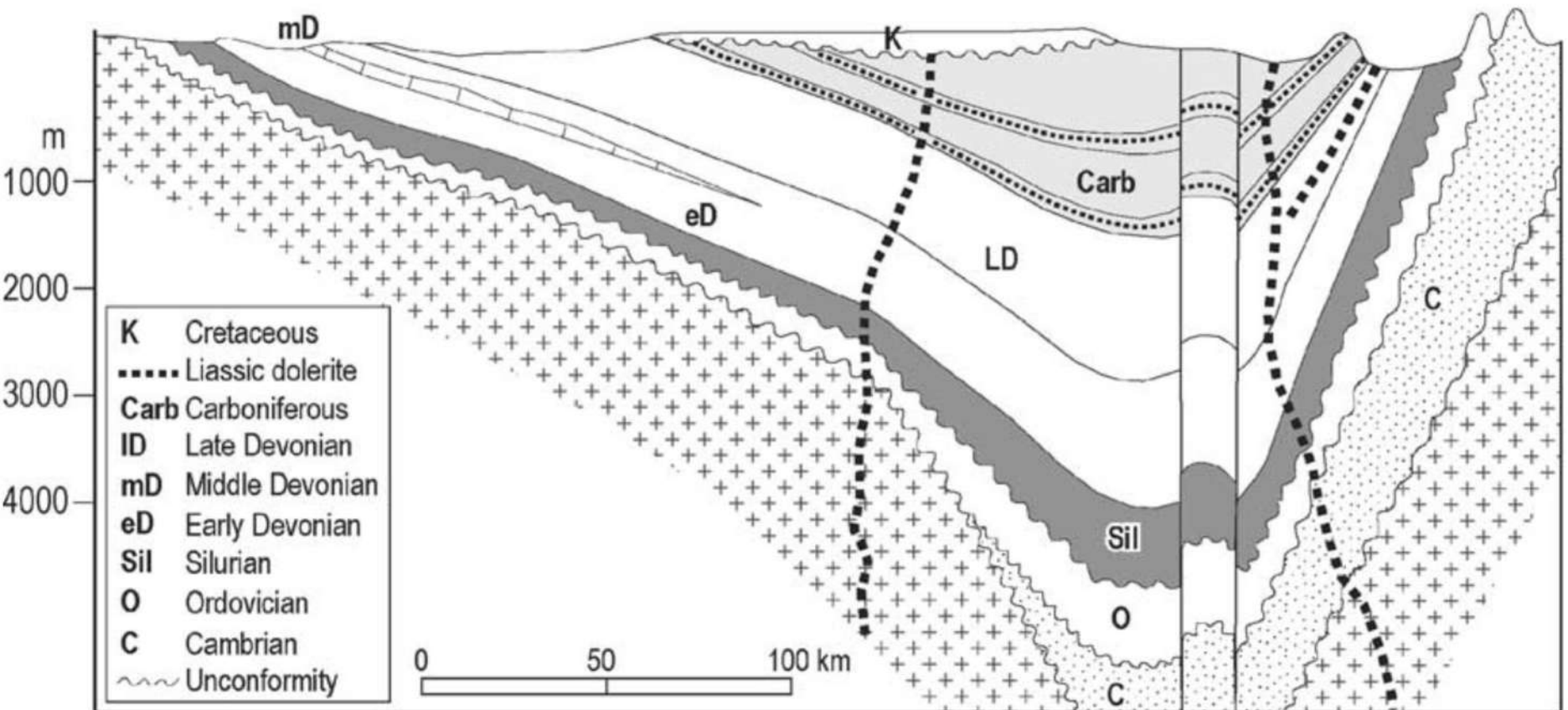
TINDOUF BASIN

Fig. Schematic geological cross-section through the Tindouf Basin

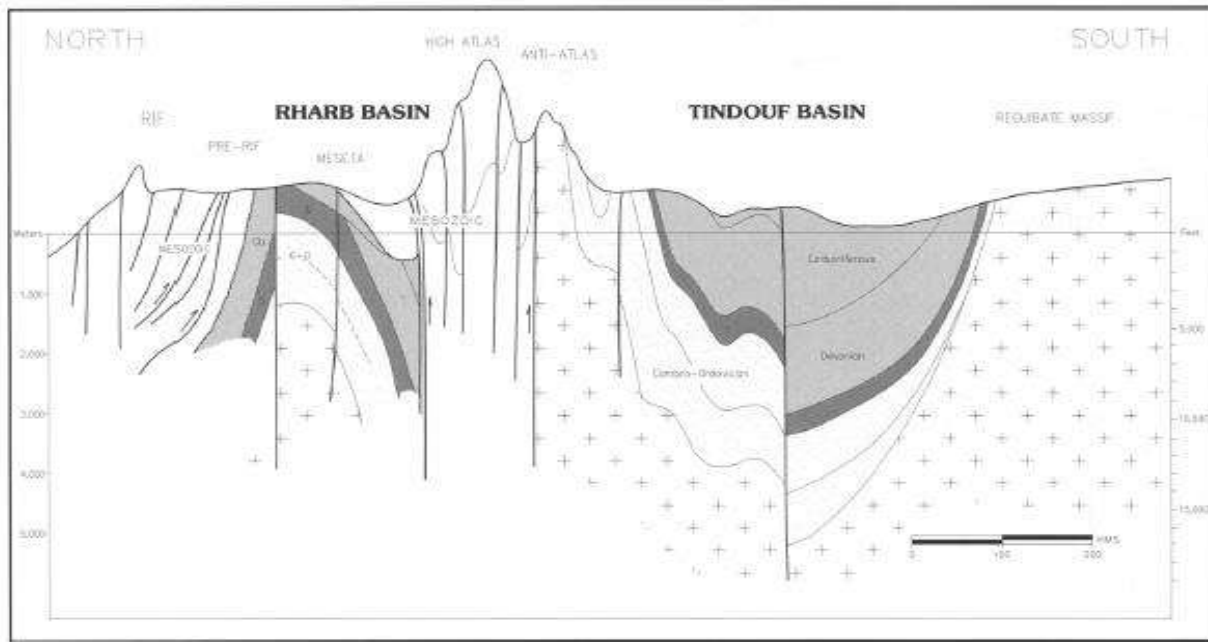
REGUIBATE
MASSIF

TINDOUF BASIN

ANTI-
ATLAS



Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



Generalized structural cross-section across the Rharb and Tindouf Basins

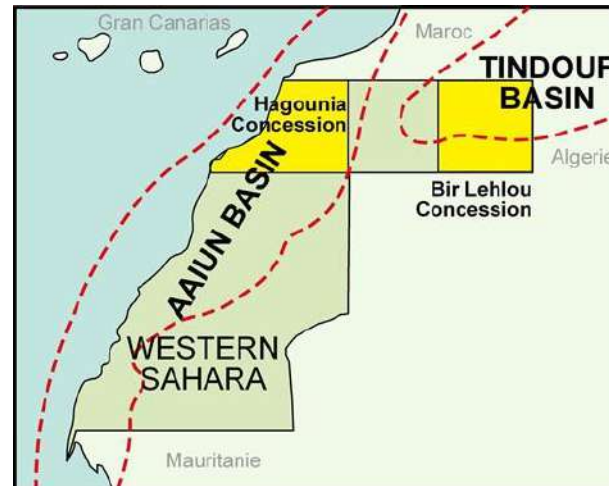
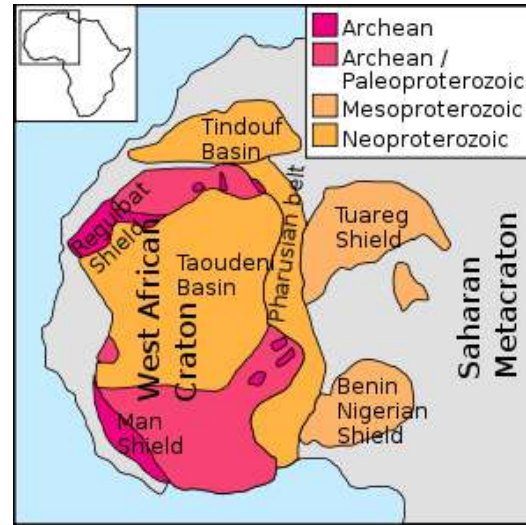
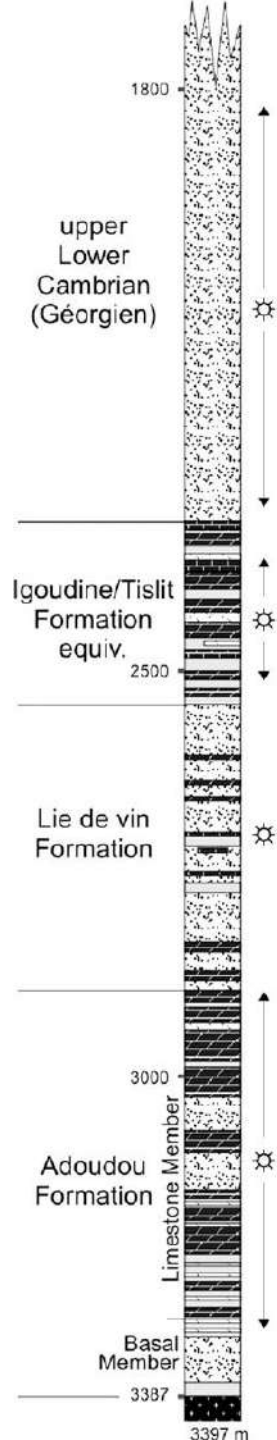
The **Tindouf Basin** is a major sedimentary basin in West Africa, to the south of the little Atlas region, Morocco. It stretches from west to east about 700km and covers about 100,000 km², mostly in Algeria but with a western extension into Morocco / Western Sahara.

In the Ordovician period (490 Ma to 445 Ma) the area was an embayment sloping down from the West African craton into the Tethys sea. It became a closed basin in the Late Carboniferous (320 Ma to 300 Ma). The basin has a steep northern edge against the Anti Atlas and more gently sloping southern edge. The basin is filled with up to 8 km of sediment from the Cambrian and Carboniferous ages. These marine formations are overlain by a continental Cretaceous and Pliocene Hamada cover.

The basin may have potential for oil and/or gas production, but has been largely unexplored.

http://en.wikipedia.org/wiki/Tindouf_Basin

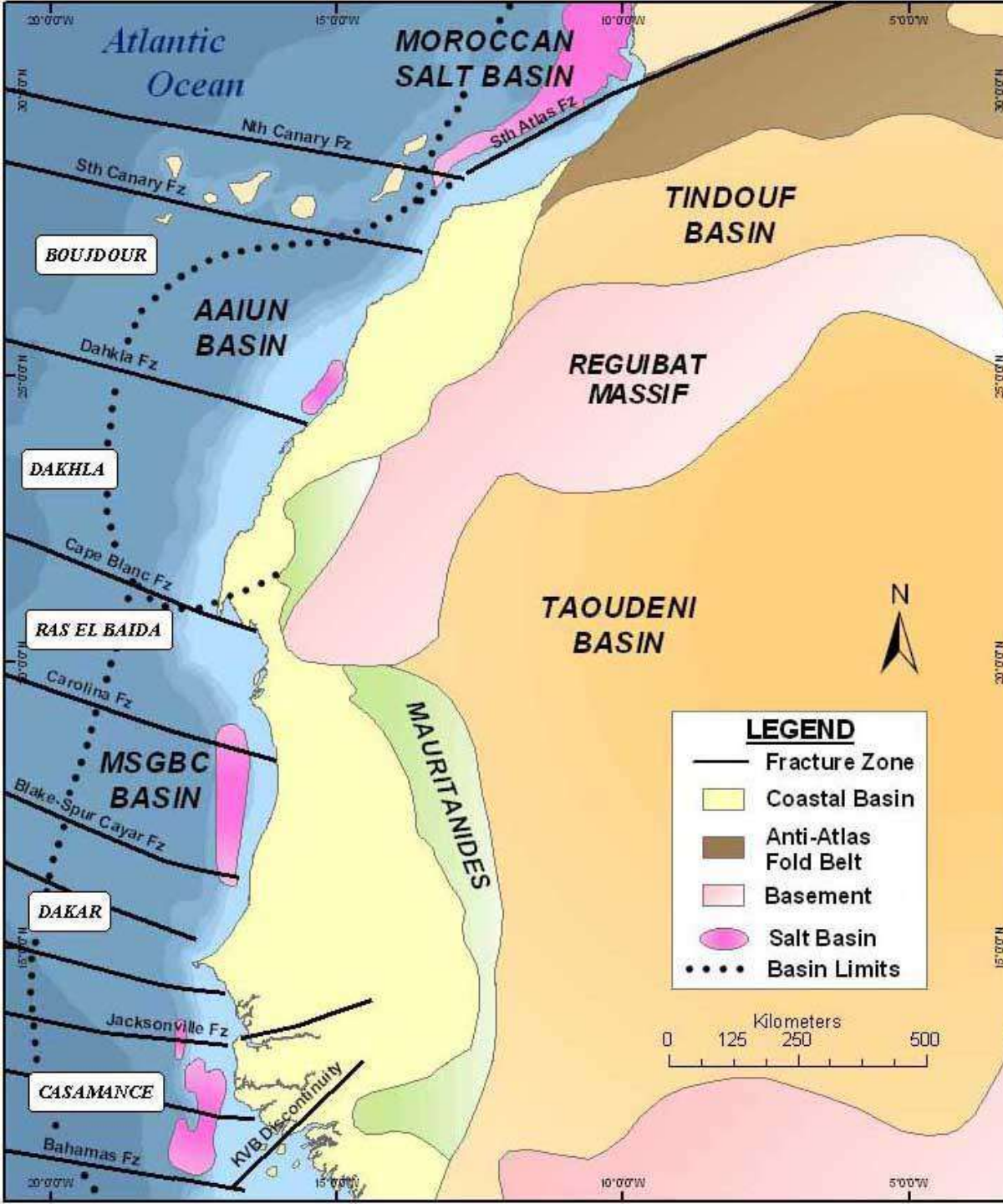
Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



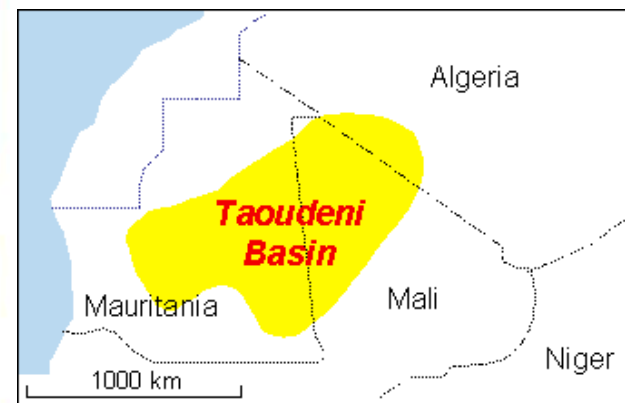
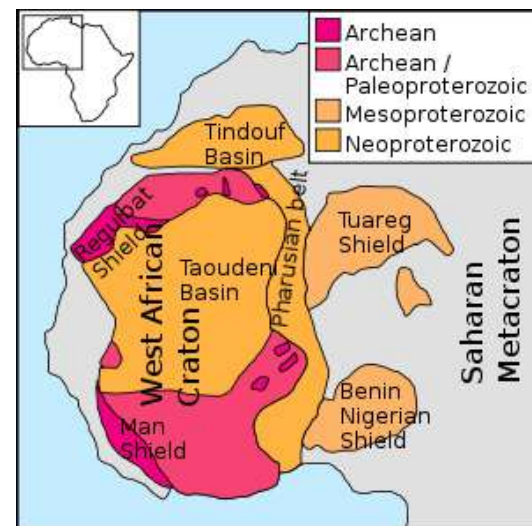
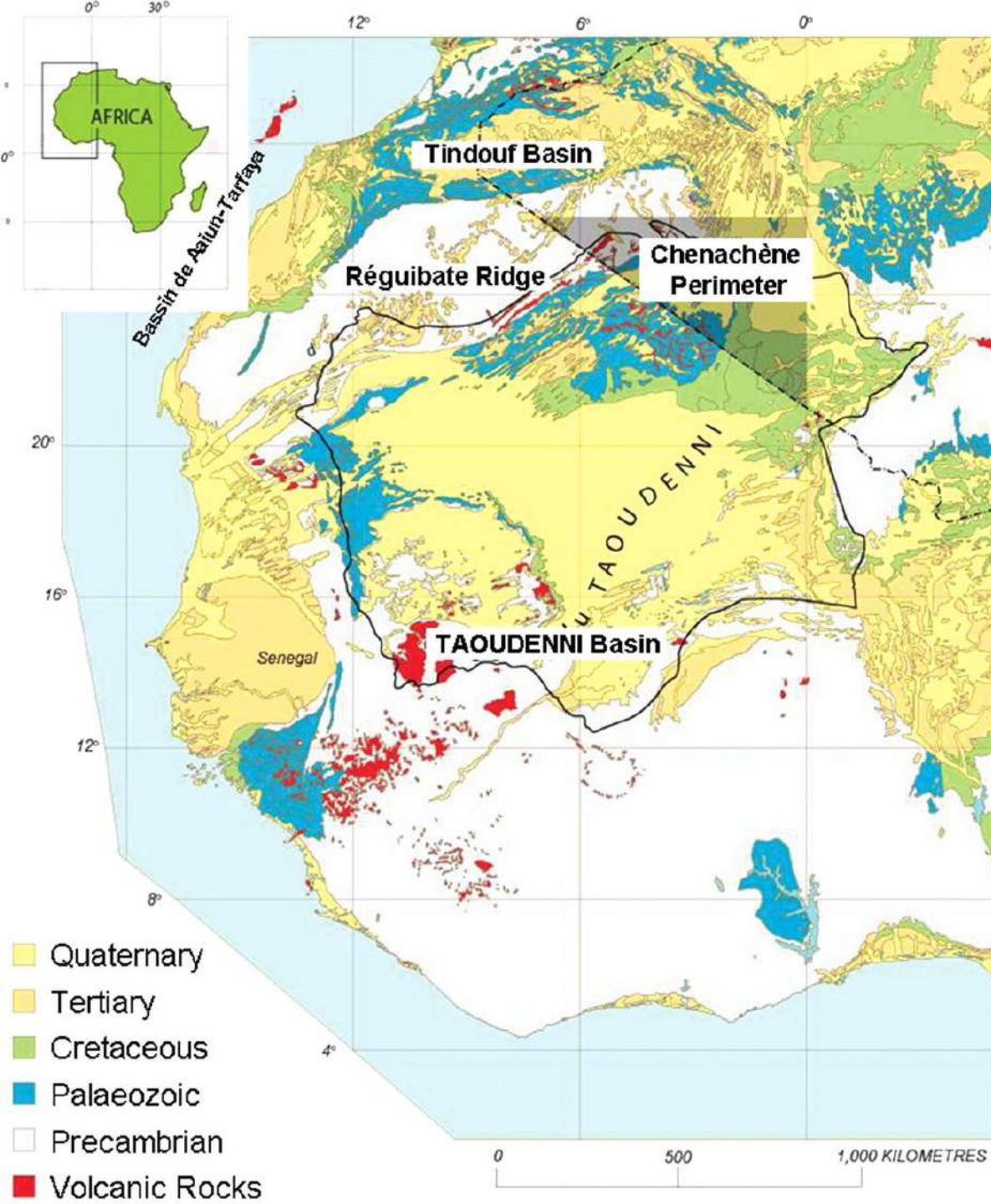
http://en.wikipedia.org/wiki/Tindouf_Basin

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

Northwest African margin basin compartments, associated fracture zones and regional onshore geology

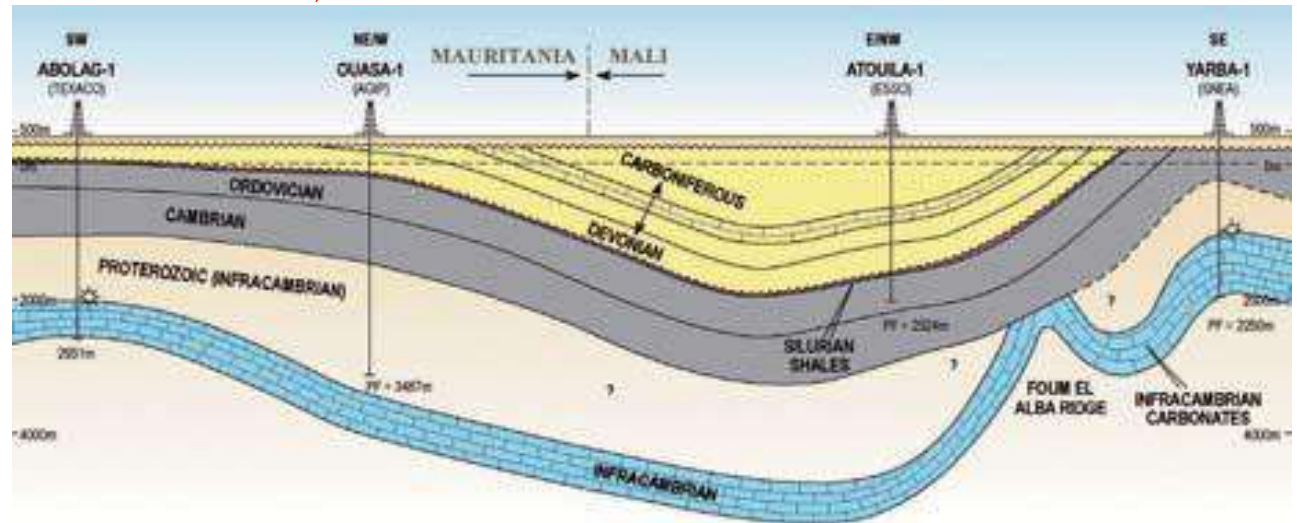
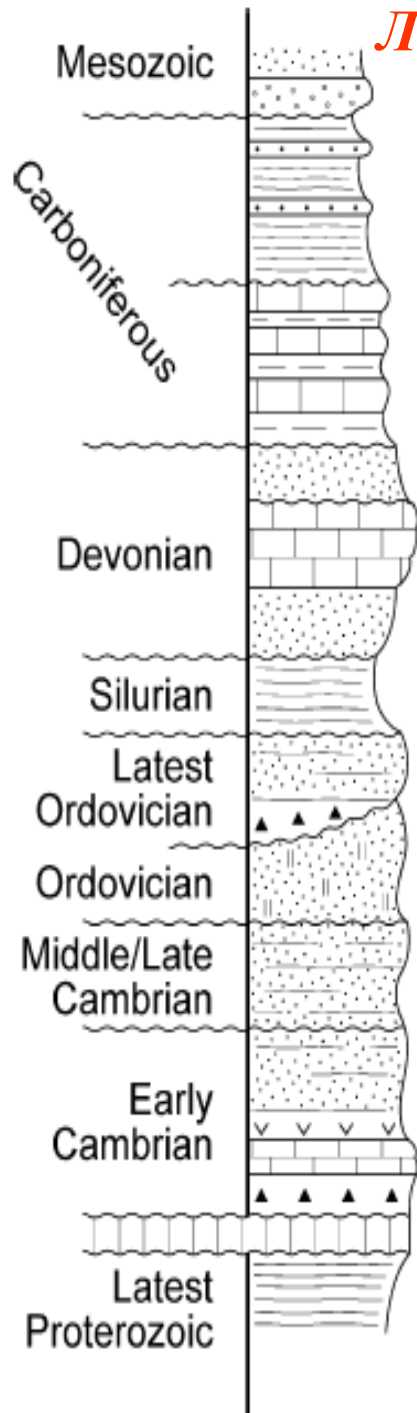


Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

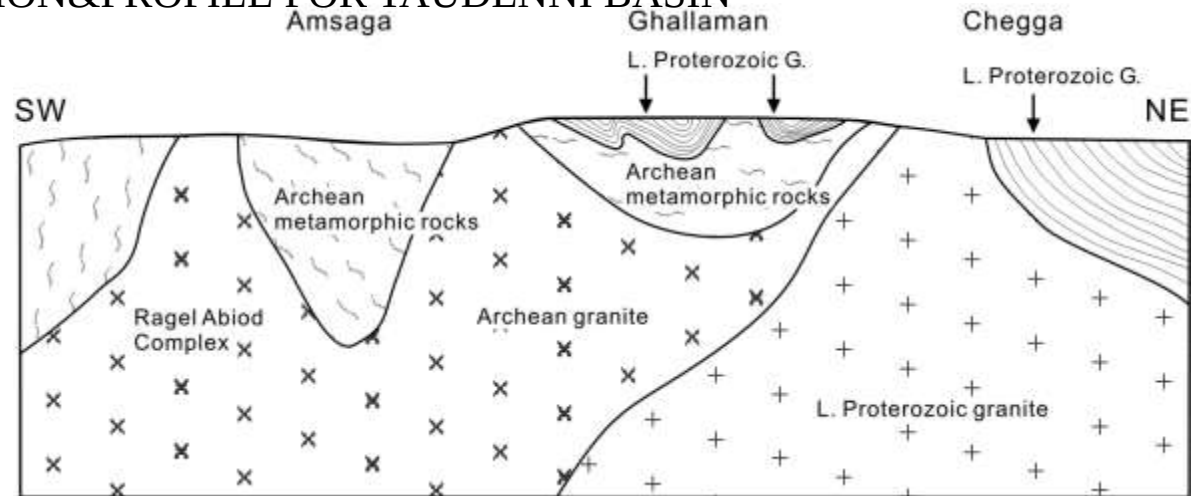


<http://www.europaoil.com/operations/western-sahara.aspx>

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



SECTION&PROFILE FOR TAUDENNI BASIN



Illustrated stratigraphic relation of the Reguibat Shield

Fig. 4. Synthetic lithostratigraphic column of the Paleozoic of the Taoudenni Basin, modified from Bertrand-Sarfati et al. (1995) and Villeneuve (this issue). Black triangles, tillites; v, ash beds.

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

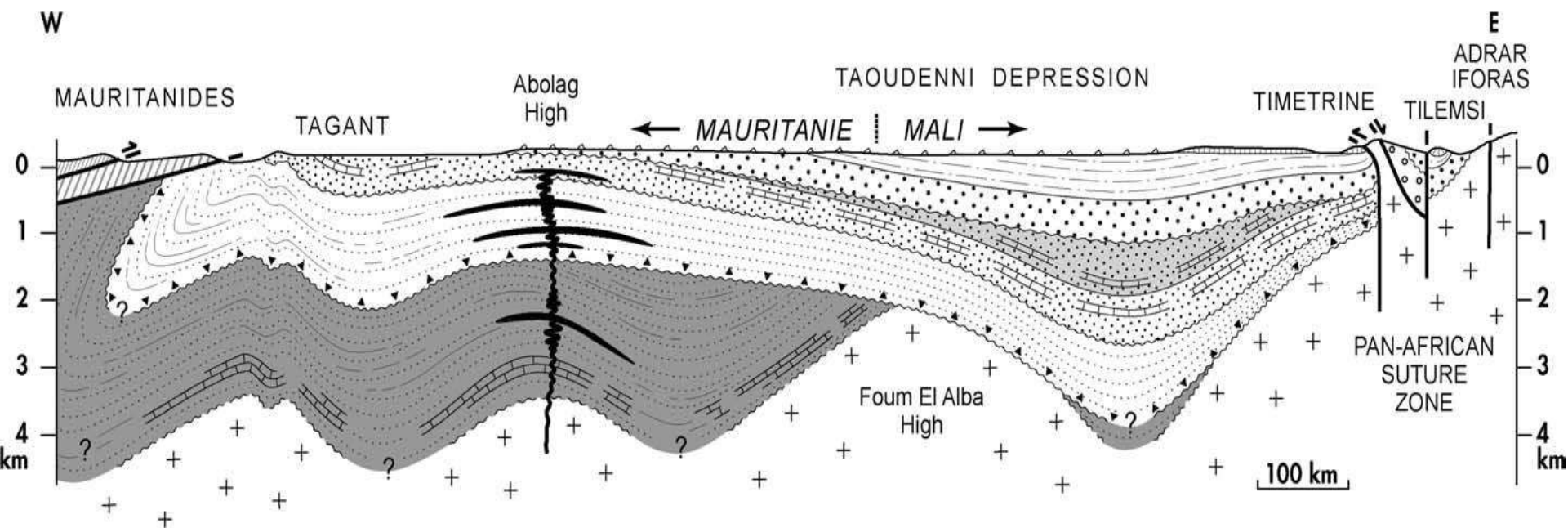


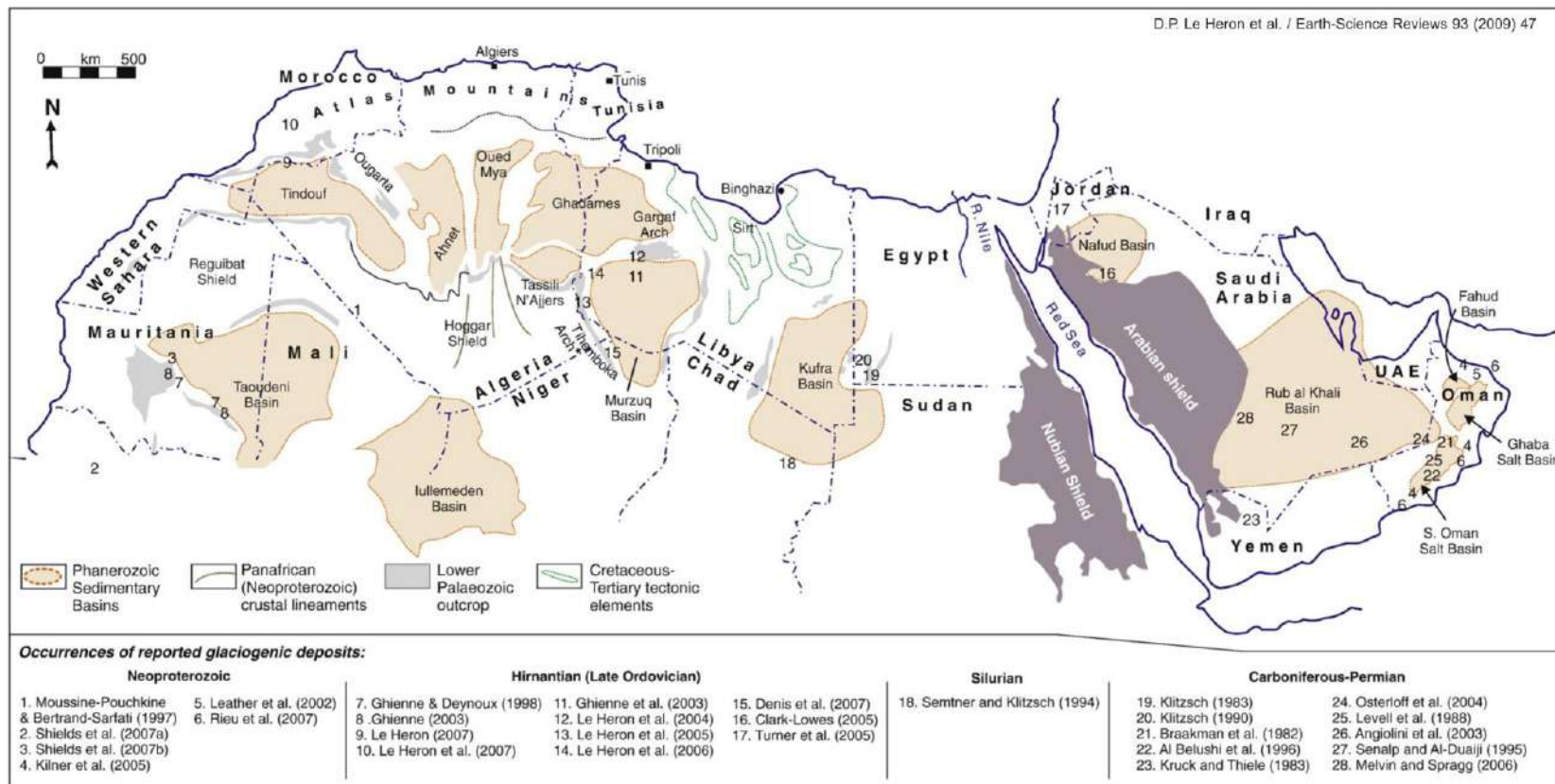
Fig. 5. Schematic geological cross-section of the Taoudenni Basin. (1) Pan-African basement; (2) Late Proterozoic; (3) Cambrian–Ordovician; (4) Silurian–Devonian; (5) Carboniferous; (6) Permian–Triassic; (7) Early Liassic dolerites; (8) Middle Jurassic–Albian; (9) Late Cretaceous; (10) Paleocene; (11) Recent sand dunes; (12) Allochthonous units.

TAOUDENNI BASIN



Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

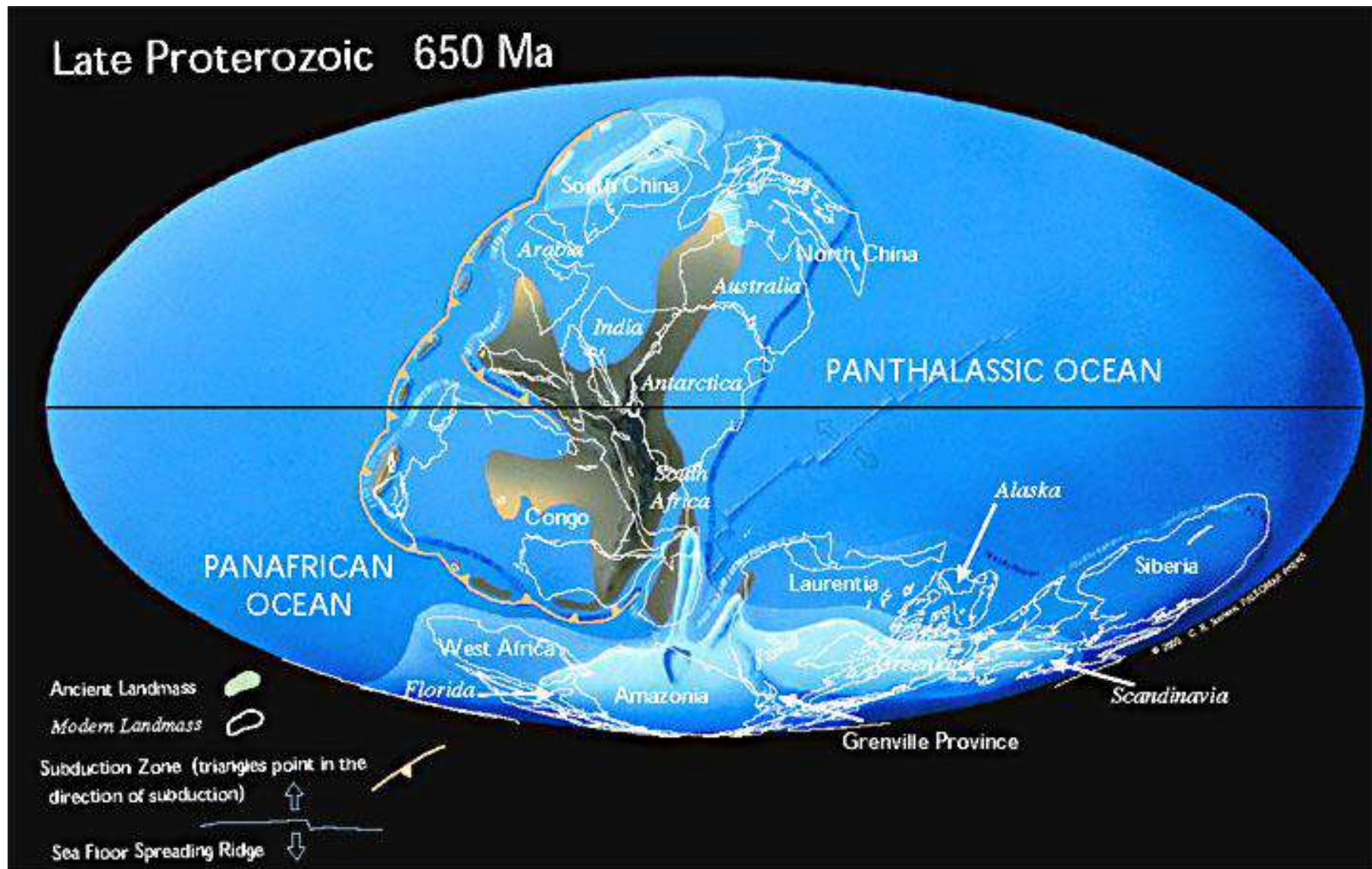
D.P. Le Heron et al. / Earth-Science Reviews 93 (2009) 47



Map of the North Africa and Middle East regions showing the location of previous studies of glacially-related deposits of Neoproterozoic and Phanerozoic age across the region, and the occurrence of major oil and gas fields where glacially-related deposits are of main interest.

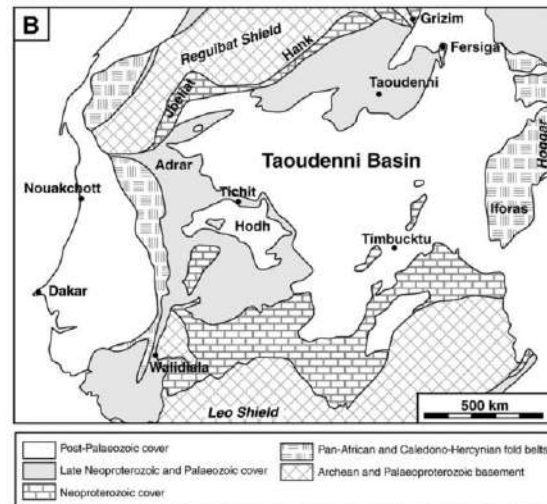
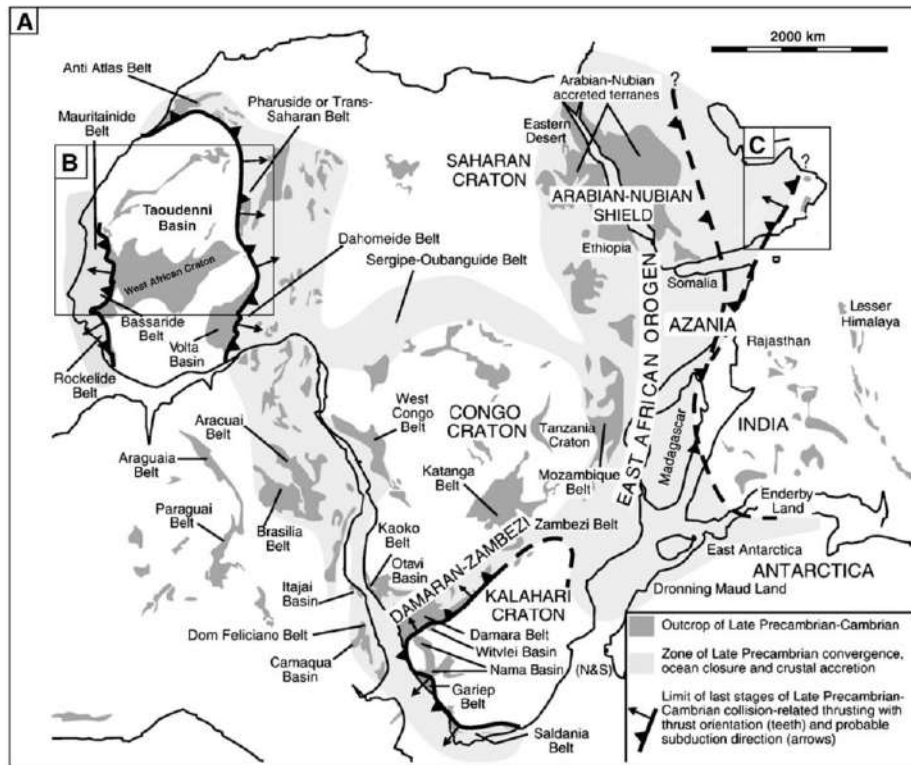
With the exception of Oman, and locally Egypt, which were tectonically active both during the Neoproterozoic and Early Palaeozoic all glaciations took place along an essentially stable passive continental margin. During the Neoproterozoic, two glaciations are recognised, referred to as older and younger Cryogenian glaciations respectively. Both of these Cryogenian events are preserved in Oman; only the younger Cryogenian has been reported in North Africa in Mauritania and Mali at the flanks of the Taoudenni Basin.

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



The process of initial deglaciation in younger Cryogenian glaciations resulted in incision, at least locally producing large-bedrock palaeovalleys in Oman, and the deposition of glacial diamictites, gravels, sandstones and mudstones. As deglaciation progressed “cap carbonates” were deposited, passing vertically into shale with evidence for deposition in an anoxic environment. Hence, younger Cryogenian deglaciation may be associated with hydrocarbon source rock deposits

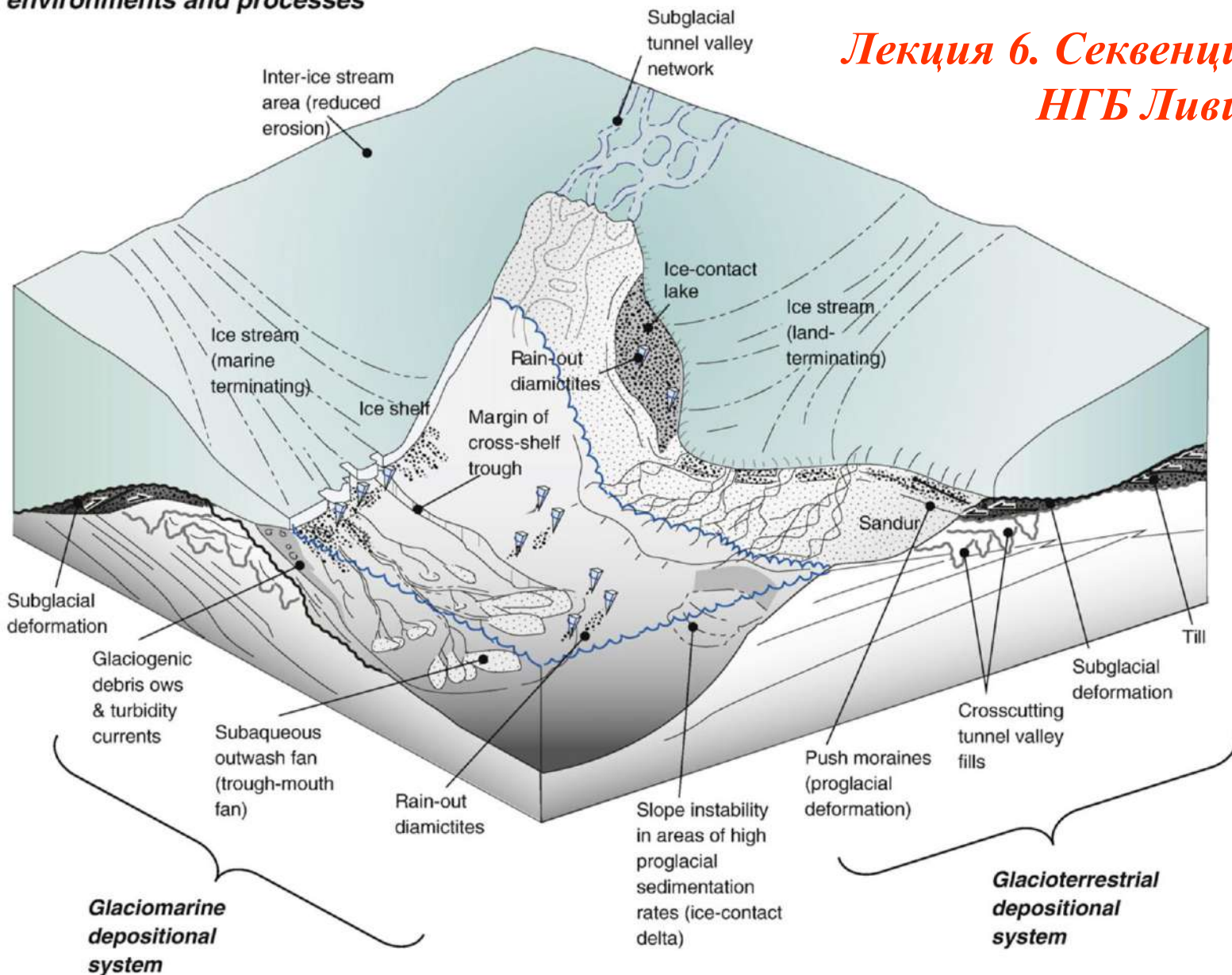
Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



A: Gondwana reconstructed at 340 Ma with the outcrop of Neoproterozoic–earliest Cambrian shown, along with approximate extent of major Neoproterozoic suture zones

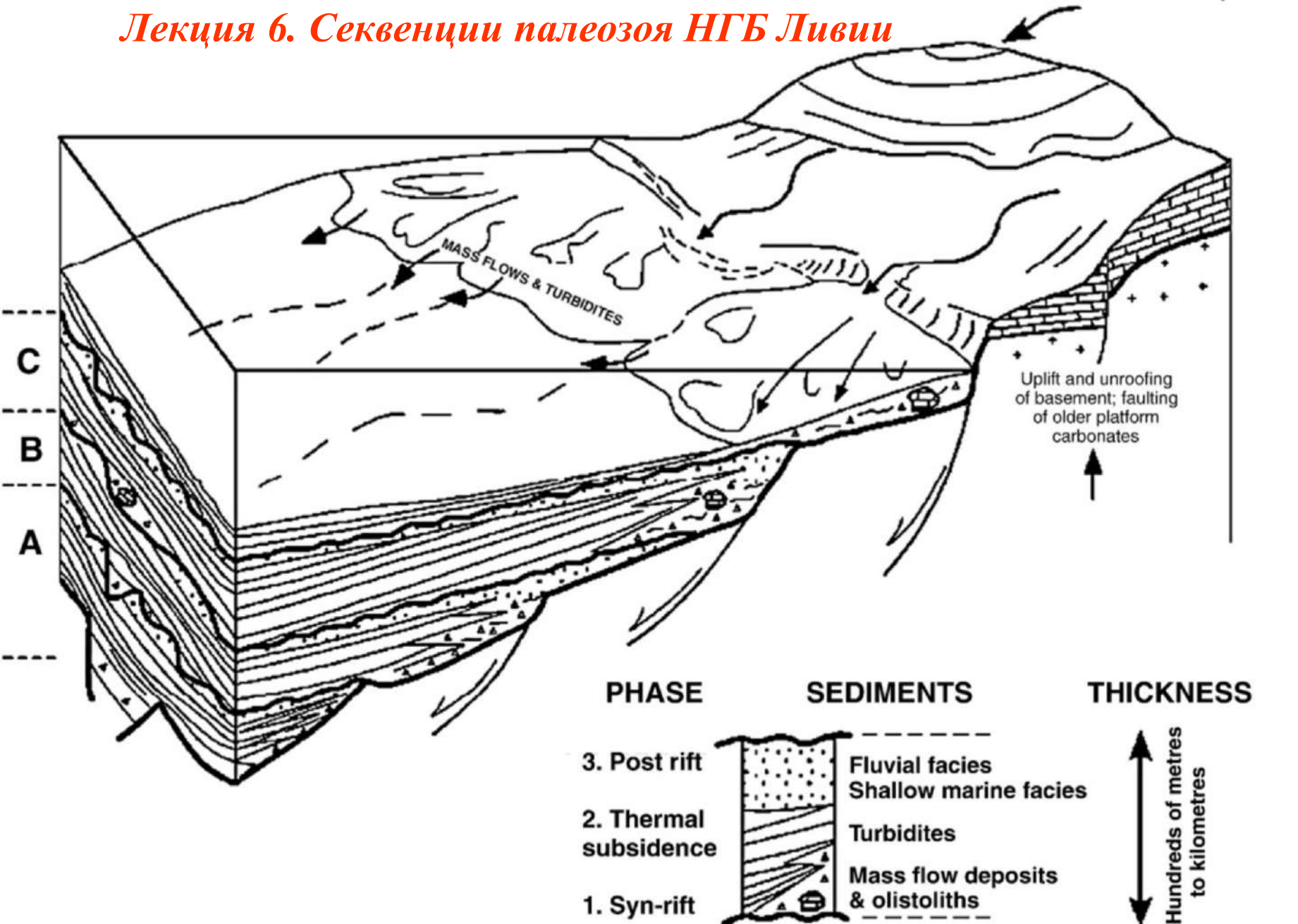
B: Inset map of the Taoudeni Basin showing the location of regions C: Inset map of Oman showing Neoproterozoic outcrop and subcrop distribution

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



Summary model for the generation of glacially-related deposits at both marine terminating (i.e. tidewater) and terrestrial ice margins.

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



Model for the generation of diamictites as part of a synrift, tectonostratigraphic sequence during a major phase of glaciation in Earth's history.

**Лекция 6.
Секвенции
палеозоя НГБ
Ливии**

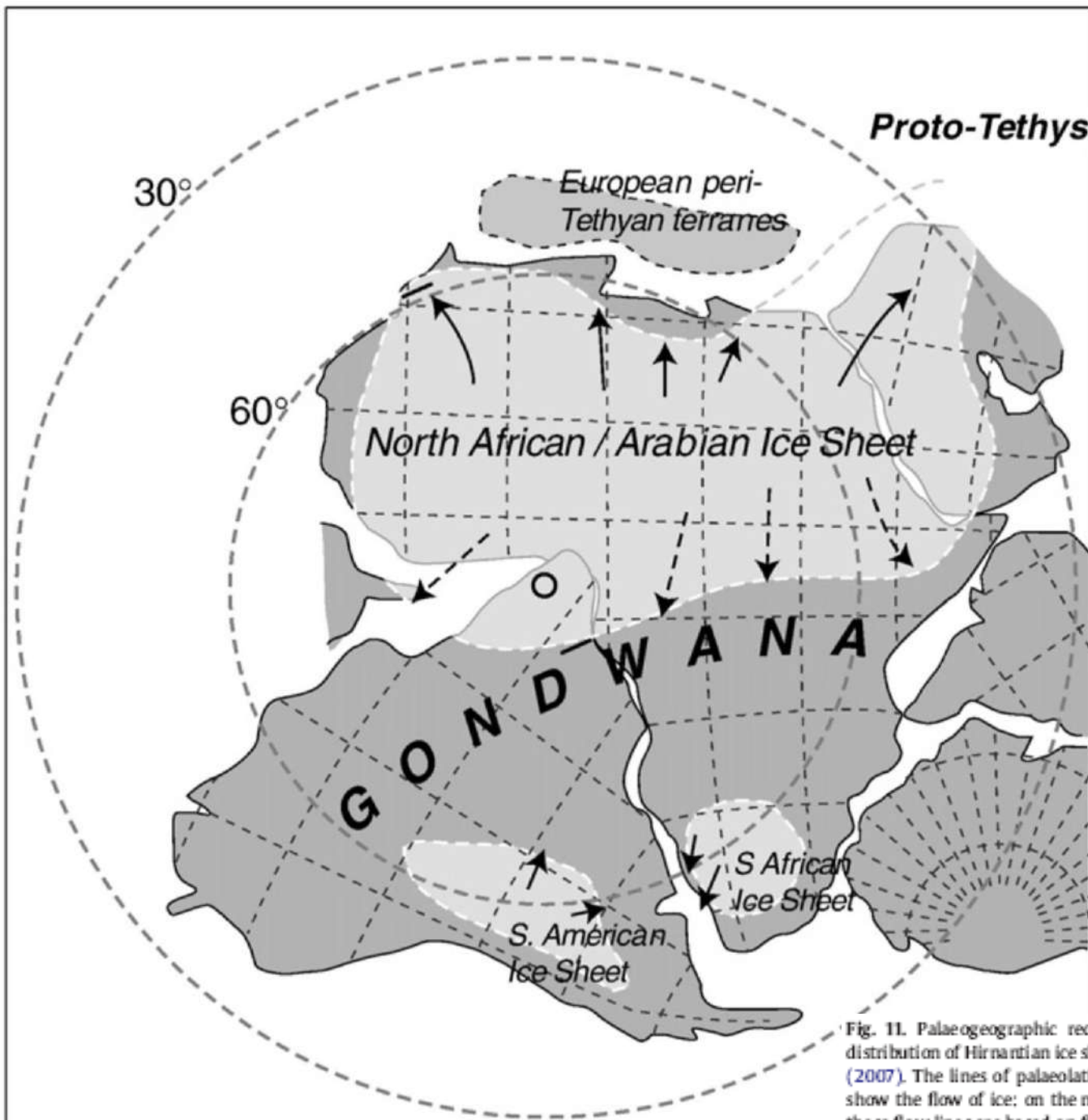
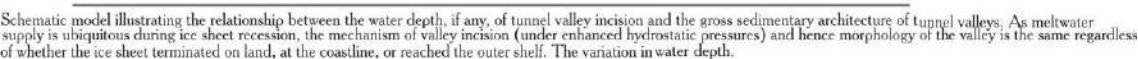
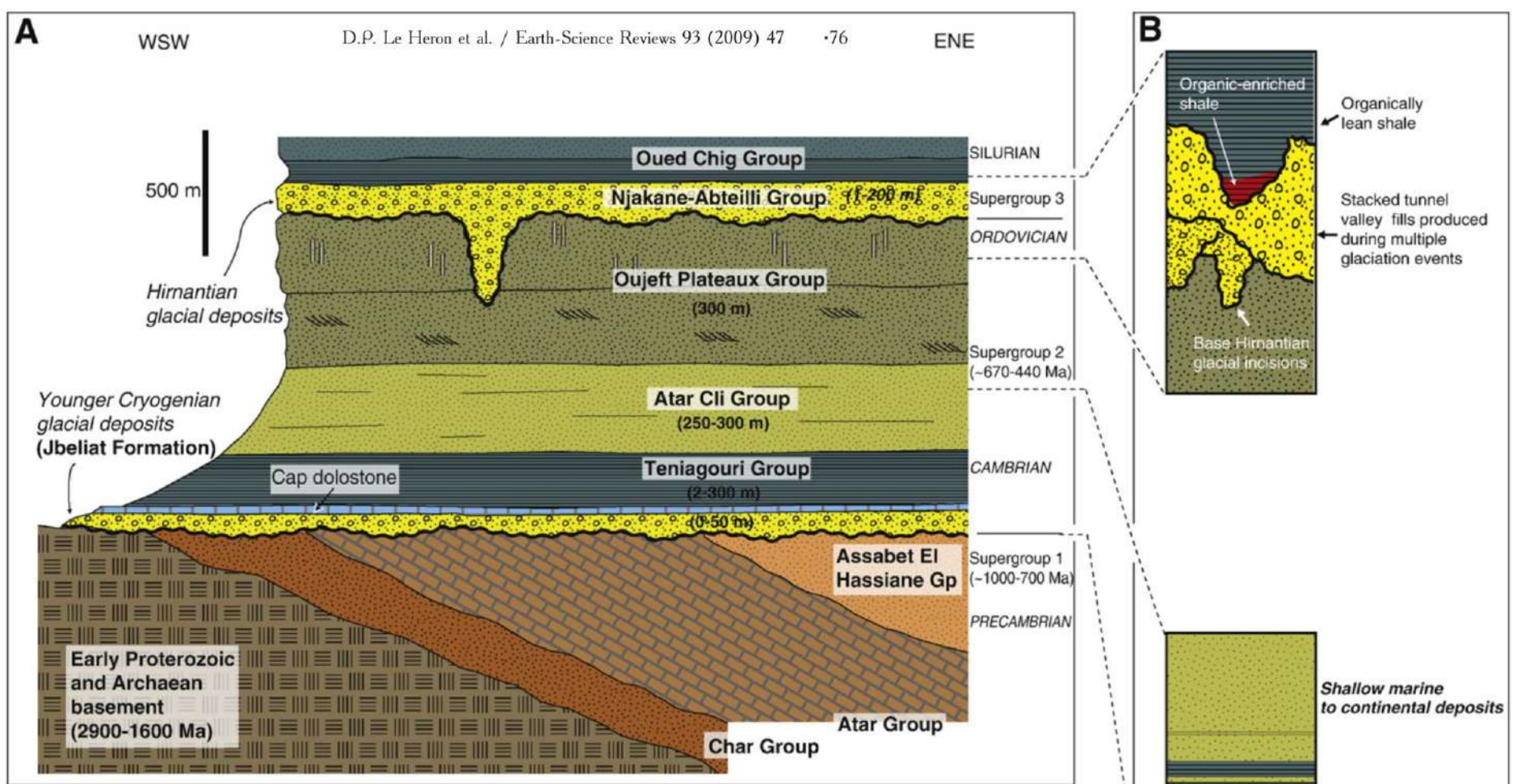


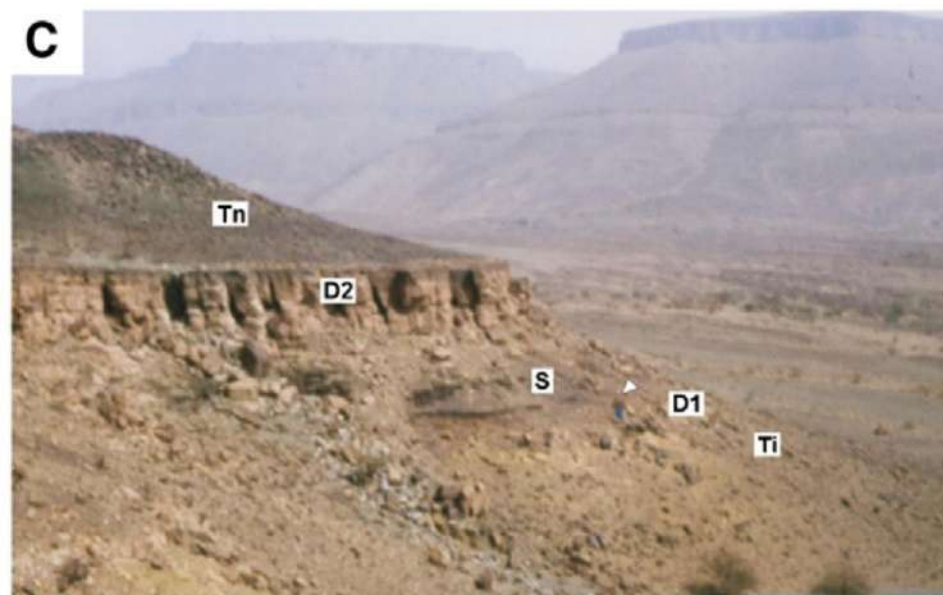
Fig. 11. Palaeogeographic reconstruction of Gondwana at ~440 Ma showing the distribution of Hirnantian ice sheets. The distribution of ice sheets is after [Ghienne et al. \(2007\)](#). The lines of palaeolatitude are after [Stampfli and Borel \(2002\)](#). Solid arrows show the flow of ice: on the northern margin of the North African/Arabian ice sheet, these flow lines are based on field observations, whereas on the southern margin (sub-Saharan Africa) they are hypothetical as Hirnantian strata are not exposed.



These tunnel valleys were filled in two main phases. The initial phase was characterised by debris flow release, whereas during later phases of ice retreat a range of glaciofluvial, shallow glaciomarine to shelf deposits were laid down, depending on the water depth at the ice front. Production of linear accumulations of sediment, parallel to the ice front, also occurred between tunnel valleys at the grounding line. In Arabia, the geometry of these features may have been influenced by local tectonic uplift. As glaciogenic reservoirs, Hirnantian deposits are already of great economic significance across central North Africa. Therefore, an appreciation of the processes of ice sheet growth and decay provides significant insights into the controls on large-scale heterogeneities within these sediments, and in analogue deposits produced by glaciations of different ages.



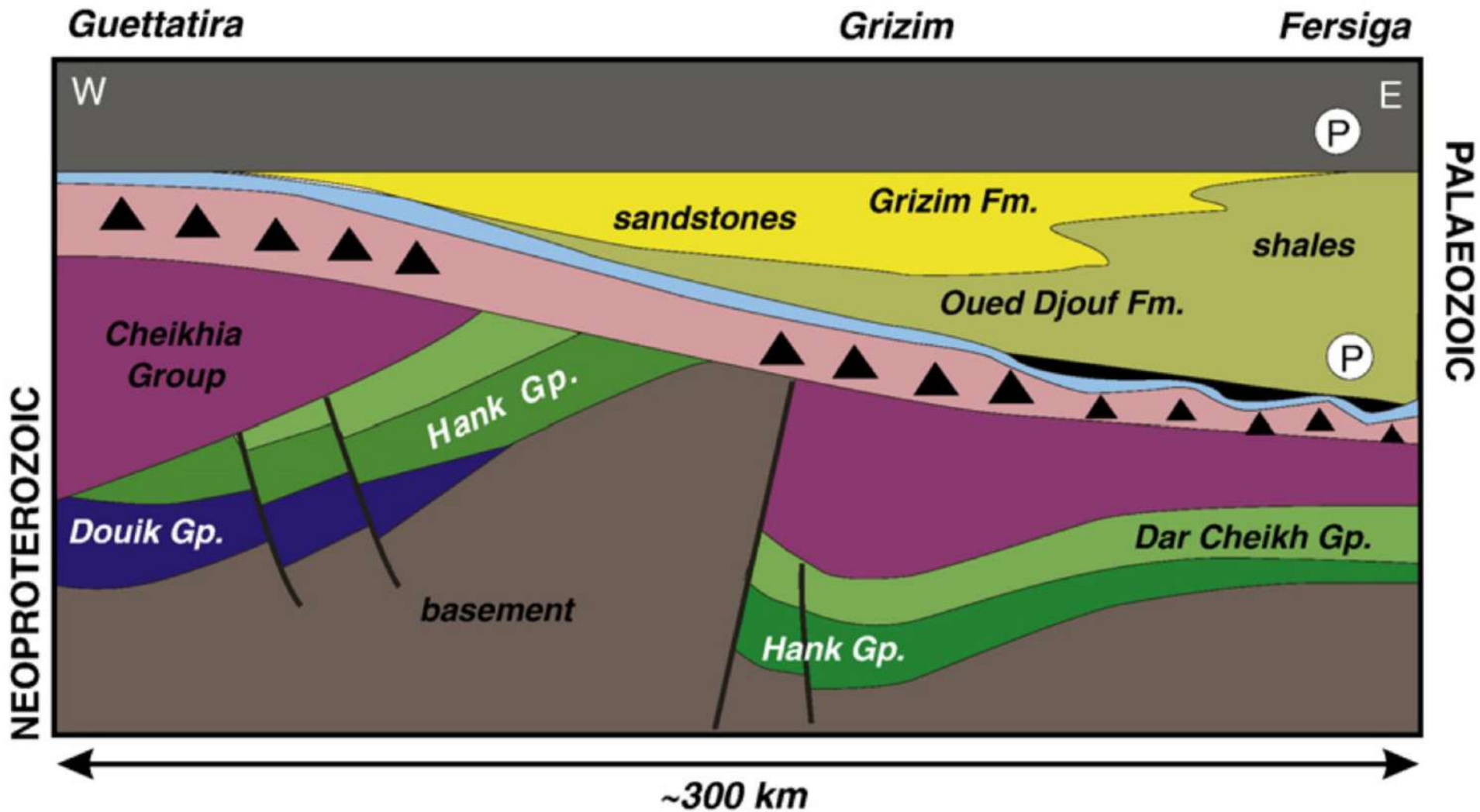
Deglacial, Early Silurian black shale represents the most important **Palaeozoic source rock across the region**. Existing models do not adequately explain the temporal and spatial development of anoxia, and hence of black shale/deglacial source rocks. The origins of a palaeotopography previously invoked as the primary driver for this anoxia is allied to a complex configuration of palaeo-ice stream pathways, “underfilled” tunnel valley incisions, glaciotectionic deformation structures and re-activation of older crustal structures during rebound. A putative link with the development of Silurian glaciation in northern Chad is suggested. Silurian glaciation appears to have been restricted to the southern Al Kufrah Basin in the eastern part of North Africa, and was associated with the deposition of boulder beds. Equivalent deposits are lacking in shallow marine deposits in neighbouring outcrop belts.



Glacial and post-glacial Neoproterozoic sedimentary rocks in the Taoudeni Basin, NW Africa. A: Fine-grained, laminated sandstone deformed by the impact of dropstones falling onto the sediment surface. B: Irregular contact between conglomeratic and coarse-grained laminated sandstone bed. C: The glacial through postglacial sedimentary succession in western Mauritania. The photograph shows the vertical transition from tillites of the Jbélat Group (Ti), passing upsection through two cap dolostone intervals (D1 and D2) with purple shale (S) sandwiched in between. The glacial-postglacial succession is then transgressively overlain by shales of the Teniagori Group (Tn). D: Brecciated facies of the cap dolostone deposits.

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

D.P. Le Heron et al. / Earth-Science Reviews 93 (2009) 47–76



Schematic stratigraphy of the northern flank of the Taoudenni Basin

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

D.P. Le Heron et al. / Earth-Science Reviews 93 (2009) 47–76

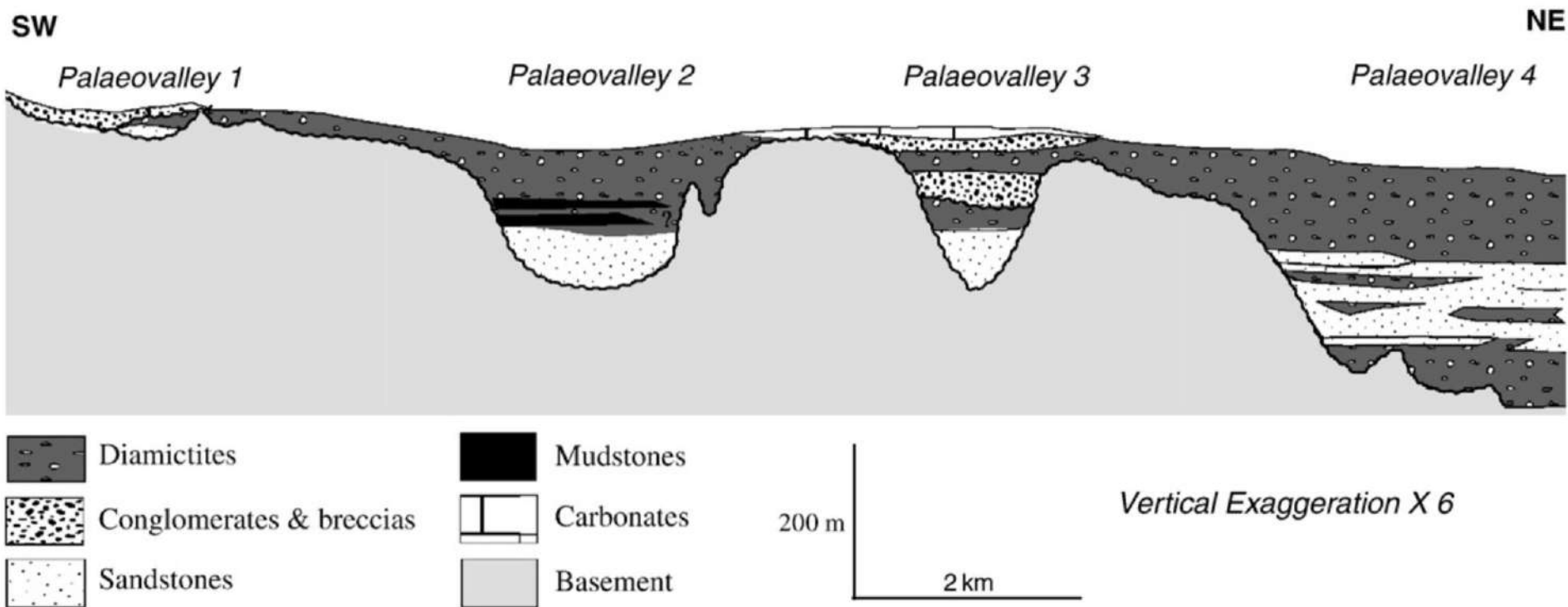
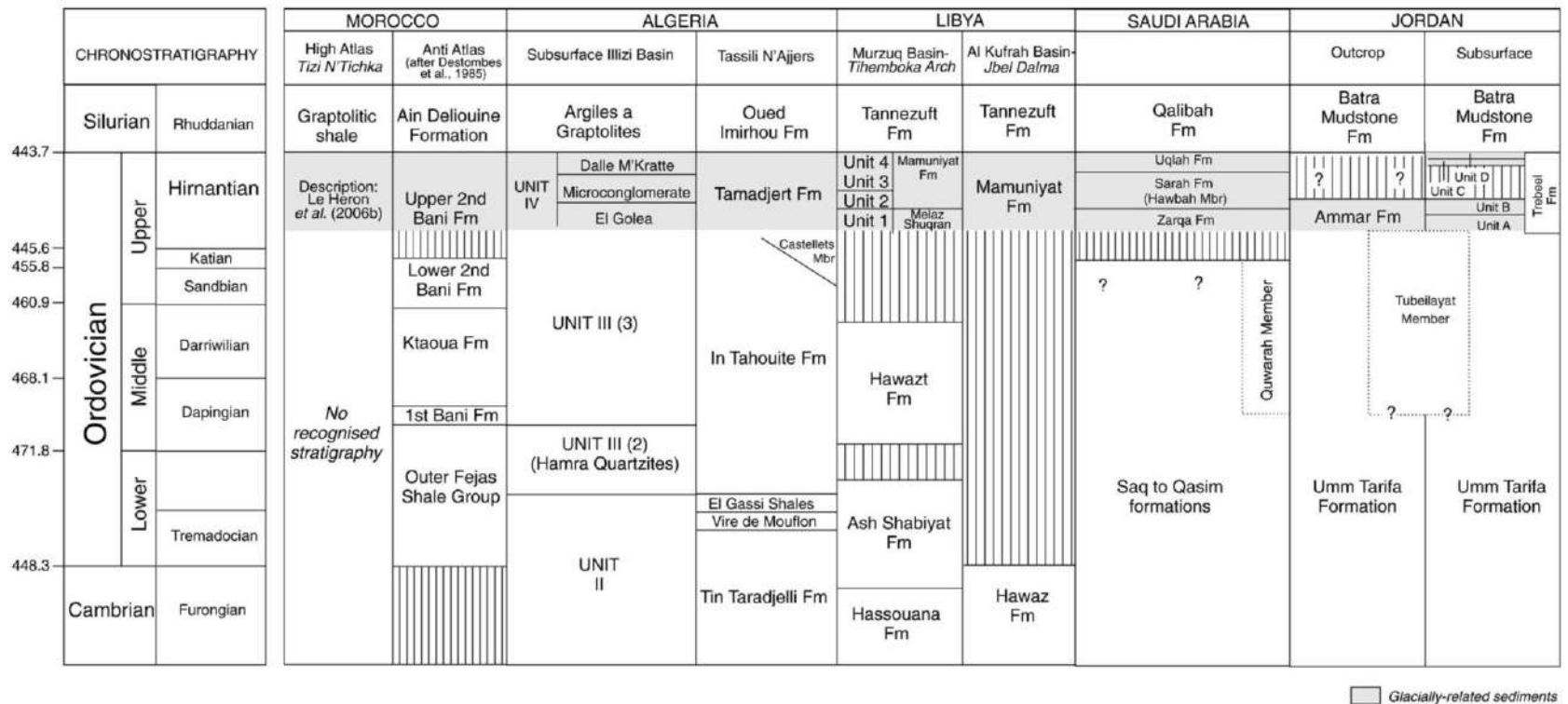


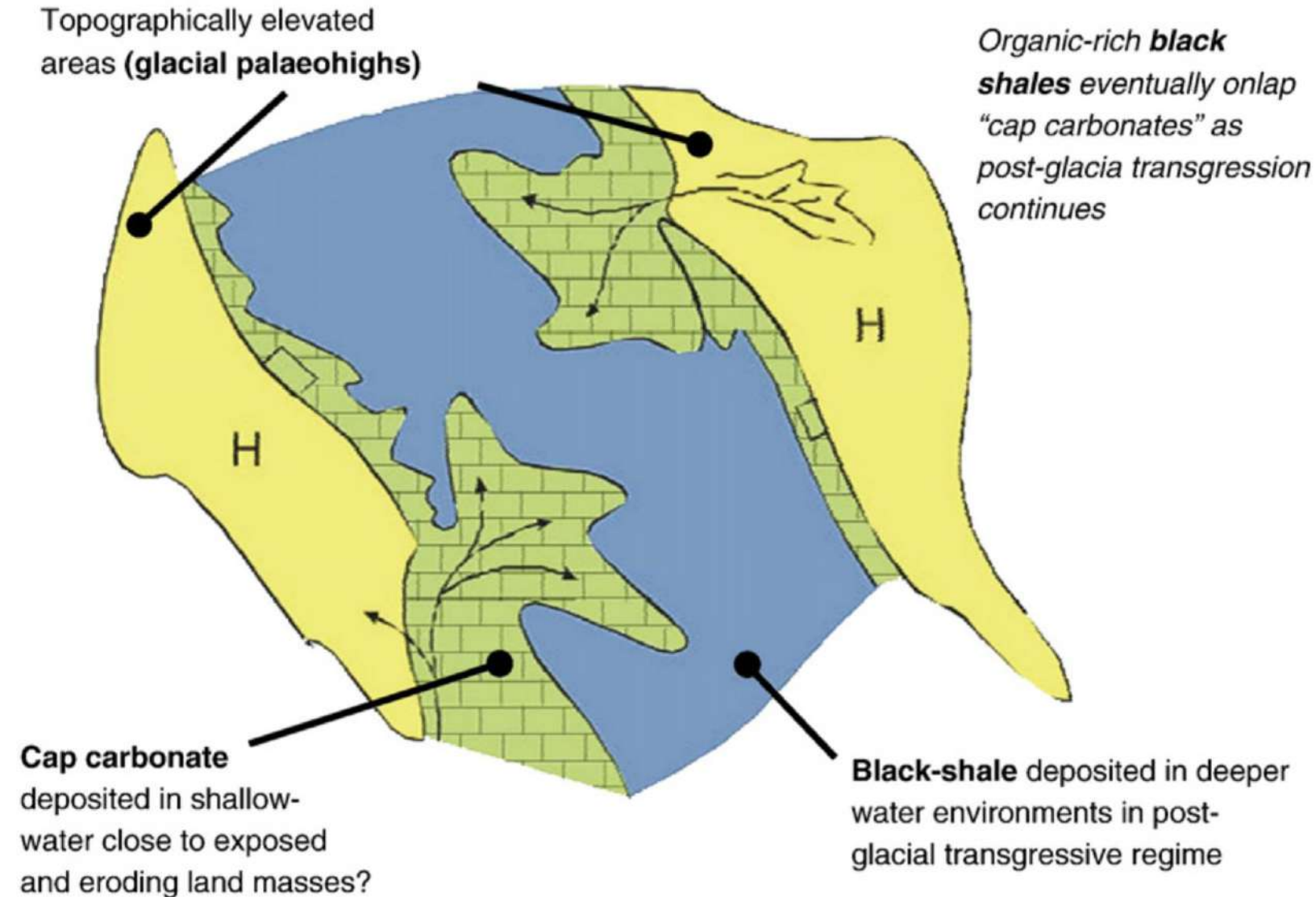
Fig. 9. Schematic cross section through a series of four older Cryogenian palaeovalleys in the Mirbat region of SE Oman. In terms of geometry, the parabolic profile may point to the action of subglacial meltwater in excavating these large-scale structures. The incision depth of these structures (~200 m) is comparable to palaeovalleys of the better-known Himantian glaciation across North Africa. Note the dramatic difference in fill styles between neighbouring palaeovalleys 2–4. Redrawn and slightly modified after [Rieu et al. \(2006\)](#).

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



Chronostratigraphy of Hirnantian glacially related deposits across North Africa and Middle East (le Heron et al, 2009)

Conceptual Model for Neoproterozoic post-glacial source rock deposition, Taoudenni Basin, Mauritania



Conceptual model illustrating the possible relationship between post-glacial topography, facies tracts, and black shale accumulation for Cryogenian deglaciations.

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

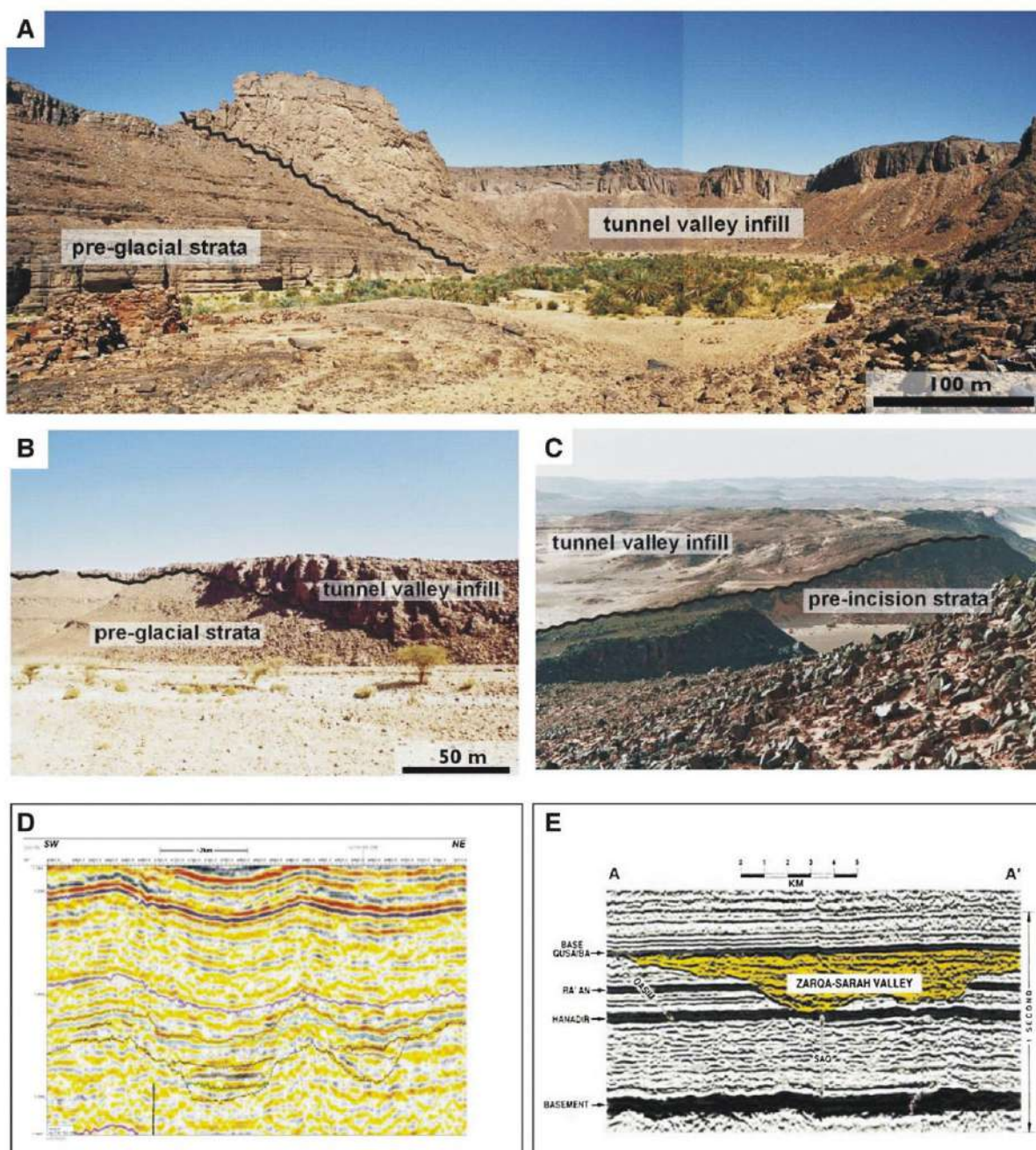
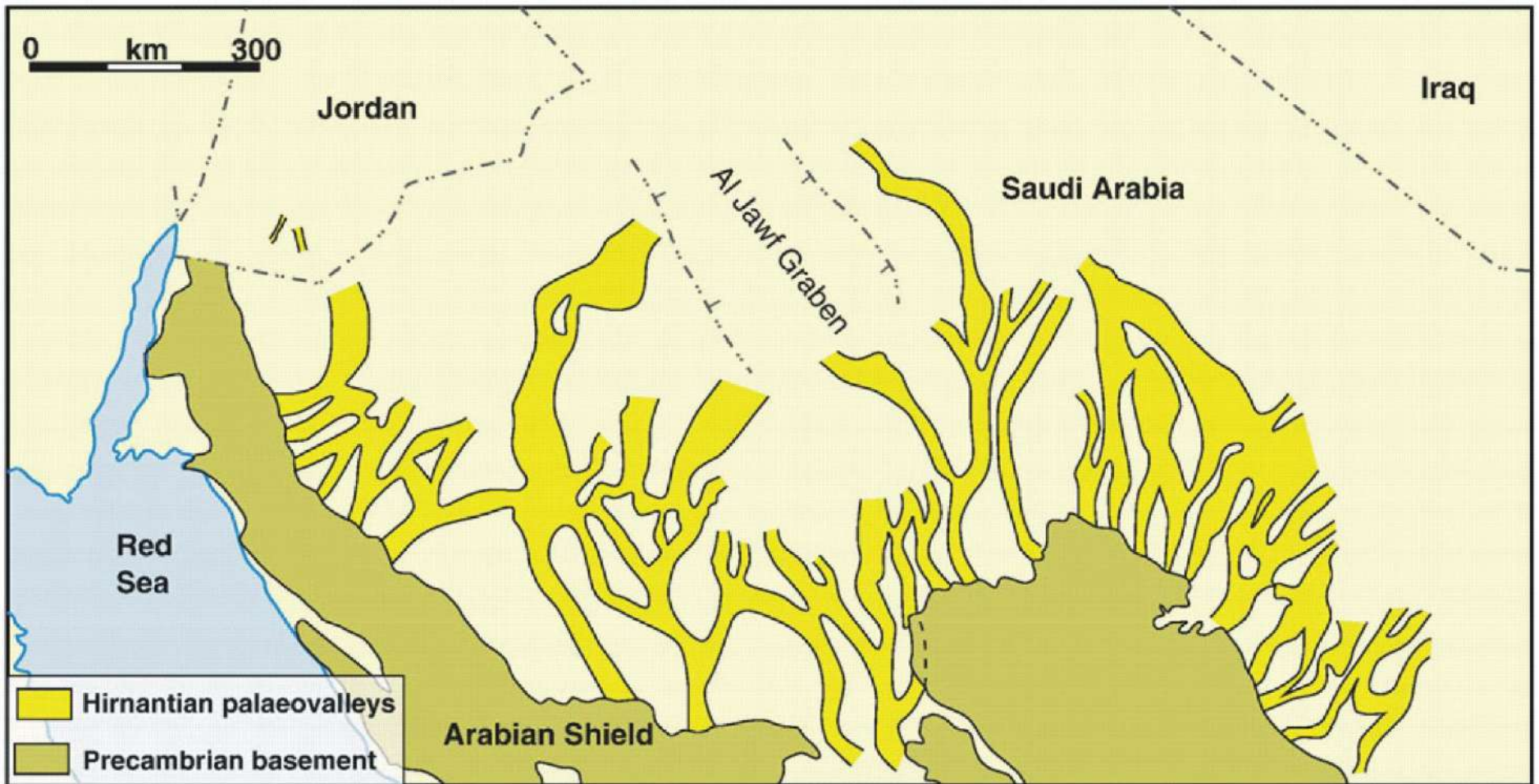


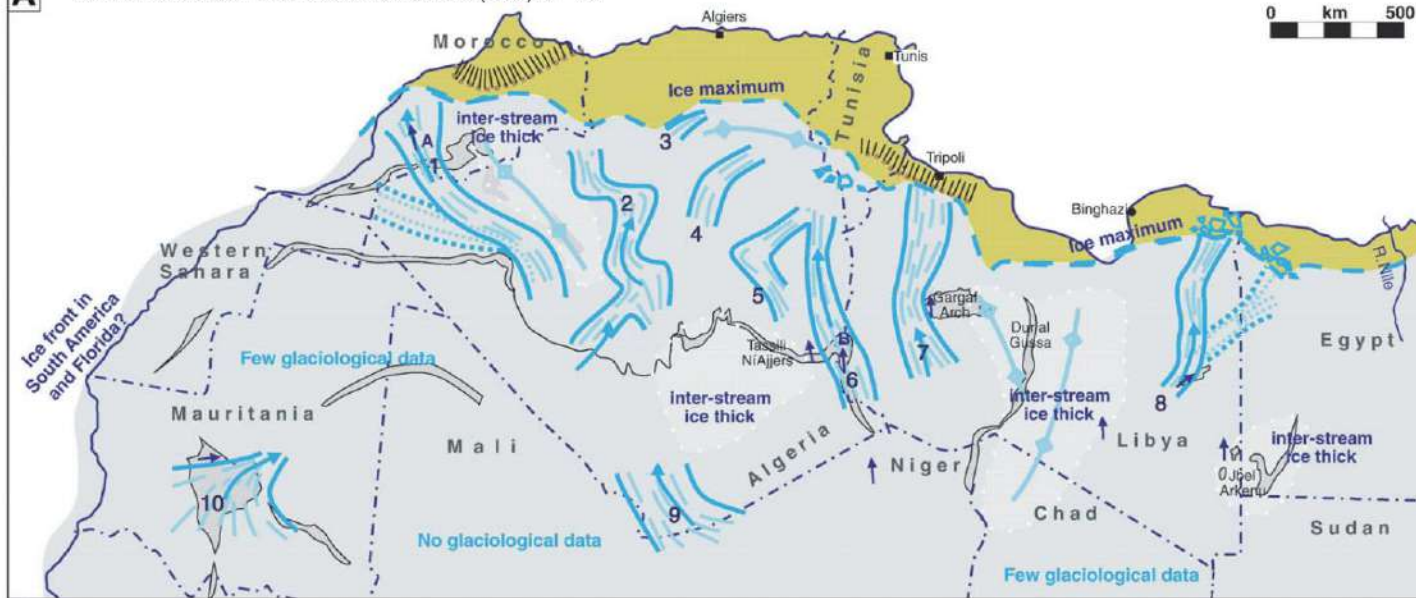
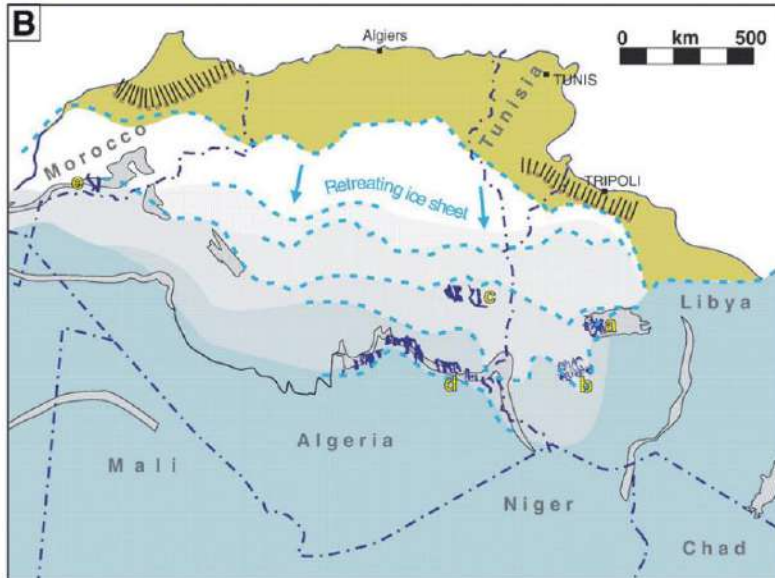
Fig. 13. Himantian tunnel valleys at outcrop and on seismic reflection data. A: Diamictite/sand-on-sand incision in Iherir, Tassili N'Ajjer, Algeria. B: Sand-on-muddy sand and mudrock incision, central Anti-Atlas, Morocco. C: Well differentiated sand and mud palaeovalleyfill, cut into a dominantly muddy succession on the western Gargaf Arch, Libya. D: Tunnel valley incision imaged on 2D seismic data from the northern part of the Murzuq Basin, Libya. E: Correlative tunnel valley incision imaged on 2D seismic data in The Rub al Khali Basin, Central Saudi Arabia

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



Distribution of Upper Ordovician tunnel valleys around the flanks of the Arabian Shield . Location of Jordanian palaeovalleys.

D.P. Le Heron et al. / Earth-Science Reviews 93 (2009) 47–76

A**B****Legend**

- Palaeo-ice streams* (arrows = ice flow)
- Ordovician outcrop
- Slope break
- Proglacial shelf
- Inter-stream areas & ice domes
- Tunnel valleys (large meltwater channels)
- Striation orientations

*Numbers denote ice streams described in text

Notes for map B:

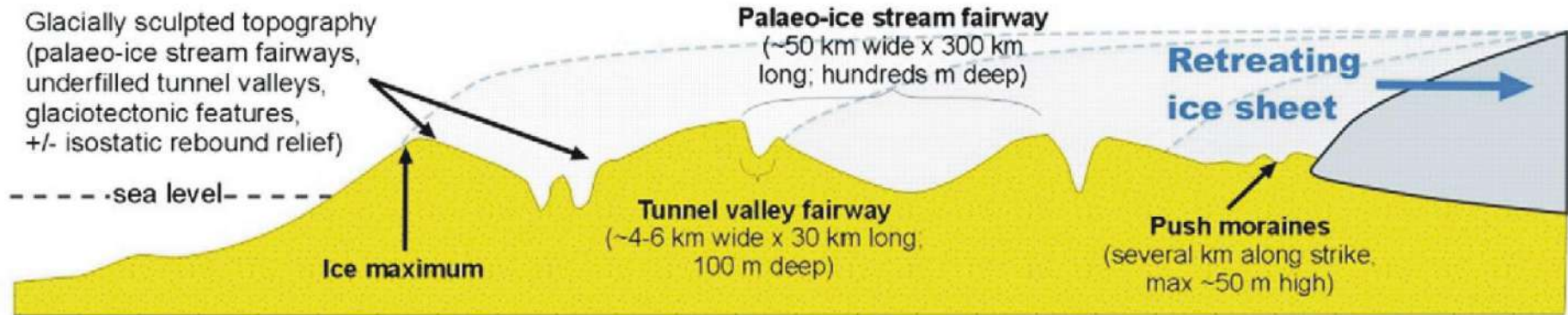
Palaeo-grounding lines identified by 1) linear aprons of sediment within uppermost Ordovician glacially-related sediments and 2) distribution of large meltwater channels/ tunnel valleys at outcrop.

Letters a-e correspond to line sourced, large meltwater channel systems deriving from the following sources: a, Gargaf Arch (Ghienne *et al.* 2003); b, subsurface Murzuq Basin (Smart, 2000); c, subsurface Tiguentourine Field (Hirst *et al.* 2002); d, Tassili N'Ajers outcrop (Beuf *et al.* 1971); e, Anti-Atlas, backfilled with Silurian shale (Destombes *et al.* 1985).

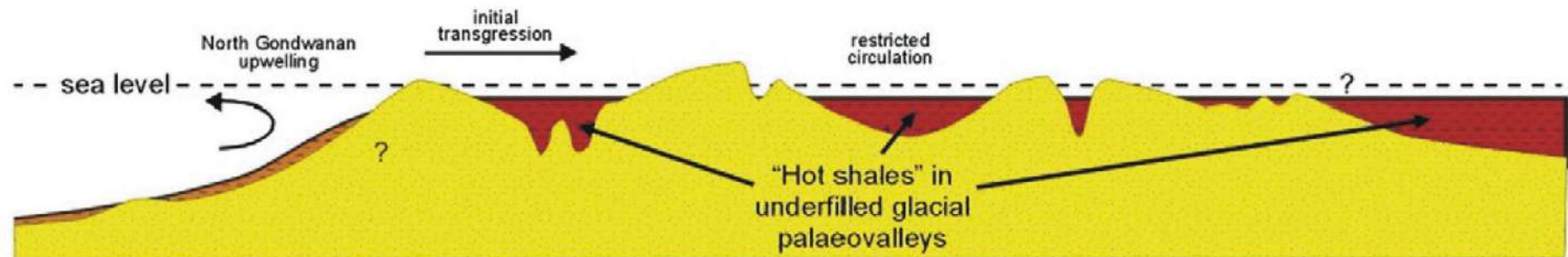
Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

Configuration of the Hirnantian ice sheet of North Africa. A: Large scale flow heterogeneities include palaeo-ice stream pathways, associated with largest-scale valley systems (cross-shelf troughs), some N100 km width and almost 1000 km length are comparable in scale to the modern Lambert Glacier in eastern Antarctica. The ice streams were active as the ice sheet advanced northward to its ice maximum position, during which time the cross-shelf troughs were excavated beneath them. B: During ice sheet retreat, release of Meltwater at ice sheet grounding lines produced tunnel valleys, each individually oriented approximately N–S, clustered into E–W-oriented belts. The recognition of several such belts is good evidence for stepwise retreat of the ice sheet toward the south. A similar model may also apply for the lesser studied Arabian Peninsula.

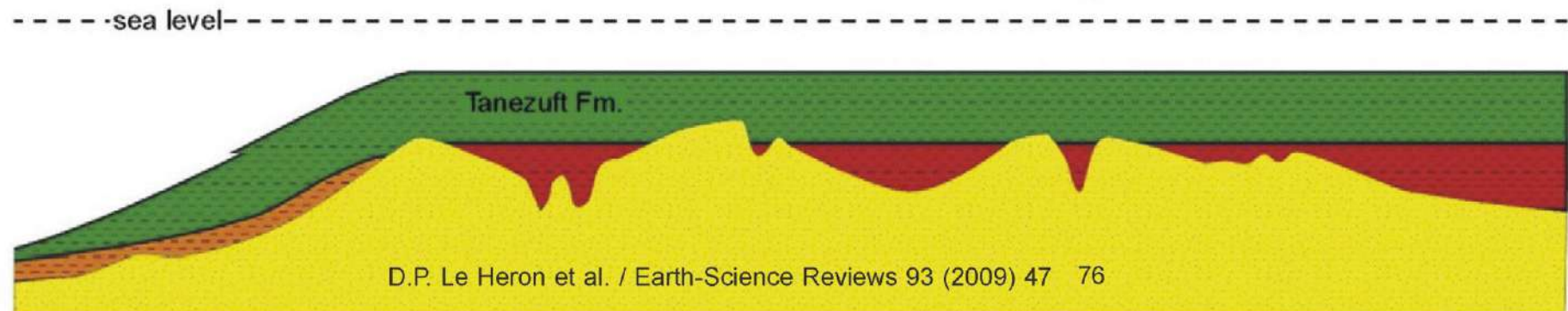
A *Hirnantian: LST modulated by glacial-interglacial high frequency cycles. Deposition of glaciogenic reservoirs.*



B *Rhuddanian: Early TST, deposition of hot shales*

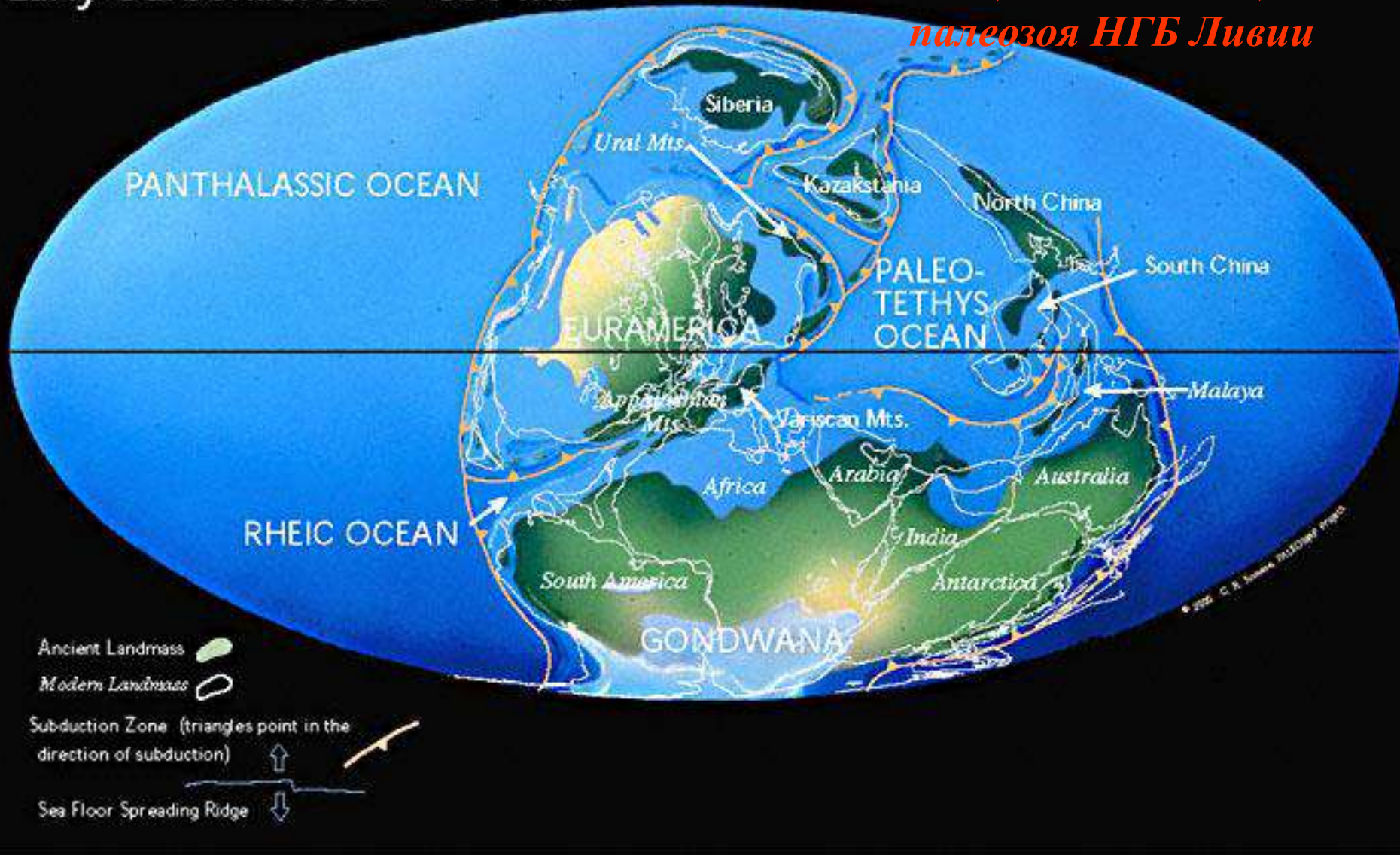


C *Post-Rhuddanian: TST, deposition of organically leaner shales*



Early Carboniferous 356 Ma

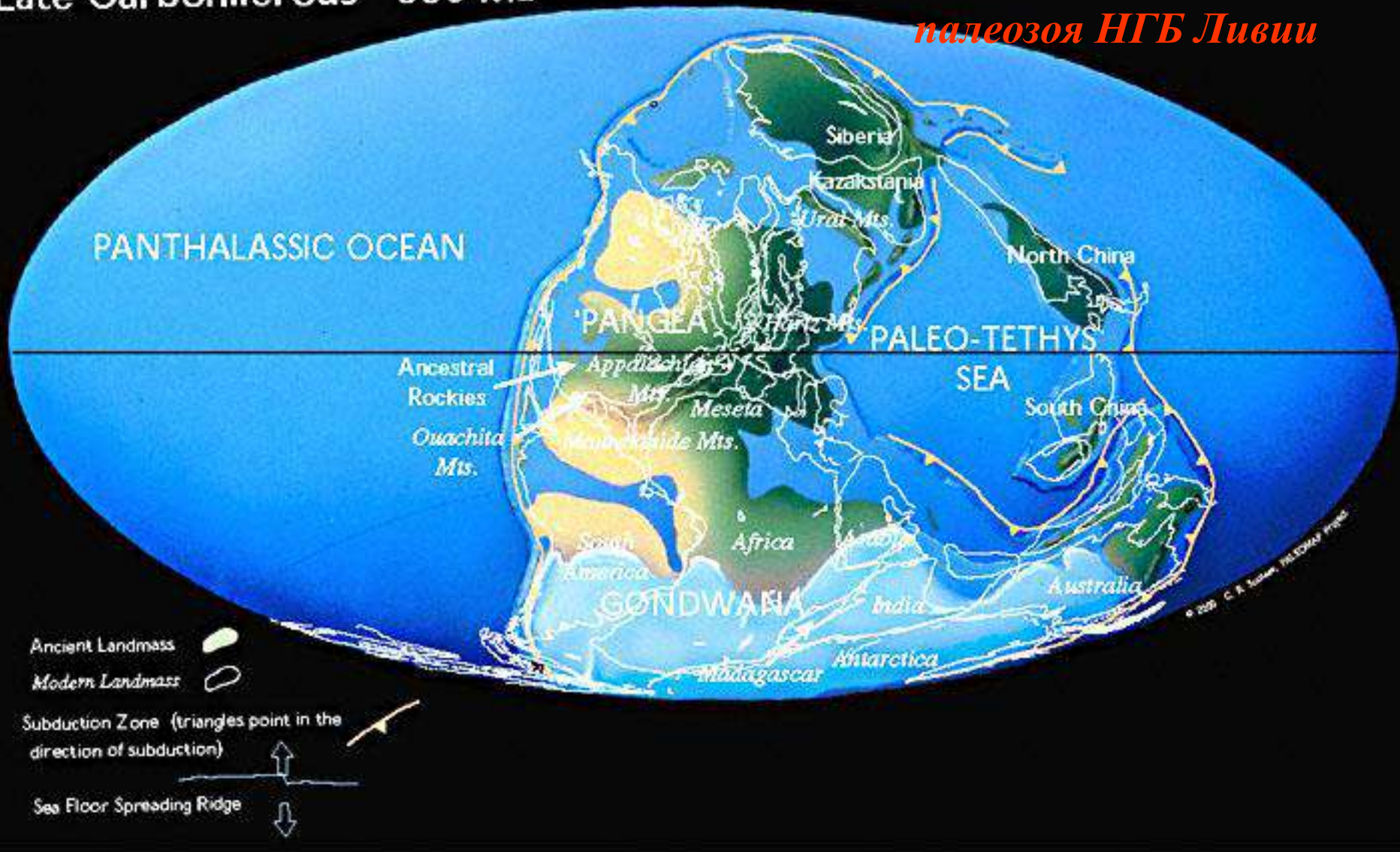
Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



Evidence for Carboniferous–Permian glaciation is tentative in the eastern Sahara (SW Egypt) but well established on the Arabian Peninsula in Oman and more recently in Saudi Arabia. Pennsylvanian–Sakmarian times saw repeated glaciation–deglaciation cycles affecting the region, over a time frame of about 20 Myr.

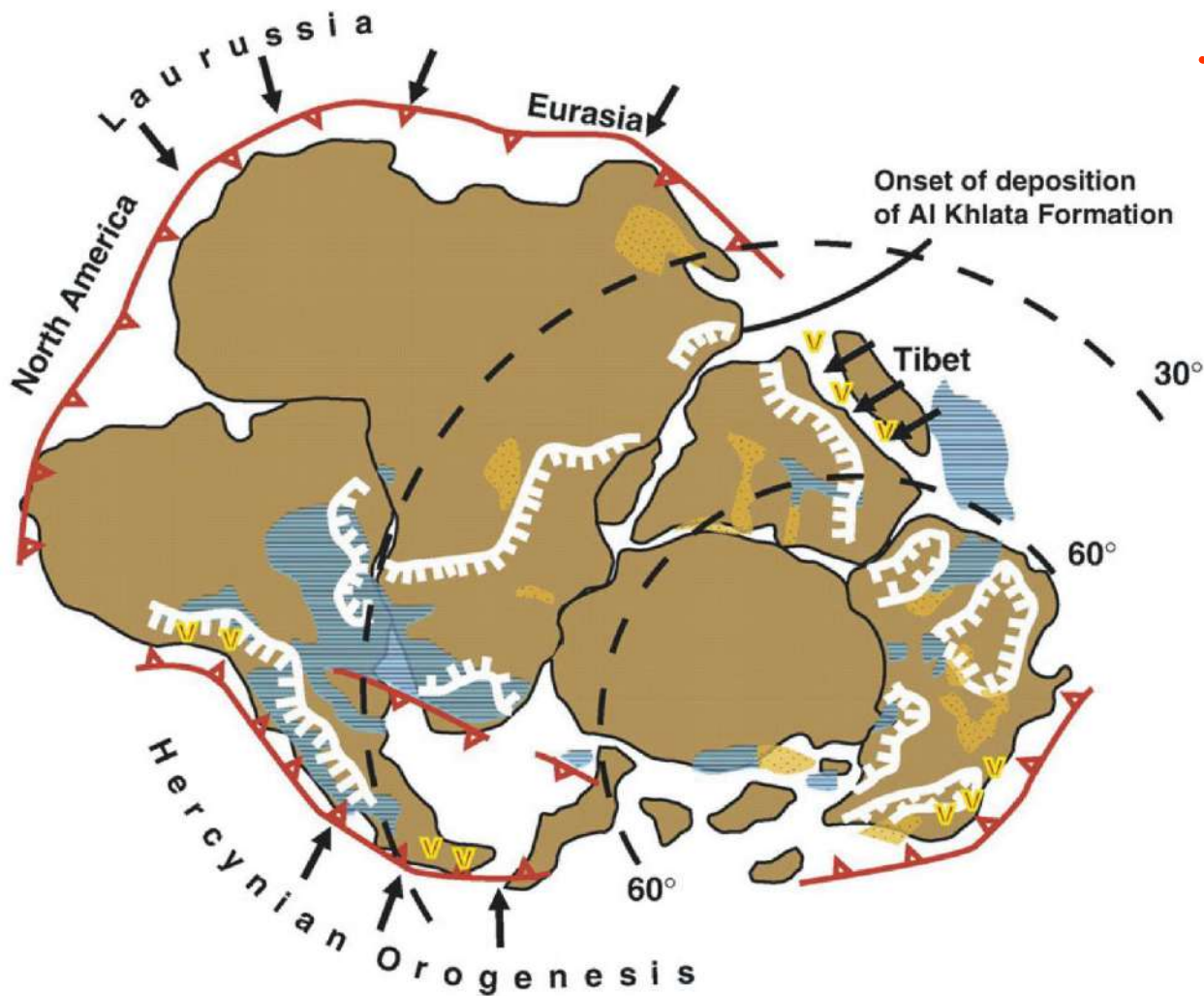
Late Carboniferous 306 Ma

*Лекция 6. Секвенции
палеозоя НГБ Ливии*

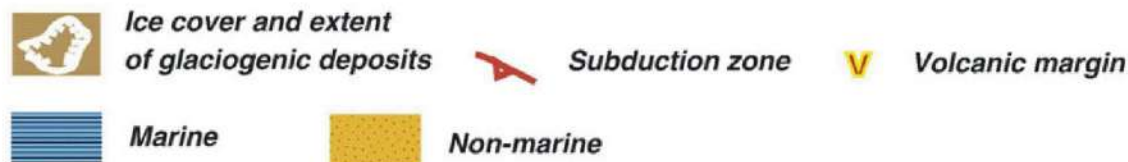


Repeated phases of deglaciation produced a complex stratigraphy consisting, in part, of structureless sandstone intervals up to 50 m thick. Some of these sandstone intervals are major hydrocarbon intervals in the Omani salt basins.

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



D.P. Le Heron et al. / Earth-Science Reviews 93 (2009) 47–76



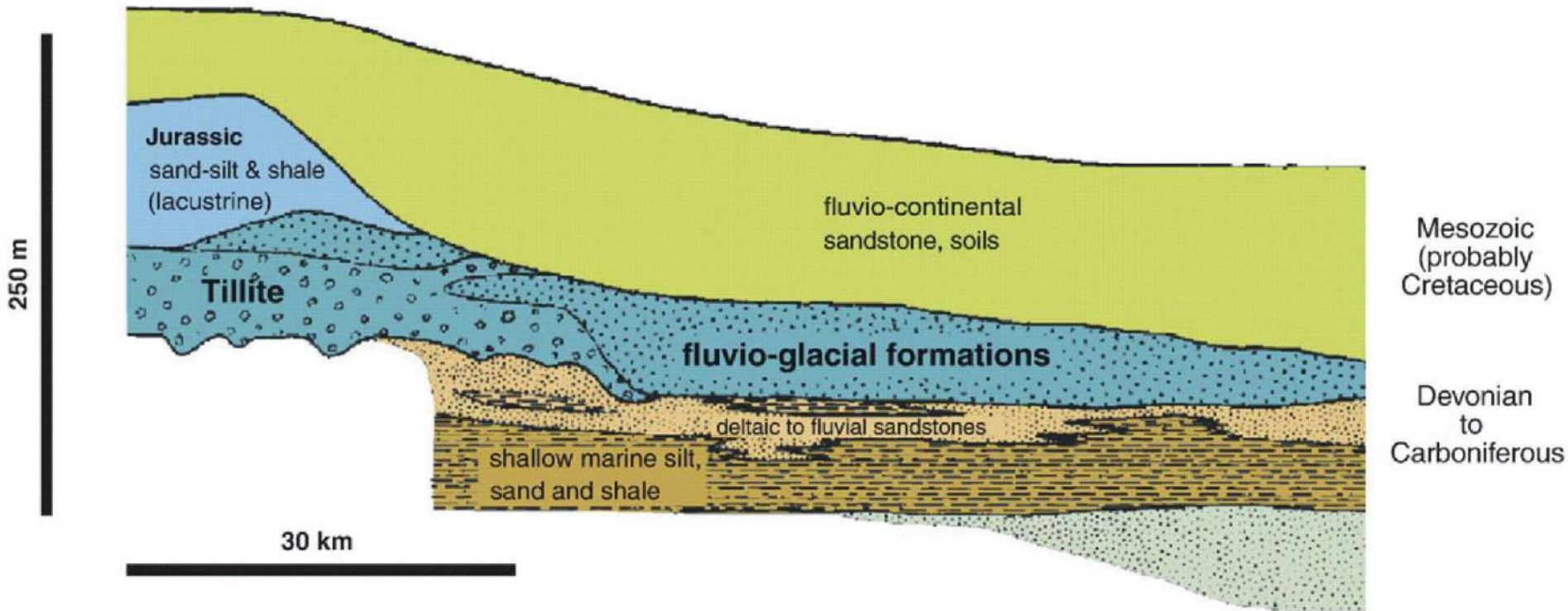
Whilst both Cryogenian intervals and the Hirnantian–Rhuddanian deglaciation resulted in the deposition of glaciomarine deposits, Carboniferous–Permian deglaciation likely occurred within a lacustrine setting. Hence, compared to shales of other glacial epochs, the source rock potential of Carboniferous–Permian deglacial deposits is minimal.

Озерная обстановка

Palaeogeography of Gondwana during the Pennsylvanian. The initiation of Late Palaeozoic ice cover was broadly time transgressive, passing from modern day west (South America) to east (Australia) (Note that ice cover became established at mid palaeo-latitudes in Oman; ice sheets were absent further west in North Africa probably as a result of this latter area occupying low palaeo-latitudes and/or subdued relief).

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

Schematic section, north-south Wadi Malik
(Abu Ras Plateau)
Southwestern edge of Dahkla Basin

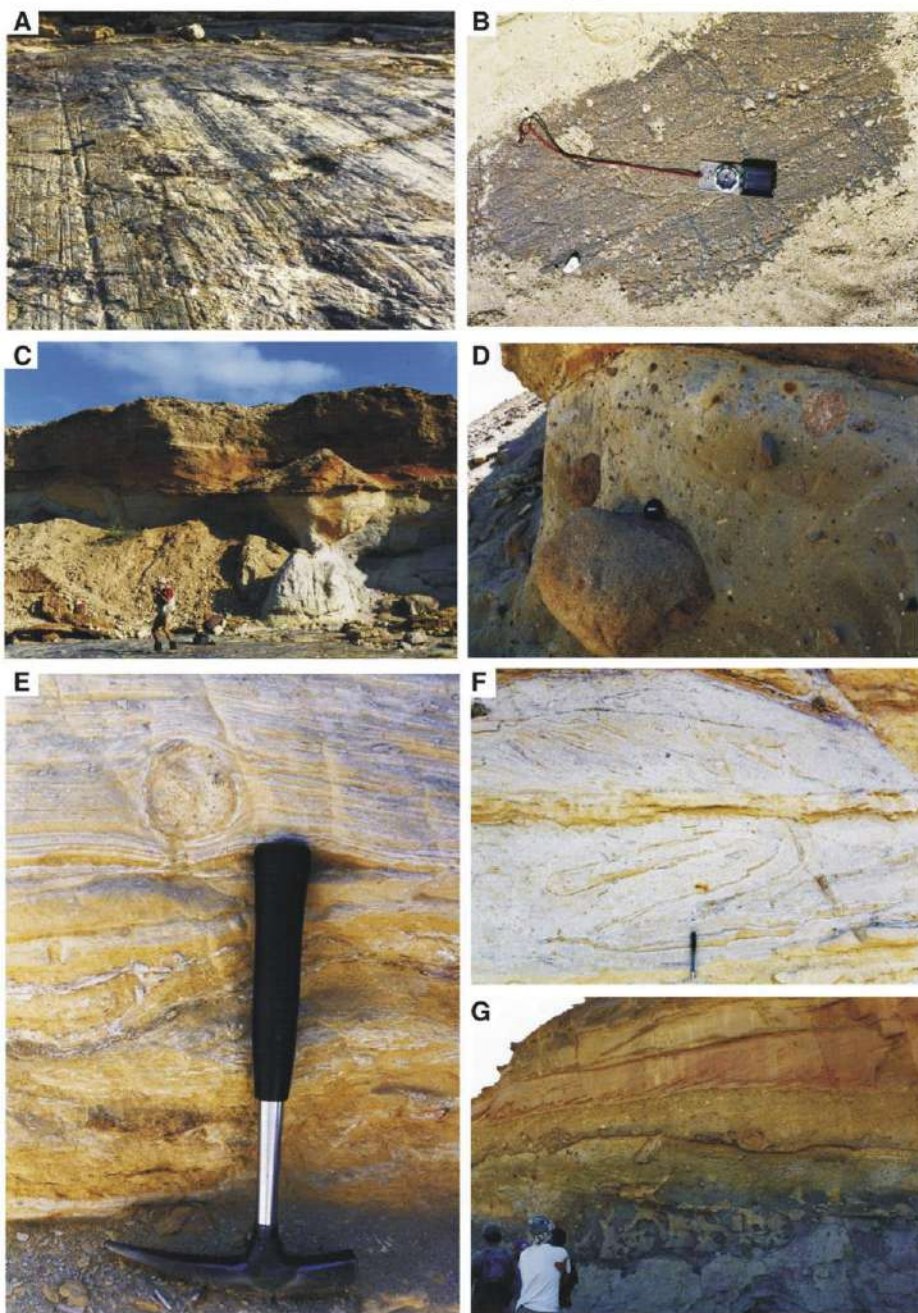


Sketch of field relations between stratigraphic units containing evidence for putative Carboniferous glaciation in the Abu Ras Plateau of SW Egypt, adjacent to the Libyan border at Jabal Azbah.

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

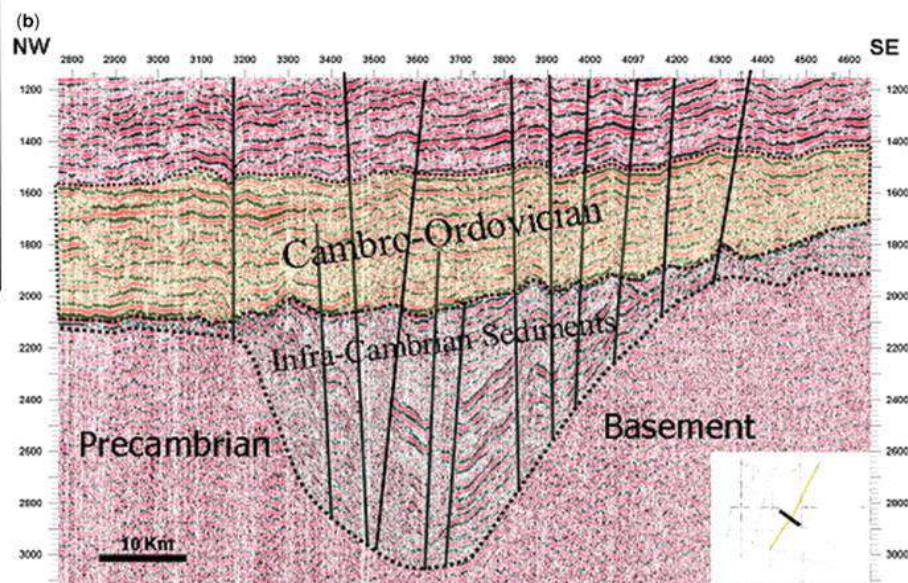
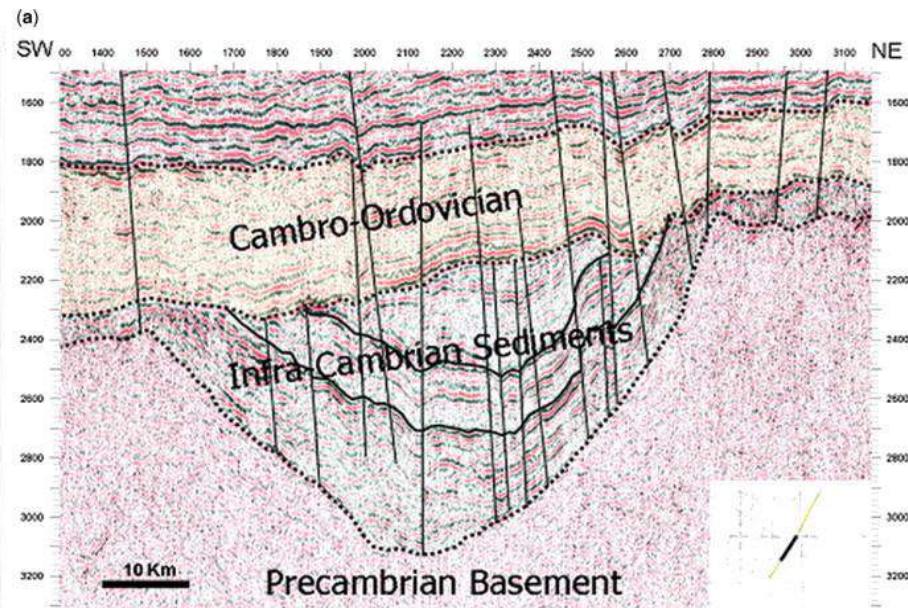
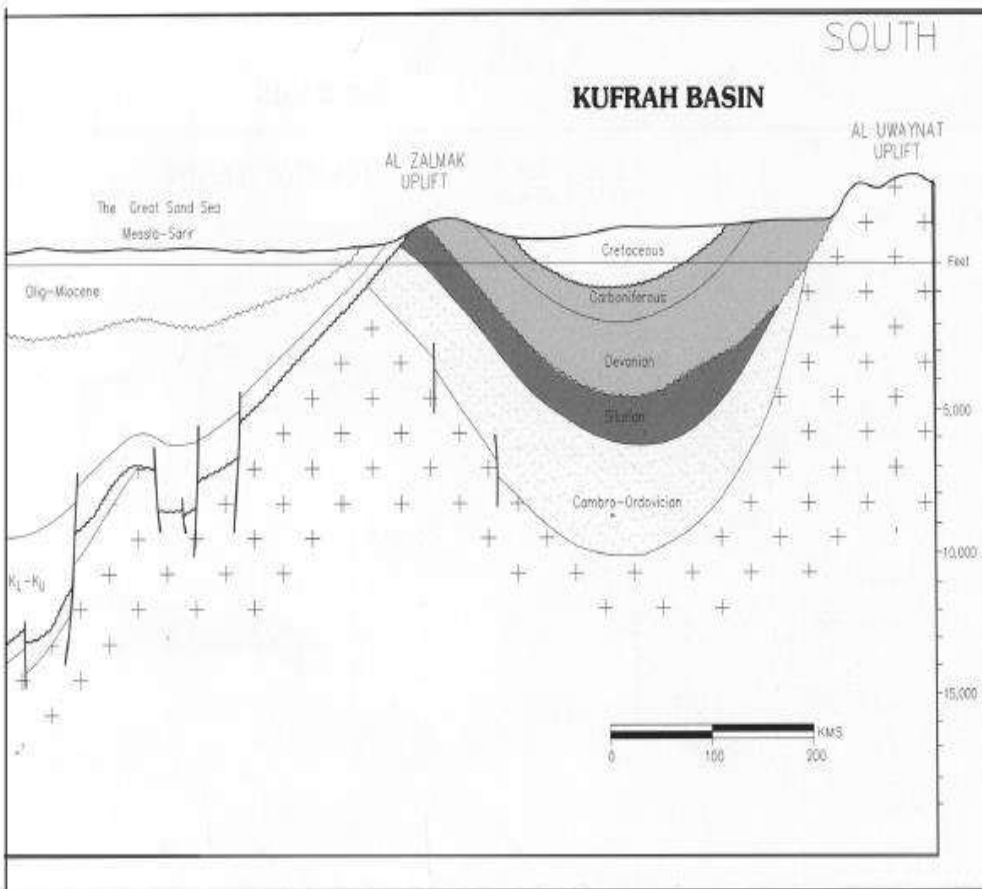
Age (Myr)				Levell et al. (1988)	Osterloff et al. (2004 a,b) (subsurface)	P.D.O.	Melvin & Sprague (2006)
270	PERMIAN	Cisuralian	Kungurian	Gharif Formation	Depositional Sequence P13 Middle Gharif		"A-member"
280			Artinskian				
290			Sakmarian	Haushi Limestone	DS P10 Lower Gharif	Al Khlata Production unit (AKPU) 1B	"middle member"
				Rahab Shale	DS P8		
	CARBONIFEROUS	Pennsylvanian	Asselian	"Glaciolacustrine deposits"	DS P6	AKPU1A	"B-member"
300			Gzhelian	Lower Al Khlata Formation	DS CP	AKPU5	"C-member"
			Kasimovian		DS C30	AKPU9	
			Moscovian			?	
310							

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



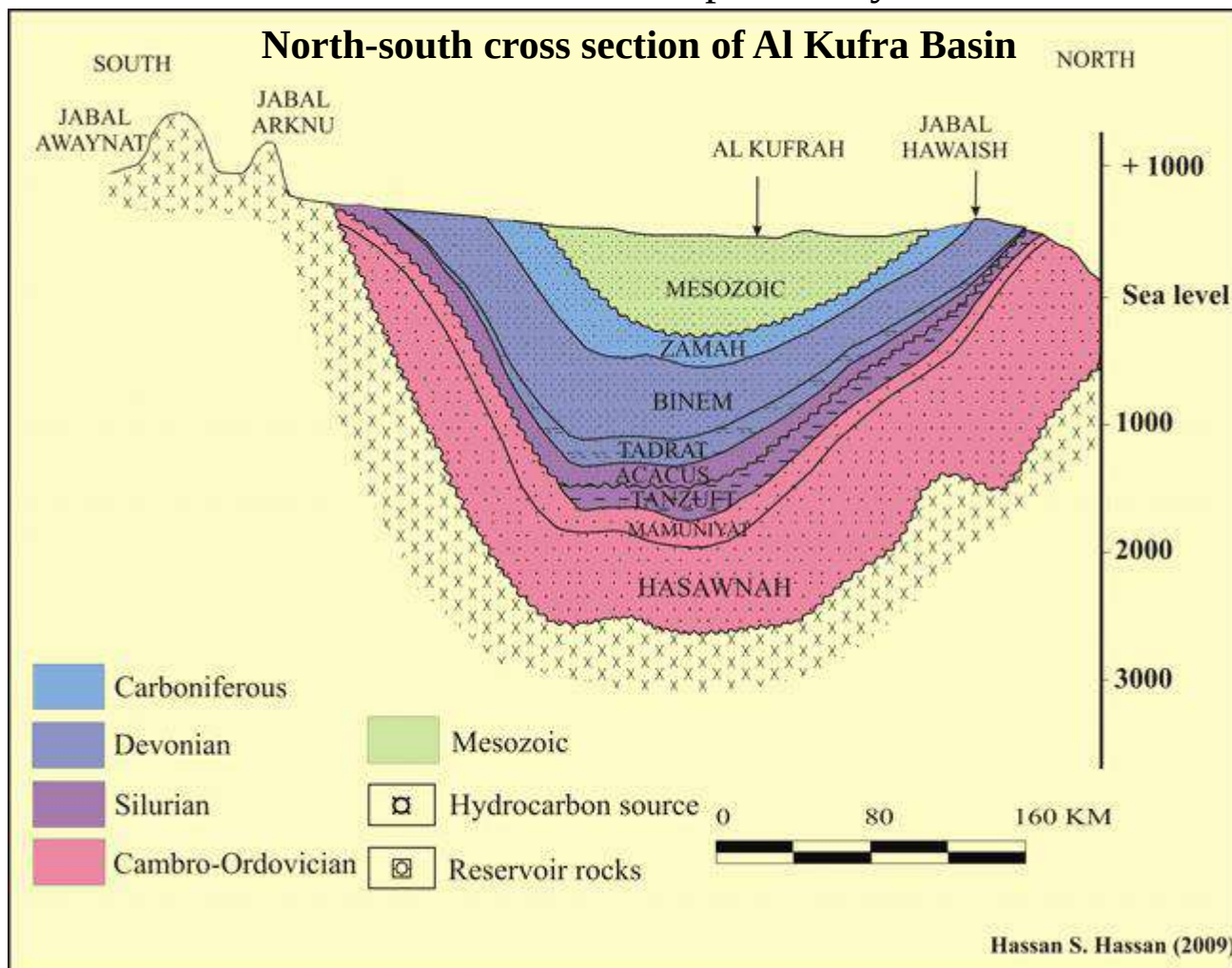
Glacially-related erosion features and deposits of the Al Khilata Formation at its type section in the Hufuf of Oman. A: Striated pavement cut into limestones of the Khilata Formation (Neoproterozoic age). B: Detail of the striated pavement. Note the evidence for two sets of striae in B, probably recording two separate phases of ice overriding in this locality. C: Clast-rich diamictites (geologist for scale) directly overlying the striated pavement and truncated by glaciofluvial cross-bedded sandstones. D: Granite boulder within a diamictite in the Al Khilata Formation. E: Dropstone-bearing laminated mudrocks, interpreted as glacioacustrine varve deposits. F: Recumbent folding in the Al Khilata Formation at a metre-scale, attributable to either subglacial deformation or gravitational instability (e.g. slope failure). G: Detail of trough cross-bedding in glaciofluvial sandstones.

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

The intracratonic sag of Al Kufrah Basin is oriented northeast-southwest and located in south eastern Libya, it is the third largest Libyan sedimentary basin of about 400,000 km and has structural elements of varying ages and trends. No commercial discovery has been made to this date but hopes remain high and Libya has seen the entry of several American companies with an interest in the Al Kufrah Basin over the past two years



Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

Age		Formation	Events in Al Kufrah Basin	Hydrocarbon system components
Cenozoic	Quaternary	Modern wadi deposits	Desertification	—
	Tertiary		Eocene: Jbel Arkenu ring complex	Little hydrocarbon potential or significance
Cretaceous	Undiff.	“Nubian Sandstone”	Continental deposition Uplift followed by extension	Charging of structures during early Cretaceous uplift?
Carb.	Early	Dalma Fm.	Dominantly continental clastic sedimentation	Local seals
Devonian	Mid-Late	Binem Fm.	Shallow marine deposition	Frasnian: organically enriched source rock in neighbouring basins
	Early	Tadrart Fm.	Continental deposition	
Silurian	Mid	Acacus Fm.		
	Early	Tannezuft Fm.	Global transgression	Excellent seal. Primary source rock potential: thermally mature?
Ordovician	Hirnantian	Mamuniyat Fm.	Glaciation	Glaciogenic reservoir rocks
	“Early”	Haouaz Fm.	Paralic sedimentation	
Cambrian 540 Ma	Late	Hassouna Fm.	Denudation of Panafrican Mountains, peneplanation	—
	Mid			
	Early			
Pre-cambrian	Neoproterozoic	“Infracambrian”		
		Arkenu Formation <i>plus</i> Un-named quartzites Marble? Metabasite	Gravitational collapse of mountain chain, orthogonal extension Panafrican Orogeny creates NE-SW tectonic grain	Source rock, reservoir rock characteristics. Probably thermally mature in deep basin subsurface

As part of a potential petroleum system sourced and sealed by Silurian shales, Late Ordovician glacially-related deposits have already proven to have been a major hydrocarbon reservoir across western Libya in the northern Murzuq Basin (e.g. El Feel/Elephant Field) and in eastern Algeria (e.g. the Tiguentourine/In Amenas fields). Therefore, using the central Saharan basins as an analogue, these “glaciogenic reservoirs” are also expected to be of major importance in Al Kufrah Basin.

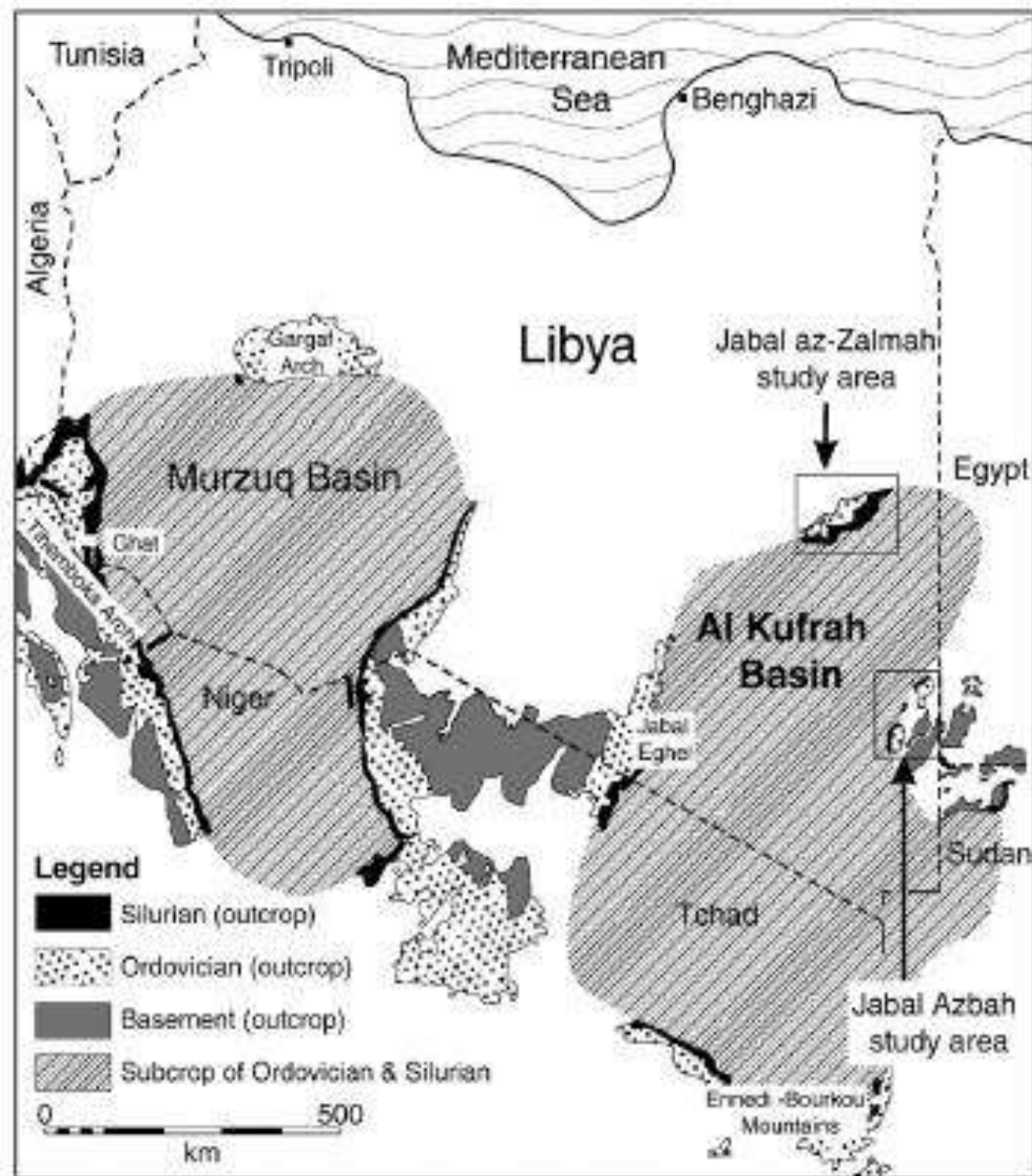
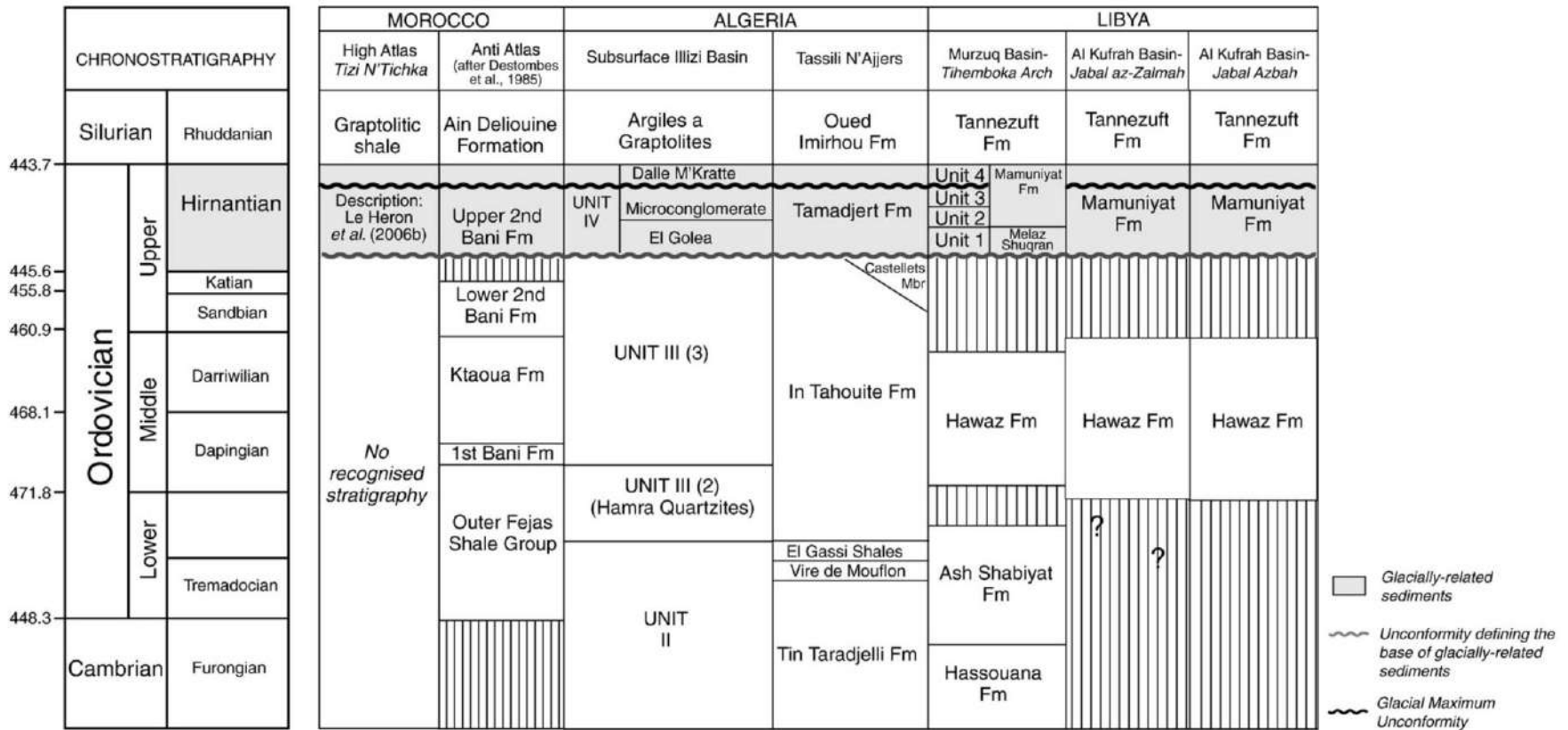


Fig. 1. Sketch map of Libya showing the location of Al Kufrah Basin and the two study areas. Jabal Azbah lies at the south-eastern flank of the basin whereas Jabal az-Zalmah defines the northern basin flank. Well known study locations at the flanks of the Murzuq Basin are also shown: type sections for Lower Palaeozoic formations occur both on the Gargaf Arch and in the Ghazal area.

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



Chronostratigraphy of Late Ordovician successions across the North Africa platform and their extension into Al Kufrah Basin. Glacially-related deposits of the Mamuniyat Formation are differentiated for the first time in Al Kufrah Basin. In both Jabal Azbah and Jabal az-Zalmah, these glacial sediments rest on the Hawaz Formation

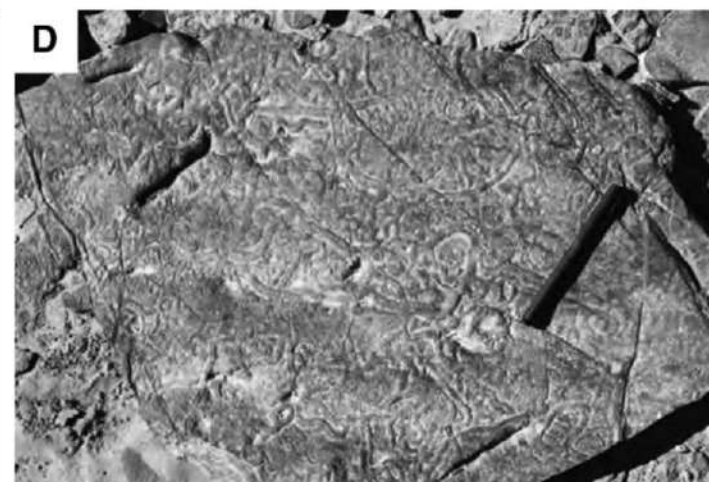
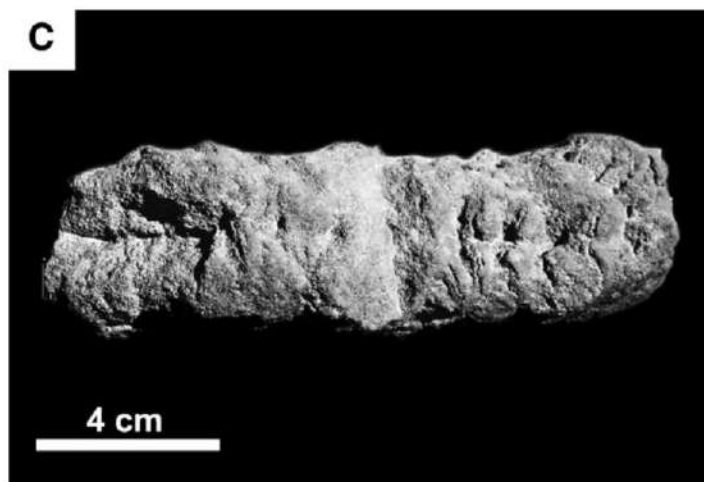
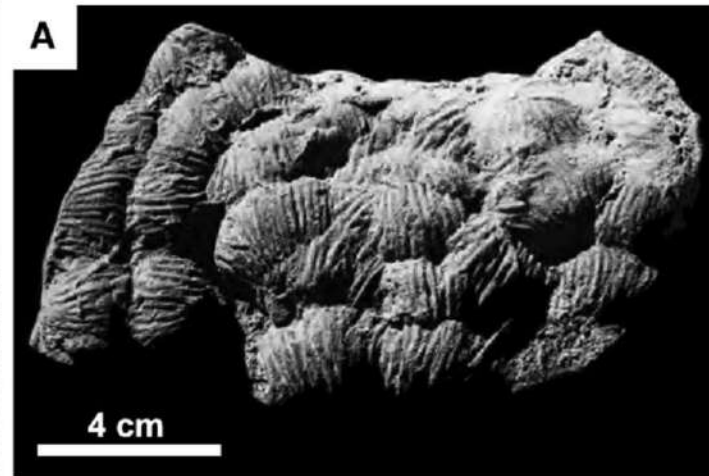
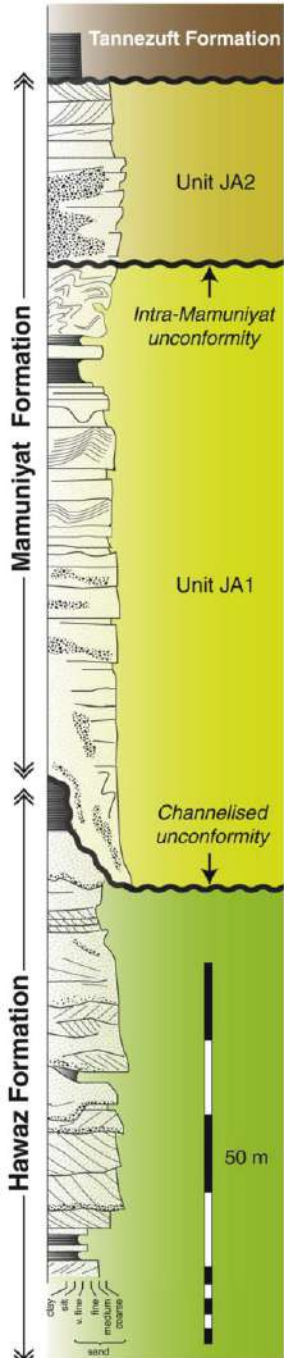


Fig. 4. Trace fossils of the Ordovician of Al Kufrah Basin. A: Ribbed *Cruziana* in hyporelief. The ornamentation of this specimen resembles that of *Cruziana pe* traea of the Ordovician in Jordan (Seilacher, 1983). B: Trilobite burrows interpreted as *Cruziana goldfussi*, which has been recovered previously from the eastern flanks of Al Kufrah Basin in Jabal Eghei and assigned to the Lower Ordovician (Seilacher et al., 2002). C: *Cruziana* indet. D: Planolites burrows at the uppermost surface of the Mamuniyat Formation in Jabal az-Zalmah. These burrows are typical of the contact between the Ordovician and Silurian elsewhere in North Africa.

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

Fig. 3. Summary stratigraphy of the Ordovician succession of Jebel Azbah constructed in the course of fieldwork from multiple localities. The contact between the pre-glacial deposits of the Hawaz Formation and the glacially-related Mamuniyat Formation is poorly defined but characterised by a channelised unconformity.

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

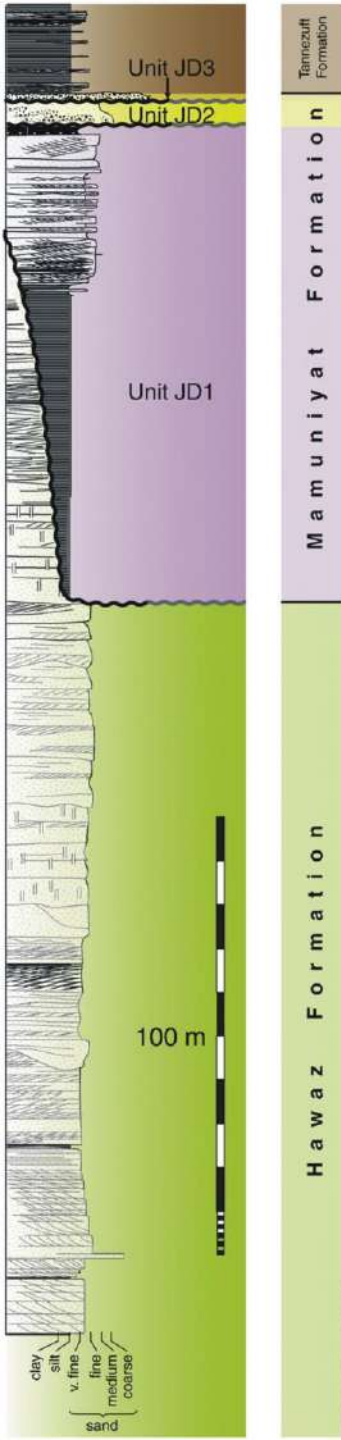
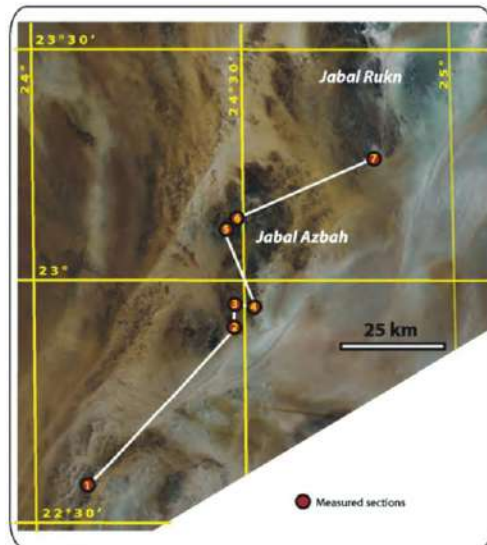


Fig. 5. Summary stratigraphy of the Ordovician succession in Jabal az-Zalmah, at the northern Al Kufrah Basin margin, showing clear differentiation of the Mamuniyat Formation from the underlying Hawaz Formation. The stratigraphy was constructed in the course of fieldwork from multiple localities. The unconformity is characterised by deep incision of up to 100 m depth. On the basis of sharp discontinuities, the Mamuniyat Formation can be internally divided into three informal stratigraphic units. A sharp contact with the overlying Tannezuft Formation (Lower Silurian) is also observed in the central part of the Jabal az-Zalmah range.

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

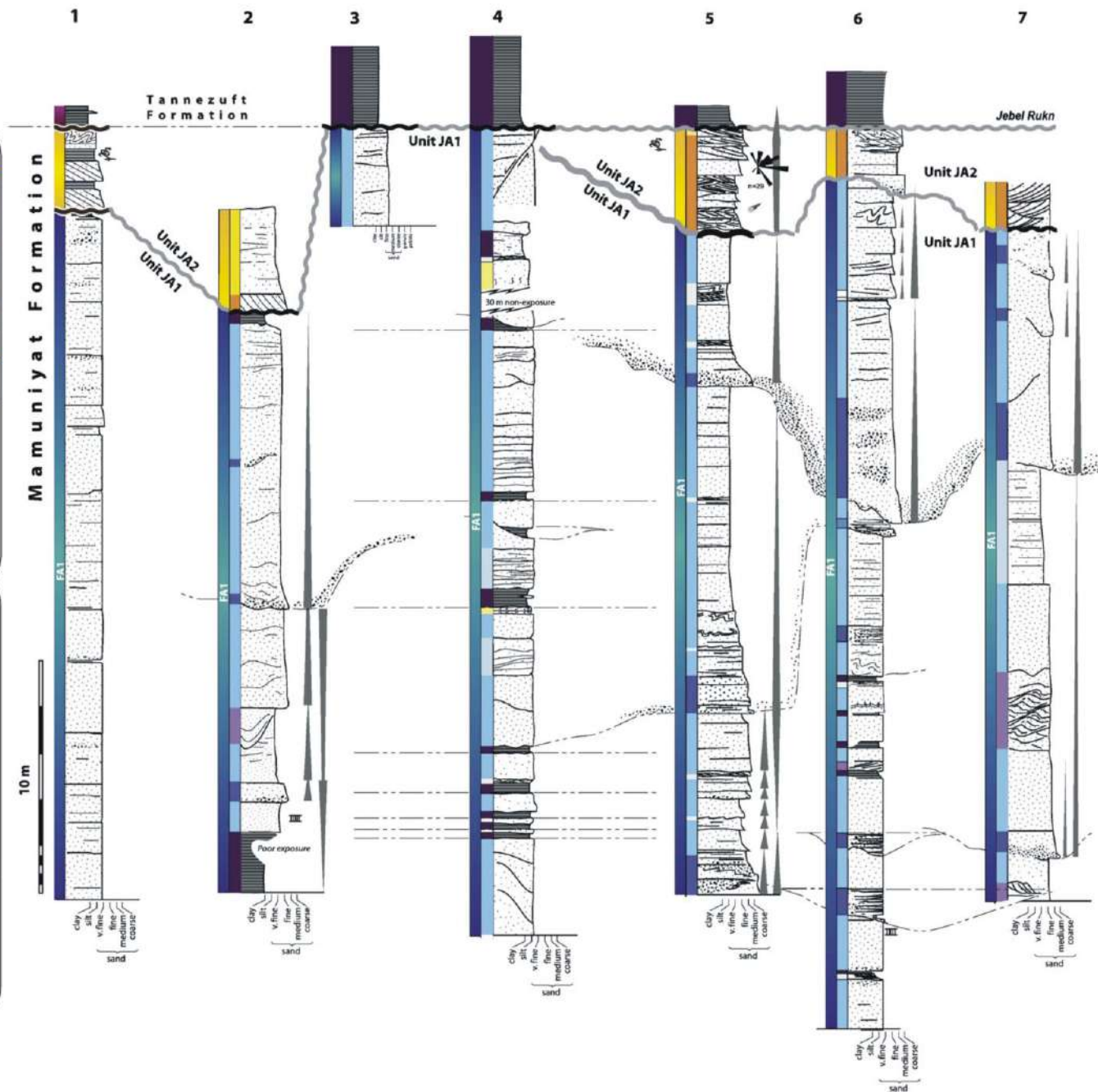


Legend

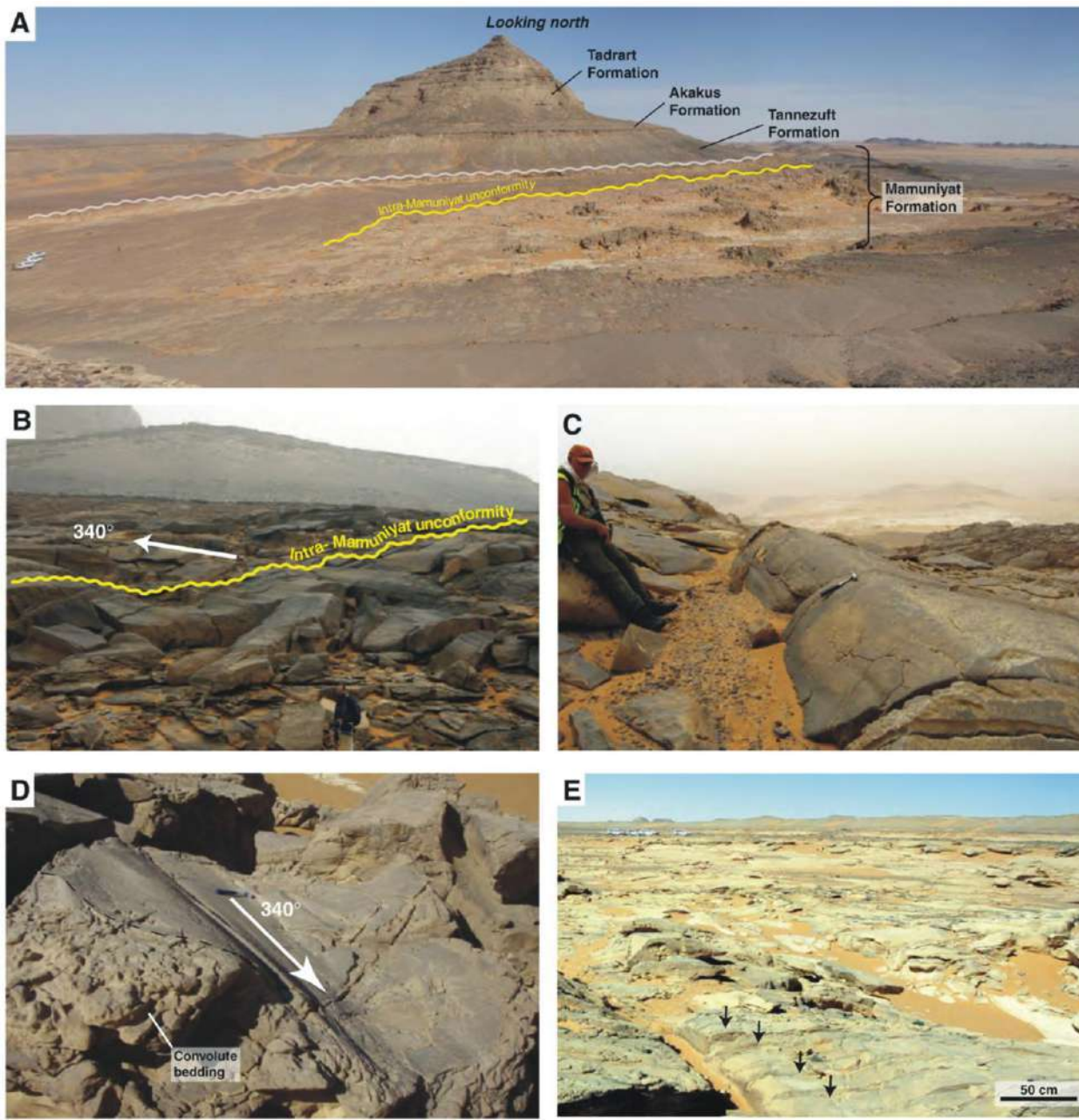
	Conglomerate/ breccia		Discontinuity
	Sandstone		Soft-sediment striated surface
	Graded bedding		Dewatering structures
	Mudrock		Contorted bedding
	Fining/ coarsening up		Flame structures
	Vertical burrows		Megaripples
	Surface trails		Parallel lamination
	Orthocone cephalopods		Ripple cross-lamination

Facies and Facies Associations

- 1. Thickly Bedded Sandstone Facies Association:**
 - Channelised heterolithic sandstones / matrix supported breccias
 - Medium to thick bedded, fine-med grained kaolinitic sandstones
 - Thin bedded, fine grained sandstones
 - Current rippled sandstone
 - Megarippled sandstone
 - Siltstone
- 2. Cross-bedded Sandstone Facies Association:**
 - Quartz arenites with parallel lamination
 - Cross bedding
 - Bioturbated sandstone

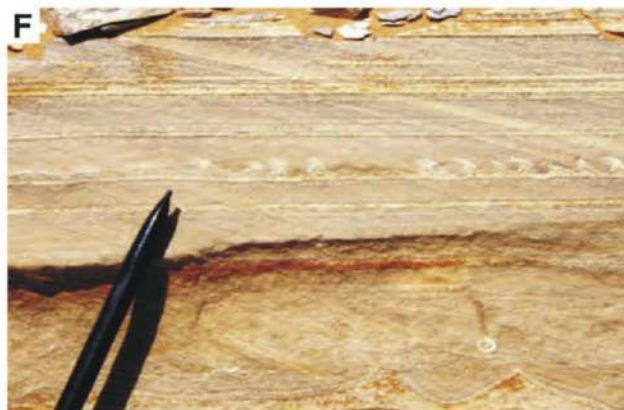
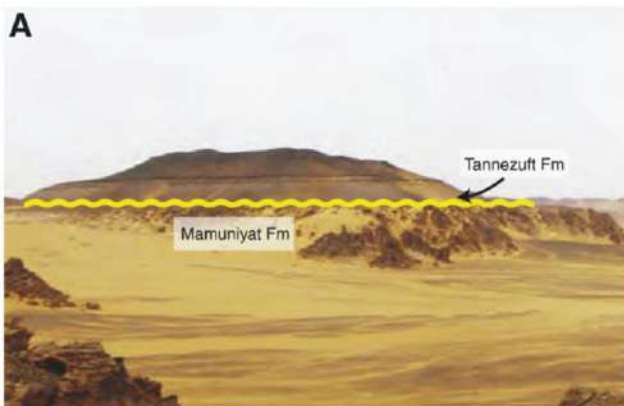


Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



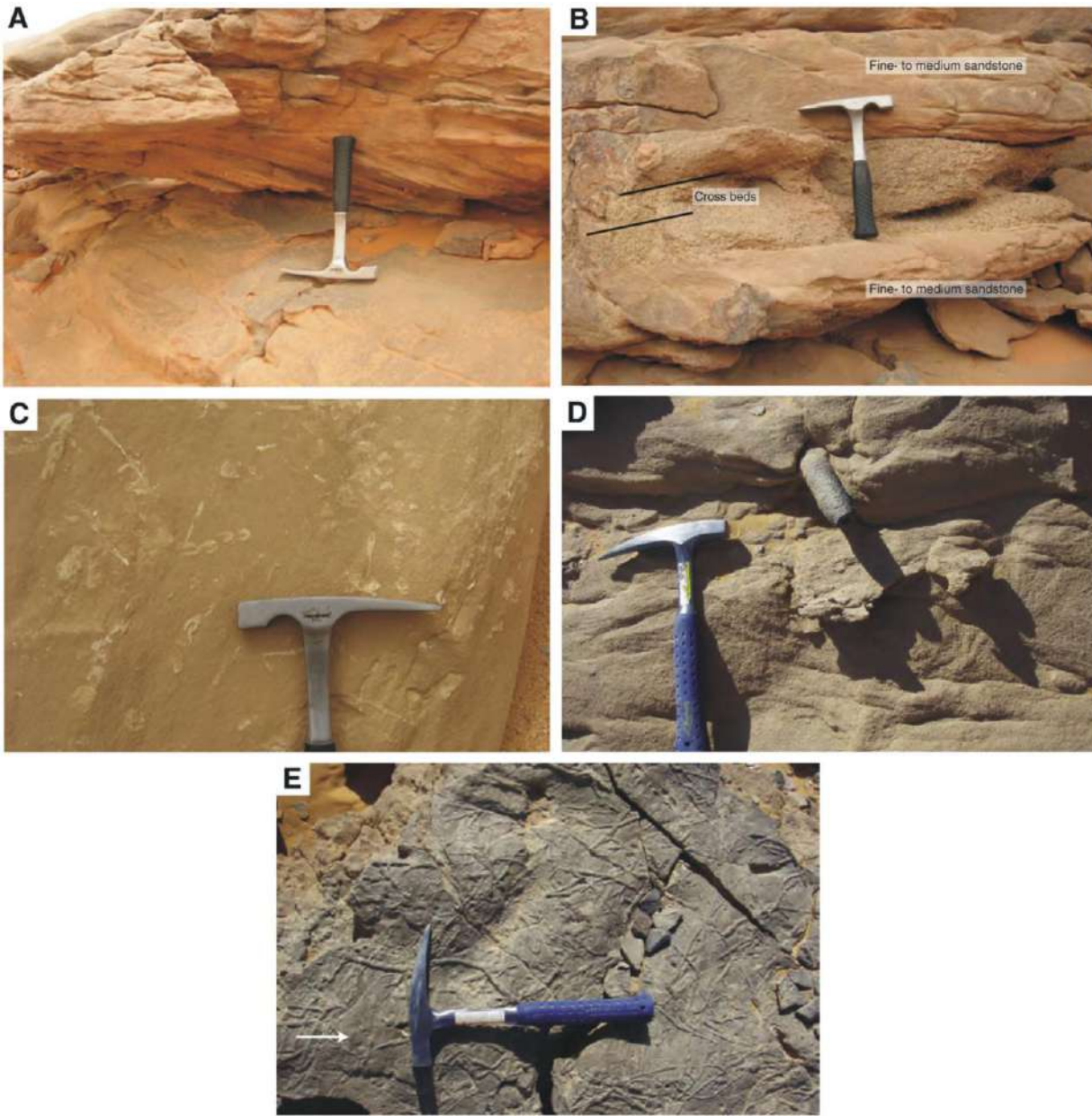
Morphological expression of the intra-Mamuniyat unconformity in central Jebel Azbah. See Fig. 6 for stratigraphic context. **A:** General view of the Lower Palaeozoic stratigraphy of Jabal Azbah showing 1) a well-developed disconformity at the base of the Tannezuft Formation and 2) the undulose nature of the intra-Mamuniyat unconformity a few metres beneath it. Below this latter unconformity, the thickly bedded sandstone facies association is preserved (Fig. 5); above it occurs the cross-bedded sandstone facies association. **B:** Morphology of the intra-Mamuniyat unconformity shows a series of positive and negative linear features (i.e. ridges and grooves) striking NW-SE. **C:** The relief of the structures (N1 m) suggests that the ridges are geological rather than geomorphological phenomena produced by wind abrasion. **D:** Metre-deep groove along the unconformity showing striations that are strike-parallel to the trend of the grooves. Note the presence of convolute bedding beneath the surface. **E:** Microfaults, with a normal sense of displacement and throws of about 15 cm, traversing a groove on the unconformity surface. Identical structures are observed on an unconformity of broadly comparable age in the glaciogenic Pakhuis Formation (Late Ordovician) of the Western Cape Province, South Africa (Le Heron et al., 2005). Photos in this figure from logged section 5 on Fig. 6

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



The thickly bedded sandstone association of Jabal Azbah is dominated by stacked sandstones and breccias, forming continuous successions of up to 60 m thick. These deposits dominate the lower part of the Mamuniyat Formation of Jabal Azbah, and can be traced over N150 km from SW to NE along strike, comprising a wedge of poorly to thickly bedded massive or mega-rippled sandstone (**A**). **B**: Thickly bedded, mega-rippled sandstone facies, interpreted as the products of sustained flows, potentially under glacial outburst flood conditions. These sandstones are punctuated at several intervals by matrix-supported sandy conglomerates that may show a channelised basal contact (**C**). **D**: Typical occurrence of the matrix-supported conglomerate with abundant mud-clasts within a matrix of sandstone. **E**: Current rippled sandstone facies, resting sharply upon a clast-bearing, thickly bedded to parallel laminated sandstone facies. Pen for scale. **F**: Flame structures within deformed siltstone facies: oblique fabrics are liesegang laminae

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



Facies typical of the cross-bedded sandstone facies association in central Jabal Azbah. **A:** Planar cross-bedding developed within coarse-grained sandstone, with granule-lined foresets. **B:** A single set of planar cross-strata, developed within a granular conglomerate. These structures are sandwiched between laminated, fine- to medium-grained sandstones.

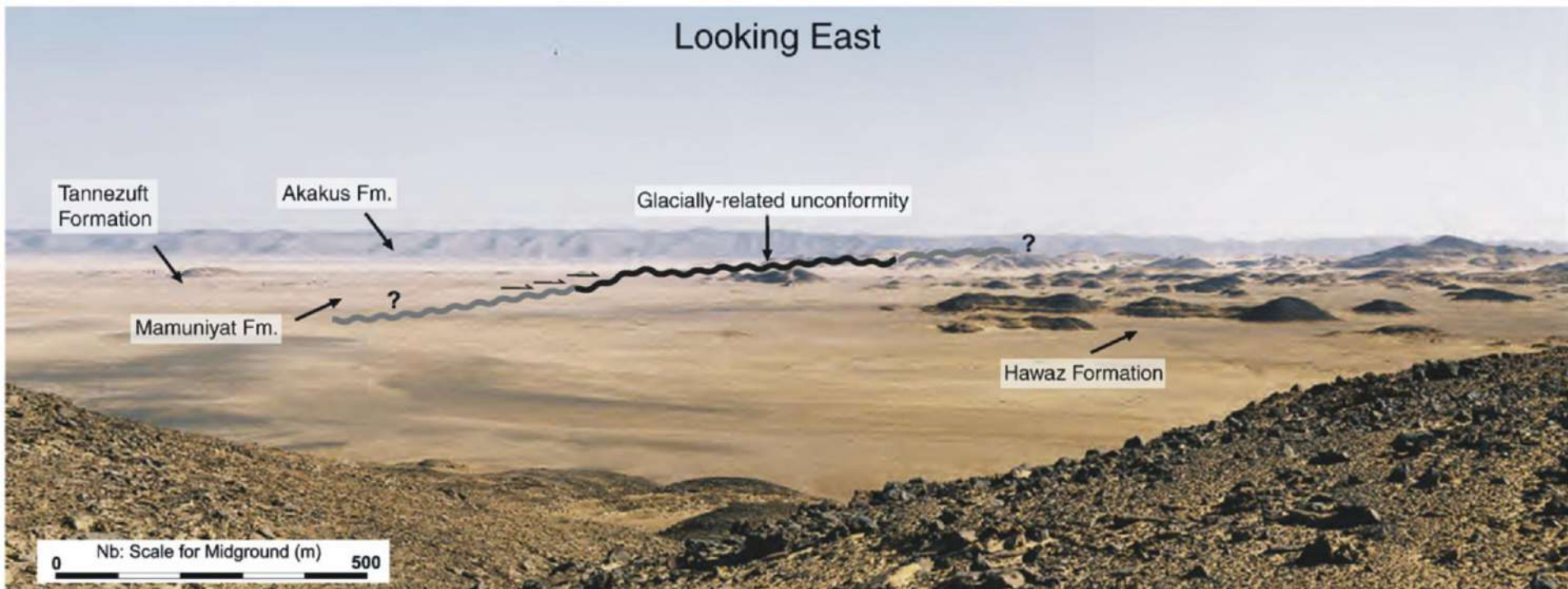
C: Abundant orthocones, with test chambers partially disarticulated, within medium-grained sandstone. These fauna, along with broken brachiopod tests within the same deposit,

are the only examples of body fossils found by the authors in the Lower Palaeozoic of Jabal Azbah.

D: A sub-horizontal, manganese-encrusted tubular burrow within coarse-grained sandstone.

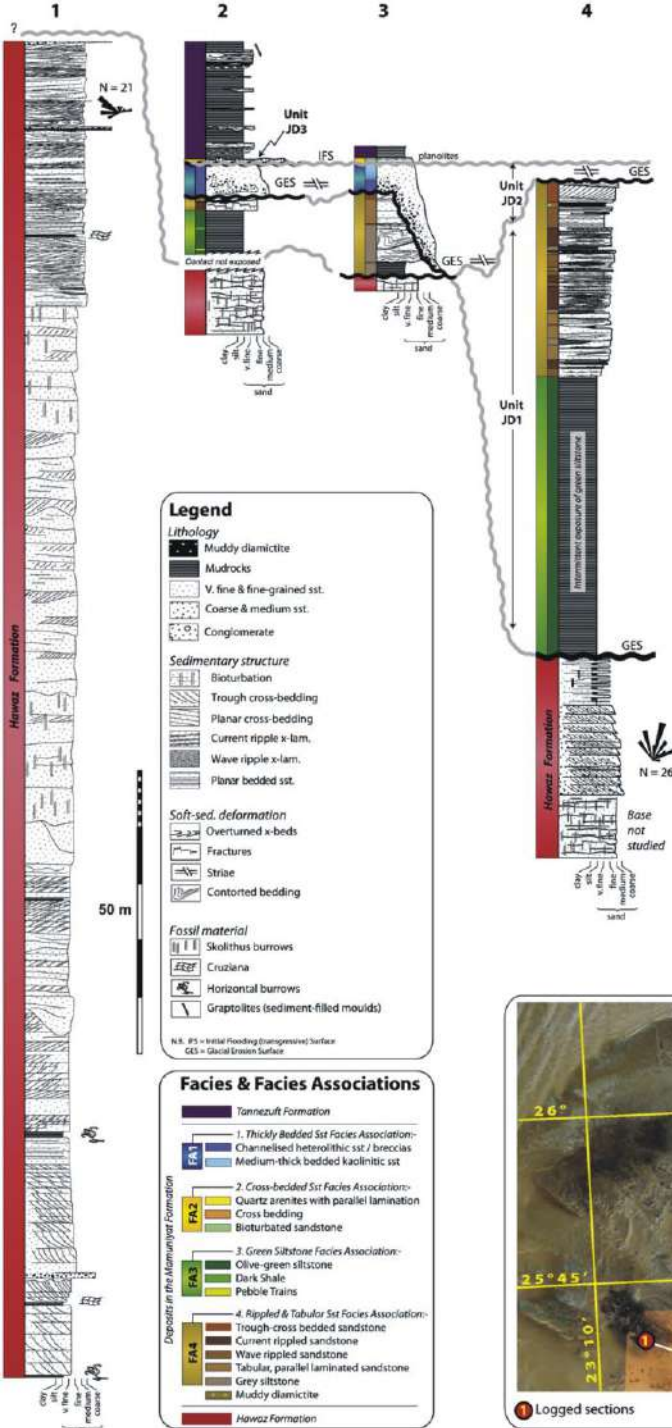
E: Planolites (surface trails) at the top of the Mamuniyat Formation.

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



Palaeotopography on the top surface of the Hawaz Formation in Jabal az-Zalmah, which reaches at least 100 m of relief. To the right of the photograph, layer-cake Hawaz Formation sandstones, characterised by sub-horizontal bedding are truncated by an unconformity, upon which deformed sandstones and siltstones of the Mamuniyat Formation rest to the left of the photograph, including a soft-sediment striated pavement.

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



SW to NE correlation of logged sections of the Mamuniyat Formation in Jabal az-Zalmah, constituting a transect ~60 km in length from (see inset satellite) location for relative position of sections (see inset satellite image) for relative position of sections. In a similar way to the Jabal Azbah correlation, the base of the Tannezuft Formation provides the log datum. The colour of the unconformity surfaces is black where observed and grey where interpreted between logged sections.





Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

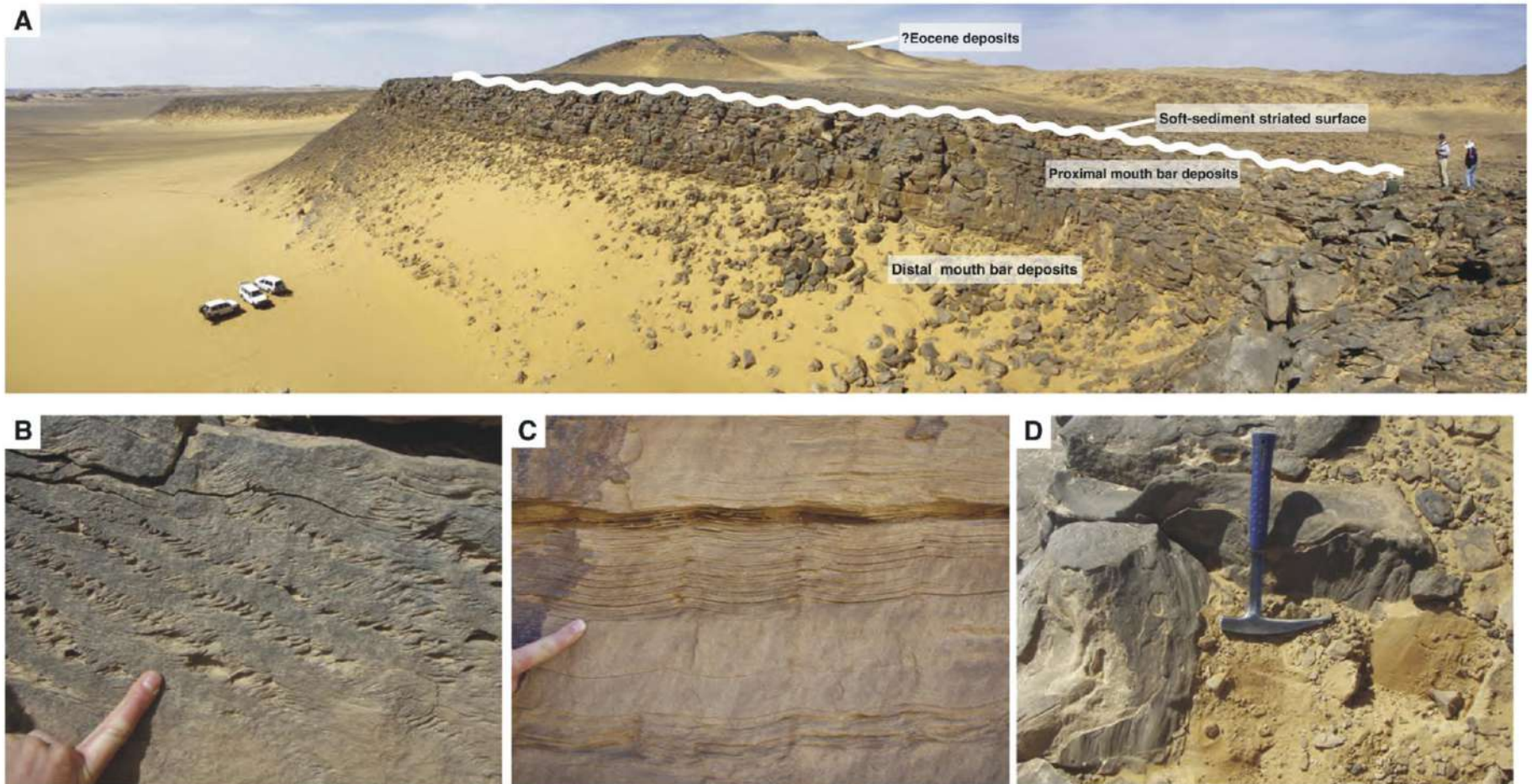
The green siltstone (prodelta) facies association.

A: Outcrop character of olive green siltstones: note their poorly bedded character and lithological homogeneity.



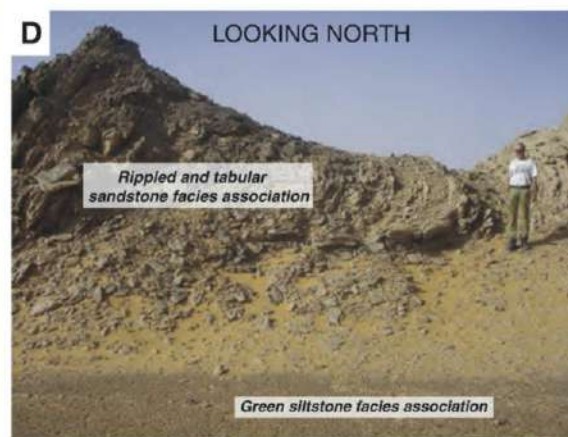
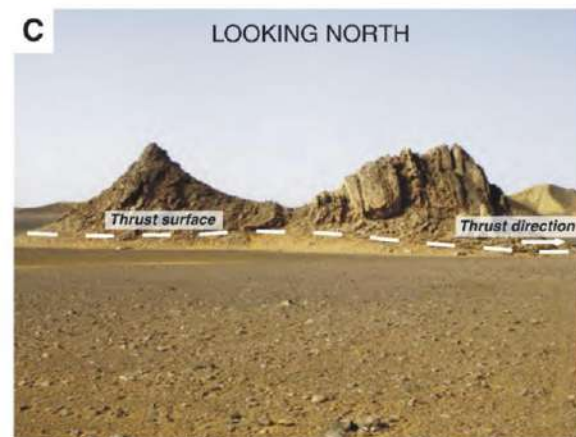
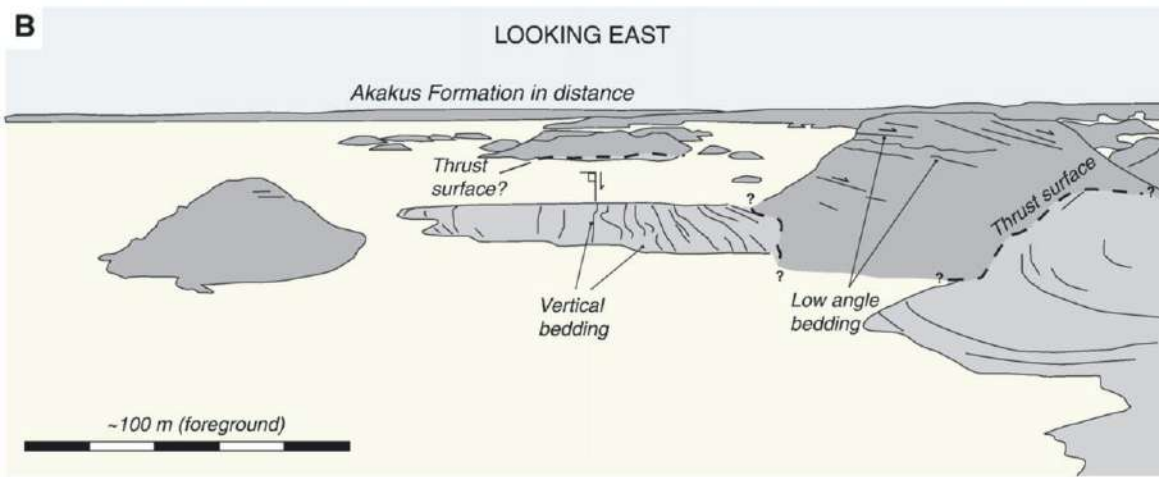
B: Wellrounded quartz pebbles belonging to the “pebble train facies”, in hand specimen.

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии



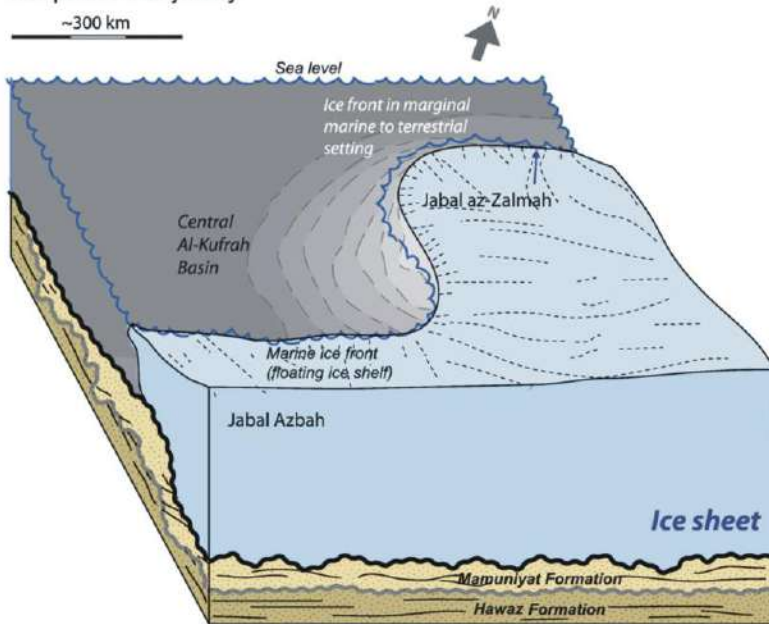
representative facies of the rippled and tabular sandstone (delta mouth bar) facies association in northern Jabal az-ah. In this region, the Mamuniyat Formation is unconformably overlain by Tertiary conglomerates rather than by the sandstones of the Tannezuft Formation. A: The main sandstone package, occupying the upper part of a coarsening upward succession and capped by a soft-sediment striated surface. B: Climbing ripple cross-lamination. C: Aggradational, rolling grain wave ripples. D: Soft-sediment striated surface, consisting of folded but parallel ridges and grooves on a sandstone surface of probable subglacial origin.

Косая слоистость, Агградационная рябь, Полосчатые

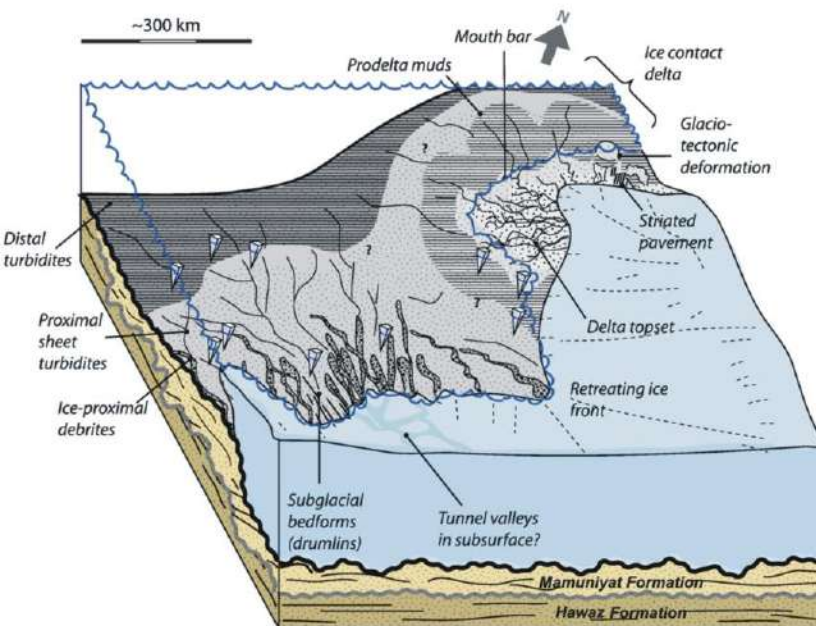


Large-scale, soft-sediment deformation structures, interpreted as the products of glaciotectonic deformation, in northernmost Jabal az-Zalmah. **A and B:** Typical, anomalous dips for the region: note, in particular, vertical bedding at the base of the section and sub-horizontal sandstones to the right. An abrupt contact between vertical and more shallowly dipping sandstones is observed, and a fault contact interpreted. **C:** Recumbent folds in the rippled and tabular sandstone facies association thrust over the green siltstone facies association. **D:** Detail of the recumbant fold figured in C. The lower limb detaches into a thrust below the geologist's feet. This structure verges to the east, hence implying a top-to-the east sense of transport

A: Glacial re-advance:
overall palaeogeographic setting
and palaeo-bathymetry



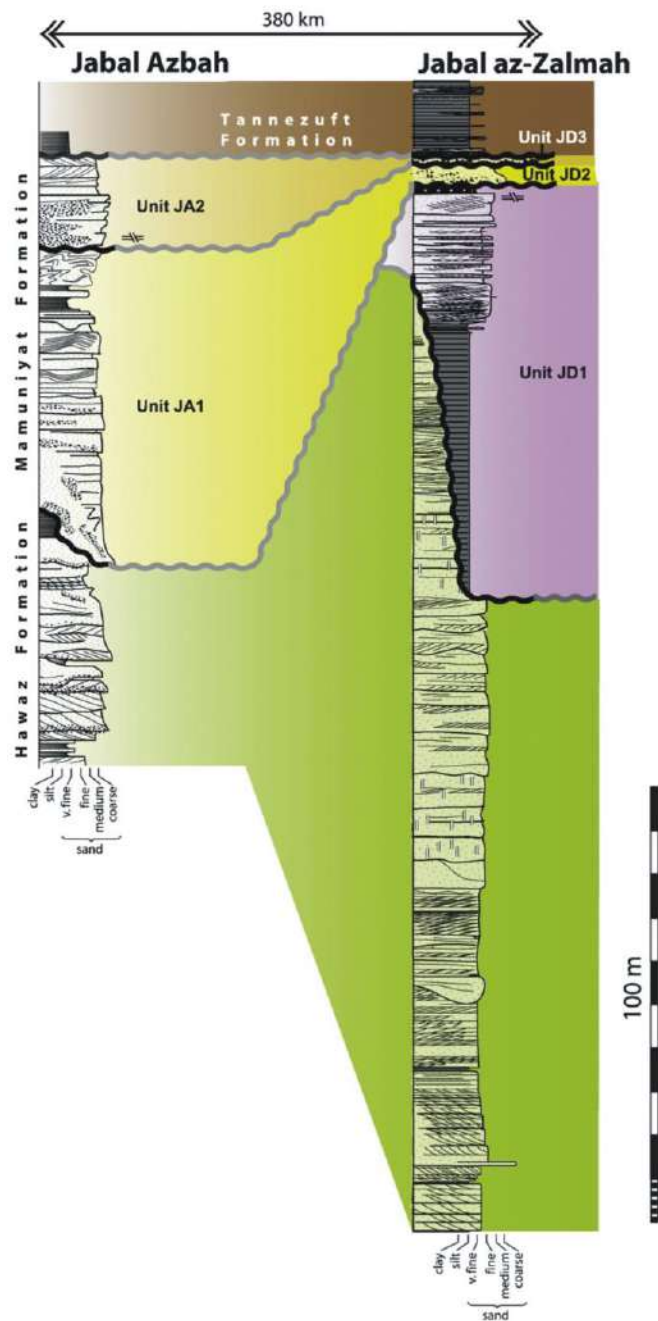
B: Depositional processes and facies tracts



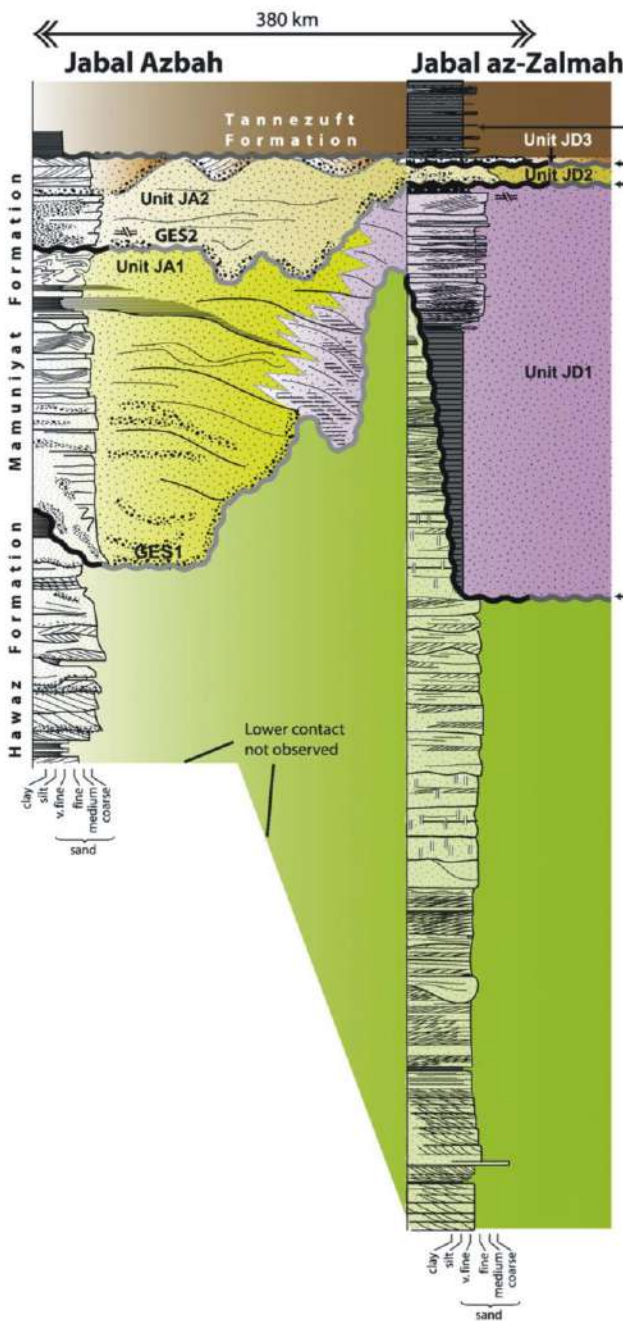
Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Ливии

Basin-scale depositional model for the Mamuniyat Formation in Al Kufrah Basin. A: Interpreted configuration of the ice margin over the basin at its maximum extent during the Late Ordovician. B: Gross depositional environments of the Mamuniyat Formation during the initial phases of ice sheet retreat, emphasising the nature of facies linkages between Jabal Azbah and Jabal az-Zalmah regions. The Jabal az-Zalmah deposits indicate shallow water deltaic facies (mouth bar and prodelta muds) whereas those in Jabal Azbah are interpreted as comparatively deeper water debrites and glacioturbidites. Therefore, an ice margin terminating in slightly deeper water is envisaged for Azbah with a marginal marine ice front in Jabal az-Zalmah. Although no unequivocal tunnel valley networks have been discovered in our study, those that may be encountered during hydrocarbon exploration are predicted to contain a hybrid of glacioturbidites and distal delta facies. No vertical scale is implied.

A: Lithostratigraphic interpretation



B: Process-based interpretation



Two contrasting correlation frameworks for Late Ordovician glaciogenic deposits of the Mamuniyat Formation across Al Kufrah Basin. A: Lithostratigraphic correlation. B: Process-based correlation. There are two fundamental differences between the two interpretations. The first is that in the lithostratigraphic model unit JD1 is restricted to Jabal az-Zalmah and has no equivalent in Jabal Azbah; in the process-based interpretation the deltaic deposits pass laterally (distally) into glacioturbidites. Hence, under the process-based interpretation JA1 is considered a temporal, lateral equivalent of JD1. Secondly, under the lithostratigraphic interpretation, the correlation of JA2 with JD2 is proposed.

Additional notes for process-based interpretation:-

- GES 1: Basal unconformity (Glacial Erosion Surface 1)
- GES 2: Intra-Mamuniyat unconformity (Glacial Erosion Surface 2)
- IFS: Initial Postglacial Flooding Surface
- MFS: Maximum Flooding Surface

Whilst this correlation also works under the process-based model, an additional important stratigraphic surface can be proposed, notably a surface recording initial post-glacial flooding. Immediately above this surface, a thin transgressive lag occurs in Jabal az-Zalmah, whereas in Jabal Azbah, substantial dilation of this lag occurs, to correlate with the fossiliferous tidal bars of the cross-bedded sandstone facies association. The colour of the unconformity surfaces is black where observed to occur at each basin margin, whereas the grey colouration implies the interpreted geometry of the unconformities as they are correlated between the basin margin

Лекция 6. Секвенции палеозоя НГБ Северной Африки

Выводы

- 1. Северная окраина Гондваны всегда оставалась пассивной (без зон субдукции), эпизодически перекрывалась морскими водами вследствие морских трансгрессий из близлежащих океанов (Палеотетисе в палеозое, Тетисе и Атлантическом океане в мезо-кайнозое)*
- 2. Большую роль в палеогеографии региона играют оледенения (докембрийские, ранне- (конец ордовика) и позднепалеозойские (карбон), формировавшие долины, которые затем заполнялись во время ингрессий и трансгрессий)*
- 3. Сложно расчлененный рельеф приводил к формированию заливов-западин с нарушением циркуляции океанических вод, в которых накапливались богатые ОВ осадки (в начале силура - Tanezzuft Fm, “Hot Shales”).*
- 4. В разрезах бассейнов четко выделяются следующие тракты: LST, TST, HST*
- 5. Секвентный анализ позволяет корректно воссоздать геологическую историю и скоррелировать разрезы, а значит и правильно осуществить все последующие интерпретационные действия.*

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии

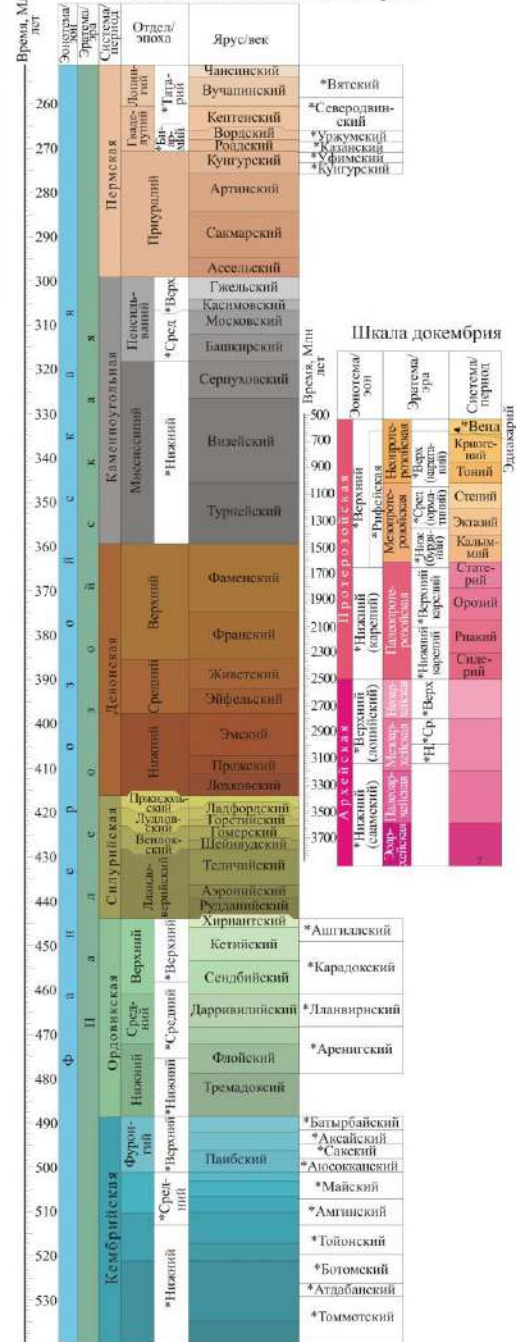
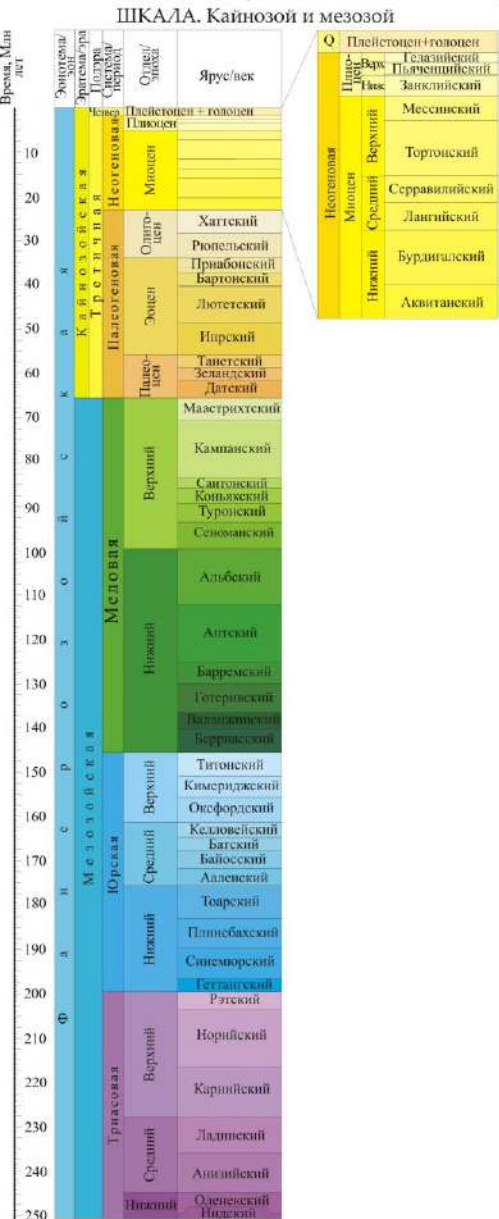


Храм Зевса в Cyrene

План:

1. Нефтяные системы НГБ Северной Африки и Ливии
2. Геология и секвенции НГБ Северной Африки и Ливии (Illizi basin, Sirt basin, Cyrenaica basin, Offshore Lybia, south Egypt, Western Desert)





Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии

International Stratigraphic Chart, 2004

* Общая шкала России

МГУ им. М.В. Ломоносова

КНЦ НК Роснефть

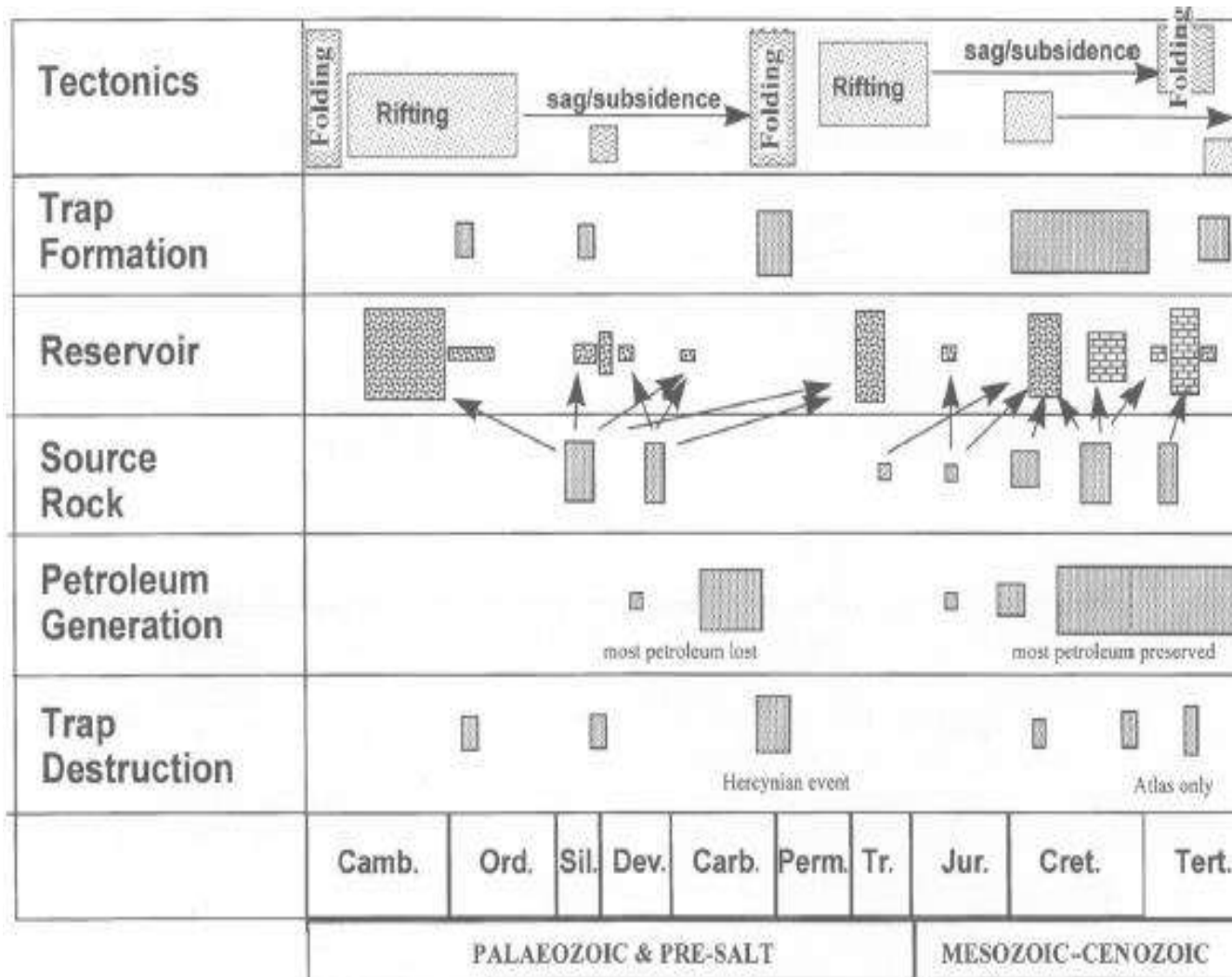
Составили: Никишин А.М.

Алексеев А.С.

Алисова Е.А.

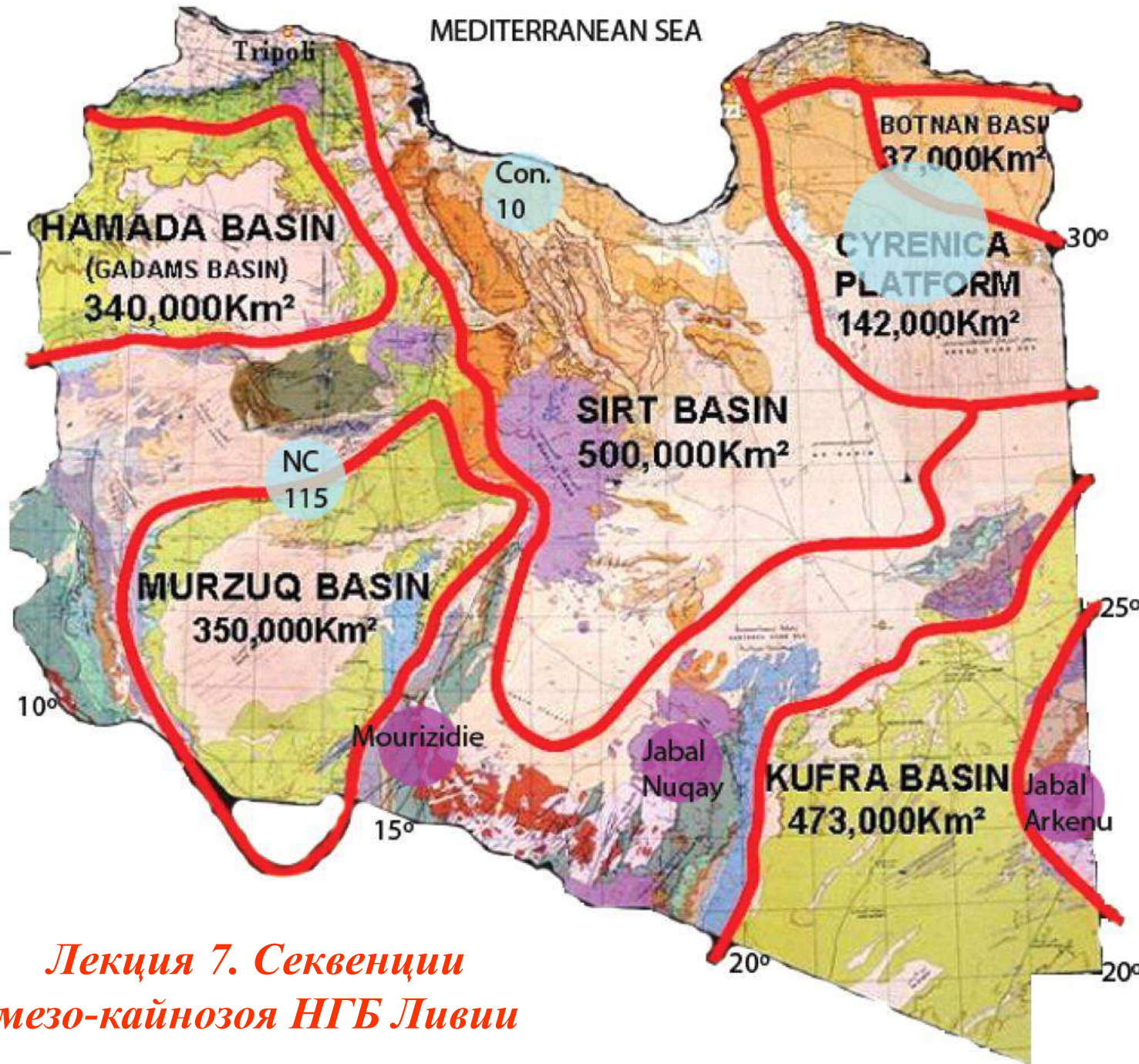
2007 г.

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии





200 km



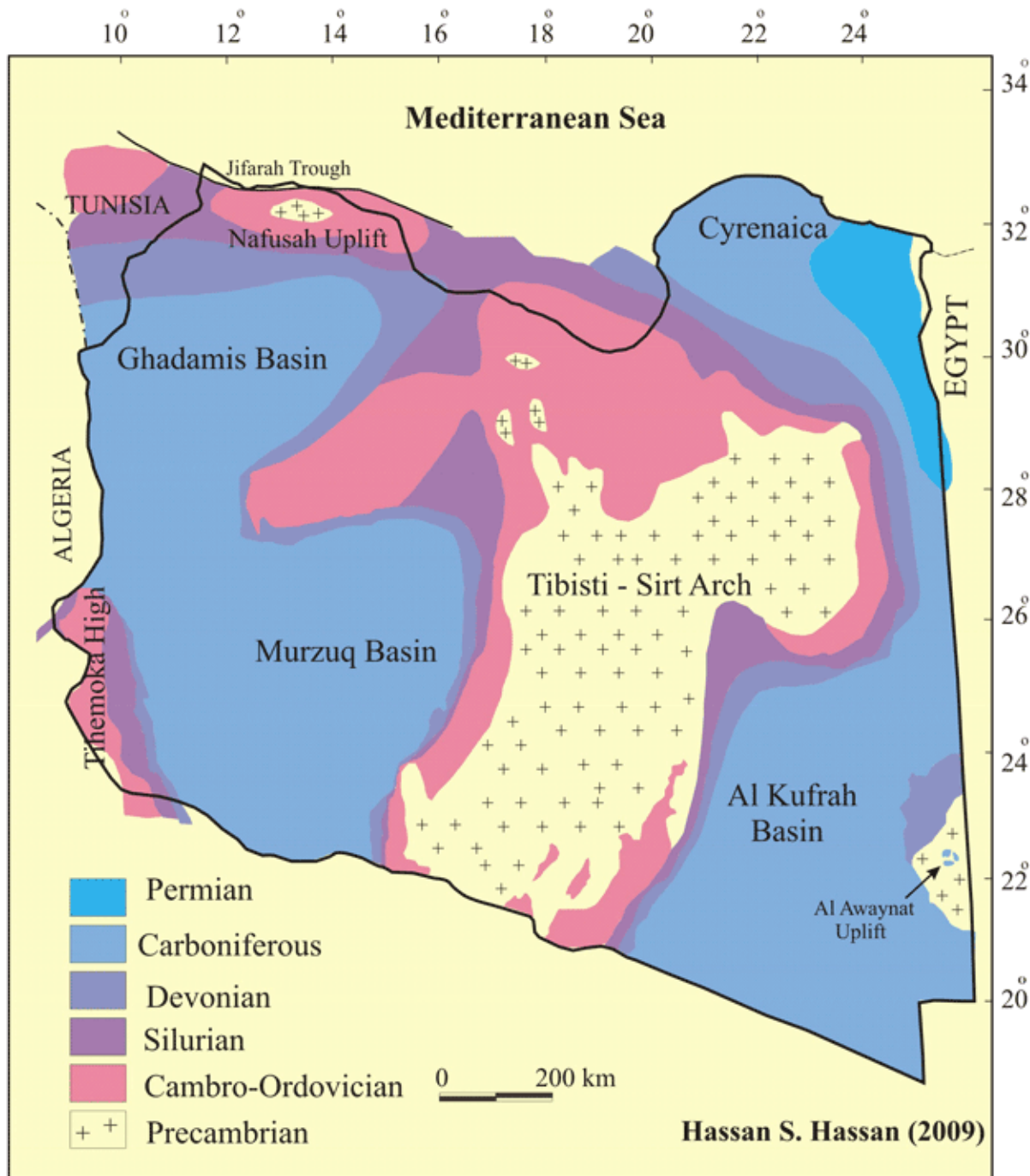
**Лекция 7. Секвенции
мезо-кайнозоя НГБ Ливии**



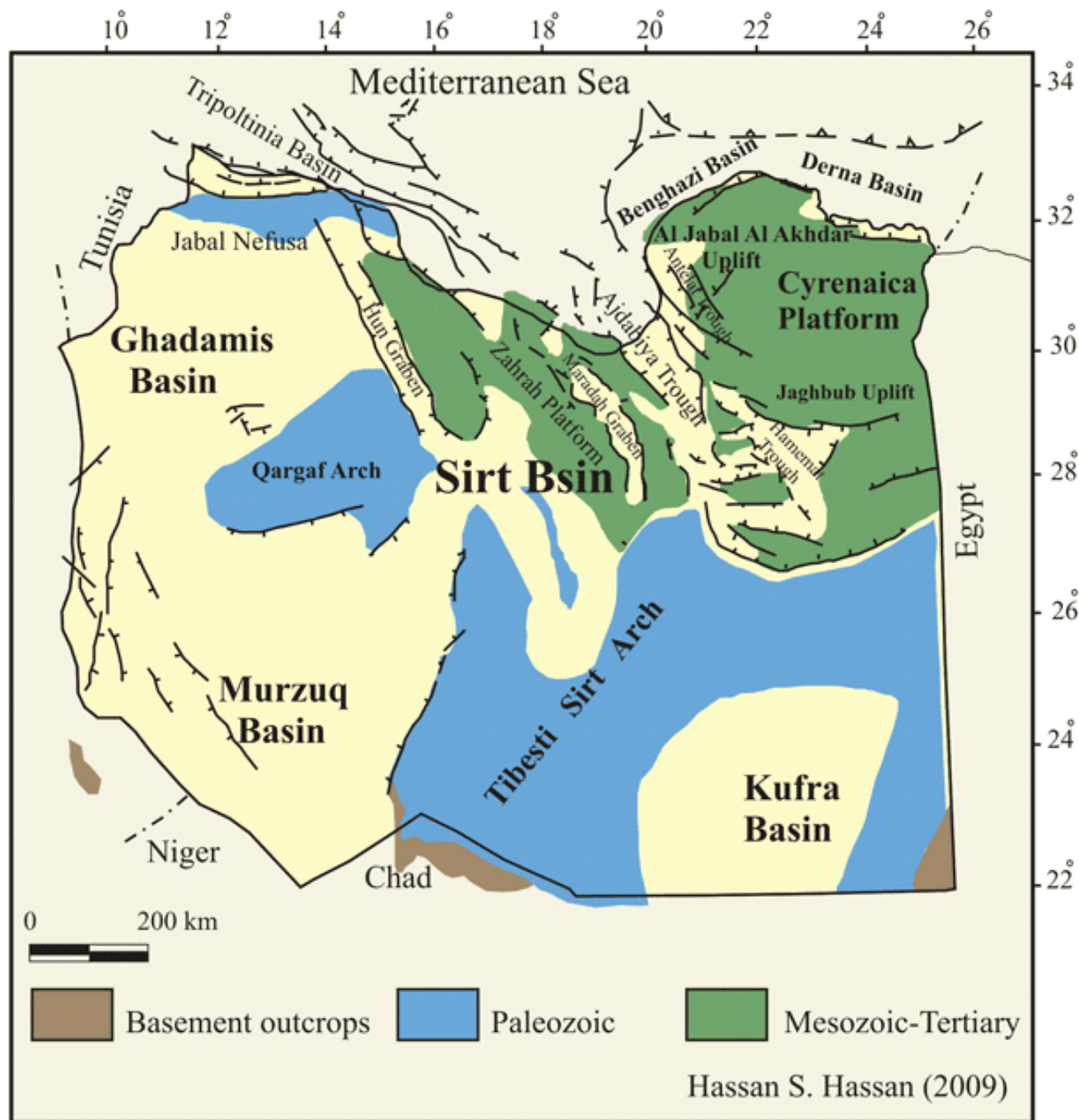
Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии

The Palaeozoic petroleum systems of North Africa contain five large giant (> 1 billion barrels of oil equivalent) and 24 giant (> 250 million barrels of oil equivalent) oil and gas fields with total recoverable reserves discovered to date of more than 46 billion barrels of oil equivalent.

The regionally extensive Lower Silurian Tanezzuft Formation is the origin of 80-90% of Palaeozoic sourced hydrocarbons, with a further 10% from the Upper Devonian Frasnian shales, charging a number of intra-Palaeozoic and basal Triassic reservoirs. Triassic fluvial sands are the most important of these, hosting just over half of the total reserves, while Cambro-Ordovician and Lower Devonian F6 sandstone reservoirs are the second and third most significant, respectively.



Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии



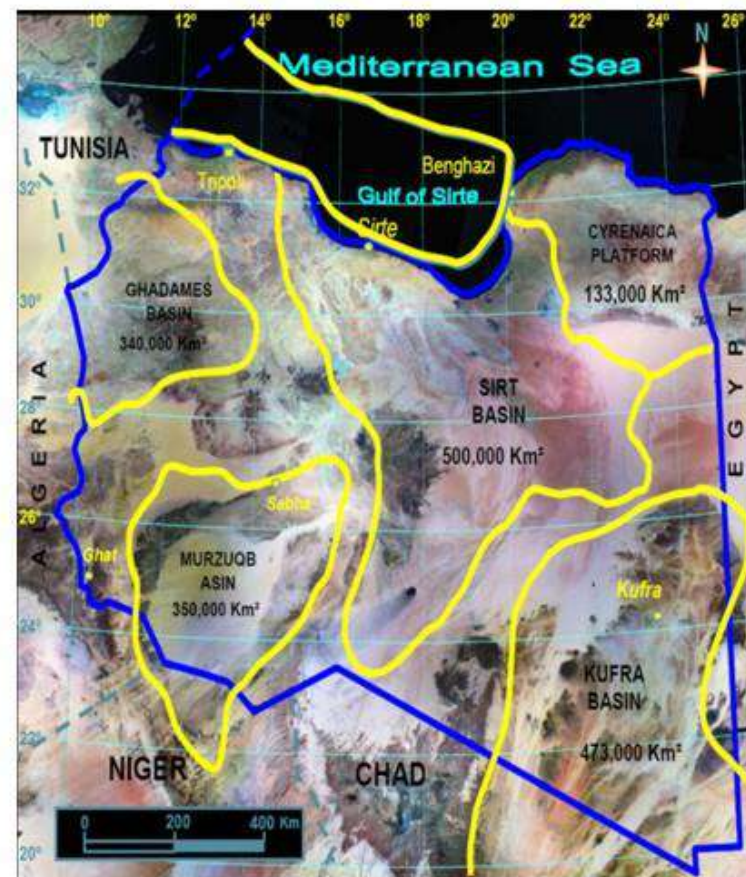
**Лекция 7.
Секвенции
мезо-кайнозоя
НГБ Ливии**

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии

Province or system	Age of source(s)	Source environment	Main reservoirs	Estimated reserves, oil ($\times 10^9$ BBL)	Estimated reserves, gas ($\times 10^{12}$ SCF)
1. Mesozoic reservoir and source systems					
Southern Sirt	1. Cenomanian–Turonian	Marine	1. Early Cret.	24	8.6
	2. Early Cret.	Lacustrine	2. Triassic-Cambro-Ordovician	(Barsoum 1995)	
	3. ?Triassic	Lacustrine	3. Precambrian	9 (Parsons <i>et al.</i> 1983)	
Central /Western Sirt	1. Late Cret.	Marine	1. Late Cret. carbonates	21 (Barsoum 1995)	~3
	2. Paleocene	Marine	2. Paleogene Carbonates	14 (Parsons <i>et al.</i> 1983)	
Abu Gharadiq	1. Middle Jurassic	Marine	1. Late Cret.	0.2	3.5
	2. Late Cretaceous				
Gulf of Gabès	1. Eocene carbonates	Marine	1. Late Cret.	~1.5	~1
	2. Late Cret. carbonates		2. Eocene 3. Triassic-Liassic 4. Early Cret.		
Tellian Atlas	1. Eocene 2. Late Cret.	Marine	1. Eocene carbonates	<0.1	–
Saharan Atlas	1. Early Cret. 2. Late Cret.	Marine	1. Early Cret. carbonates	~0.1	–
Rharb	1. Late Cret.	Marine		<0.1	<0.1
Essaouria	1. Mid-Late Jurassic 2. Carboniferous coals	Marine	1. Jurassic 2. Triassic	small (<0.1??)	small (c. 0.1??)
Tarfaya	1. Middle Jurassic	Marine	1. Late Jurassic carbonates	<0.1	0

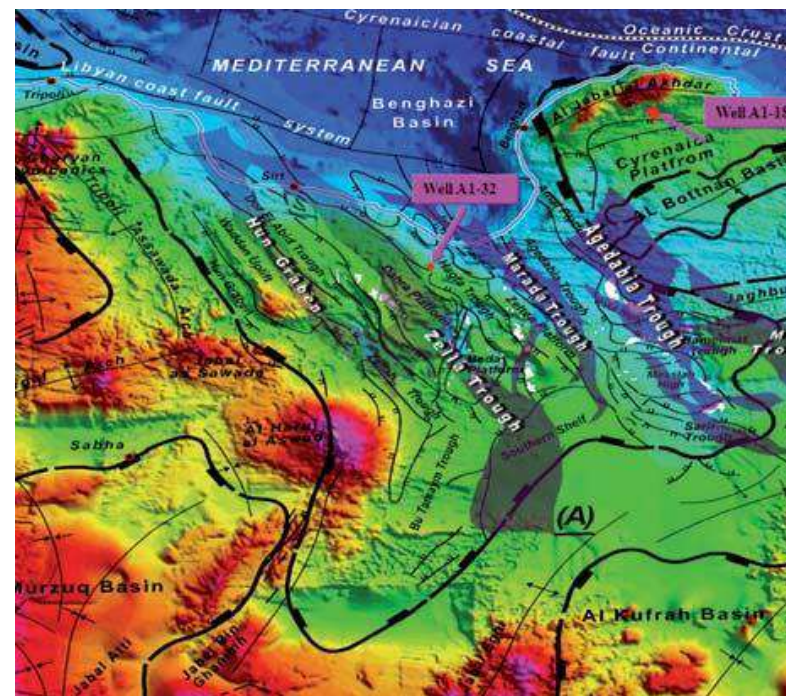
2. Other North African petroleum systems with a partial Mesozoic component

Triassic Basin, Algeria	1. Silurian 2. Devonian	Marine	Triassic (sub-salt)	~4	~90
-------------------------	----------------------------	--------	---------------------	----	-----



Estimated reserves, total ($\times 10^9$ BBL equivalent)	Largest field	Trap types	Age of generation-oilfield filling	Comments	References
24 (Barsoum 1995) 11 (Parsons <i>et al.</i> 1983)	Sarir	1. Fault Blocks 2. Updip pinchout	Mainly Neogene	High preservation system	Gumati & Schamel 1988, Parsons <i>et al.</i> 1983 Gras & Thusu (this volume)
24 (Barsoum 1995) 17 (Parsons <i>et al.</i> 1983)	Gialo	1. Drape anticlines 2. Carbonate build-ups	Paleogene in Western Basins, Paleogene-Neogene in Eastern basins	High preservation system	Gumati & Schamel 1988 Parsons <i>et al.</i> 1983
0.8	Abu Gharadiq	1. Inversion anticlines (L. Cret. age) 2. Fault Blocks	Tertiary		Awab 1984 Keeley <i>et al.</i> 1990, Bagge & Keeley 1994
~2	Bouri	1. Carbonate build-ups 2. Carbonate permeability pinchout 3. Inversion anticlines	Neogene		Zappaterra (1995) Bishop 1975
<0.1	Oued Gueterini	Thrust anticlines	Neogene		
~0.1	Douleb	Inversion anticlines (Alpine)	Tertiary		Bishop 1975
<0.1		1. Thrust anticlines 2. Sand pinchouts	Neogene		Morabet <i>et al.</i> (this volume)
<0.1	Meskala				Broughton & Treppanier 1993
<0.1	Cap Juby	Carbonate build-up	?		Morabet <i>et al.</i> (this volume)
~20	Hassi R'Mel	1. Pinchout traps on arches 2. Inversion anticlines 3. Fault blocks	Late Jurassic-Paleogene		Boudjema 1987 Attar <i>et al.</i> 1993

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии



<http://iv-g.livejournal.com/2010/12/05/>

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии

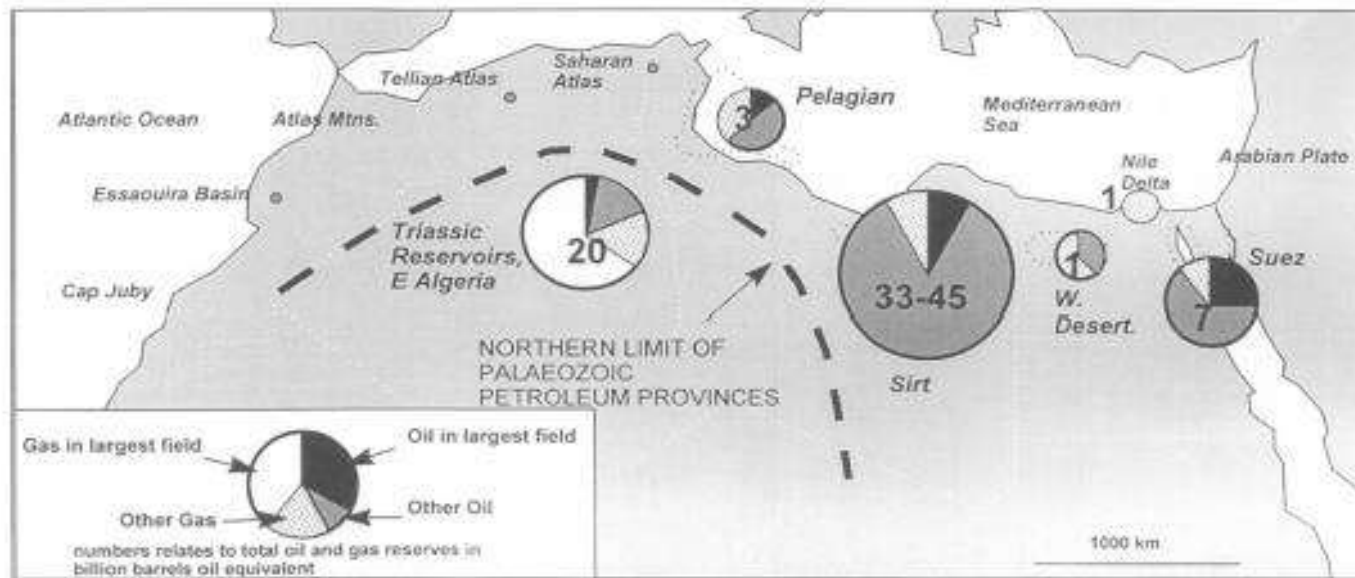


Fig. 1. Distribution of reserves within the Mesozoic and Tertiary petroleum provinces of North Africa. (Note the predominance of the Sirt province of Libya as the largest system sourced and reservoirized by Mesozoic strata.) The Triassic reservoirized system of Algeria is sourced from Palaeozoic source rocks.

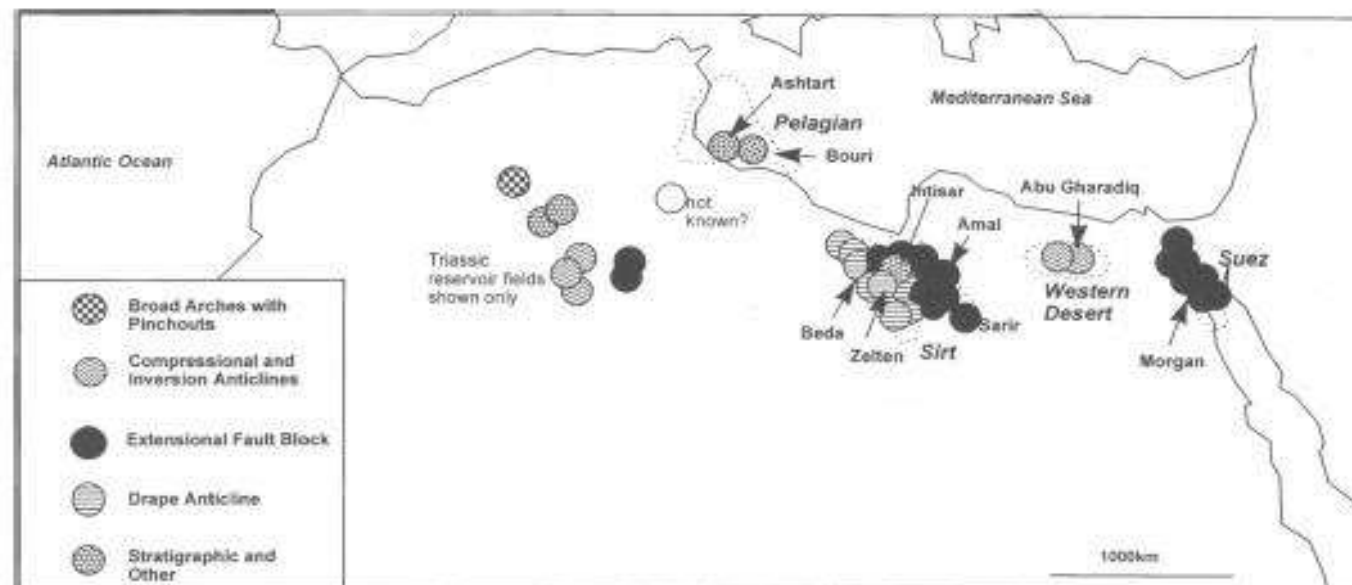
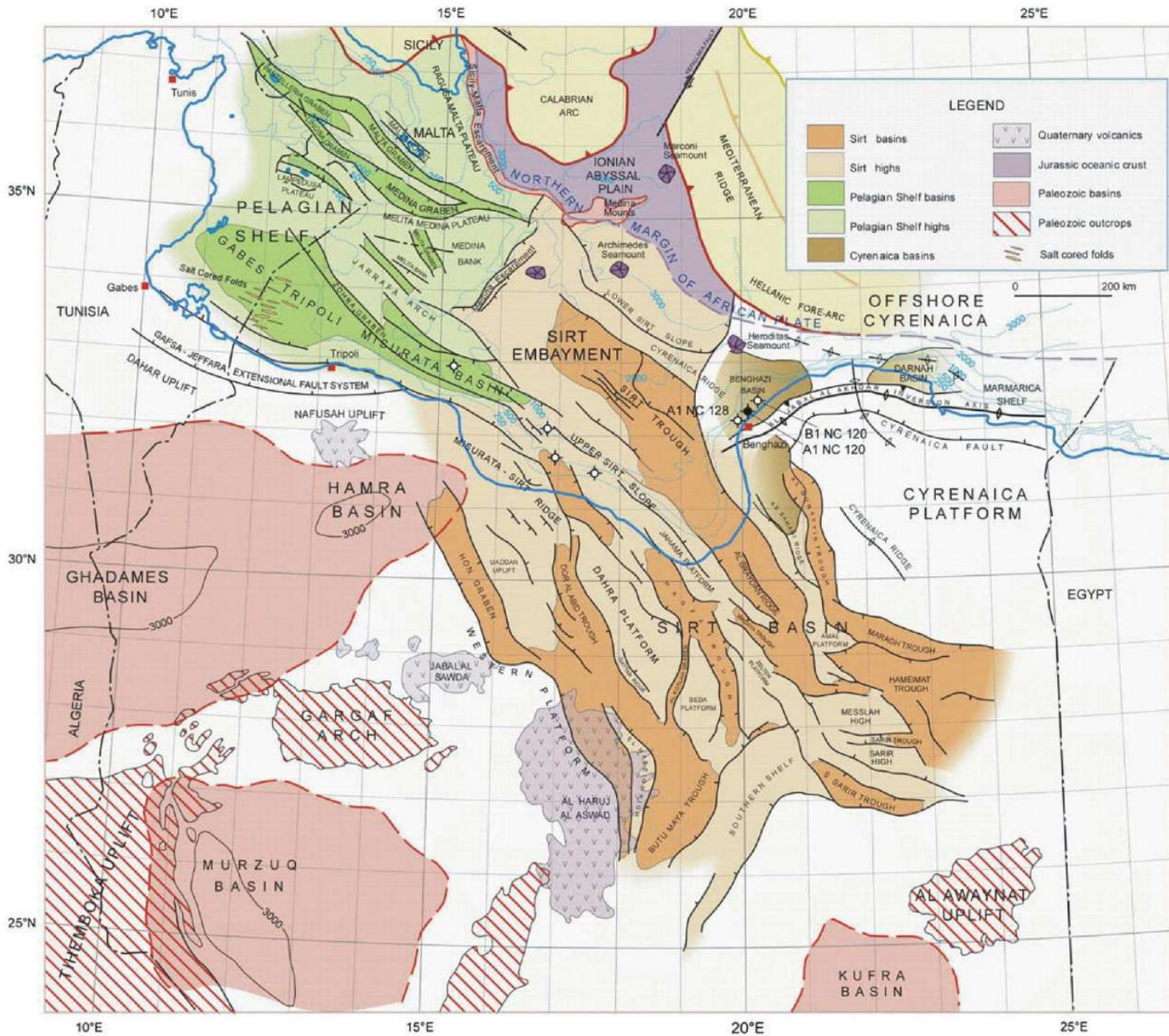


Fig. 2. Trap types of giant oilfields within Mesozoic and Tertiary reservoirs, with main fields labelled.



The Sirte Basin province is considered to be a holotype of a continental rift (extensional) area and is referred to as part of the Tethyan rift system. The structural weakness of the area is exemplified by alternating periods of uplift and subsidence originating in late Precambrian time, commencing with the Pan African orogeny that consolidated a number of proto-continental fragments into an early Gondwanaland.

Tectonics and structural elements map for Libya and surrounding offshore areas. Structural highs and lows within the Pelagian Shelf, Sirt Basin, and Sirt Embayment are shown by lighter or darker shades respectively of the same color. Structures in subbasins of the Cyrenaica region have not been so designated and are shaded brown.

NORTH

SIRT BASIN

JEBEL AKHDAR
UPLIFT

CYRENAICA PLATFORM

Amal-Notoara

The Great Sand Sea
Messia-Sarir

Meters

1000

2000

3000

4000

5000

Ku

P₂

Jur

K₁

Jur

Oretaceous

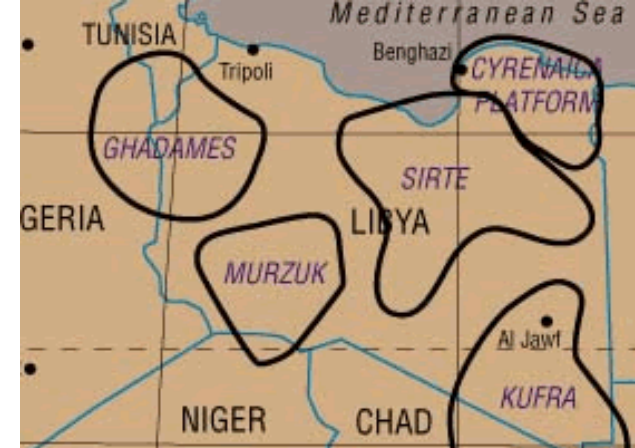
P₃

Si

Cambric-Dalmanella

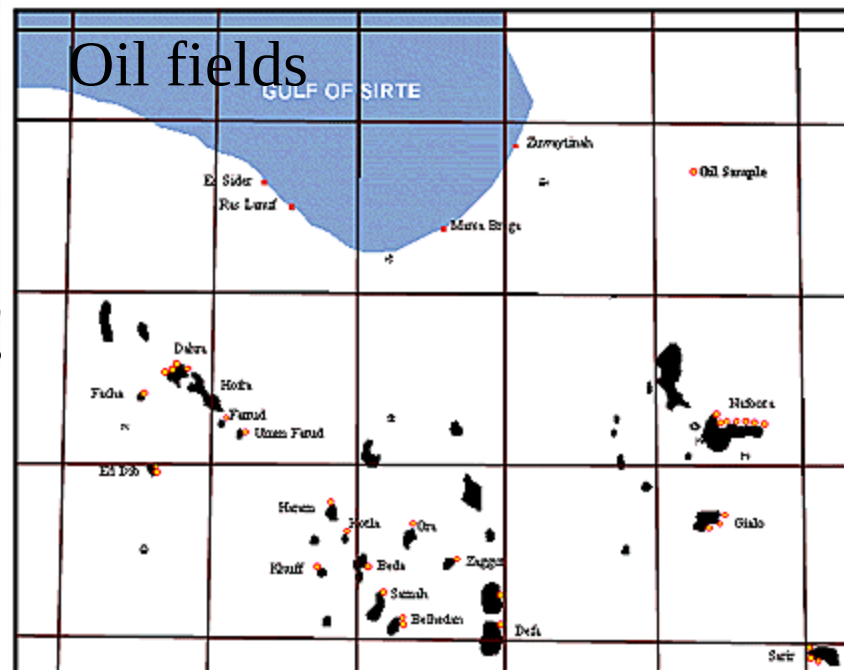
Paleocene-Eocene

K₁-K₂

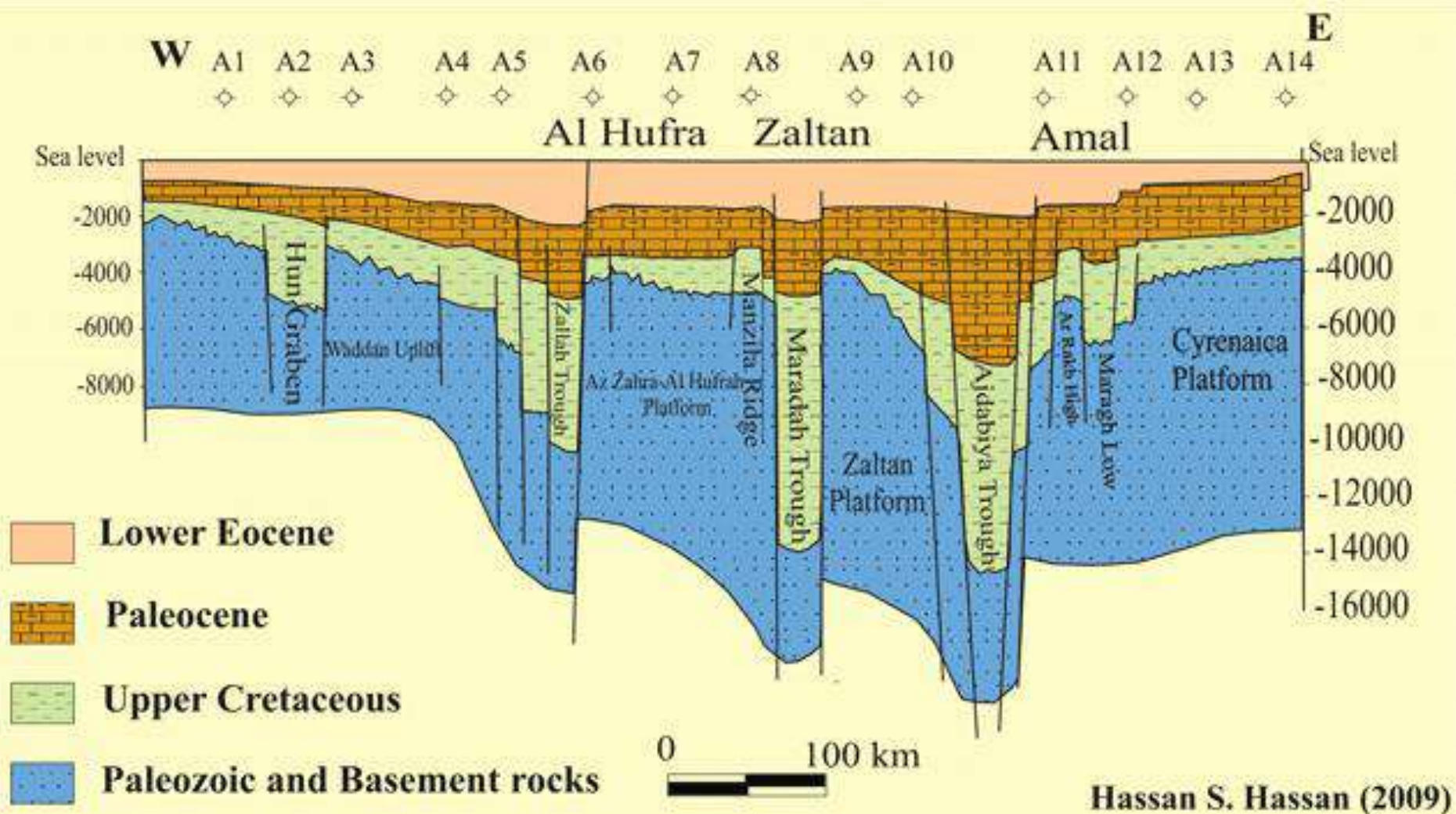


Youngest of the Libyan basins with largest petroleum reserves in Libya and ranked 13th of world's petroleum basins.

Oil fields



Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии



East-West cross section of Sirt Basin

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии

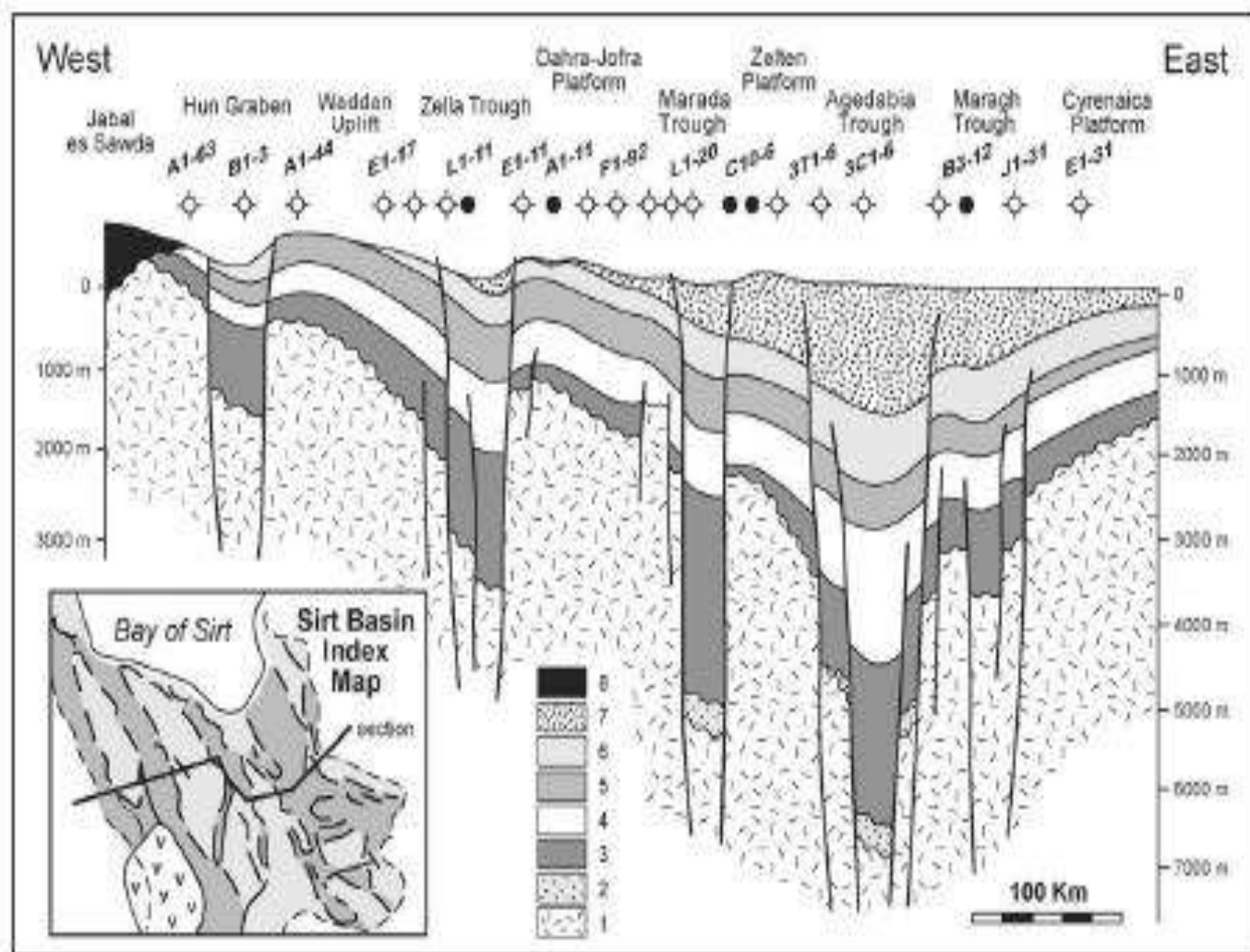


Fig. 56. Schematic geological cross-section of the Sirt Basin, northern Libya, slightly modified from Abuhajar and Roohi (2003). (1) Precambrian basement and Paleozoic quartzites; (2) Lower Mesozoic(?) sandstones; (3) Upper Cretaceous; (4) Paleocene; (5) Lower Eocene; (6) Middle Eocene; (7) Upper Eocene to Recent; (8) Cenozoic volcanics.

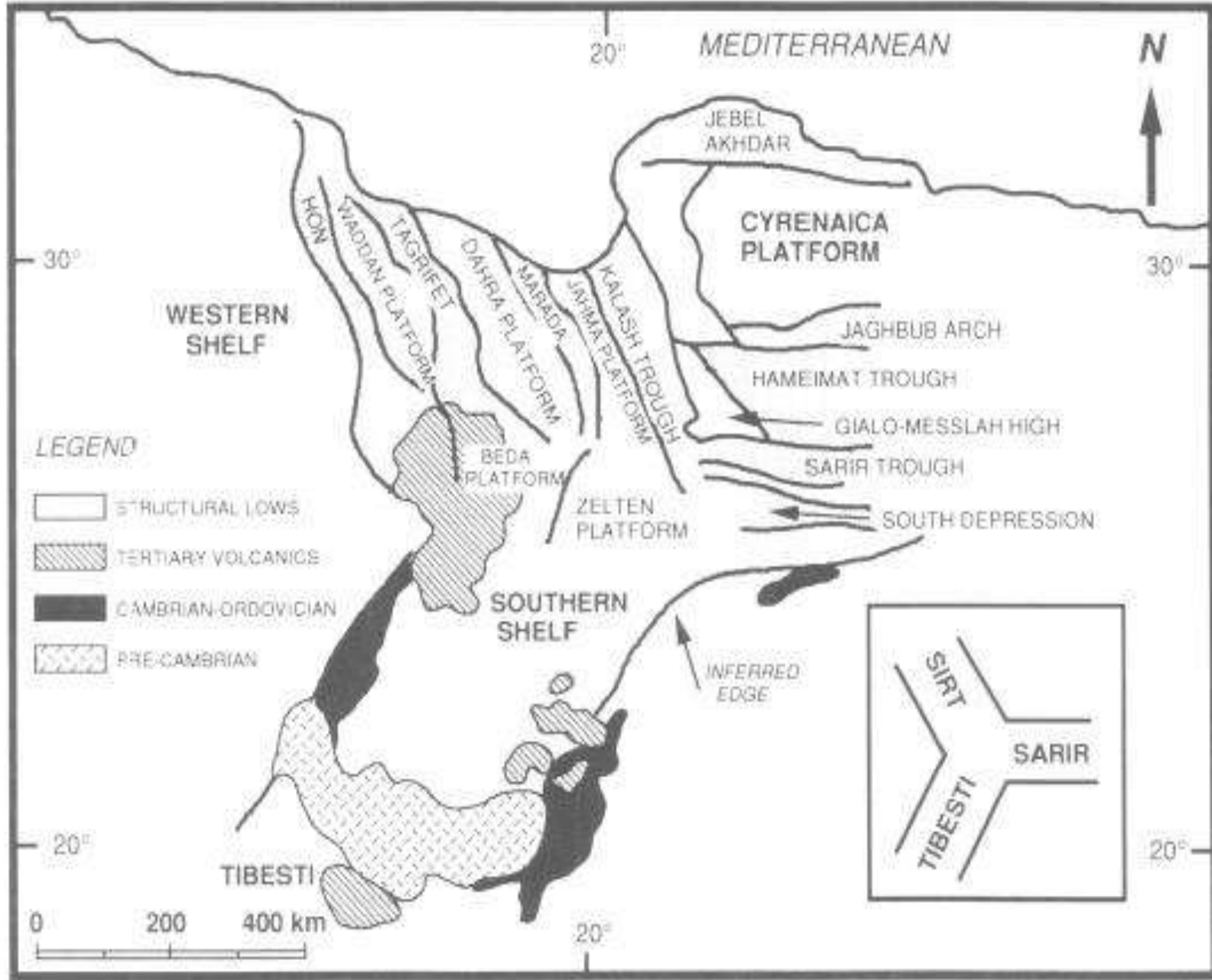


Fig. 3. Tectonic elements of Sirt Basin, showing triple point junction model. Modified after Saenz de Santa Maria (1993).

*Лекция 7.
Секвенции мезо-
кайнозоя НГБ
Ливии*

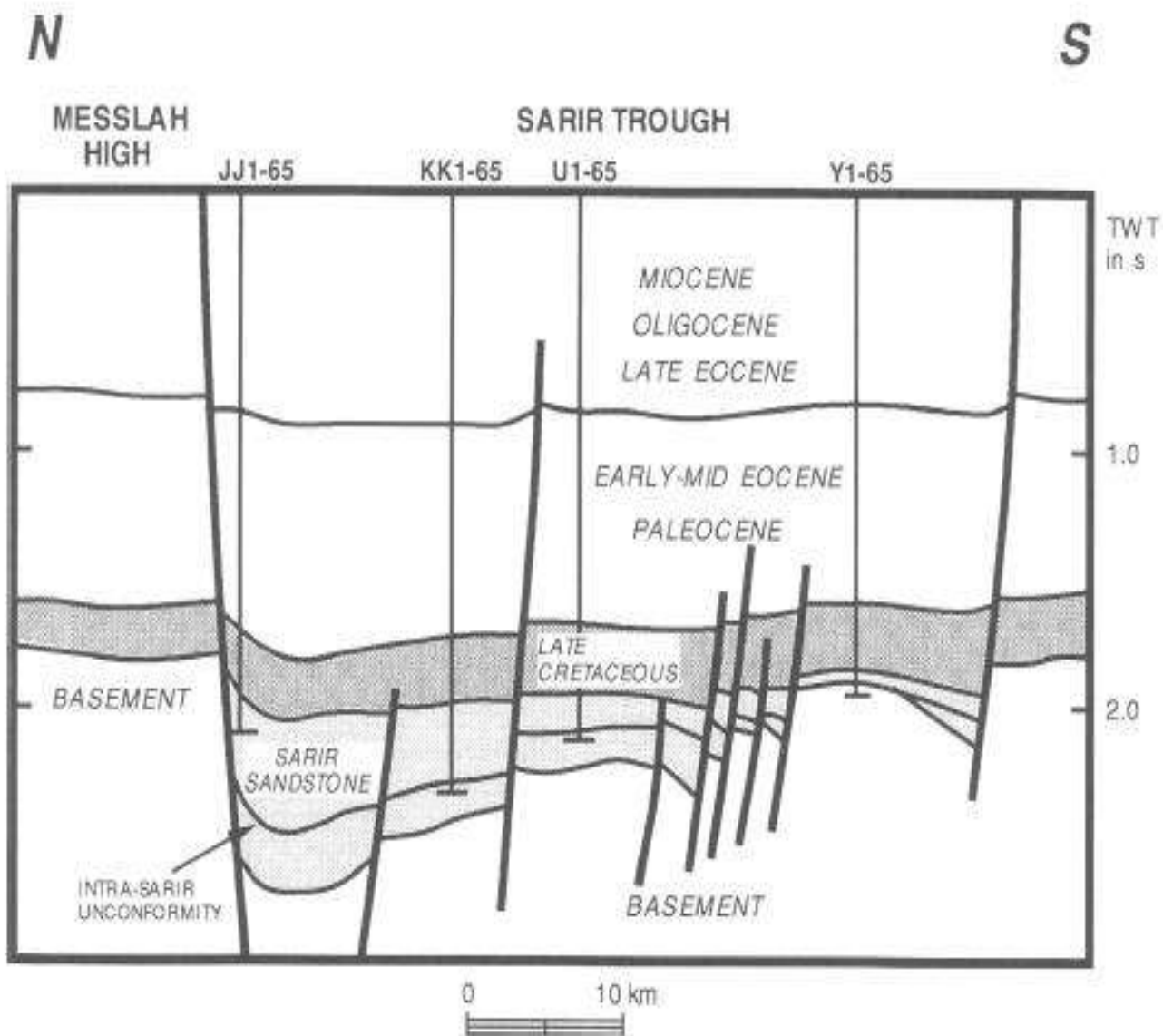


Fig. 7. Cross-section of Sarir Trough, eastern Sirt Basin, based on interpreted seismic section NC171-91-55, (For line location, see Fig. 2.) The age and lithology of the section below the Intra-Sarir unconformity are not known.

NNE

SSW

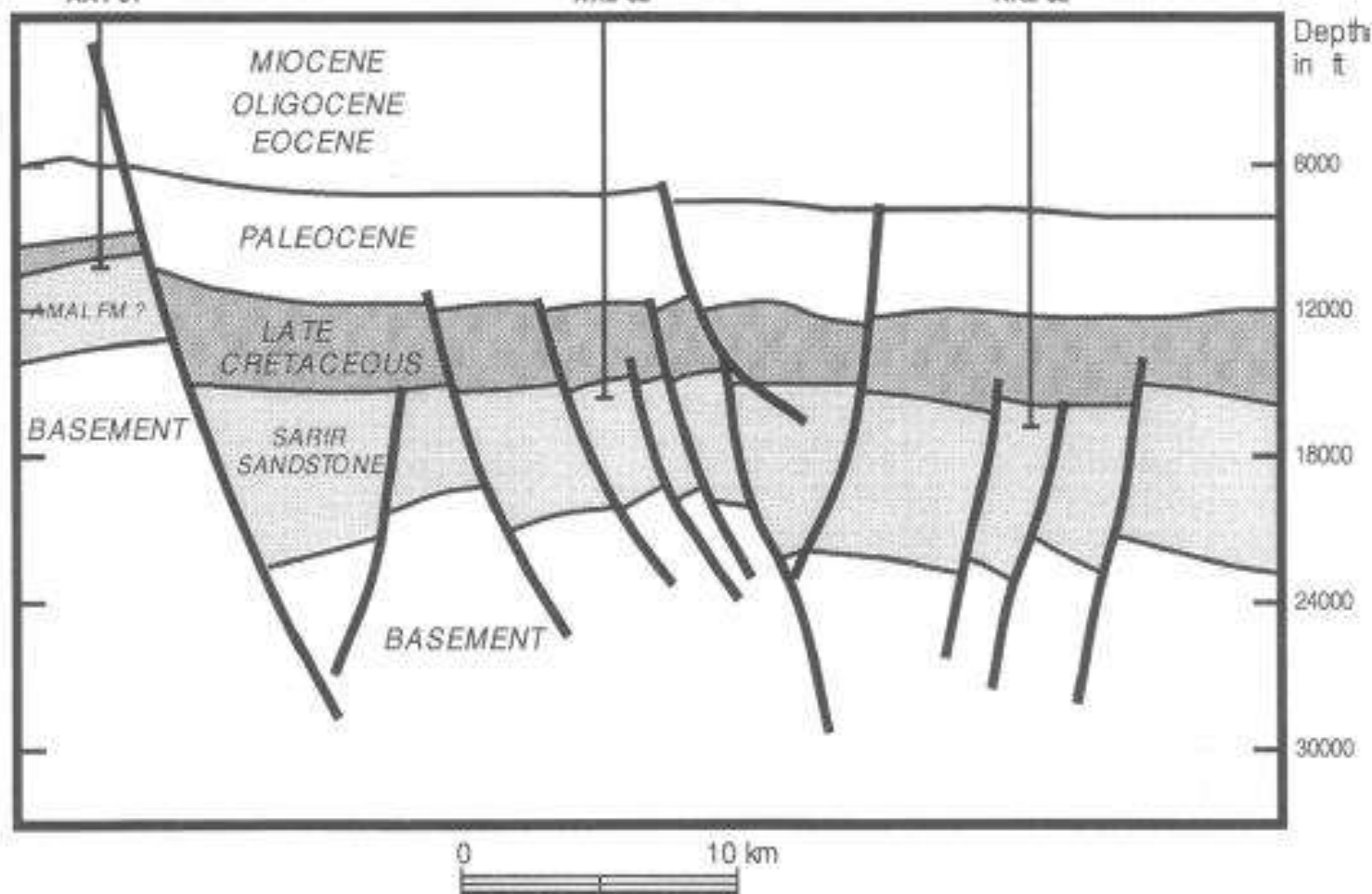
JAGHBUB
ARCH

HAMEIMAT TROUGH

AA1-81

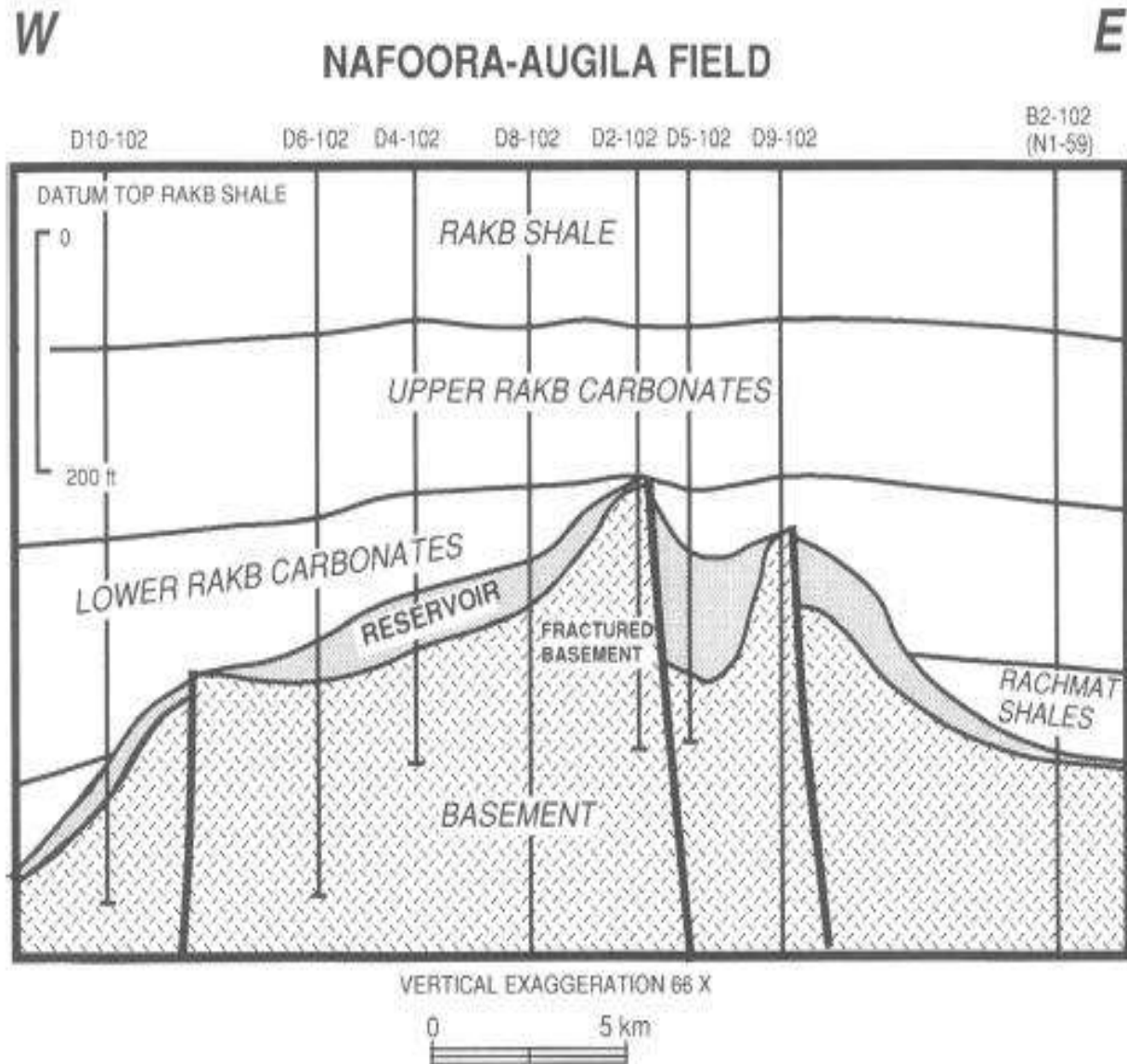
XX2-82

KK2-82



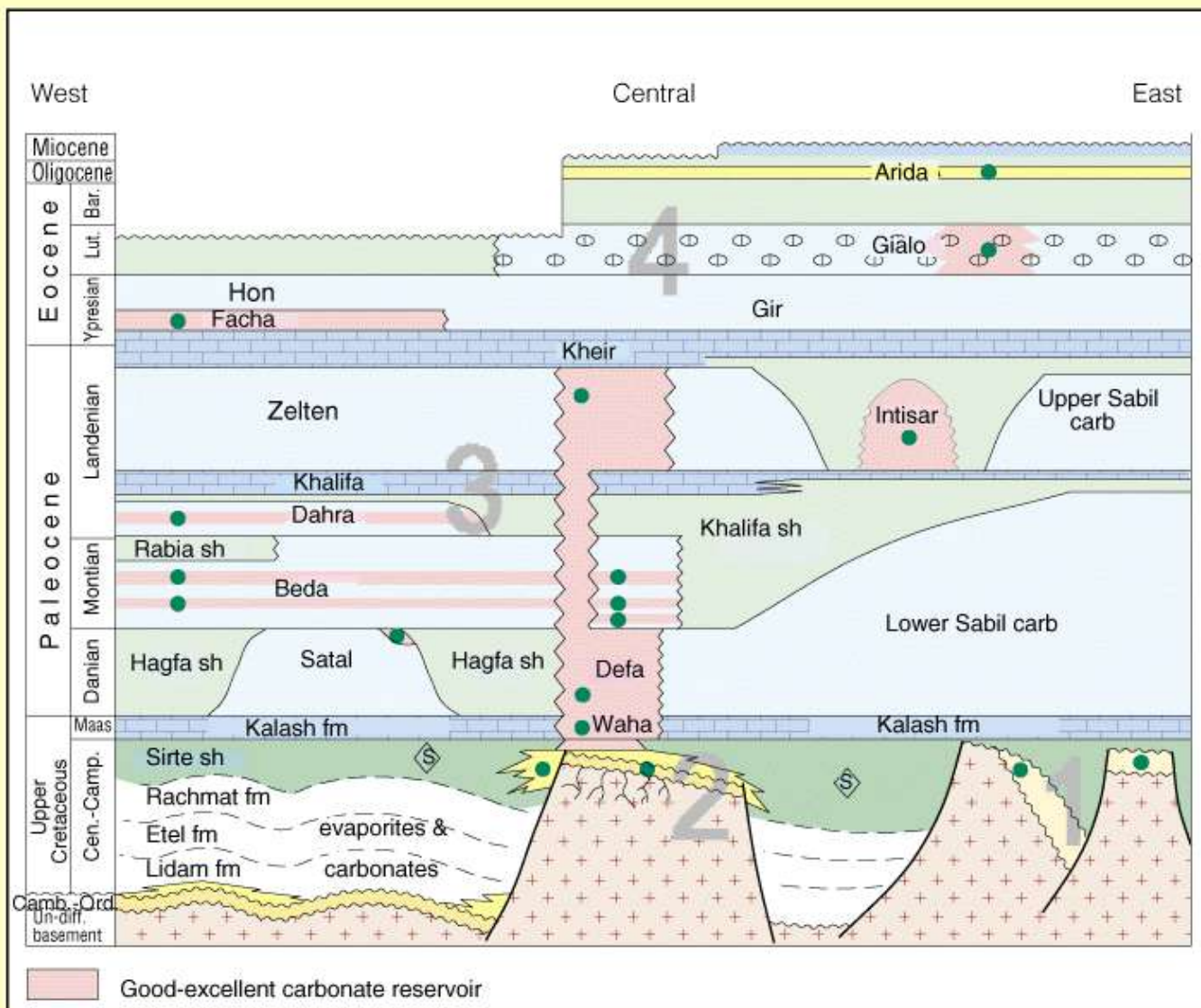
Лекция 7.
Секвенции
мезо-
кайнозоя
НГБ Ливии

Fig. 10. Cross-section of northern margin of Hameimat Trough, modified after Missallati (1992), showing basinal tilted fault blocks. Sandstone is indicated to be present on the Jaghbub Arch, which comprises the graben shoulder. This Sandstone is likely to be part of the pre- or early rift sequence, and hence it has been tentatively interpreted as the Triassic Amal Sandstone. Location of section shown in Fig. 2.

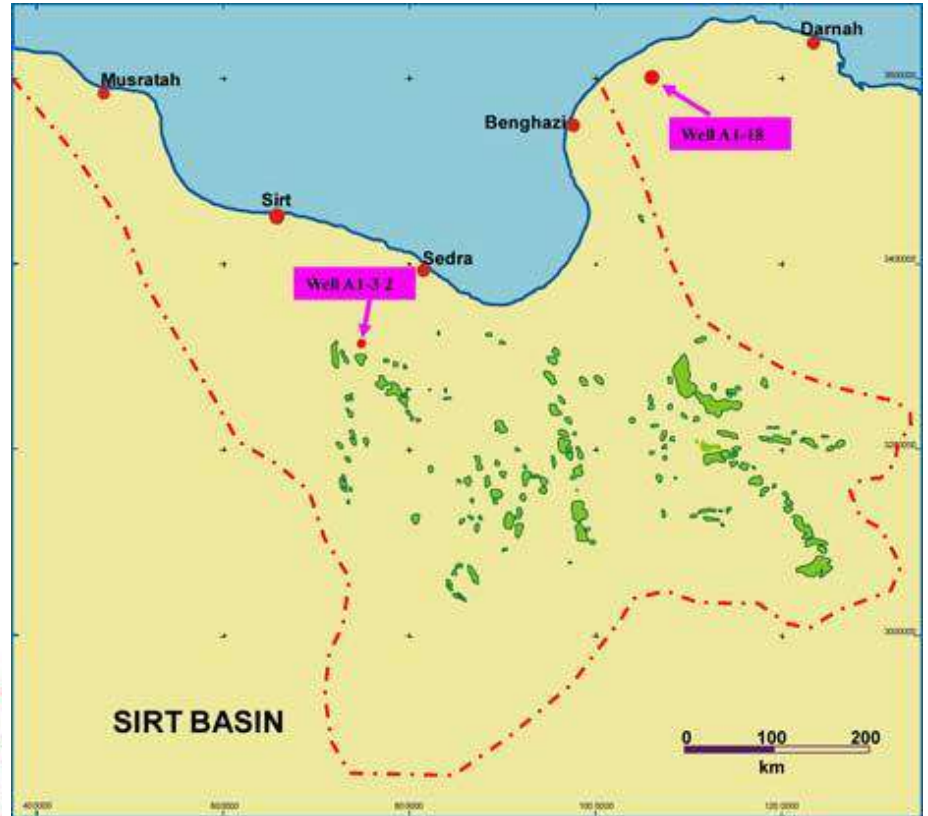
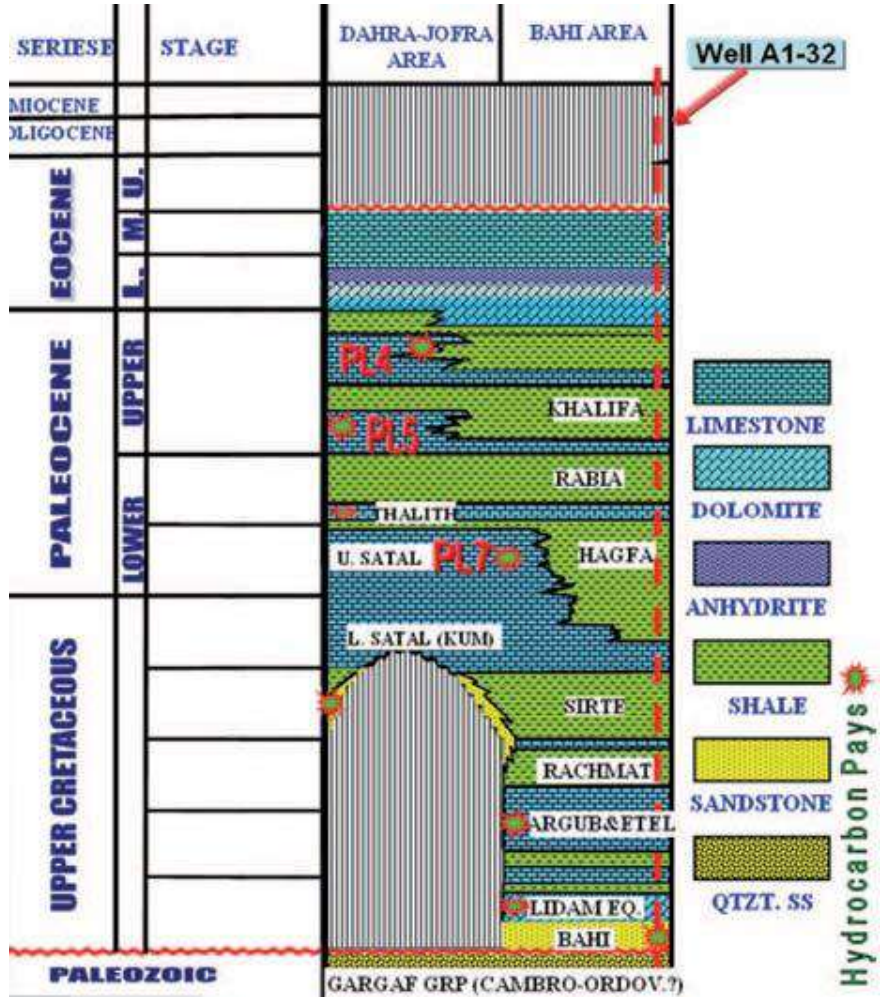


Лекция 7.
Секвенции мезо-
кайнозоя НГБ
Ливии

Fig. 11. Stratigraphic cross-section across Augila field (Nafuora-Augila unit) basement high. Production is from transgressive Late Cretaceous reservoirs, consisting of both clastic and carbonate units, as well as fractured and weathered basement. The section has been modified and tentatively interpreted on the basis of Williams (1972); the original Late Cretaceous stratigraphic names used in this paper have been retained. Location of section indicated in Fig. 2.



Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии



RIMAL FIELD R3-82 (AGIP OIL)

DRILLED 1965, KB ELEVATION 323 II

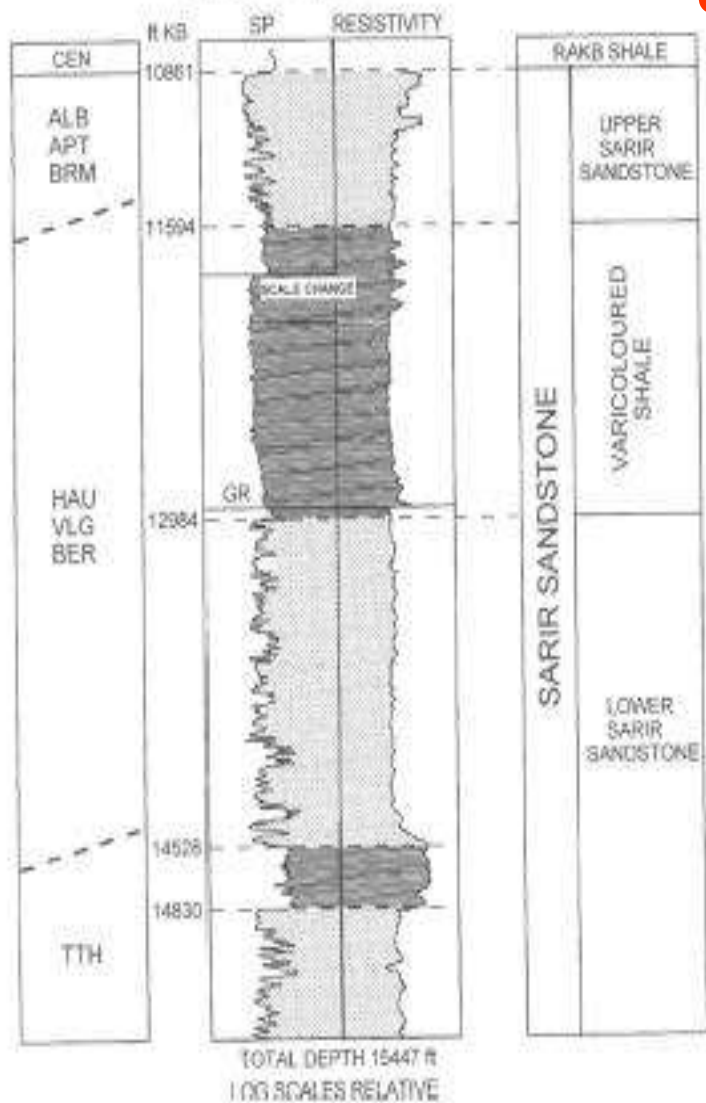


Fig. 9. Sarir Sandstone type section, Rimal field, Hameimat Trough. Tentative ages are derived from sequence stratigraphy by Rossi *et al.* (1991), subdivision of the Sarir Sandstone by Ibrahim (1987).

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии

MESSLAH FIELD (AGOCO)

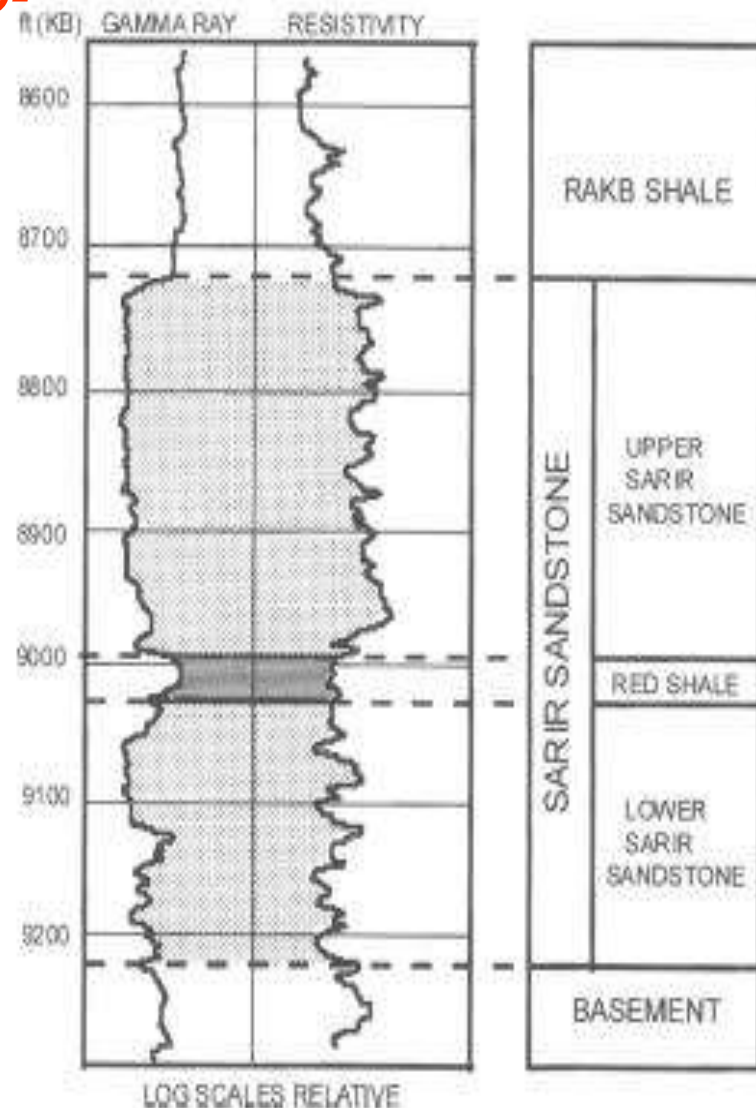
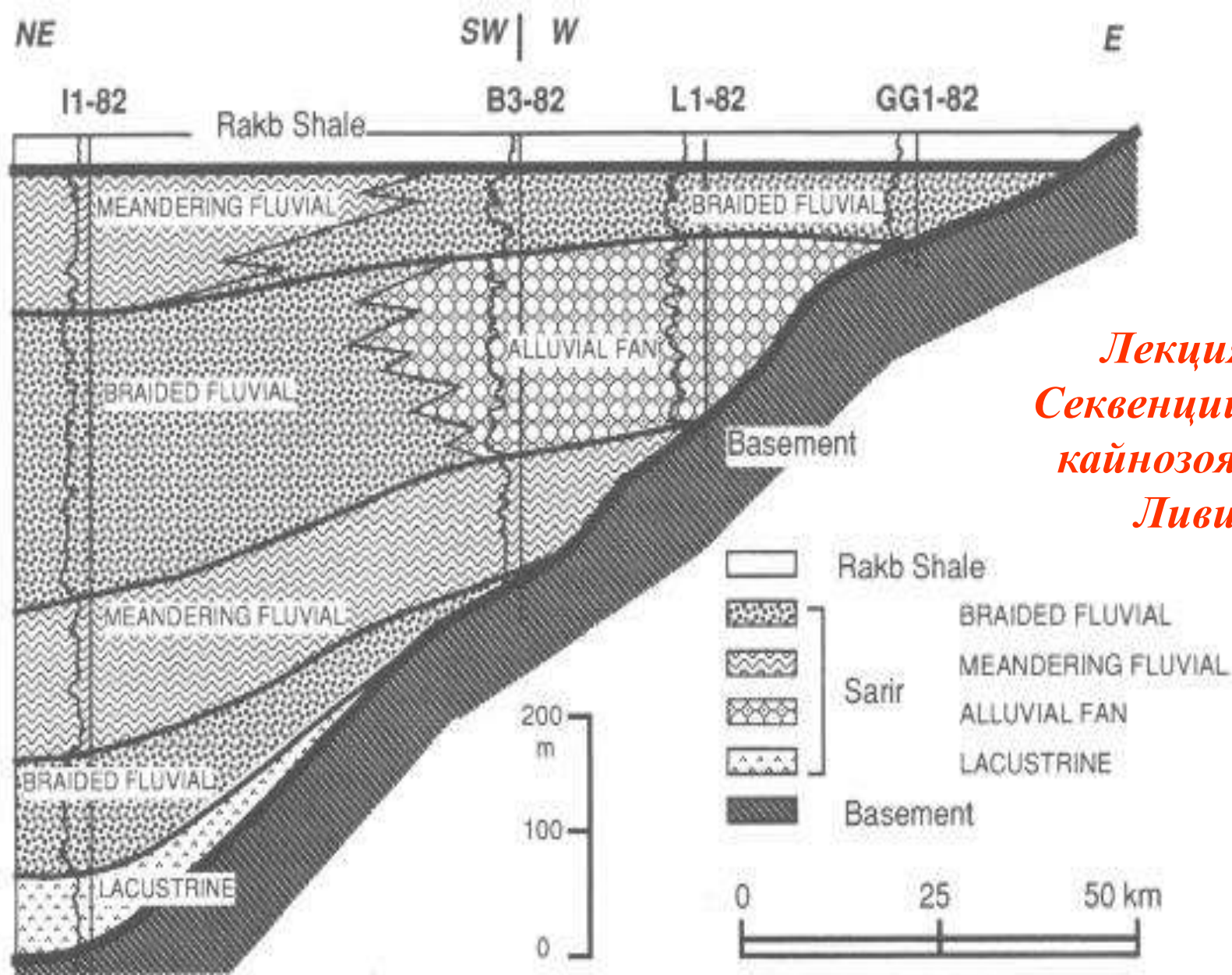
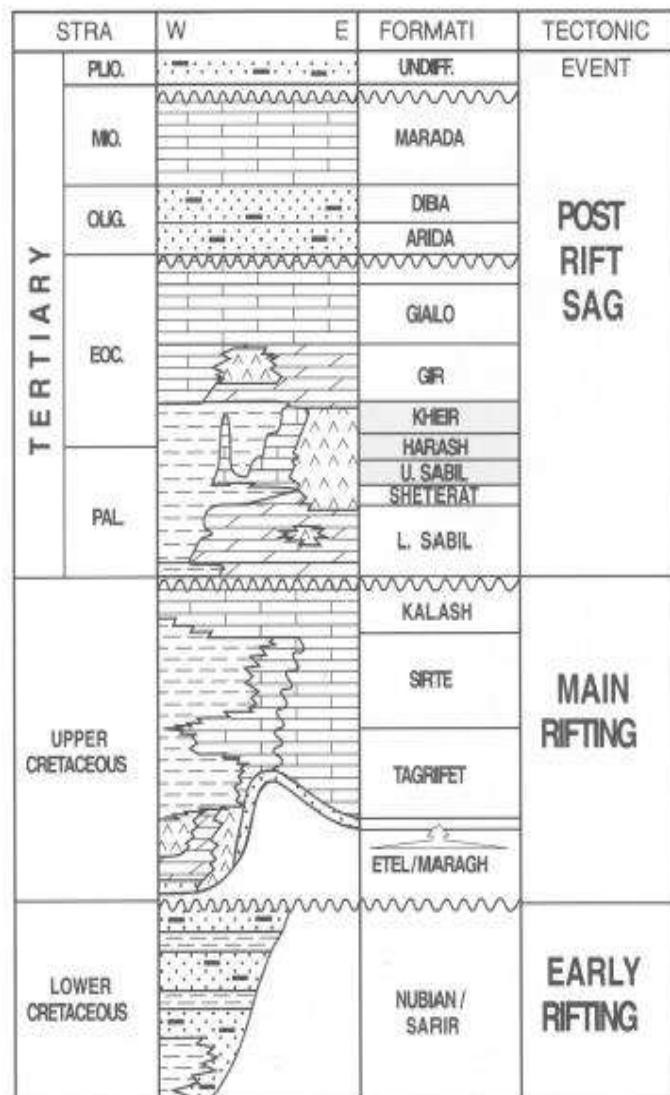


Fig. 8. Sarir Sandstone type section, Messlah field, after Koscec & Gherryo (1993).

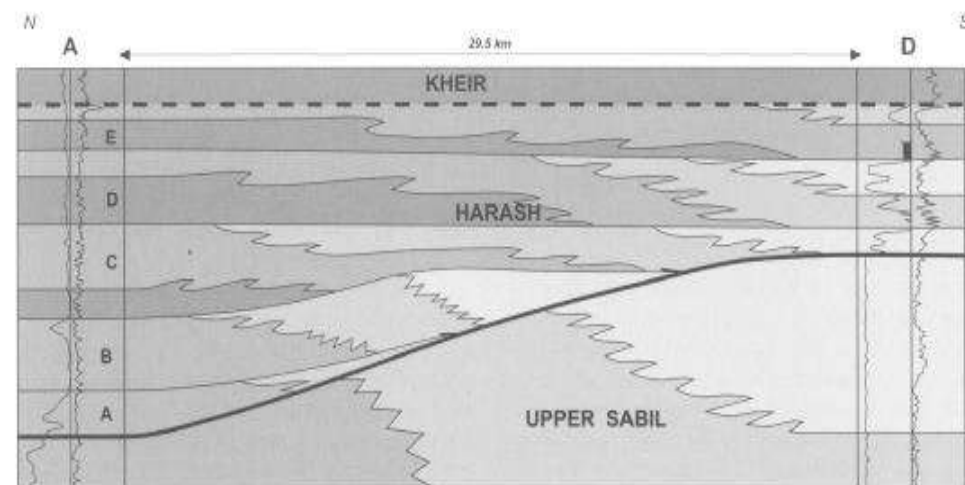
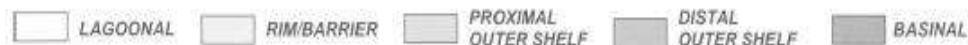
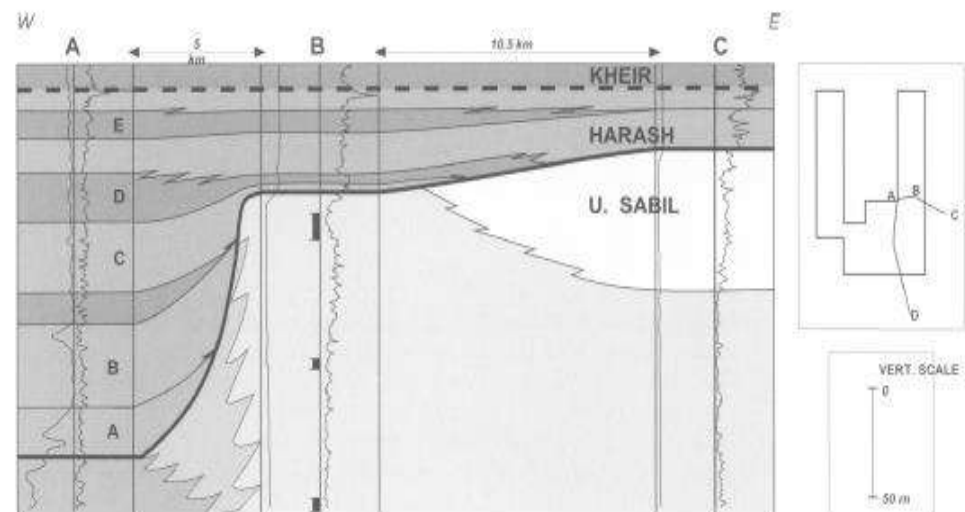


**Лекция 7.
Секвенции мезо-
кайнозоя НГБ
Ливии**

Fig. 15. Log correlation diagram and facies interpretation of Sarir Sandstone, eastern Hameimat Trough, modified after Rossi (1991). Location of well-correlation shown in Fig. 2.



LEGEND



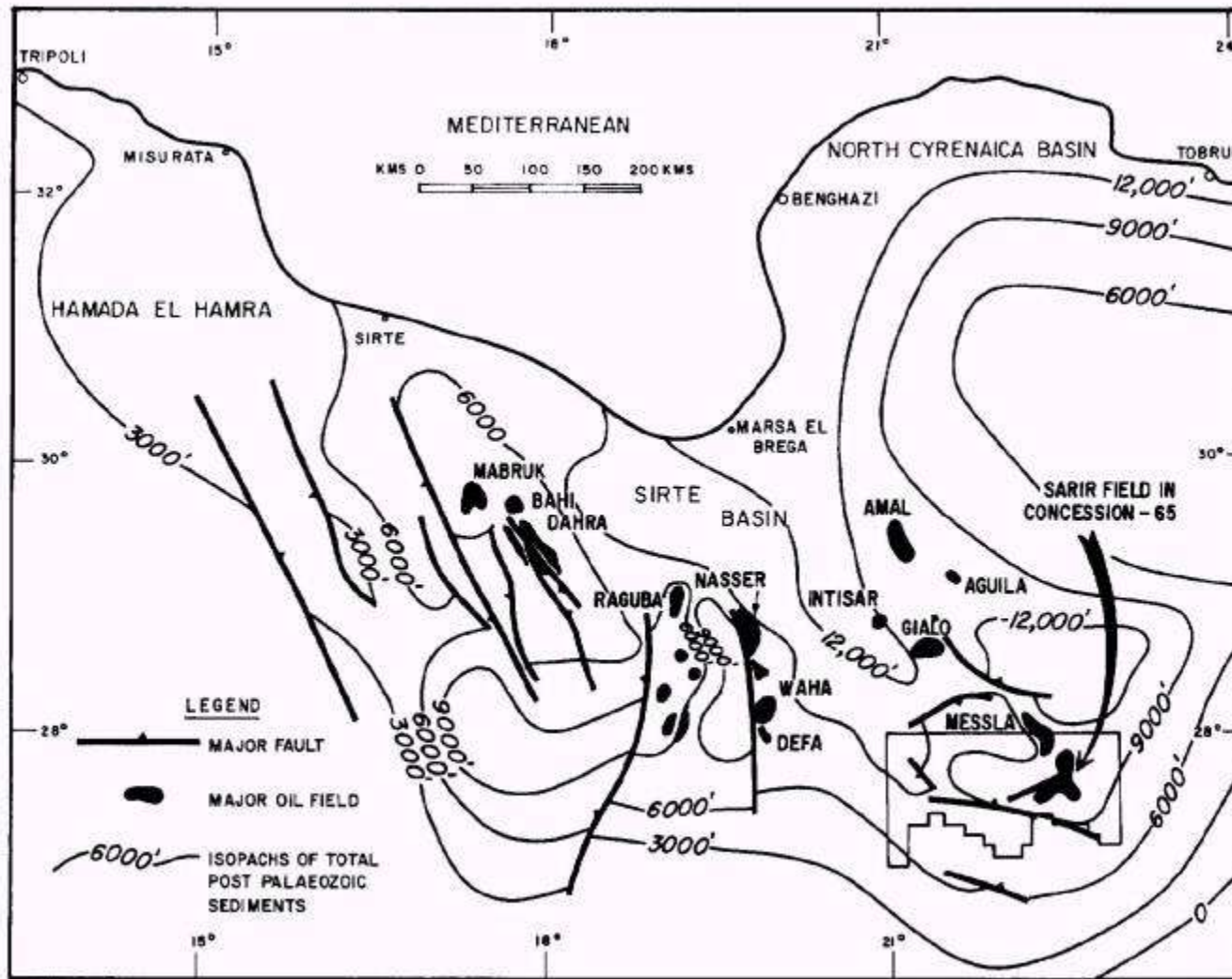
LEGEND



Fig. 7. Upper Sabil and Harash Formation well correlations to show stratigraphic relationships and facies distribution across (a) rimmed carbonate platform and (b) carbonate ramp in the southern Agedabia Trough.

Fig. 3. Lithostratigraphic framework of the Eastern Sirt Basin.

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии



These reservoirs were in turn charged by vertical migration along faults during the peak petroleum generation period of the early Tertiary. The so-called transfer zones provide opportunities for the development of stratigraphic or a combination of stratigraphic and structural traps orthogonal to the trends of the horsts and grabens.

Figure 1. Map of Sirte basin, Libya (after Gillespie and Sanford, 1967, Fig. 1).

Sarir Field

C. J. LEWIS
Consultant
Houston, Texas U.S.A.

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии

FIELD CLASSIFICATION

BASIN: Sirte
BASIN TYPE: Cratonic Sag on Earlier Rifted
Basin
RESERVOIR ROCK TYPE: Sandstone
**RESERVOIR ENVIRONMENT OF
DEPOSITION:** Deltaic

RESERVOIR AGE: Cretaceous
PETROLEUM TYPE: Oil
TRAP TYPE: Horst Block

Tectonic history

Interior fracture basin near plate margin, originated or rejuvenated in Early Cretaceous with major uplift and erosion in Late Cretaceous with movement continuing but diminishing until at least Oligocene.

Regional structure

Field lies in southeastern part of Sirte basin. Structural development controlled by basement fault system.

Local structure

Main Sarir structure is flat crest of an uplifted block, bounded on the northwest and northeast by faults and dipping gently away to the east, south, and southwest.

Trap

Trap type(s)

Faulted anticlinal trap with one pay. Small pinchout traps in overlying Transgressive series (insignificant).

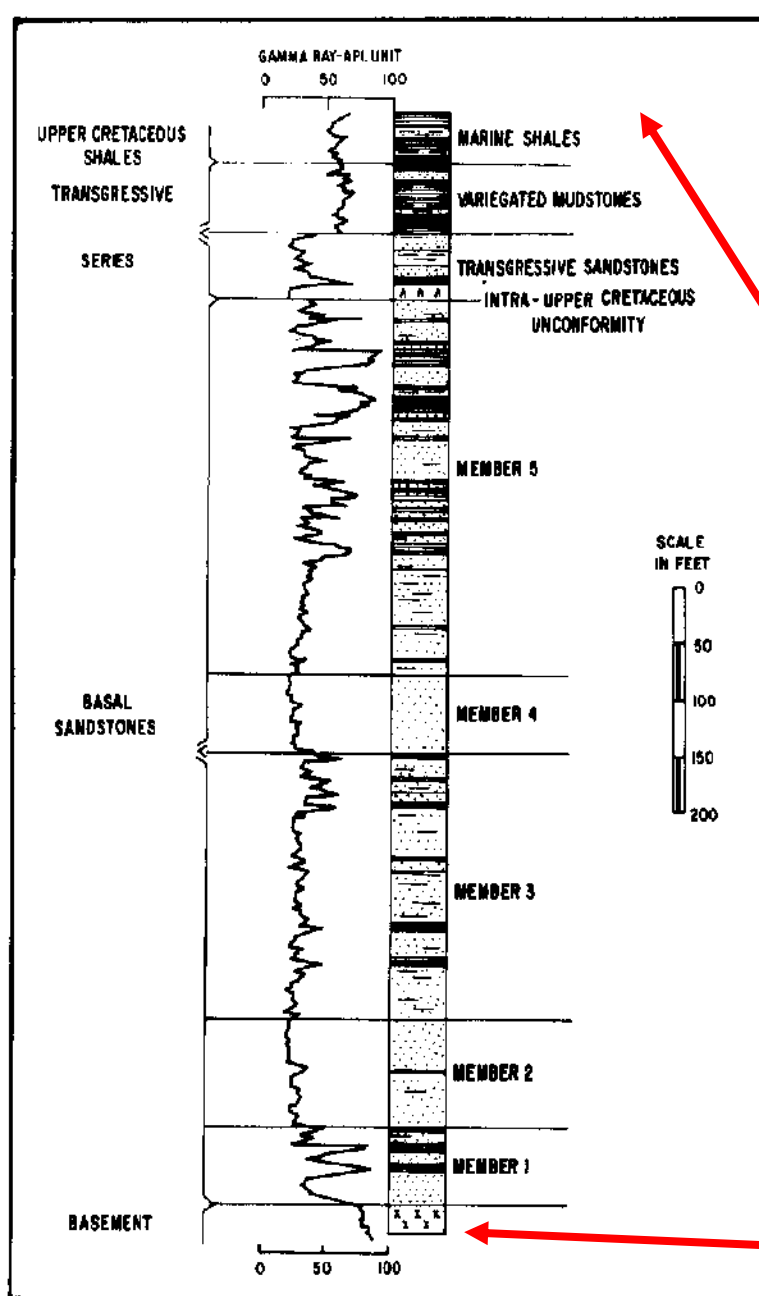


Figure 9. Stratigraphic column of the Sarir field reservoir (after Gillespie and Sanford, 1967, Fig. 3).

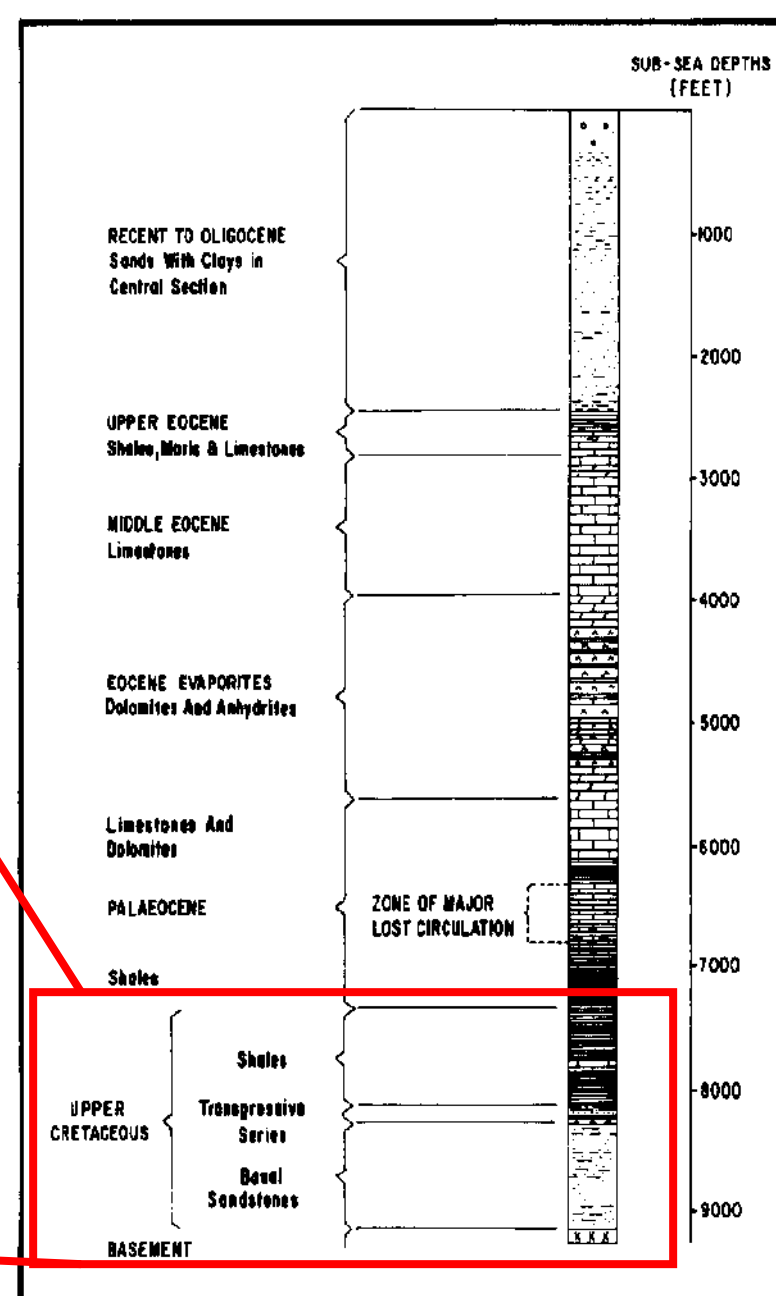


Figure 7. Stratigraphic column of the Sarir field (after Gillespie and Sanford, 1967, Fig. 2).

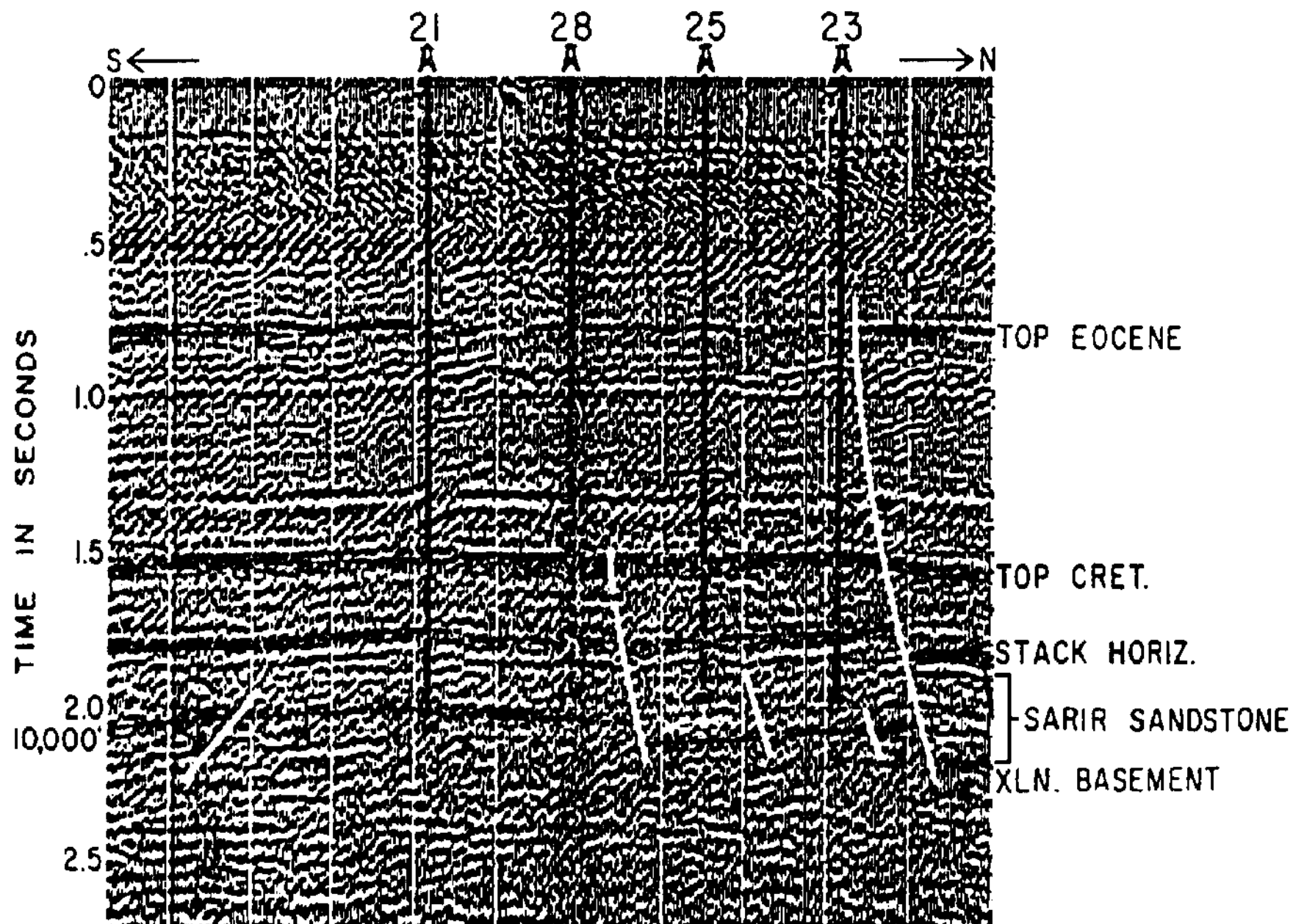


Figure 10. South-north seismic CDP line through west end of Sarir field (after Sanford, 1970, Fig. 18).

*Лекция 7.
Секвенции
мезо-кайнозоя
НГБ Ливии*

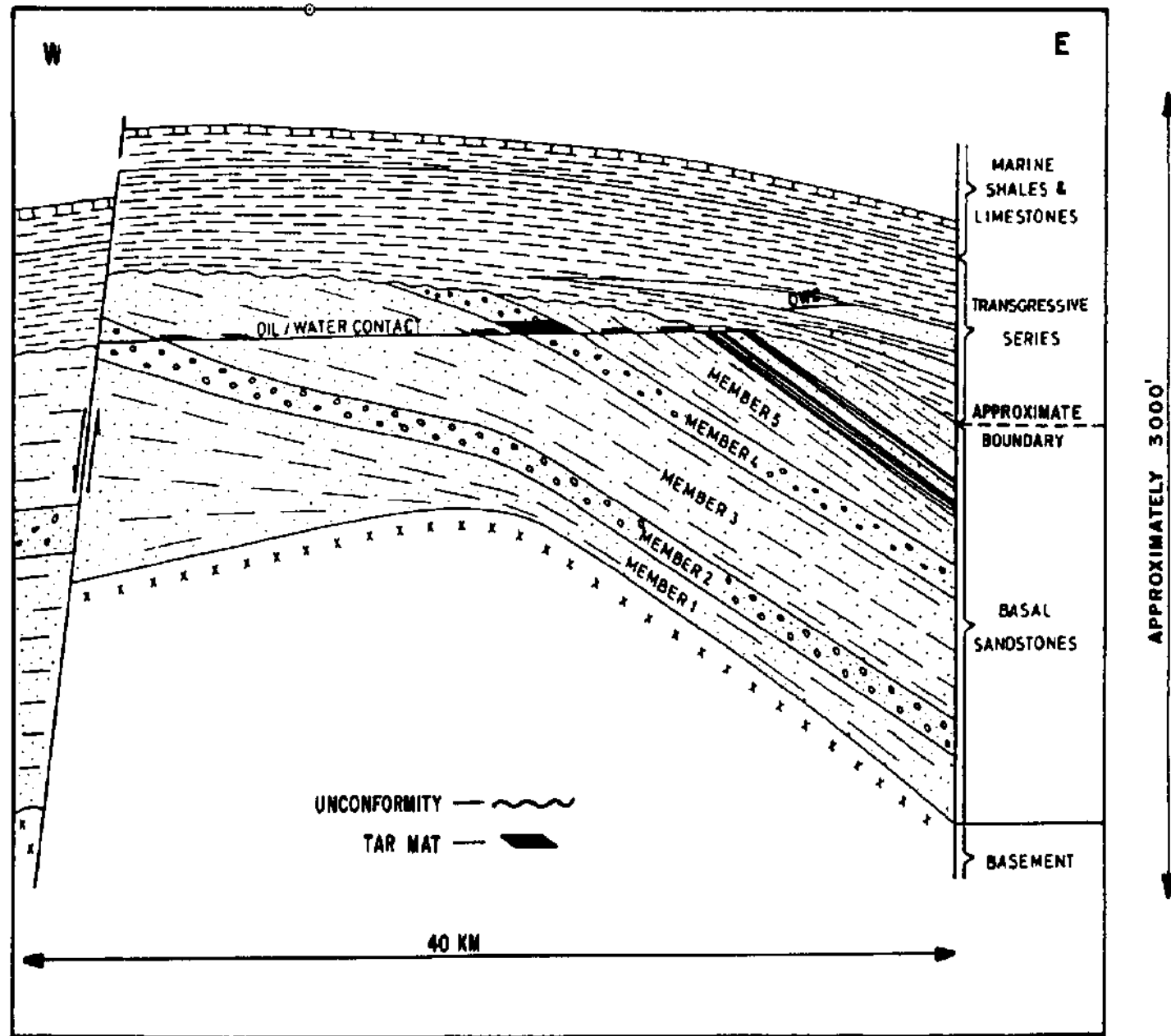


Figure 8. Diagrammatic east-west section across the Sarir field reservoir (after Gillespie and Sanford, 1967, Fig. 7).

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии

Basin stratigraphy (major stratigraphic intervals from surface to deepest penetration in field):

Age	Formation	Depth to Top in ft (m)
<i>Recent to Oligocene</i>	<i>Sandstone and shales/clays</i>	<i>At surface</i>
<i>Upper Eocene</i>	<i>Limestones, dolomites, shales, and marls</i>	<i>3130 (954)</i>
<i>Middle Eocene</i>	<i>Limestones, marls</i>	<i>3460 (1055)</i>
<i>Lower Eocene</i>	<i>Eocene evaporites</i>	<i>4644 (1415)</i>
<i>Paleocene</i>	<i>Carbonates and shales</i>	<i>6502 (1982)</i>
<i>Maastrichtian</i>	<i>Shales</i>	<i>7504 (2287)</i>
	<i>Transgressive series</i>	<i>7760 (2365)</i>
<i>Albian-Cenomanian</i>	<i>Basal sandstones</i>	<i>9821 (2993)</i>

Location of well in field *Composite of maximum thicknesses of field wells*

Reservoir characteristics:

Number of reservoirs 2

Formations *Basal sandstones (primary); Transgressive series (secondary)*

Ages *Late Early Cretaceous to early Late Cretaceous*

Depths to tops of reservoirs *8596 ft (2620 m) Basal sandstones*

Gross thickness (top to bottom of producing interval)

450-2000 ft (137-610 m) (oil column less than 300 ft; 91 m)

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии

Lithology

Medium- to coarse-grained, friable sheet sandstone. Sandstone divisible into 5 members: 5 (generally tight), 4 (most permeable), 3 (alternately porous and tight), 2 (permeable), 1 (shaly sandstone).

Porosity type	<i>Intergranular porosity</i>
Average porosity	<i>18-19%</i>
Average permeability	<i>200-300 md</i>

RIFT SEQUENCE (after MEER & CLOETINGH)	RIFT SEQUENCE (after GRAS & THUSU)		AGE	LITHOLOGY	FORMATION	MAXIMUM THICKNESS (m)
POSTRIFT THERMAL CONTRACTION			MIOCENE		MARADA	125
			OLIGOCENE		DIBA	180
					ARIDA	140
			UPPER EOCENE		AUGILA	150
SYN-RIFT	POSTRIFT THERMAL CONTRACTION		MIDDLE-EARLY EOCENE		GIALO GIR	1600
			PALEOCENE		HARASH ZELTEN	1050
					KHALIFA/DAHRA BEDA	
				HAGFA SHALES		
PRE-RIFT	SYN-RIFT	MAIN	EARLY CRETACEOUS-LATE JURASSIC		UPPER SARIR SS.	700
				SARIR SHALES		
		LOWER SARIR SS.				
	EARLY	TRIASSIC		AMAL/HOFRA SANDSTONE		
			GARGAF			
PRE-RIFT	PRE-RIFT	CAMBRIAN-ORDOVICIAN		BASEMENT		

	MUDSTONES		EVAPORITES		LIMESTONES
	SANDSTONES		DOLOMITES		METAMORPHIC & IGNEOUS ROCKS
UNCONFORMITIES					

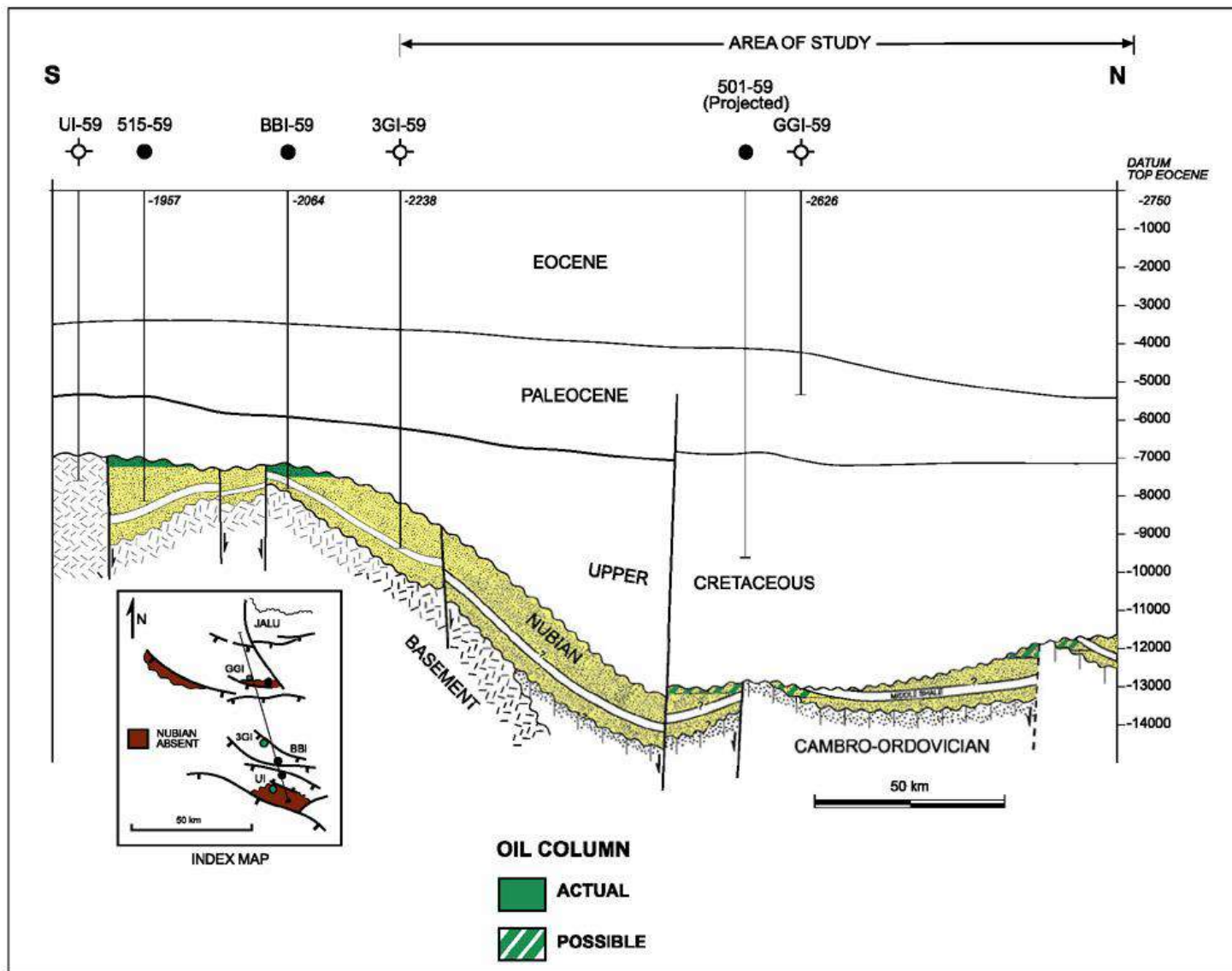
Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии

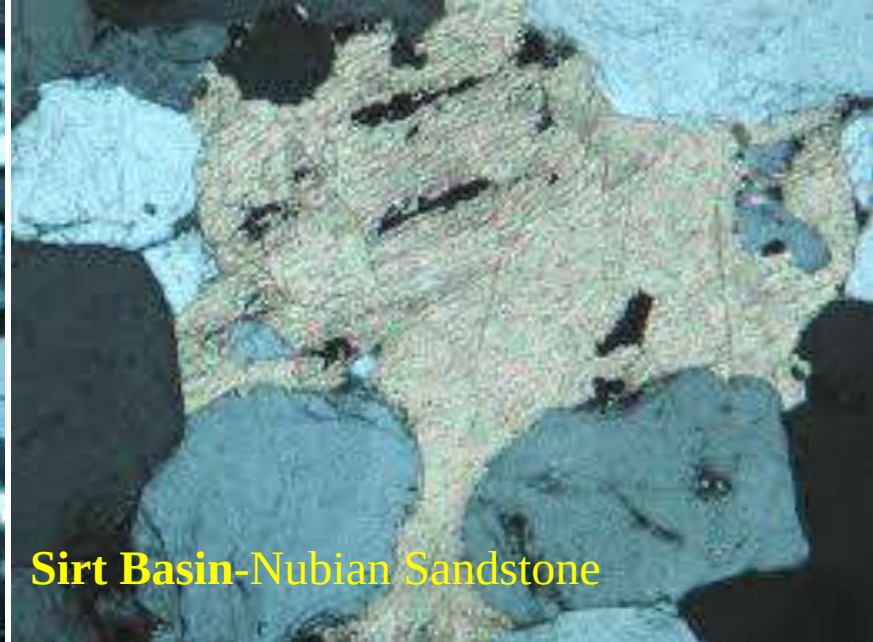
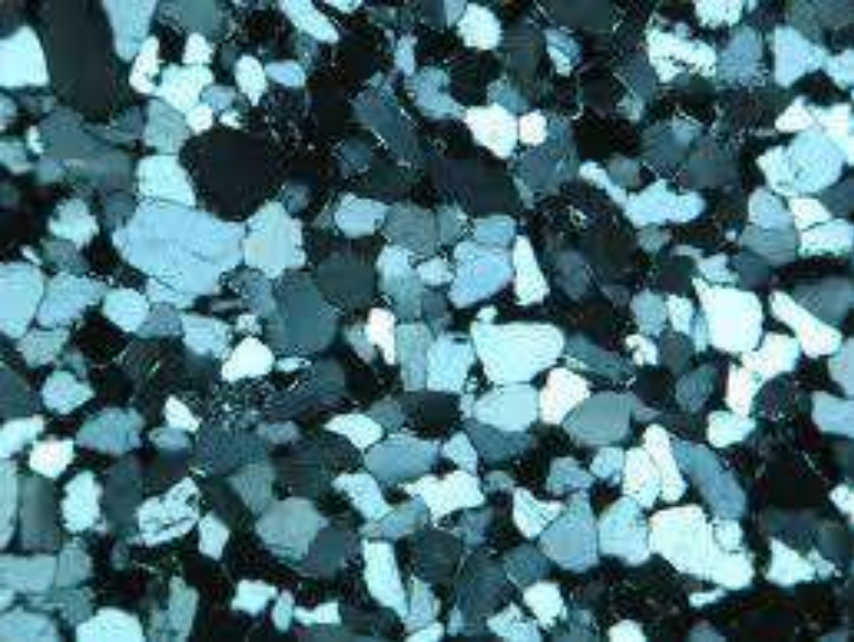
AGE		FORMATION	SO. ZALLAH TUMAYAM TROUGH	RESERVOIR	MARADA GRABEN	RESERVOIR	SOUTH AJDABIYA TROUGH	RESERVOIR
Miocene		Marada	LITHOLOGY		LITHOLOGY		LITHOLOGY	
Oligocene		Diba Arida						
Eocene	Upper	Augila						
	Middle	Gialo						
	Lower	Gir						
Paleocene	Upper	Facha						
		Kheir						
		Harash						
		Zelten		U. Sabil				
	Lower	Daba						
		Kalifa-Sheterat						
Upper Cretaceous	Maestrician- Coniacian	Beda						
		L. Sabil						
		Defa						
		Kalash						
	Rachmat	Sirte						
		Taghrak						
	Turonian	Etel						
	Cenomanian	Lidam						
		Bahl						
Lower Cretaceous		Nubian						
Triassic-Jurassic								
Cambro-Ordovician		Gargaf						
Basement								

	Shaley limestone		Shale		Salt
	Limestone		Dolomite		Anhydrite
	Sandstone		Source		Basement

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии

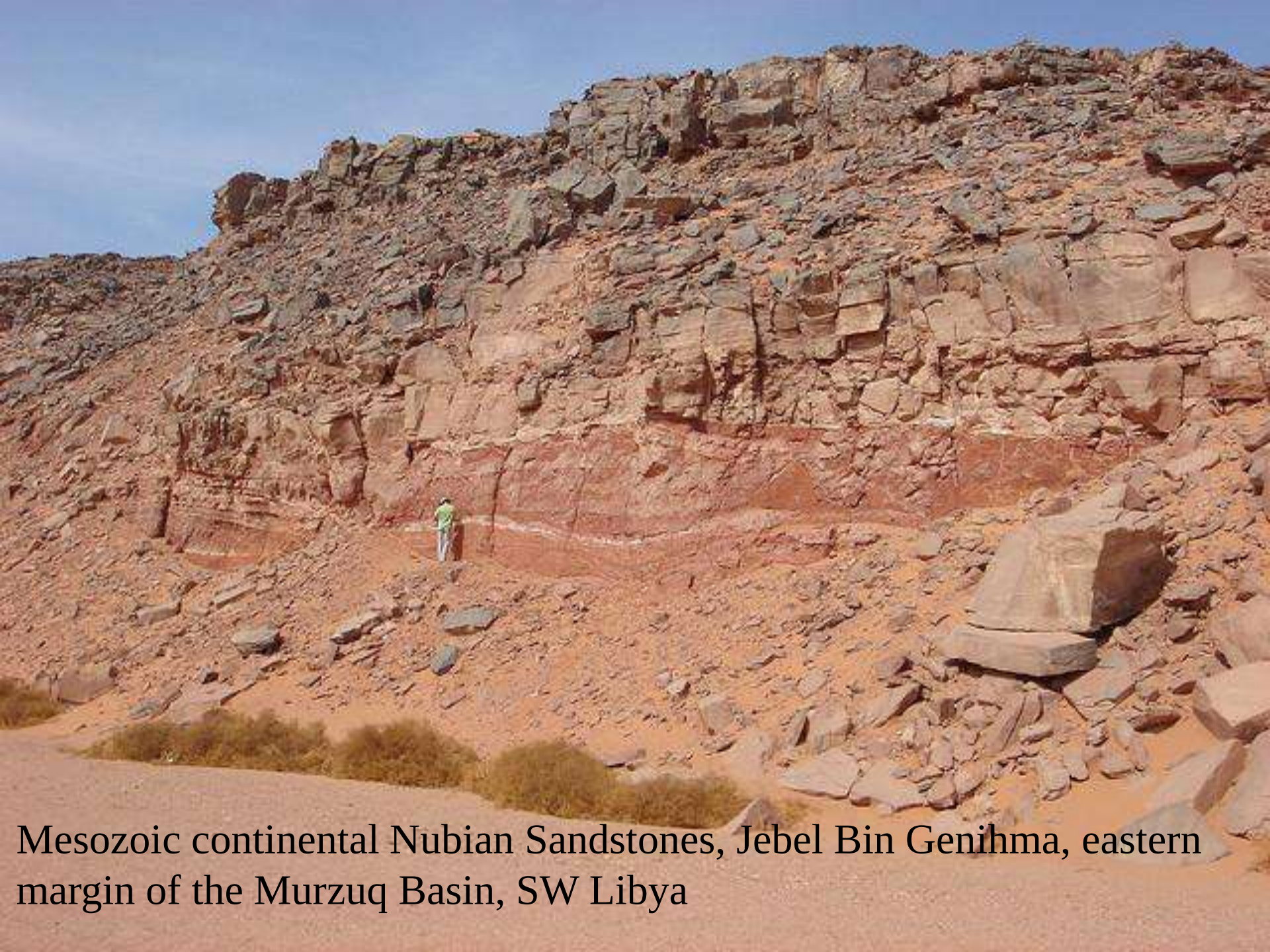


North-south structural cross section from the central part of the Ajdabiya trough to the Faregh oil-field area, depicting actual and inferred Nubian sandstone trap configurations



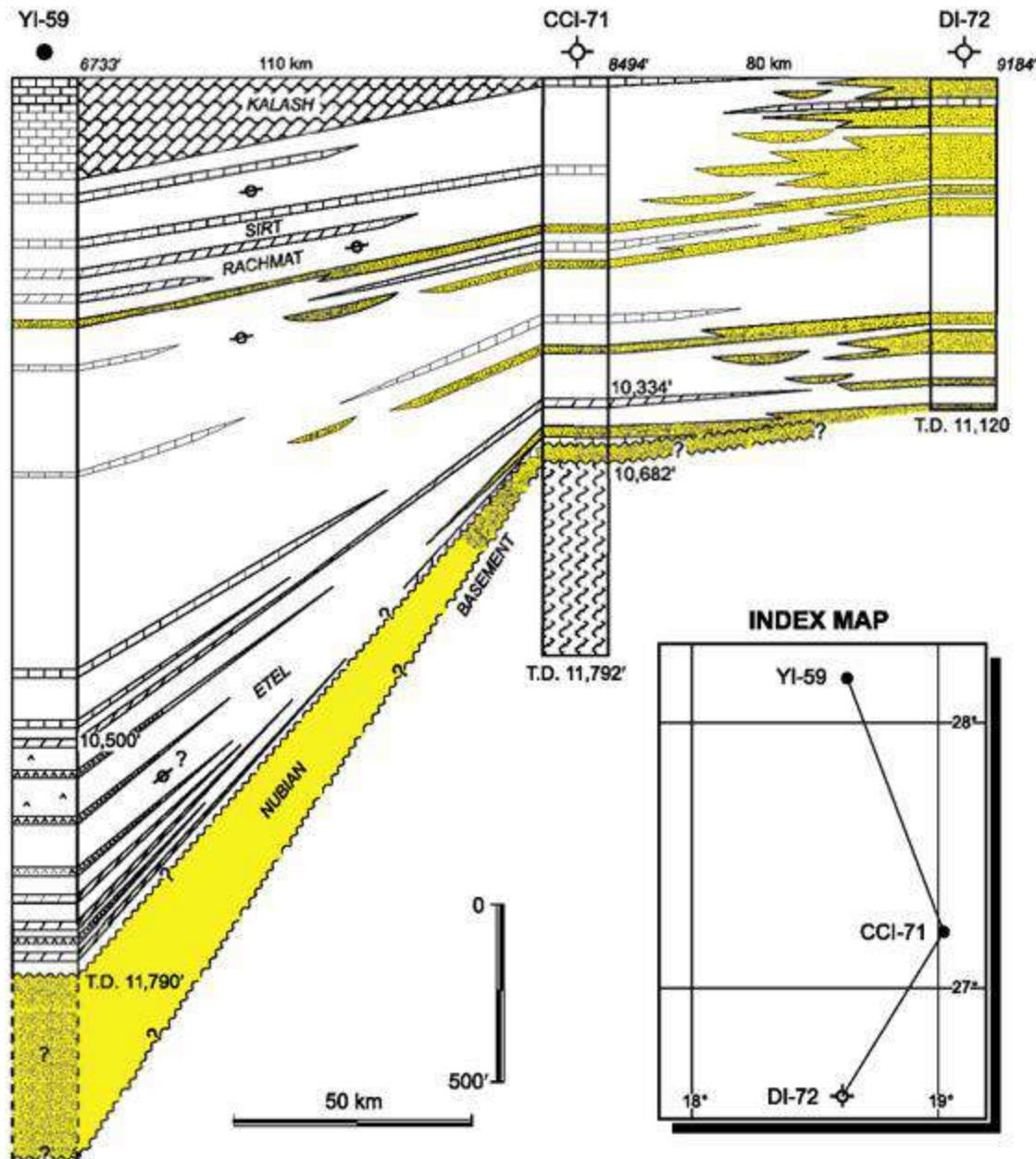
The term “Nubia sandstone” was first introduced to the Egyptian stratigraphy by Joseph Rüssegger in 1837, who used the term "Sandstein von Nubien" to designate nonfossiliferous sandstone sections of Paleozoic or Mesozoic age. Rüssegger followed and studied this series of sandstone formations from Sudan, Egypt, Lybia and Arabia Petrsea

Nubian Sandstone refers to a variety of sedimentary rocks deposited on the Precambrian basement in the eastern Sakhara, north-east Africa and Arabia. It consist of **continental sandstones** with thin beds of **marine limestones and marls**. Nubian sandstone was deposited between the **Lower Paleozoic** and **Upper Cretaceous**, with marine beds dating from the Carboniferous to **Lower Cretaceous**. The Nubian sandstone complex has a thickness varying from under 500 m to over 3000 m, resting on the Precambrian basement.



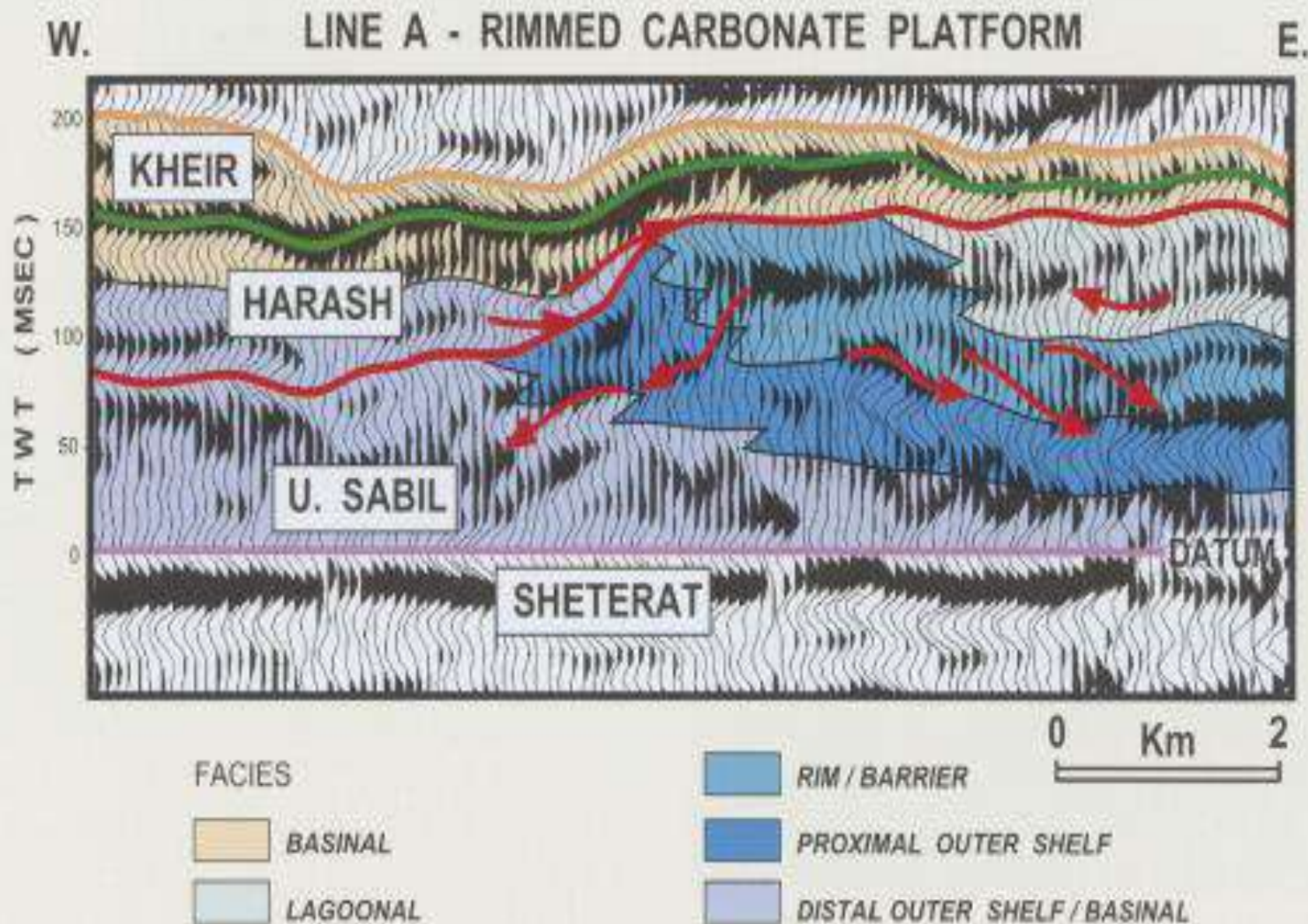
Mesozoic continental Nubian Sandstones, Jebel Bin Genihma, eastern margin of the Murzuq Basin, SW Libya

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии

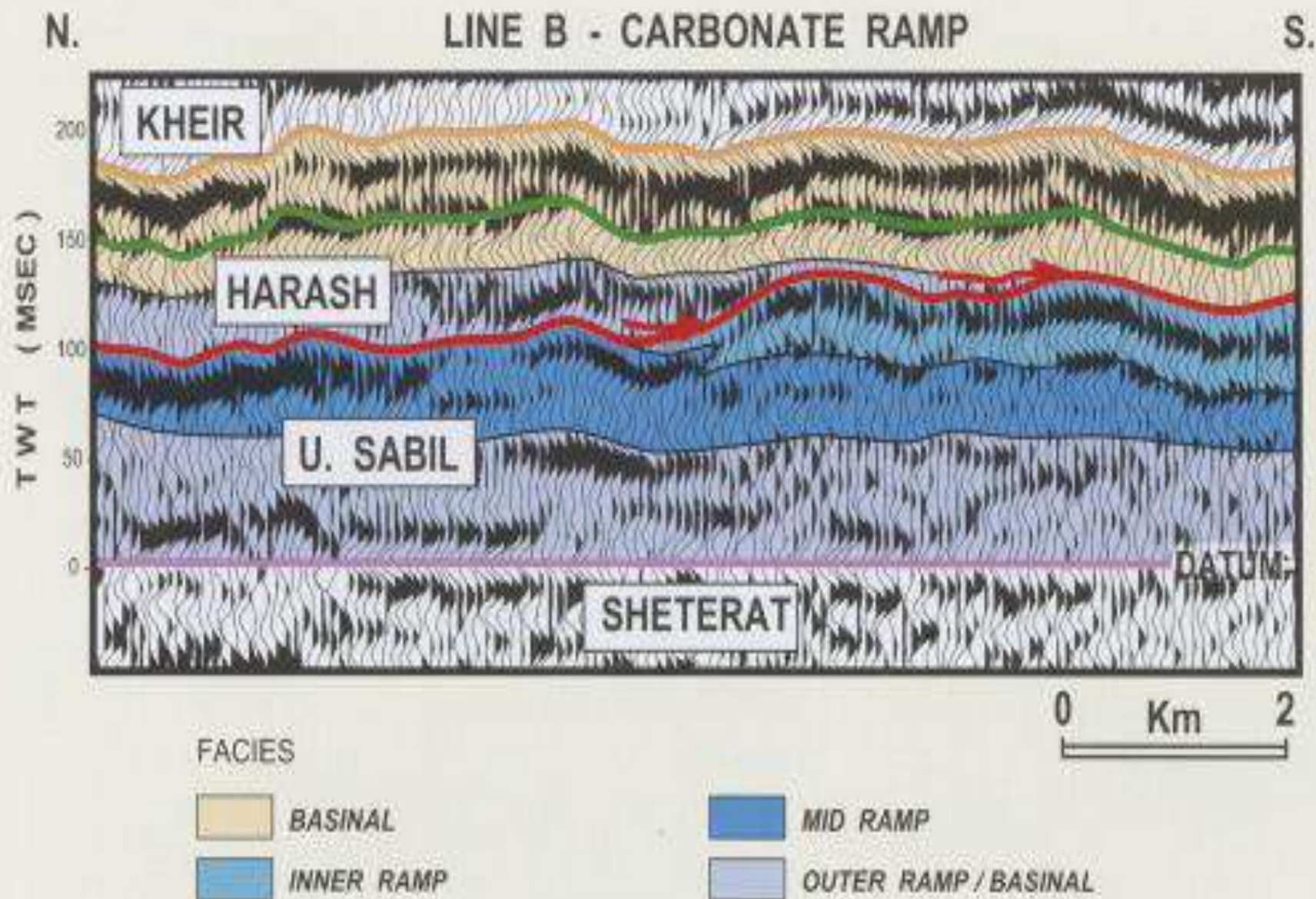


North-south diagrammatic correlation of the Cretaceous section of wells YI-59, CCI-71, and D1-72. Well correlation illustrates probable relationship of the northward sandstone pinch-outs interfingering with Sirt-Rachmat shale source beds. Also shown is the interpreted Nubian sandstone correlation. Datum is the top Cretaceous

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии



Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии



NE

WELL E SW

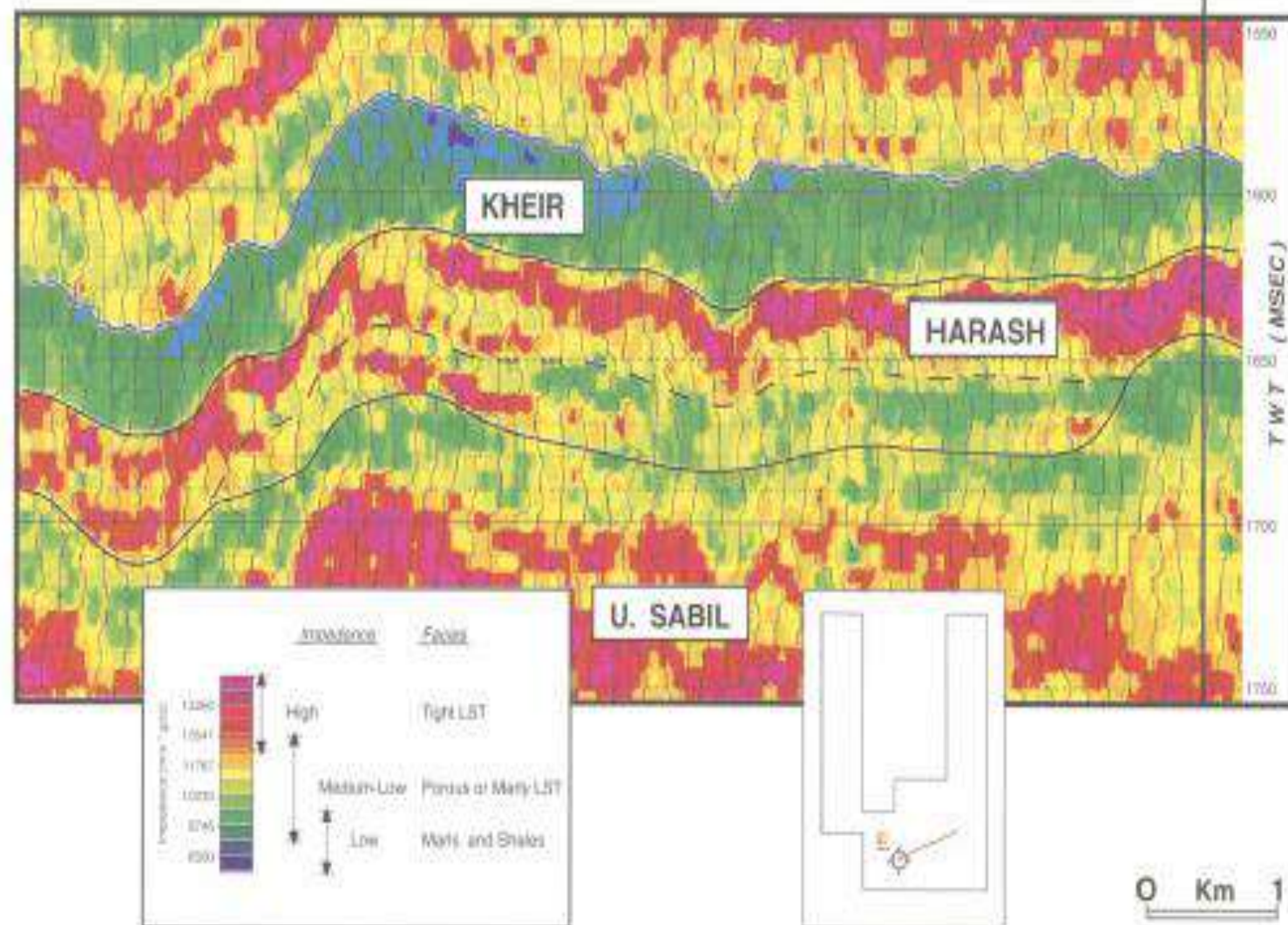


Fig. 10. Pre-drill seismic inversion interpretation for Upper Paleocene seismic anomaly and inversion colour scheme.

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии

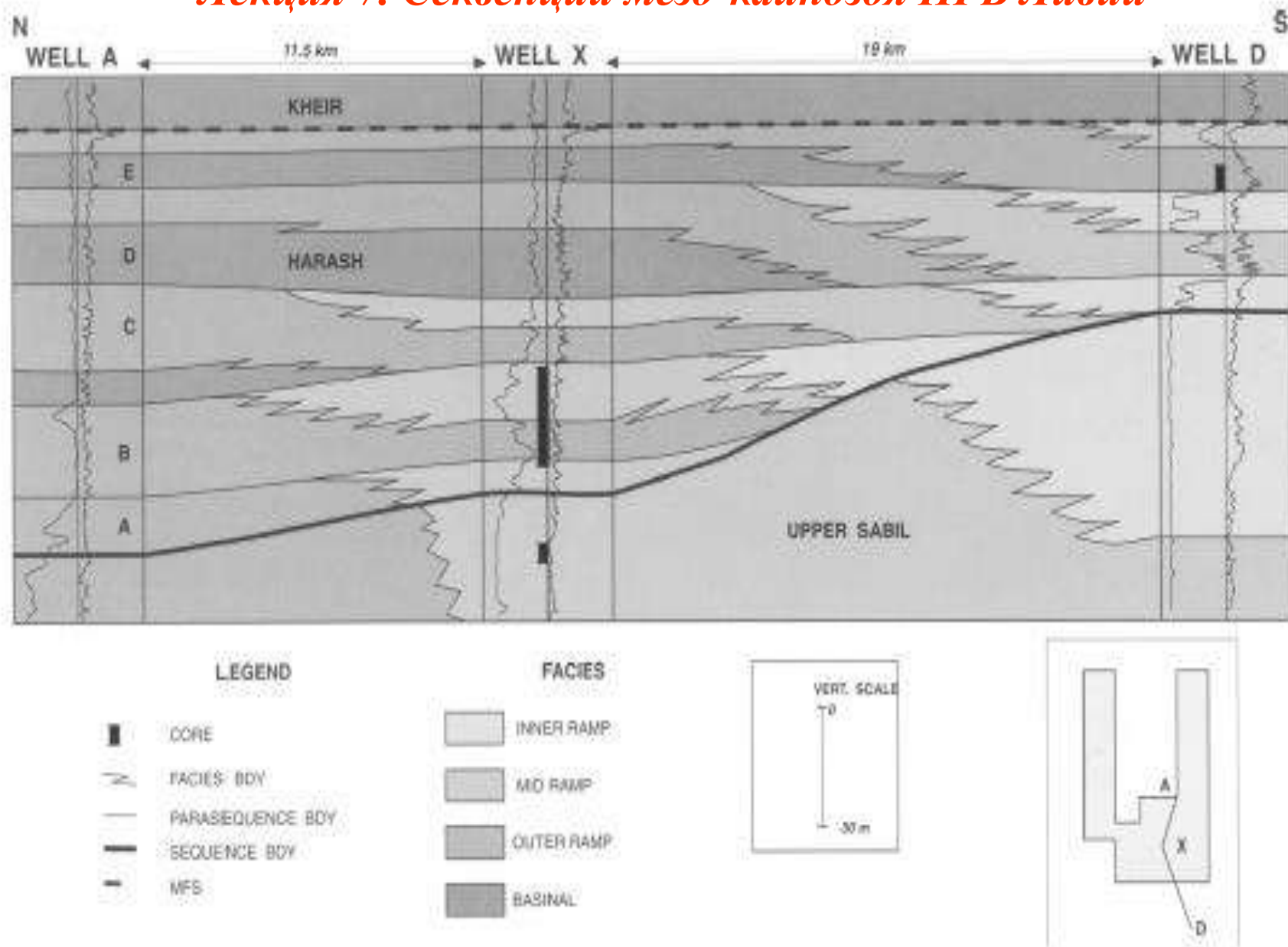
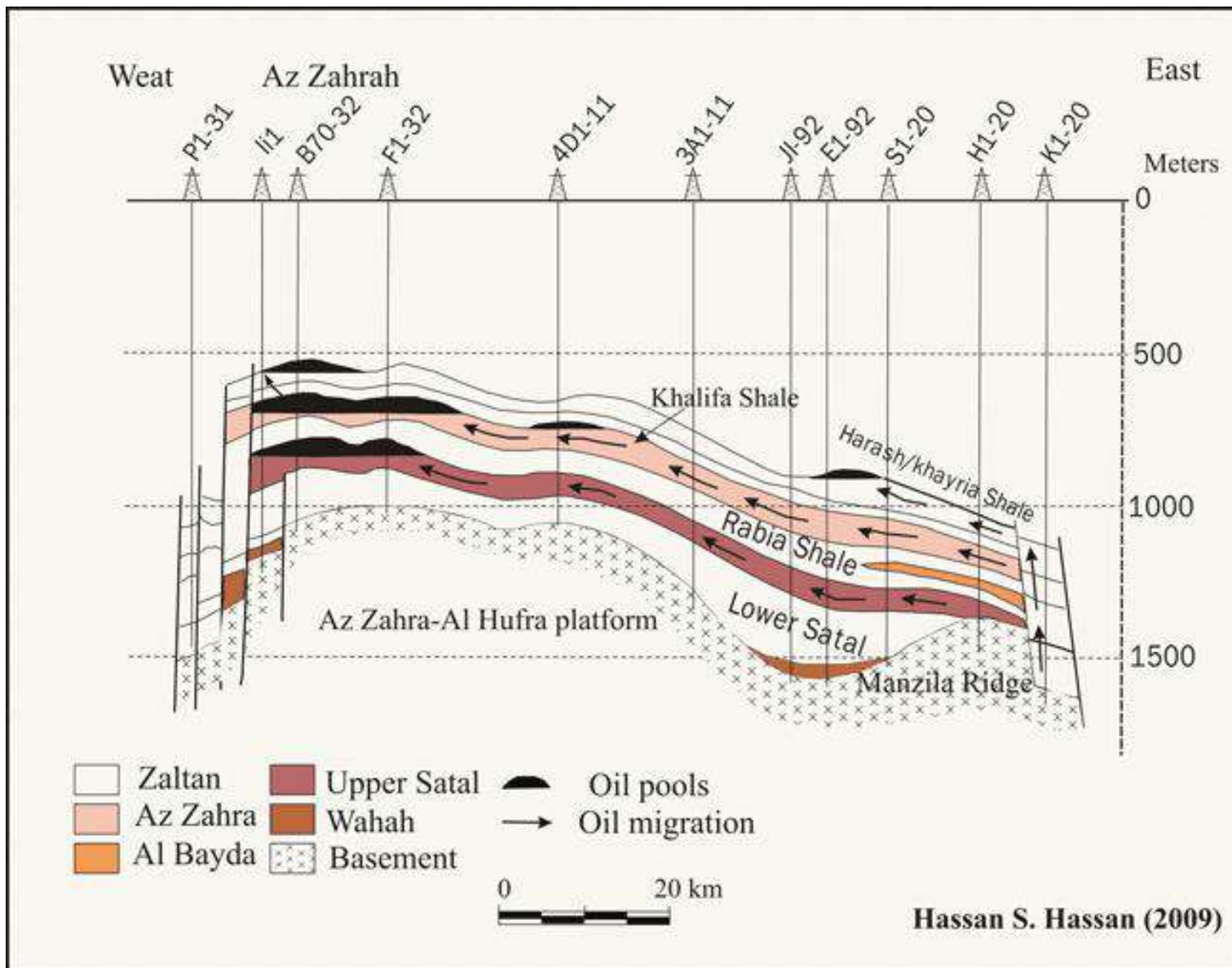


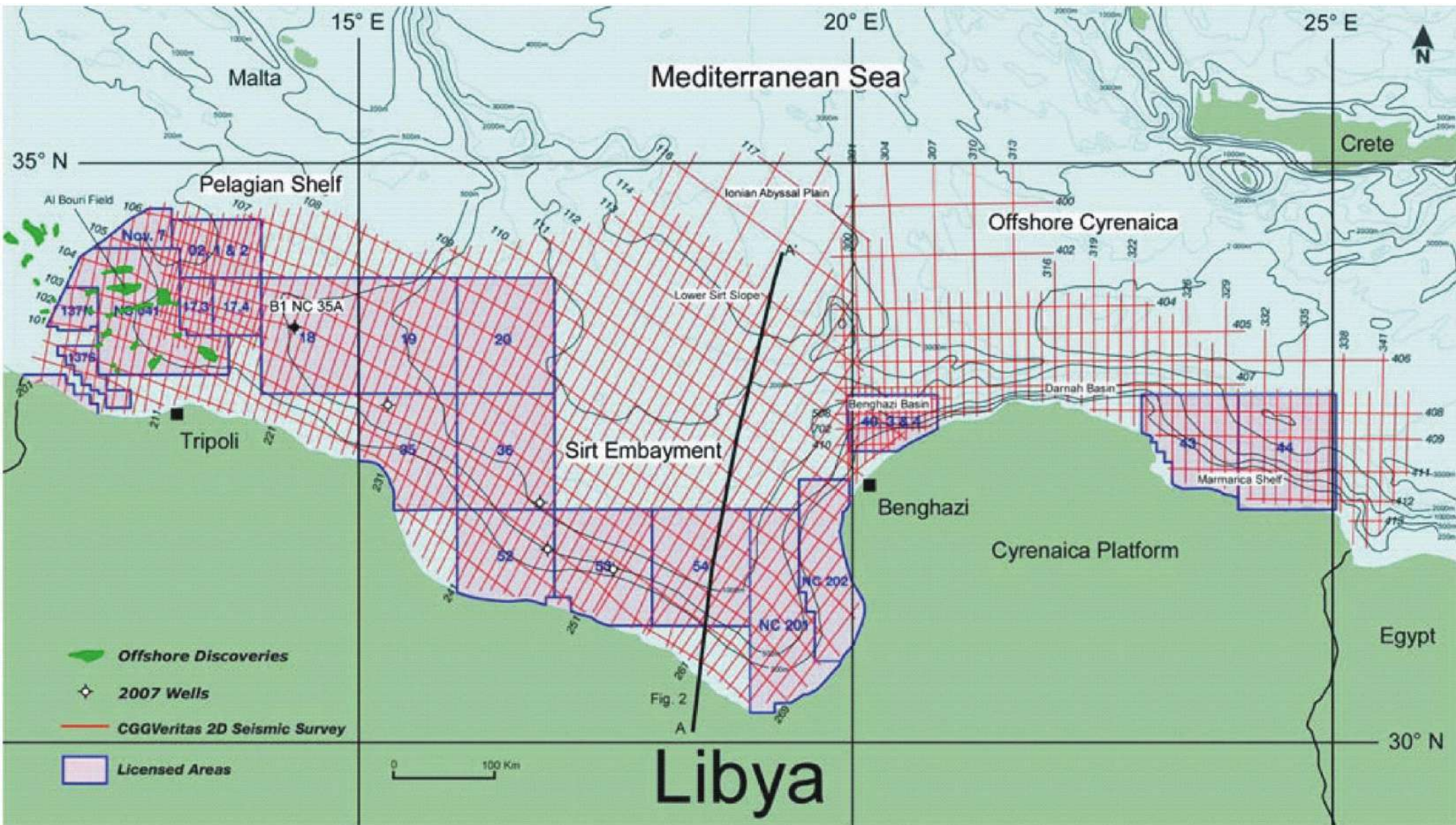
Fig. 12. Well correlation across southern Agedabia Trough incorporating results of Well X. (Compare with pre-drill interpretation in Fig. 7b.)

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии



East-west cross section in central Sirt Basin showing the oil. Migration through faults from eastern Maradah Trough to Paleocene carbonate rocks on Az Zahra - Al Hufrah platform.

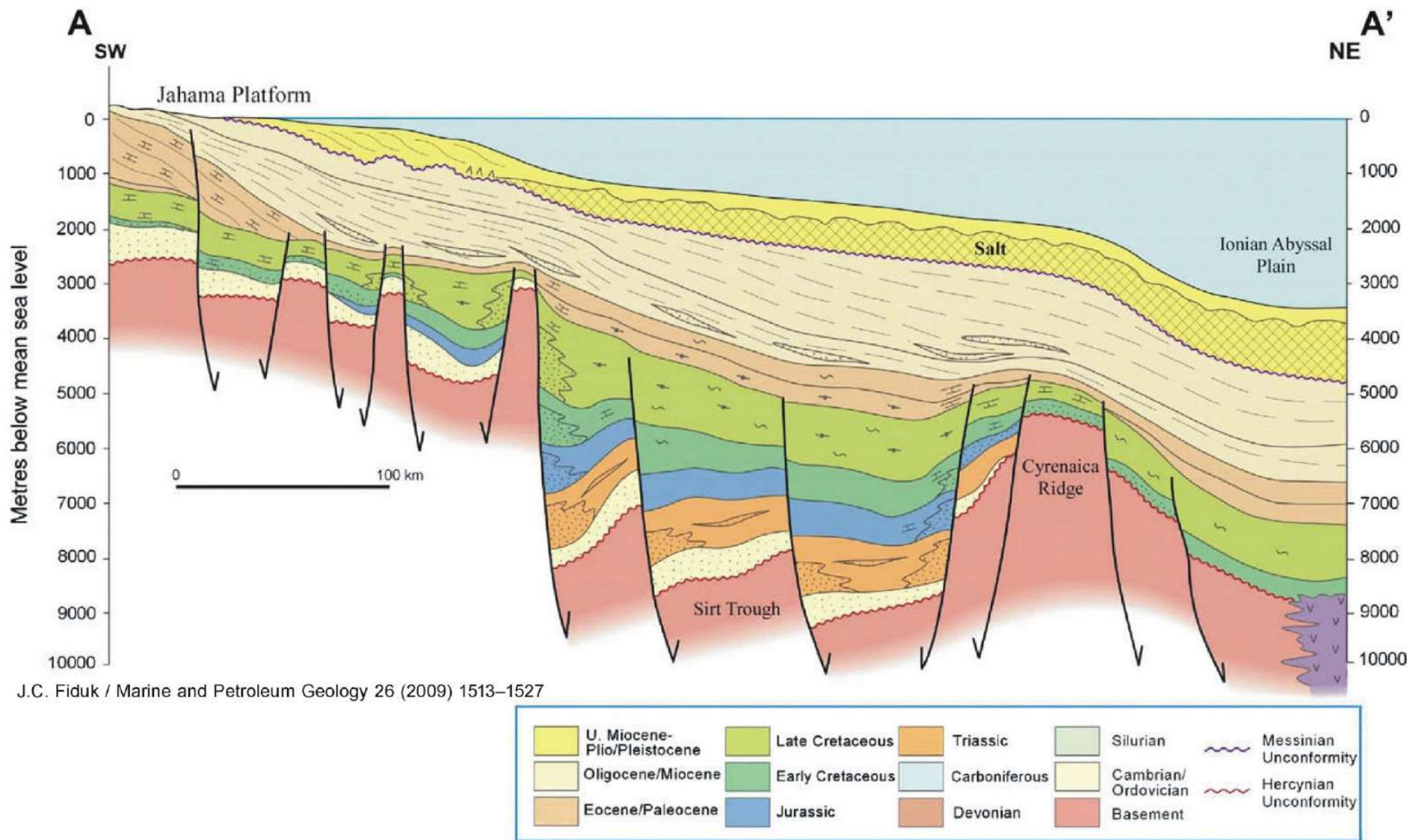
Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии



Base map showing northern Libya and the Mediterranean Sea.

J.C. Fiduk / Marine and Petroleum Geology 26 (2009) 1513–1527

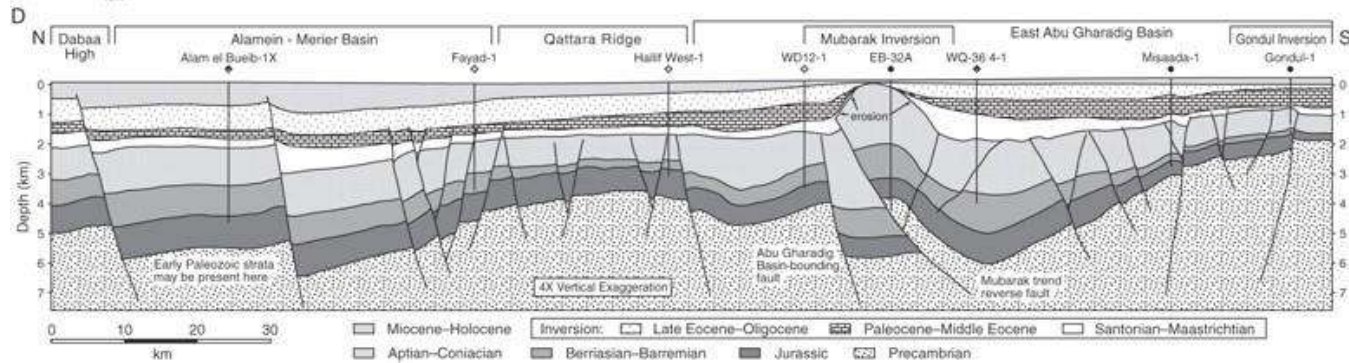
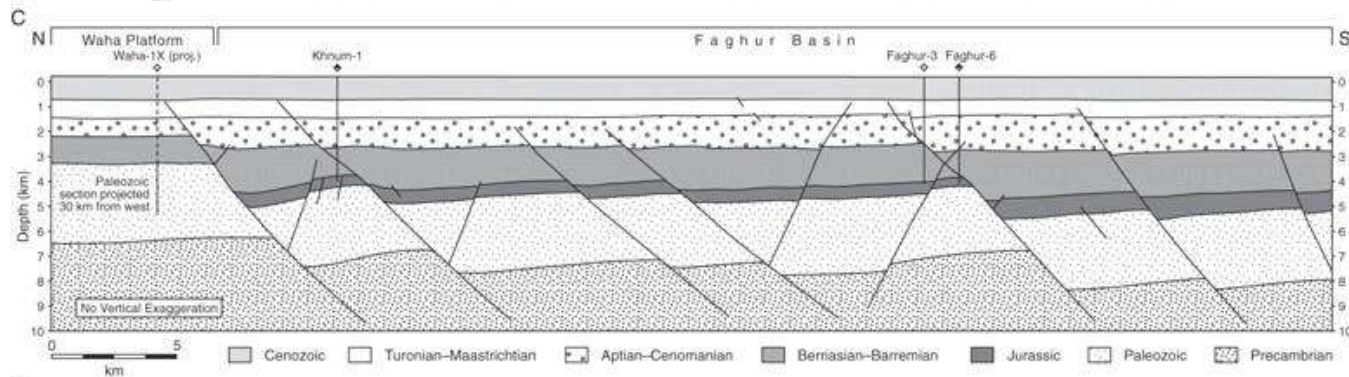
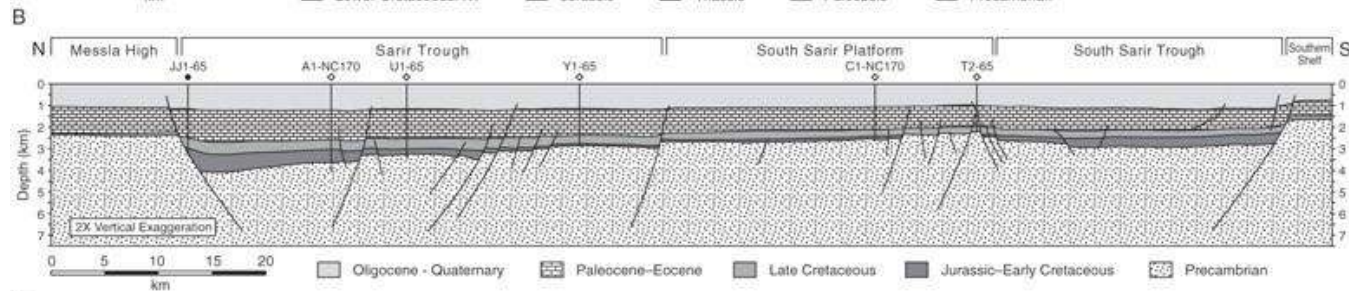
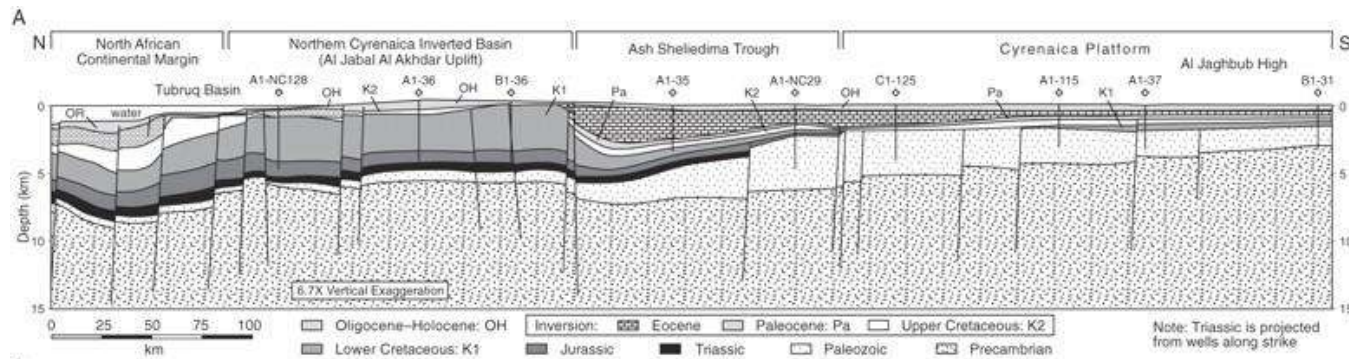
Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии



J.C. Fiduk / Marine and Petroleum Geology 26 (2009) 1513–1527

Fig. 2. Cross-section A–A⁰ is a south to north oriented schematic interpretation drawn across the Sirt Embayment. It shows the progradational character of Cenozoic strata along the Sirt margin and a hypothetical wedge of halite associated with the Messinian section. The existence of the salt wedge was postulated to explain the loss of seismic reflections below the top Messinian unconformity. A wedge of salt, as shown, would be unstable and should show significant deformation.

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии



Jebel Al Akhdar Cyrenaica Southeastern Sirt troughs Al Kufrah Basin Jebel Uweinat

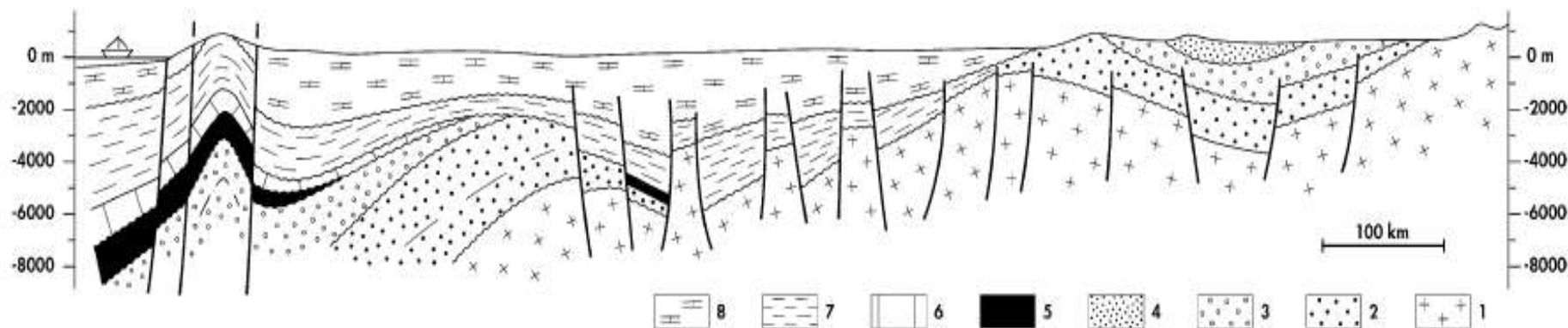


Fig. 7. Schematic geological cross-section along eastern Libya, after Guiraud and Bosworth (1999). Vertical exaggeration $\times 20$. (1) Pan-African basement; (2) Early Paleozoic; (3) Late Paleozoic; (4) undifferentiated Mesozoic; (5) Triassic; (6) Jurassic; (7) Cretaceous; (8) Cenozoic.

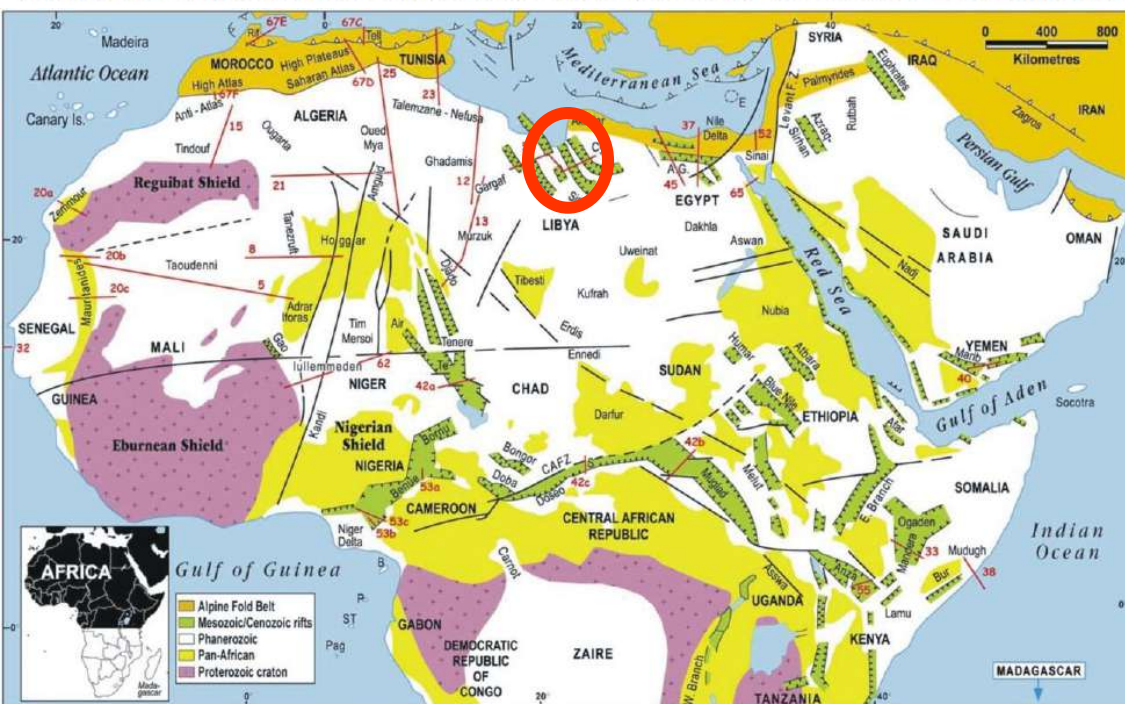


Fig. 8. Schematic geological map of Northern Africa, Central Africa and Arabia

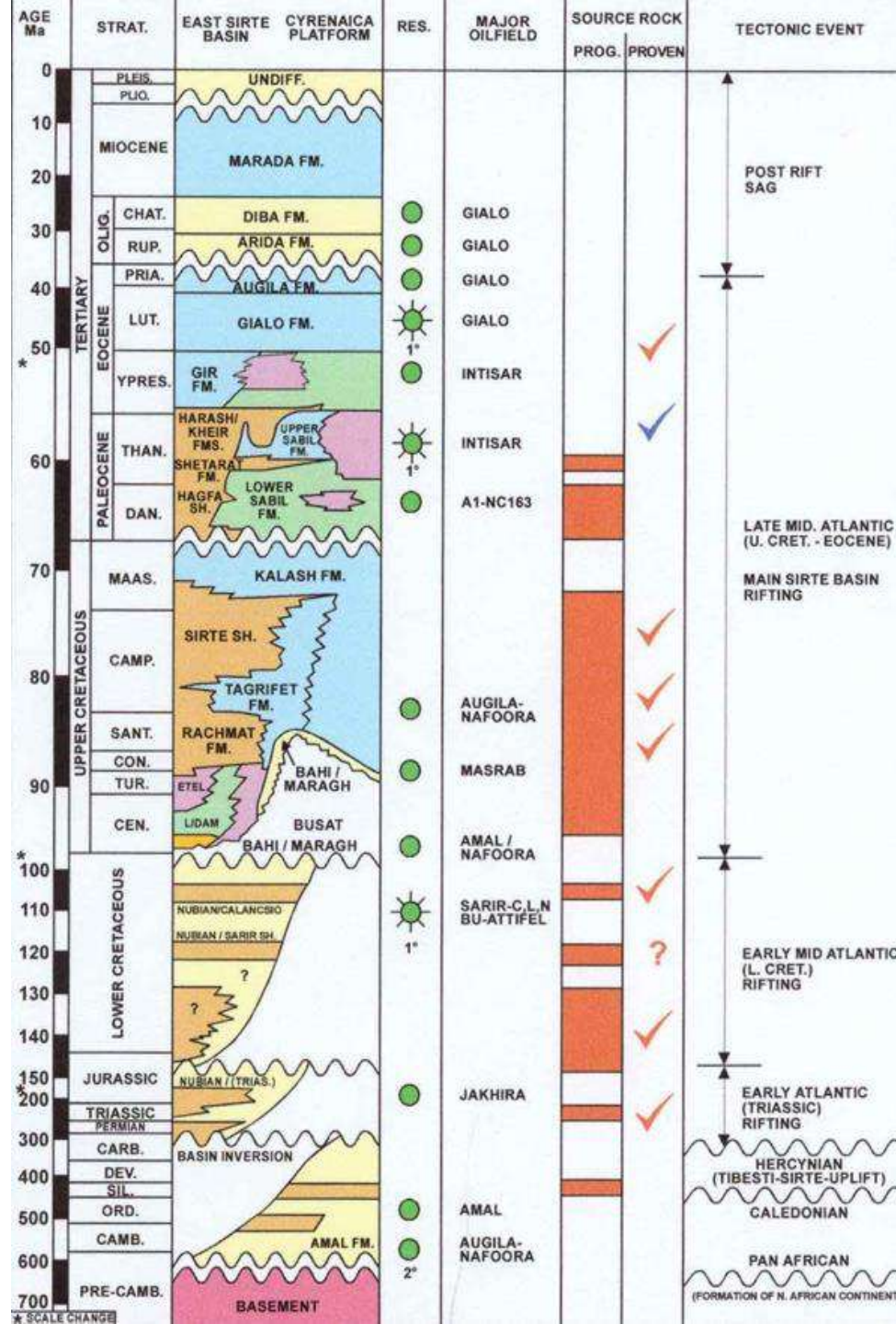
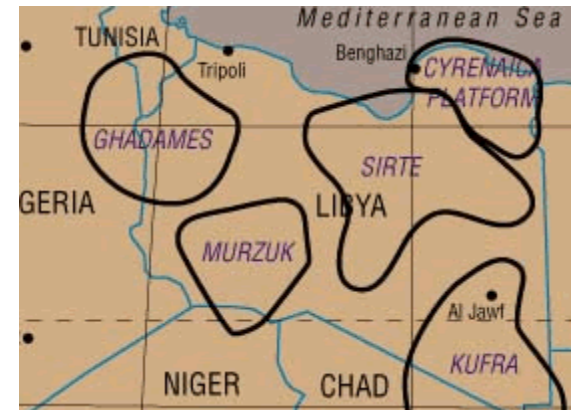
Legend: AG, Abu Gharadig; B, Bioko; CAFZ, Central African Fault Zone; Cyr, Cyrenaica; E, Eratosthenes Seamount; JP, Jos Plateau; P, Principe; Pag, Pagalu; S, Salamat; ST, São Tomé; Te, Termit.

North eastern Libya (referred to as Cyrenaica) is located on the southern margin of Mediterranean Sea and on the northern margin of the African plate. It is divided into two distinctive tectonic provinces.

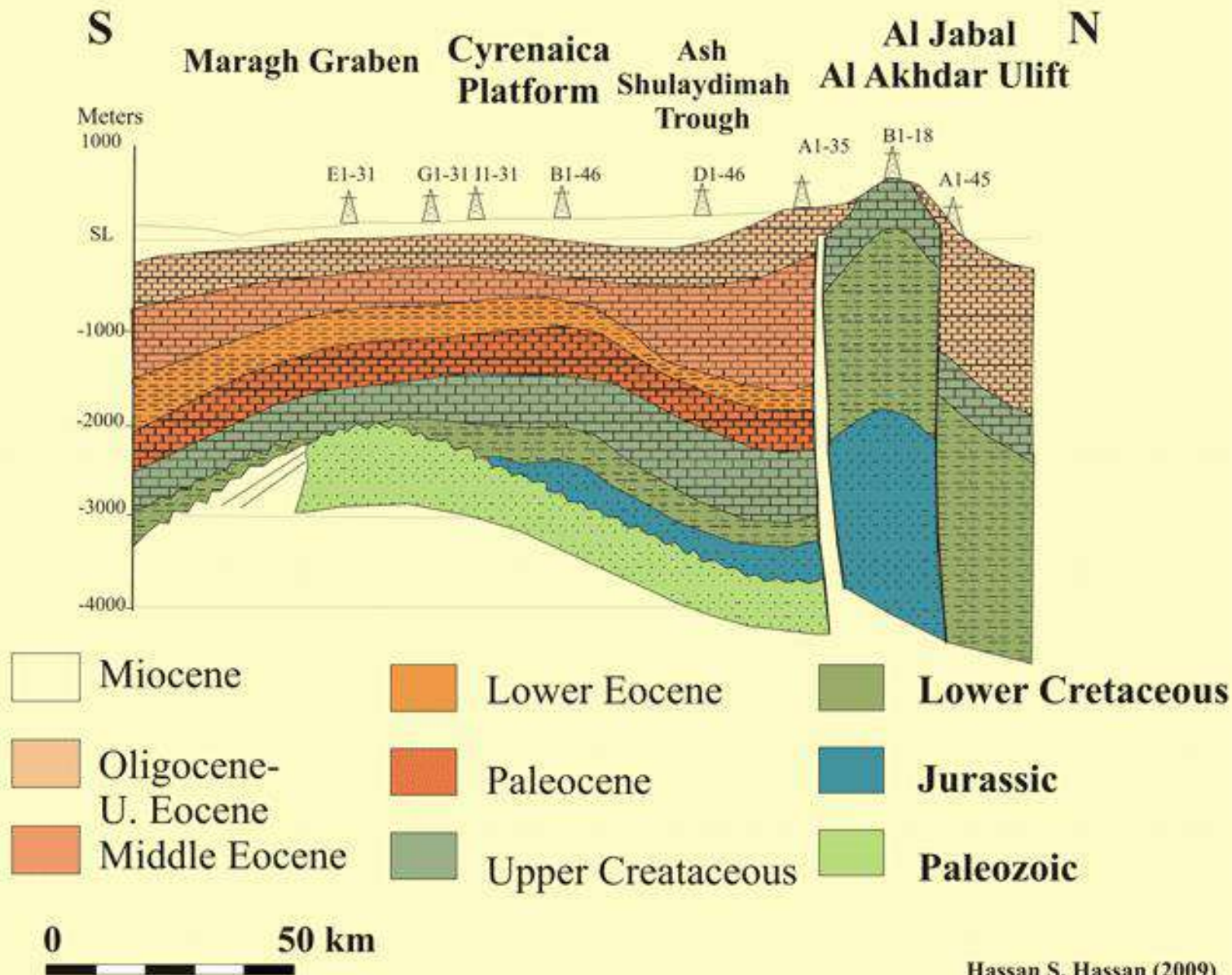
These are the stable Cyrenaica platform to the south and Al Jabal Al Akhdar uplift to the north. The upper Cretaceous and Tertiary rocks of Cyrenaica contain several potential reservoir and seal rocks.

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии

Cyrenaica basin

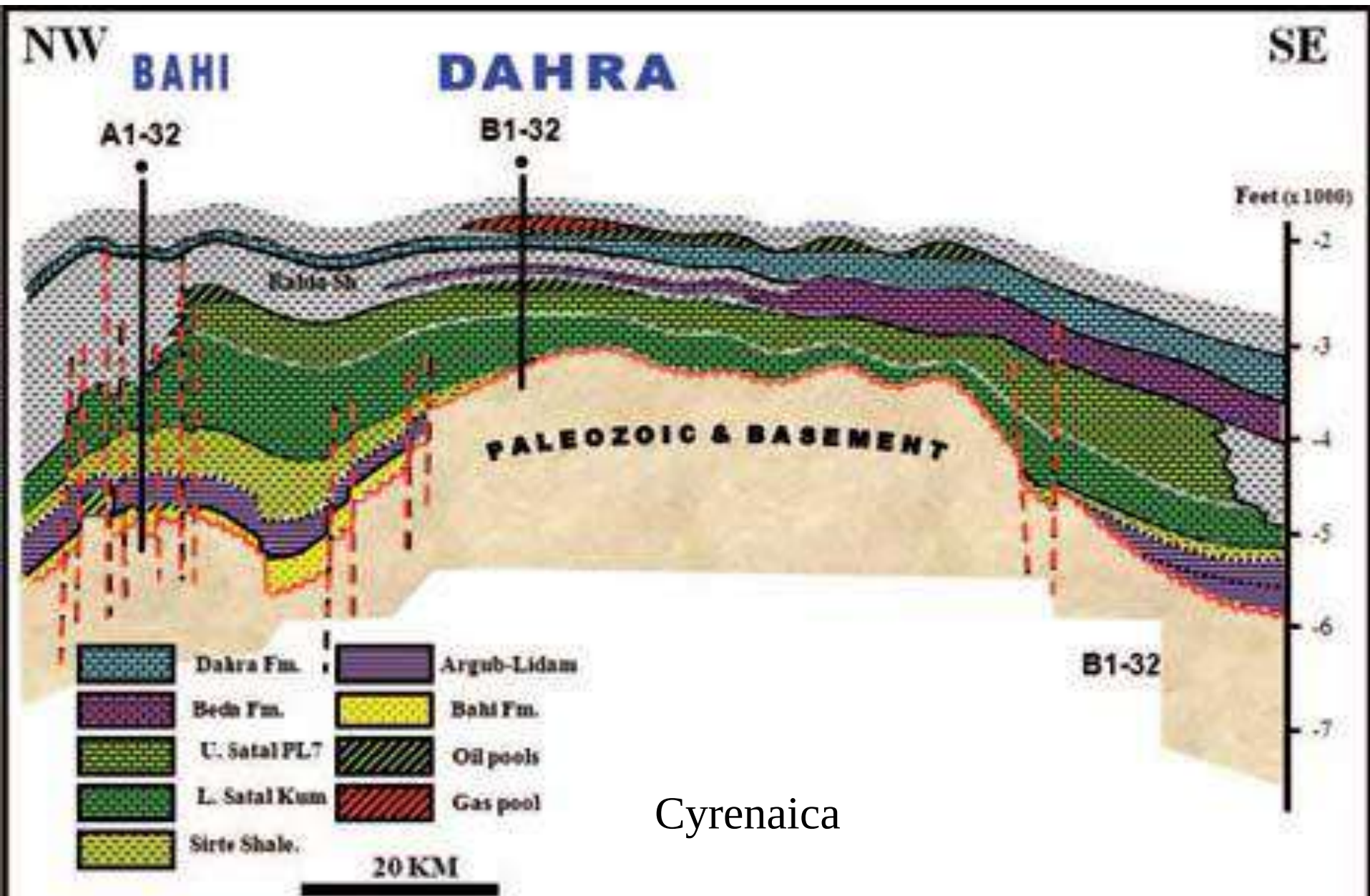


Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии



North-South section of Cyrenaica.

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии

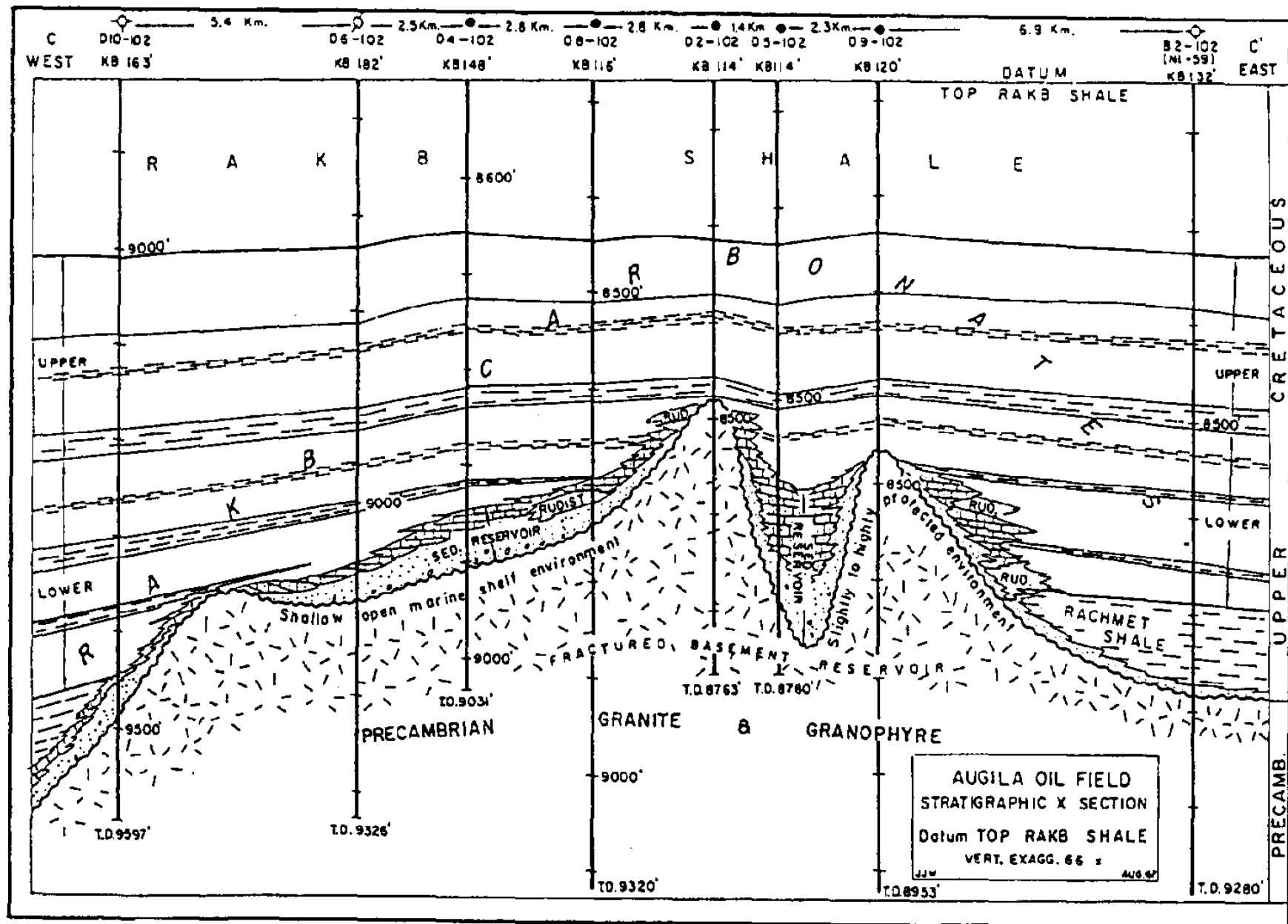


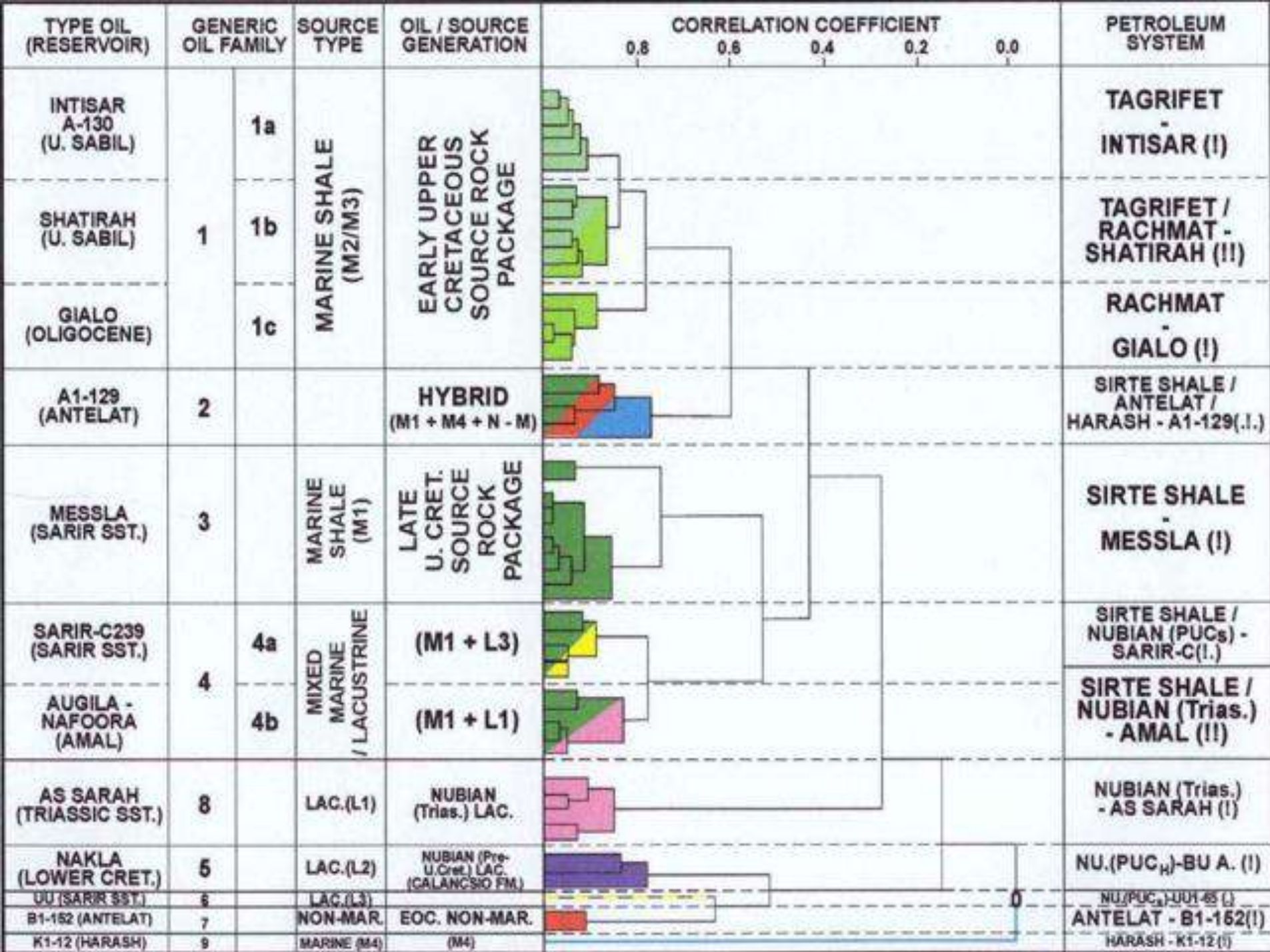
Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии



This figure features a slump structure exposed on the coast of northern Cyrenaica (Al Jabal Al Akhdar). This region has been unstable since the initiation of an inversion of the topography in the Santonian time that uplifted Al Jabal Al Akhdar. This event was undoubtedly responsible for the folding of the Late Cretaceous-Early Tertiary rocks of northern Cyrenaica. The presence of contorted beddings in the figure matches that seen in more than two horizons of Al Athrun Formation. The structures above are characteristic of a gravity induced soft sediment slump, probably in a slope setting, suggesting a continuation of tectonic activity during Campanian time. [Hassan Salem Hassan](#) provides the scale.

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии



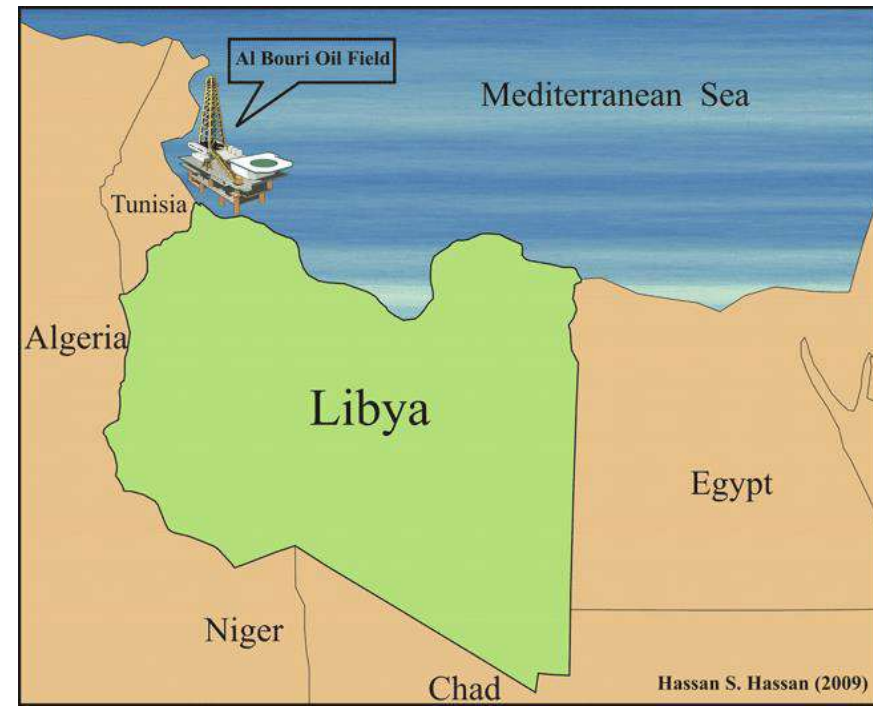


Age		Formation	
Miocene		Tubtah	Sidi Bannour
		Bir Sharuf	
		Al Mayah	
Oligocene		Dirbal	Ras Abdjalil
Eocene	Upper	Telil Group	Samdium Harshah
	Middle		Ghalil
	Lower	Farwah Group	Jdeir
			Hallab
			Bilal
Paleocene		Ehduz	Aljurf
Upper Cretaceous	Maastrichtian		
	Campanian	Buisa	Sirt
	Santonian	Jamil	
	Coniacian	Makhabaz	Argub
	Turonian	Annaba Bahloul	Rachmat Lidam
	Cenomanian	Alagah	
Albian		Masid	
Aptian		Turghat	
Barremian-Neocomian		Kiklah	
 Hydrocarbon source		Hassan S. Hassan (2009)	
 Reservoir rocks			

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии

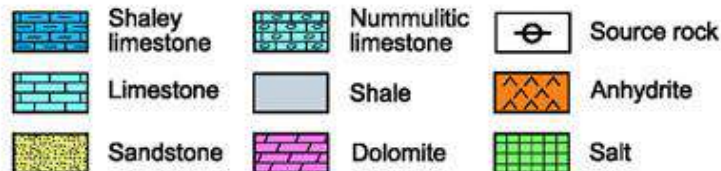
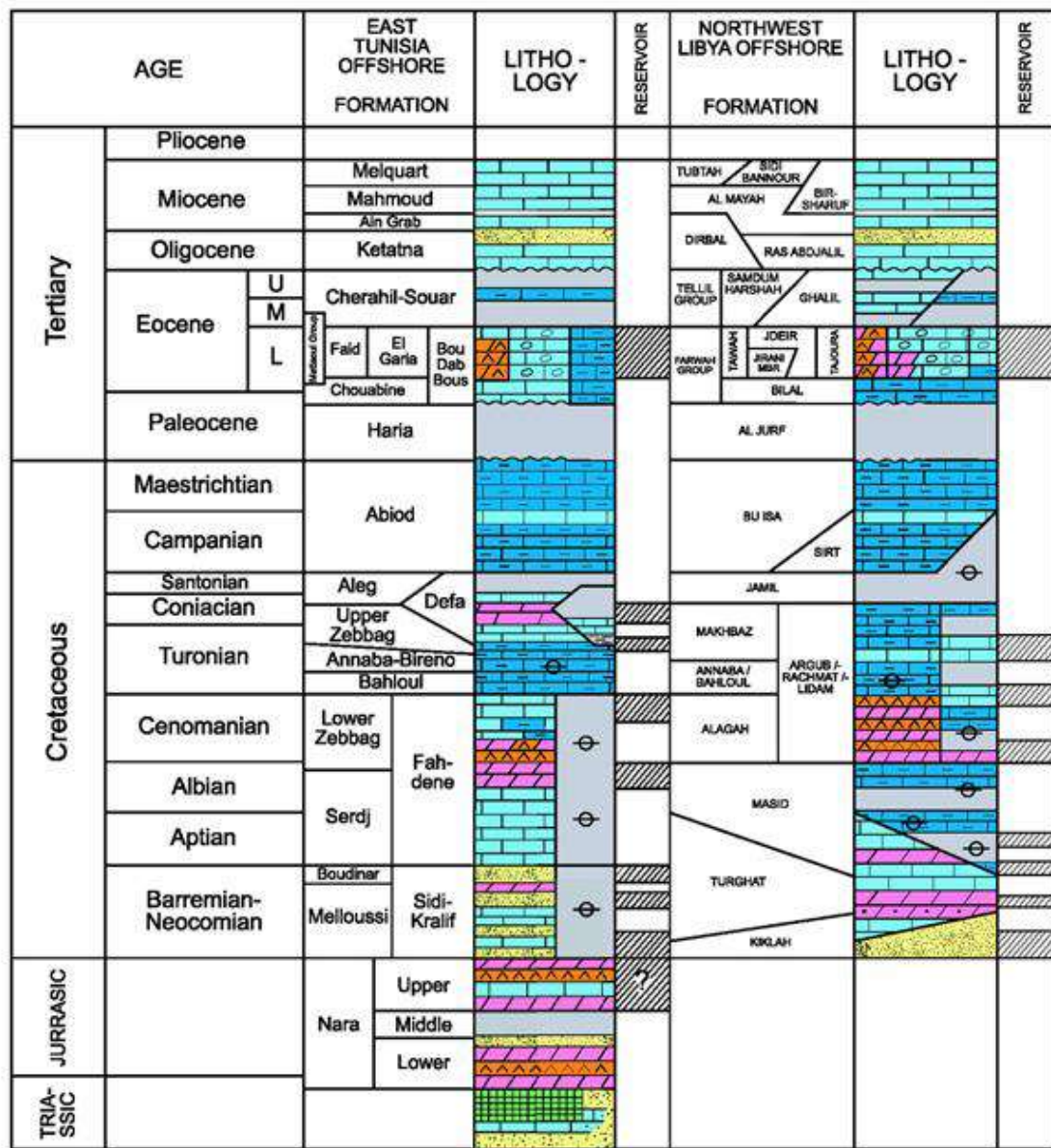
Stratigraphic section of Offshore NW Libya.

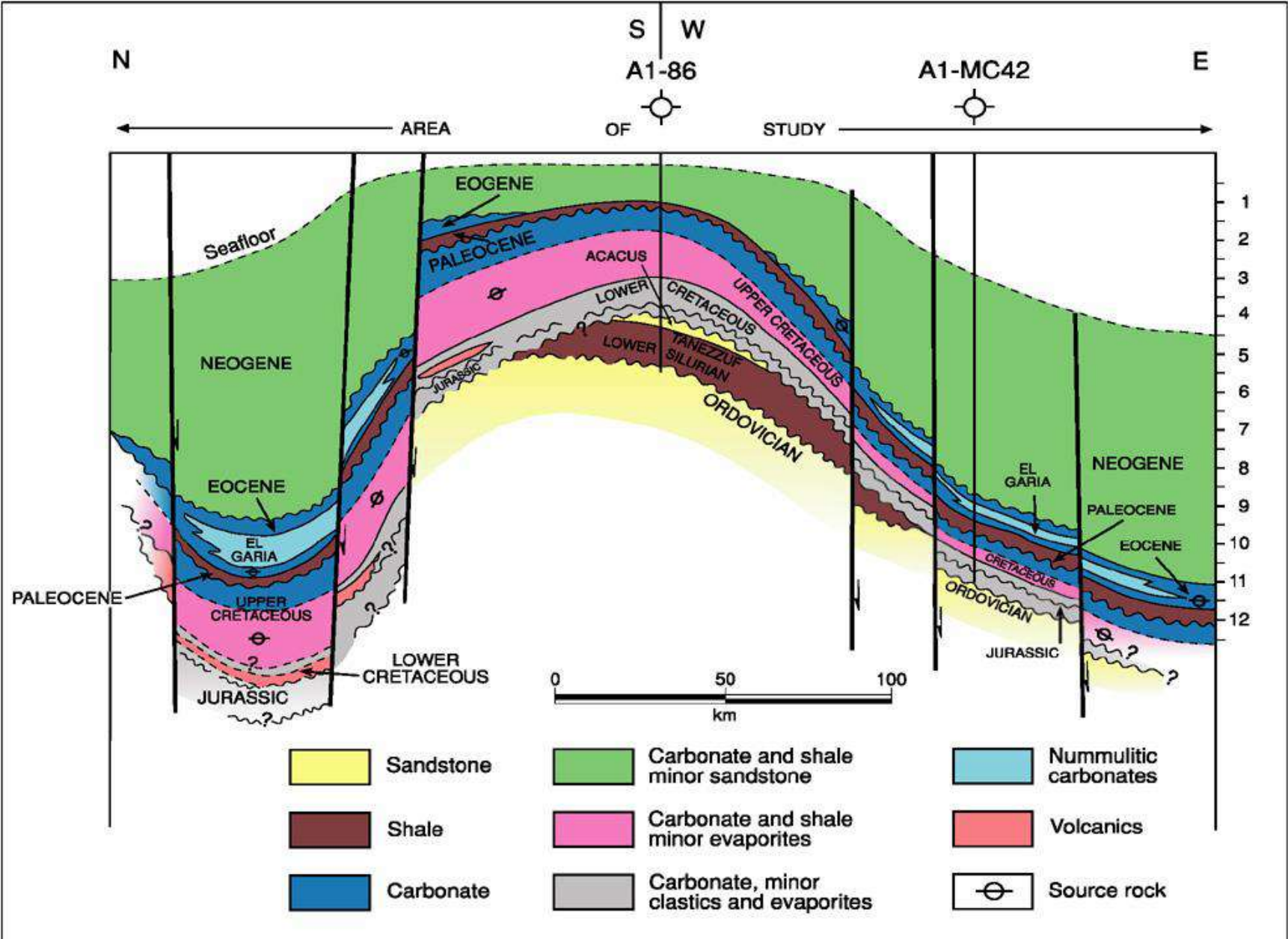
Contains the El Bouri oil field is the largest giant oil field discovered (1976) so far in the Mediterranean Sea in Lower Eocene Jdeir Formation. The trapping styles in the basin are mainly stratigraphic buildup and minor faulted structures.



Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии

Stratigraphic correlation chart of formations and generalized lithologies of northwest offshore Libya and south offshore Tunisia.





Diagrammatic north-south and west-east structural cross section of the Tripolitania Basin

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии

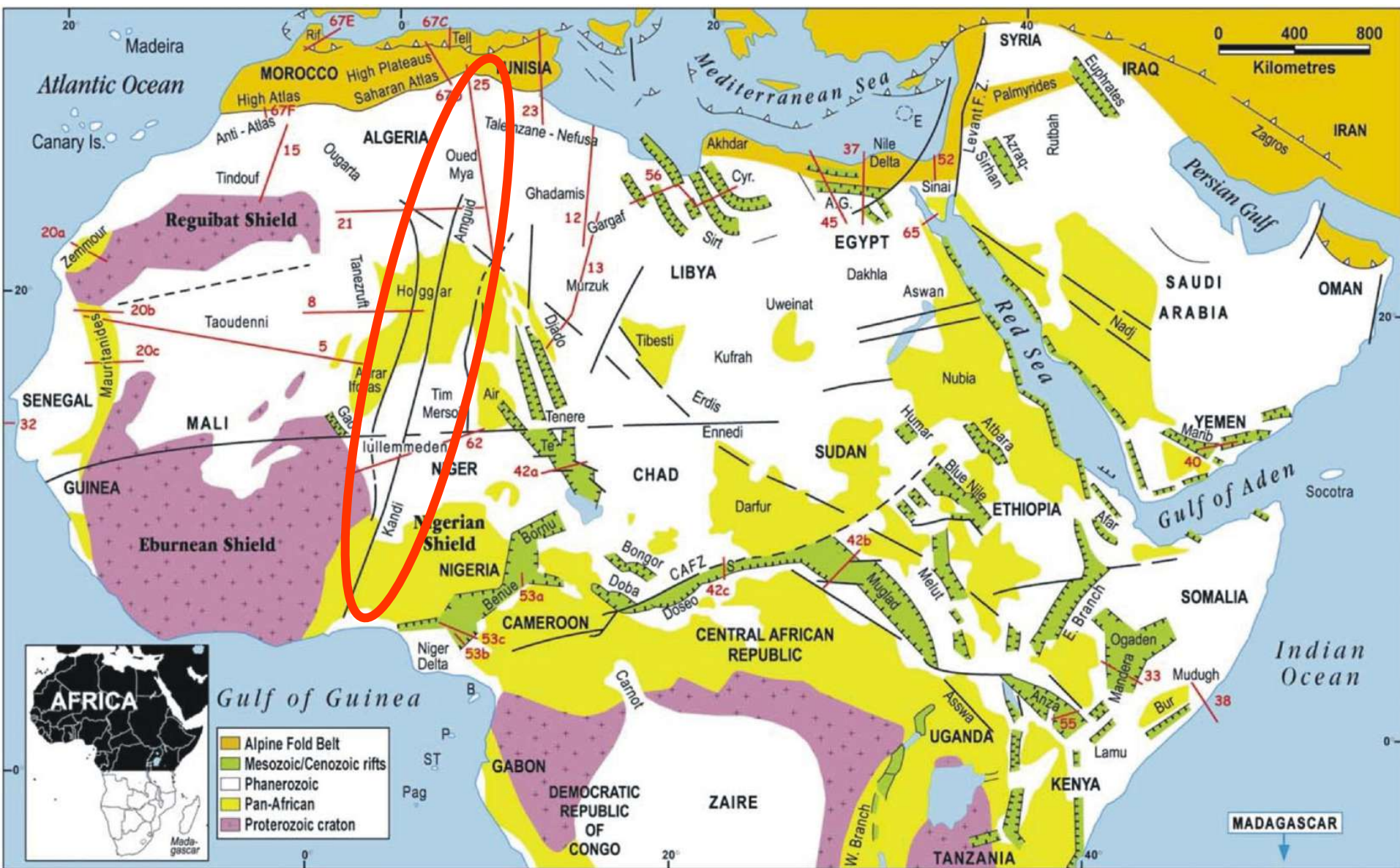


Fig. Schematic geological map of Northern Africa, Central Africa and Arabia

Legend: AG, Abu Gharadig; B, Bioko; CAFZ, Central African Fault Zone; Cyr, Cyrenaica; E, Eratosthenes Seamount; JP, Jos Plateau; P, Principe; Pag, Pagalu; S, Salamat; ST, São Tomé; Te, Termit.

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии

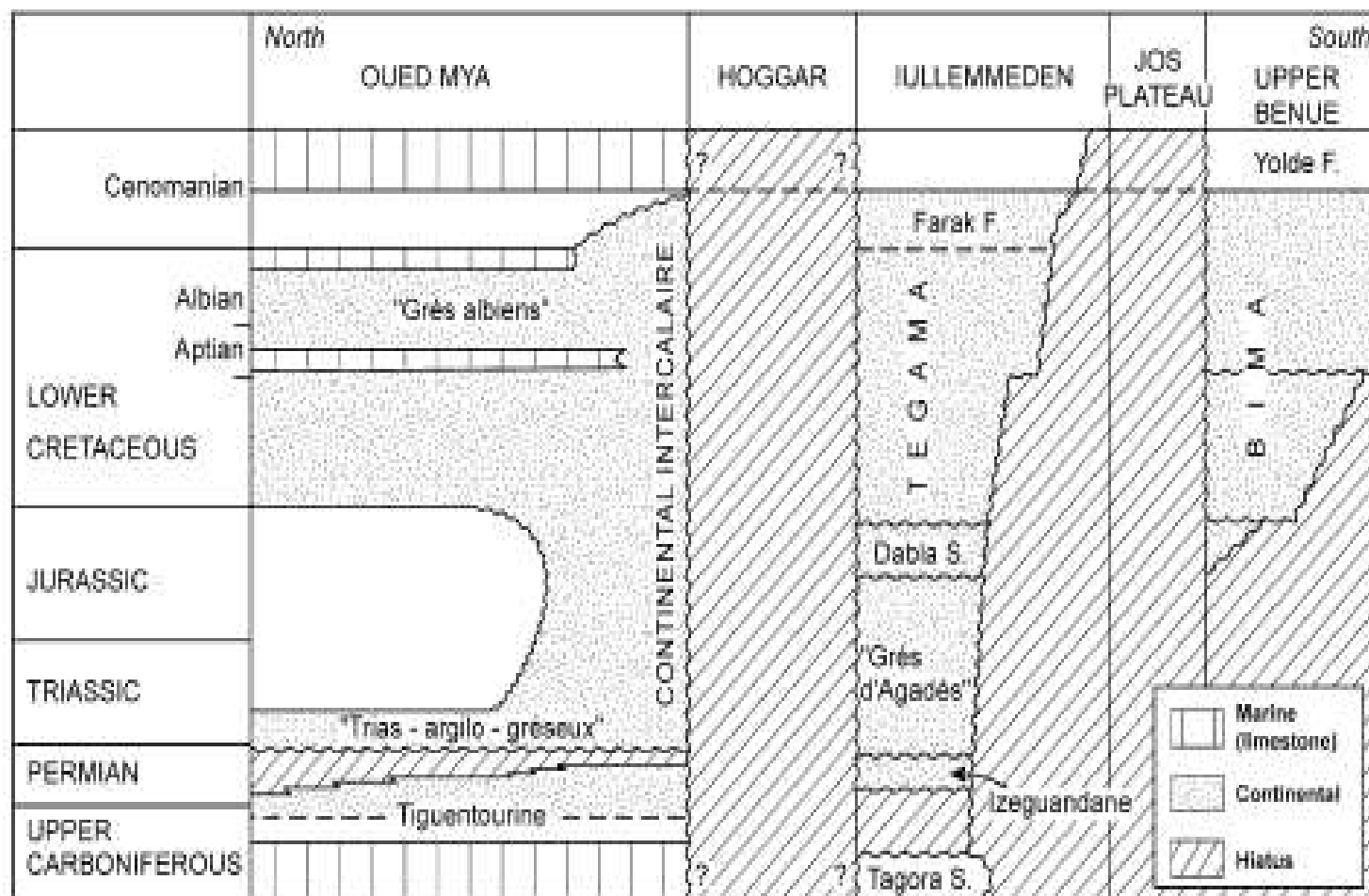


Fig. 18. Correlations of selected series of the "Continental intercalaire" from southern Algeria to the Benue Trough, slightly modified from Lefranc and Guiraud (1990).

SOUTHERN EGYPTIAN PLATFORM

SOUTH

Nubian Sandstone

Feet

5,000

10,000

15,000

0 100 200 KMS

*Лекция 7.
Секвенции
мезо-
кайнозоя
НГБ Ливии*

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии

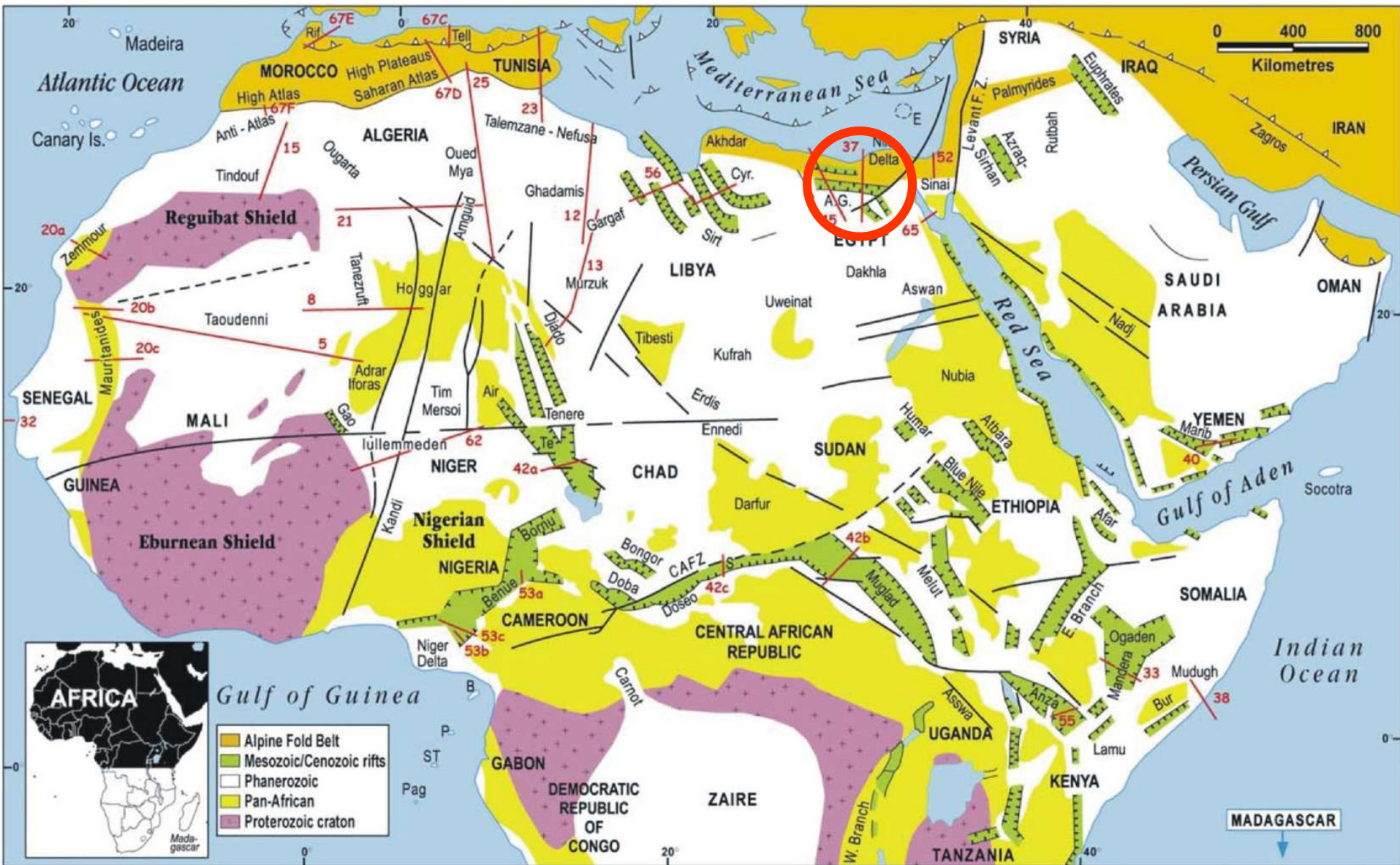


Fig . Schematic geological map of Northern Africa, Central Africa and Arabia

Legend: AG, Abu Gharadig; B, Bioko; CAFZ, Central African Fault Zone; Cyr, Cyrenaica; E, Eratosthenes Seamount; JP, Jos Plateau; P, Principe; Pag, Pagalu; S, Salamat; ST, São Tomé; Te, Termit.

WEST DESERT, EGYPT

Лекция 7. Секвенции мезо-кайнозоя НГБ Ливии

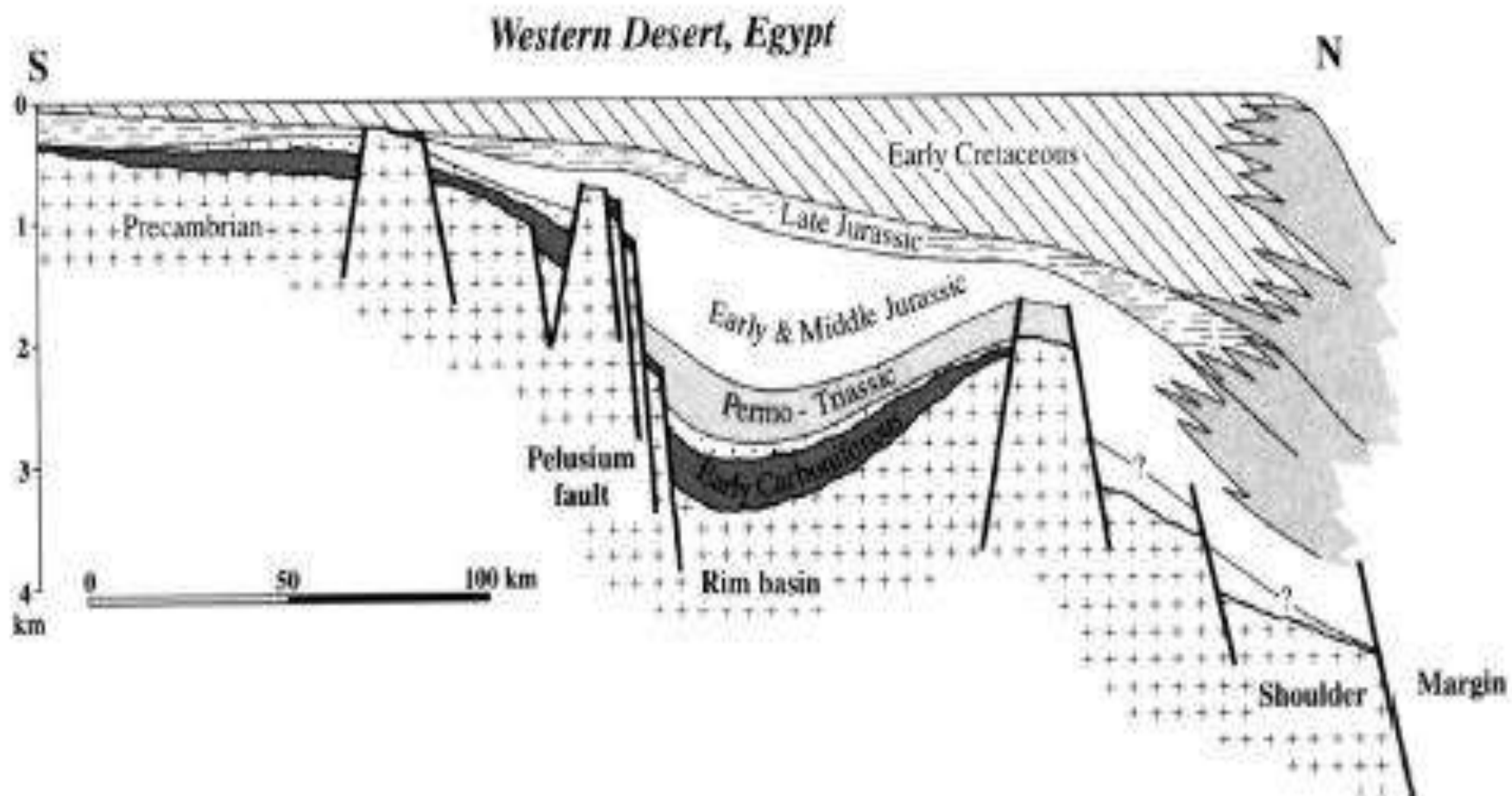


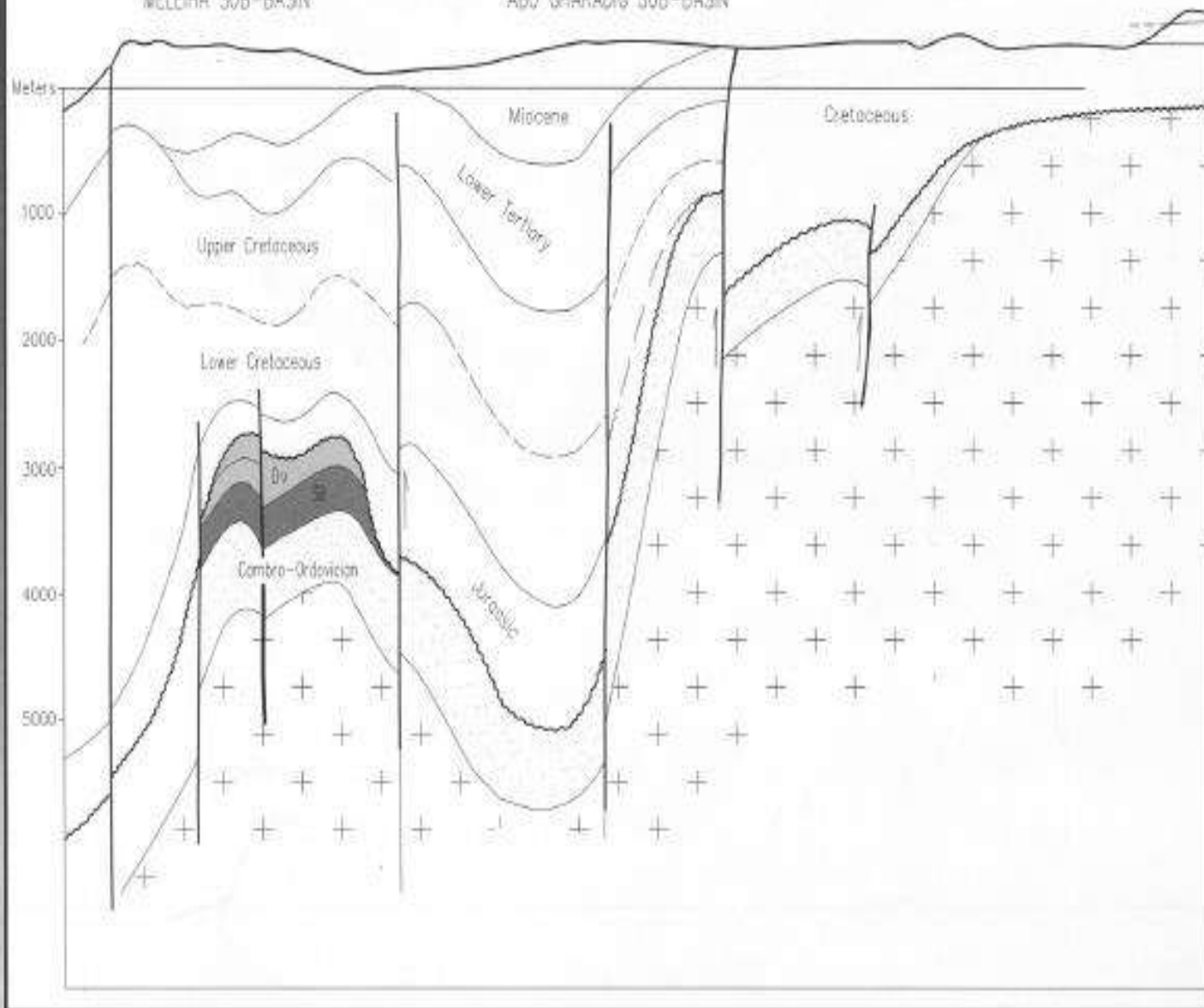
Fig. 37. Early Cretaceous palinspastic cross-section of the Western Desert margin in Egypt, after Stampfli et al. (2001).

NORTH

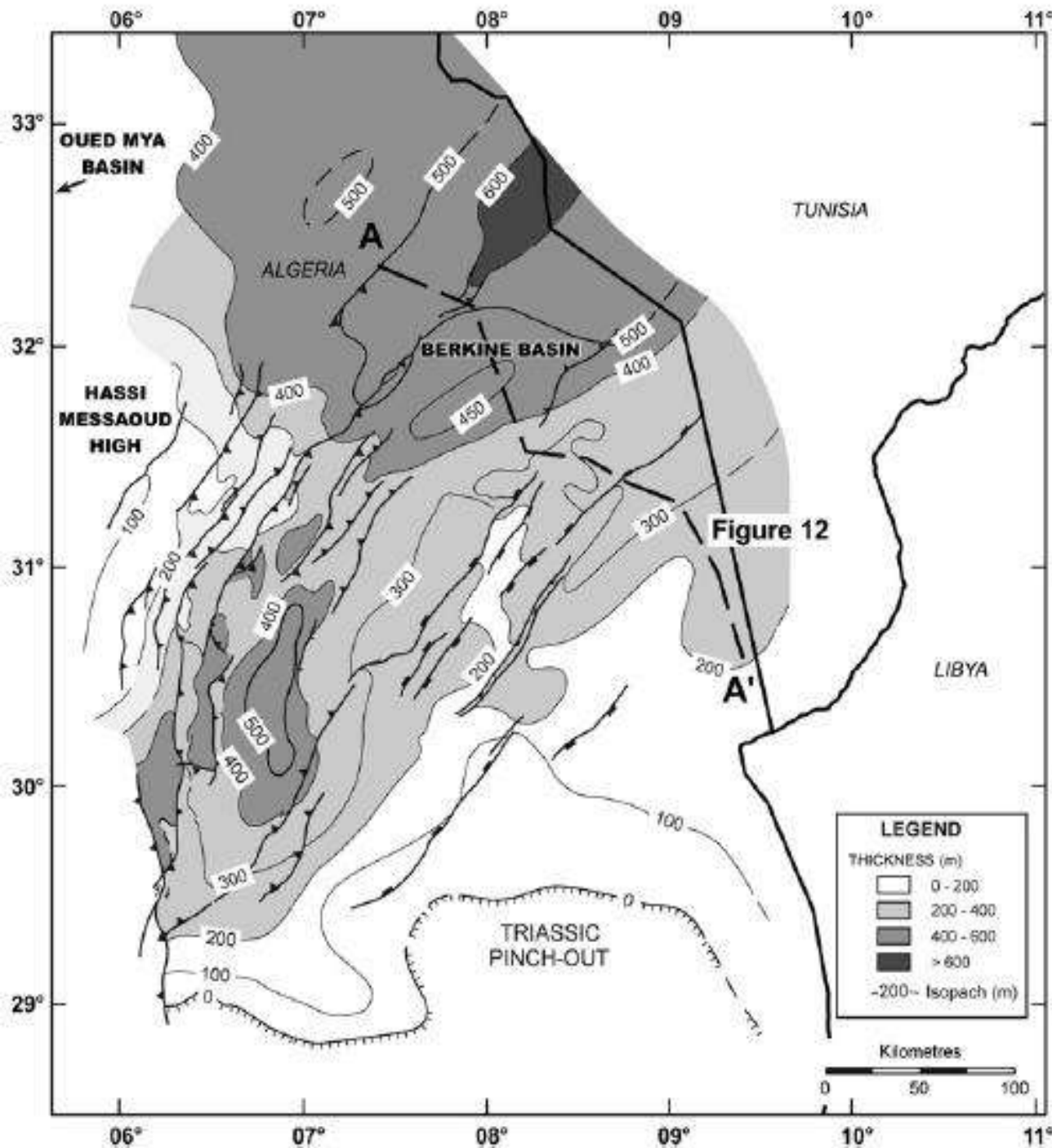
WESTERN DESERT BASIN

MELEHA SUB-BASIN

ABU GHARADIG SUB-BASIN



Лекция 7.
Секвенции
мезо-кайнозоя
НГБ Ливии

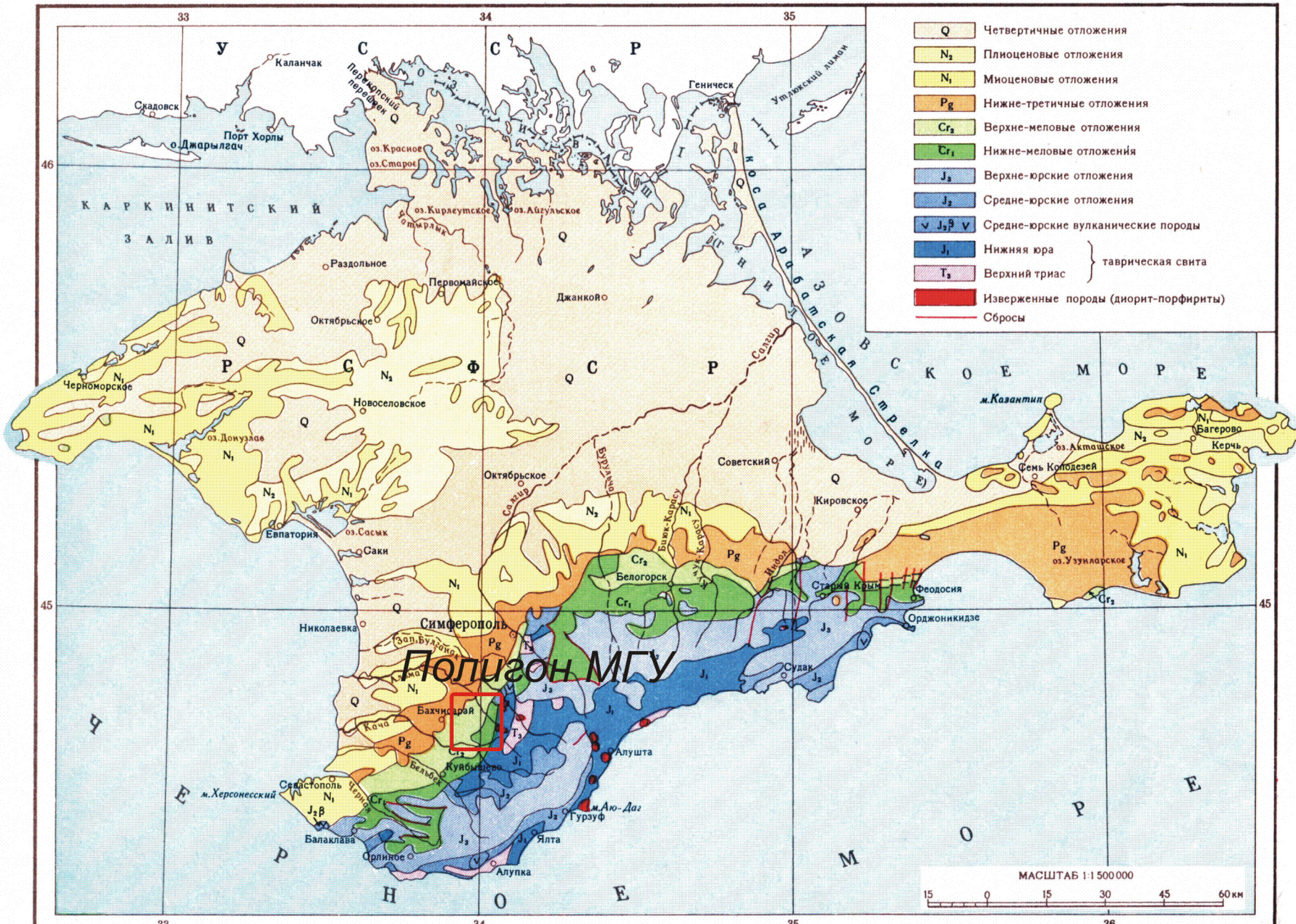


Triassic isopach map showing the development of the Triassic extensional basin in the Berkine area. Regional extensional deformation produced transtensional reactivation of the Amguid–El Biod fault trend, evidenced by numerous pull-apart troughs. All Triassic faults are thought to have had a normal vertical displacement. The overall structural pattern suggests a sinistral horizontal displacement along some of the major faults of the Amguid–El Biod fault trend. Block symbols refer to present day vertical displacement and evidence the transpressional reactivation of faults along the Amguid–El Biod trend

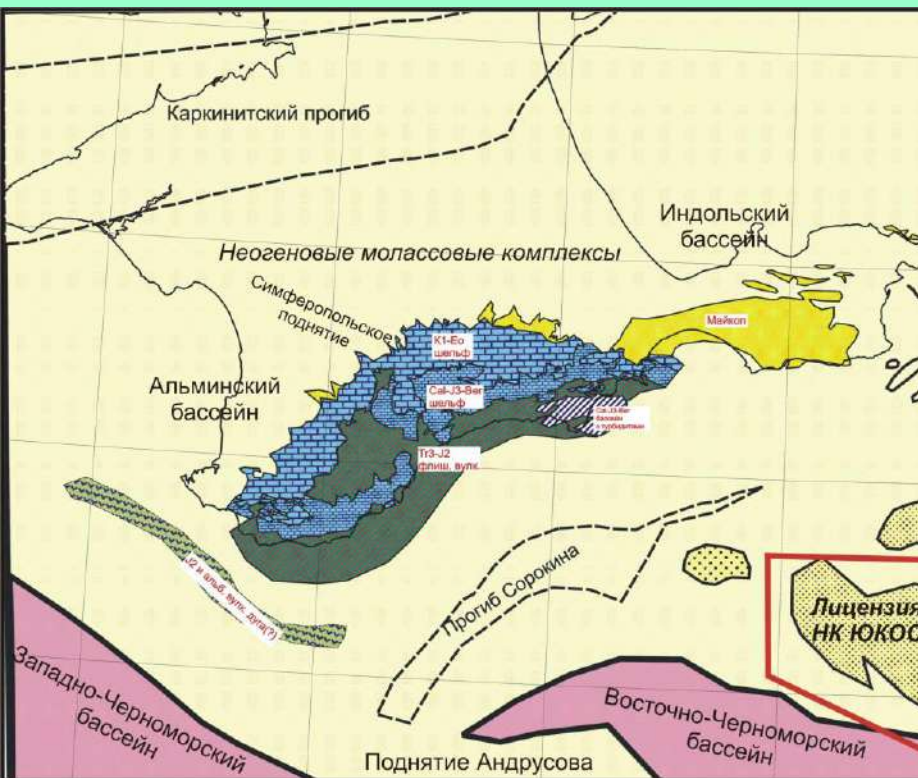
Лекция 9. Карбонатные коллекторы-риффы Черноморско-Каспийского региона

Геологическая карта Крыма

Рисунок 1



Лекция 9. Карбонатные коллекторы-риффы Черноморско-Каспийского региона

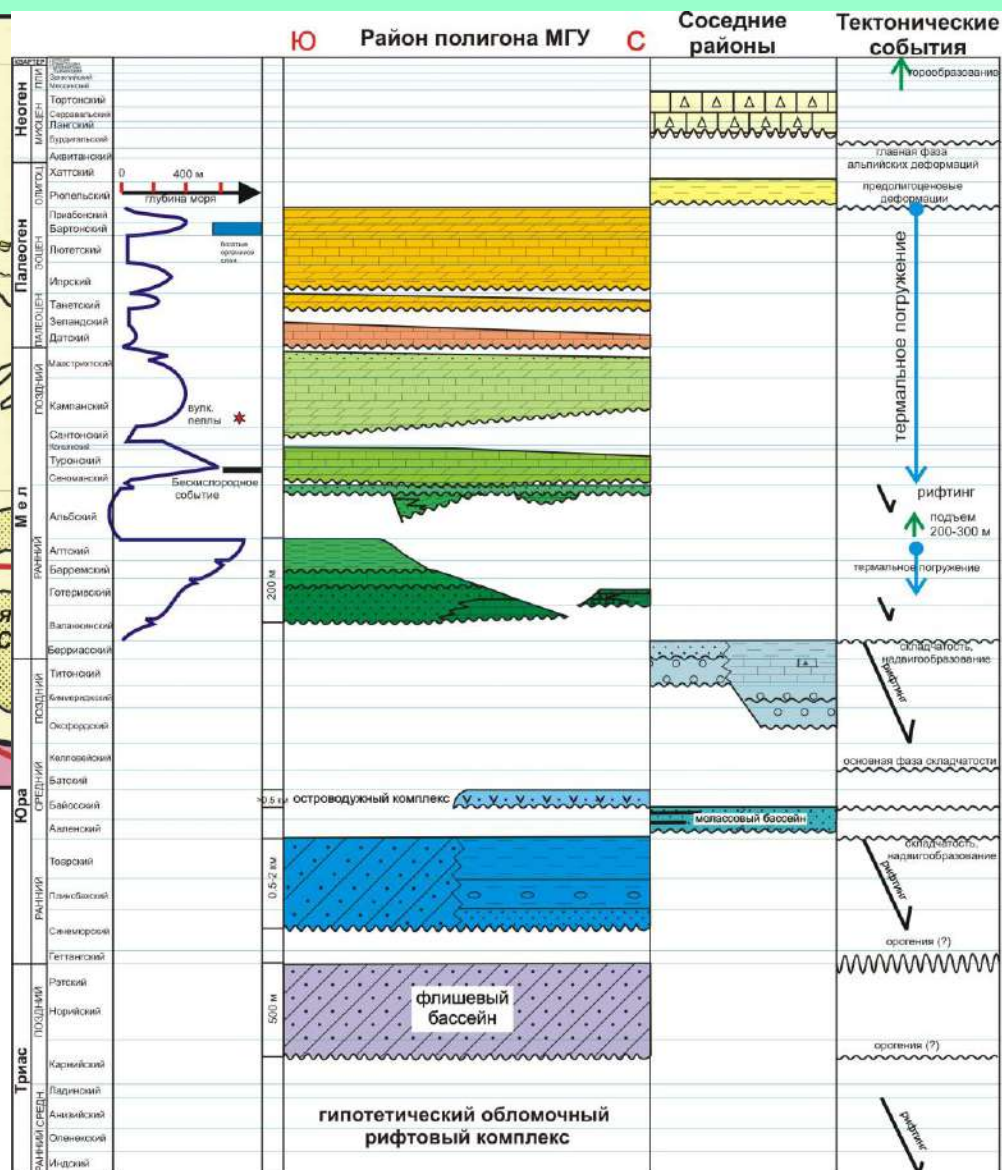


Горный Крым

-  Т3-Ј2 флиш, сланцы,
песчаники, вулканиты
- Орогенія**
-  Келловей-Ј3-берриаский
глубоководный комплекс
с турбидитами
-  Келловей-Ј3-берриаский
шельфовый комплекс с
карбонатной платформой
- Орогенія**
-  К1-зооновый
шельфовый комплекс

-  J2 и альбская
вулканическая дуга (?)

Тектоническая схема Крымского региона



Геологическая история Крымского региона

Лекция 9. Карбонатные коллекторы-риффы Черноморско-Каспийского региона

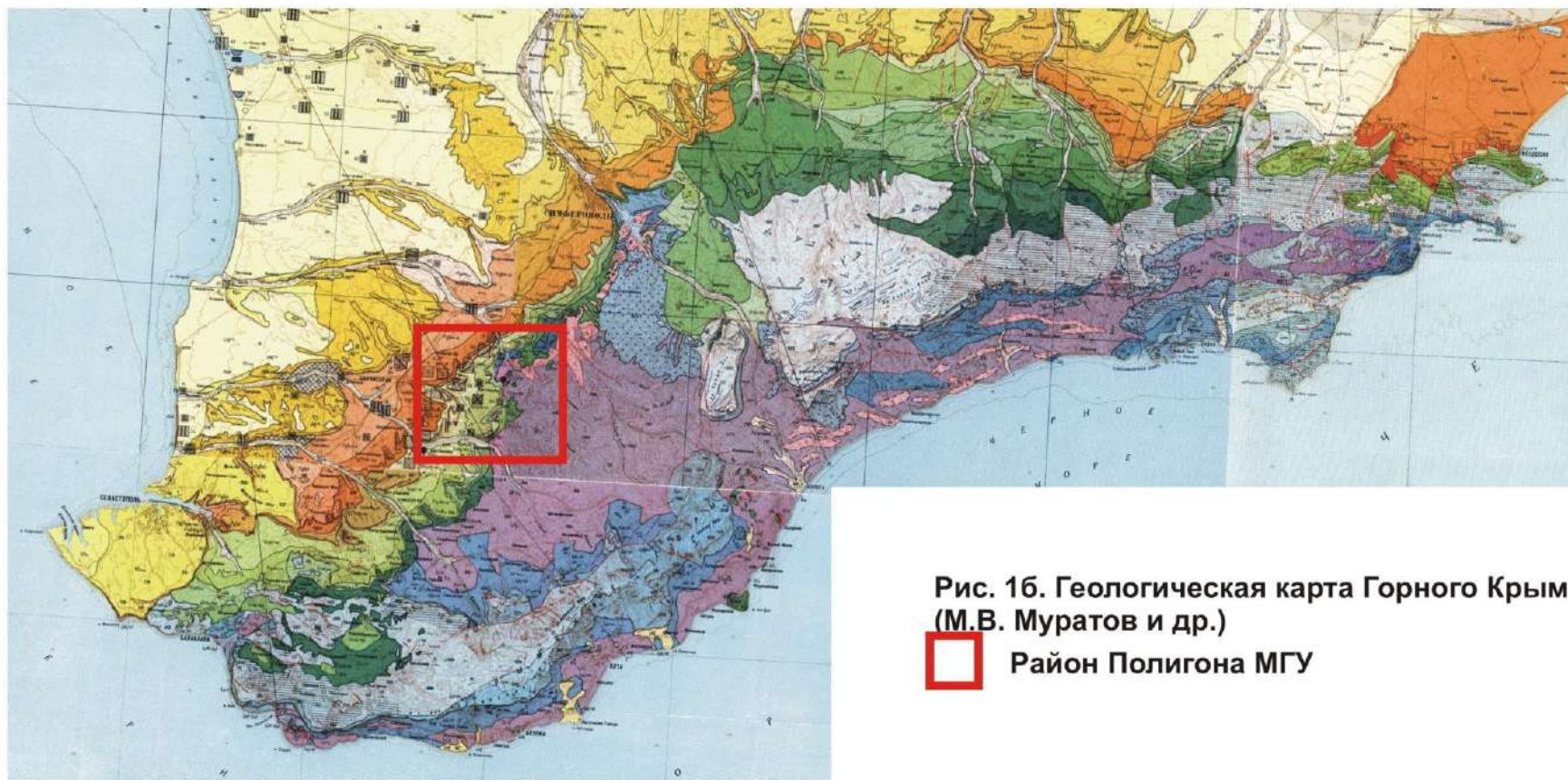


Рис. 16. Геологическая карта Горного Крыма
(М.В. Муратов и др.)

 Район Полигона МГУ

В Бахчисарайском районе выделяются три основных структурных единицы: складчатый комплекс (триас-верхняя юра), комплекс чехла (мел-эоцен) и синорогенный альпийский комплекс (приподнятый эрозионный рельеф и синорогенные осадки олигоцена-квартера). Внутри основных единиц, в свою очередь, выделяются несогласия разных масштабов

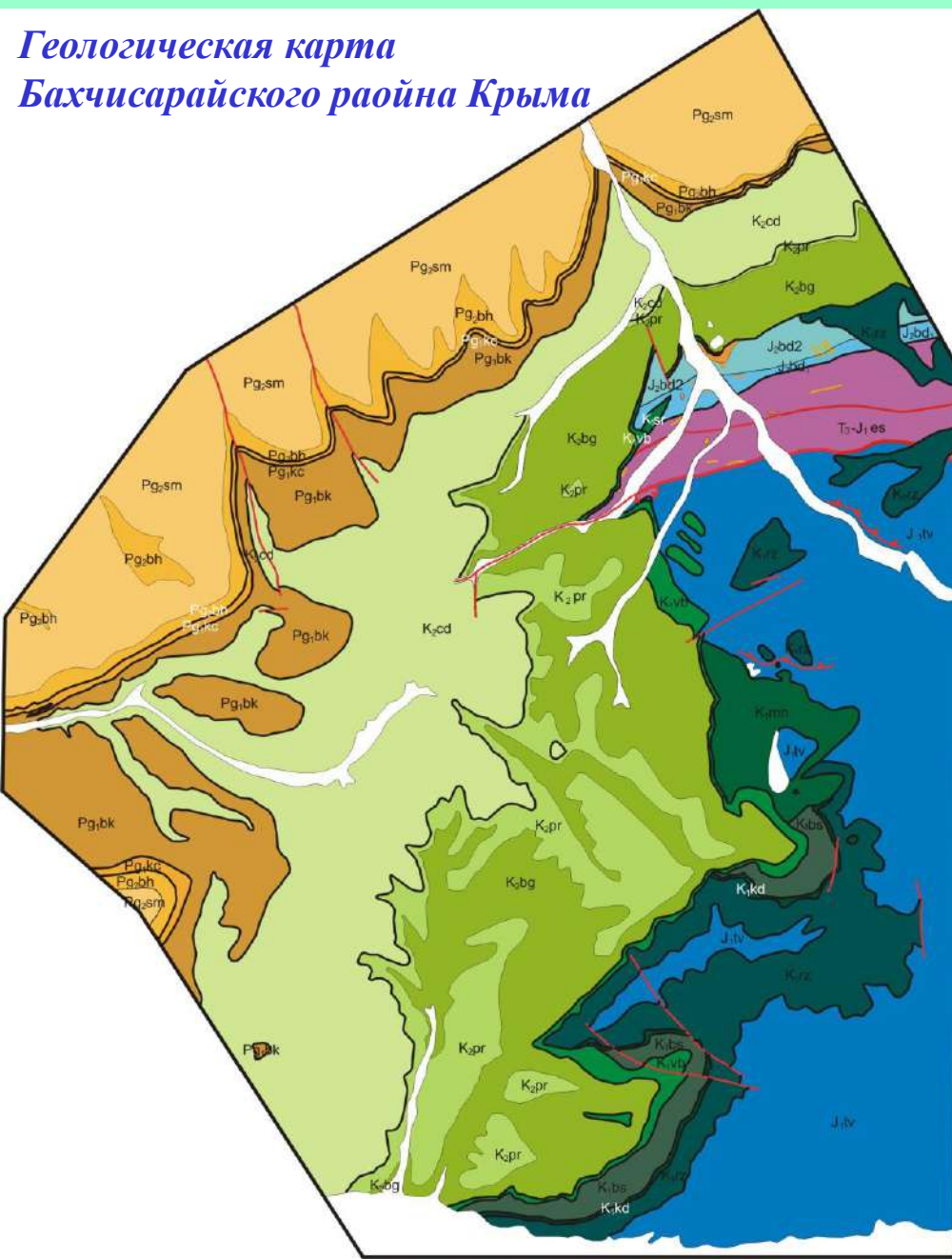
Рисунок 4

A



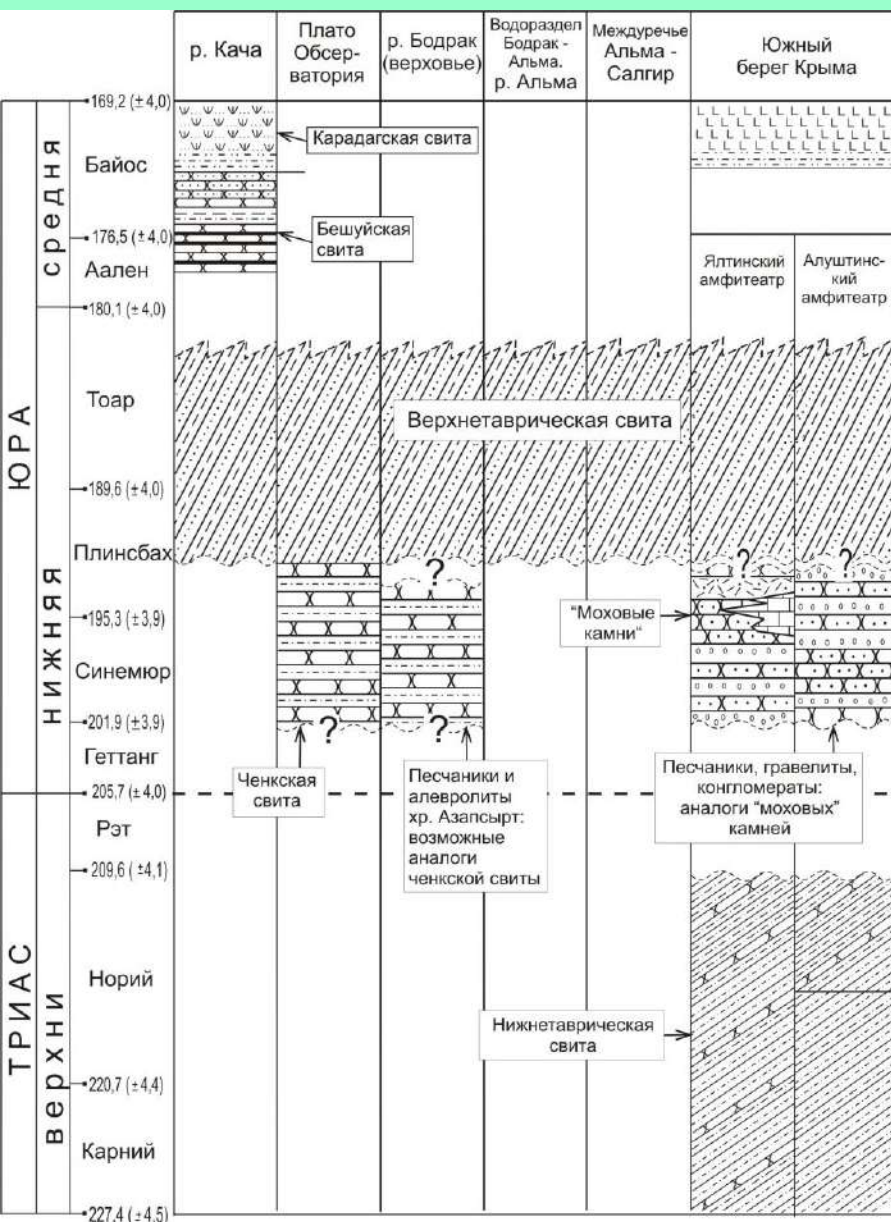
Лекция 9. Карбонатные коллекторы-риффы Черноморско-Каспийского региона

Геологическая карта Бахчисарайского района Крыма

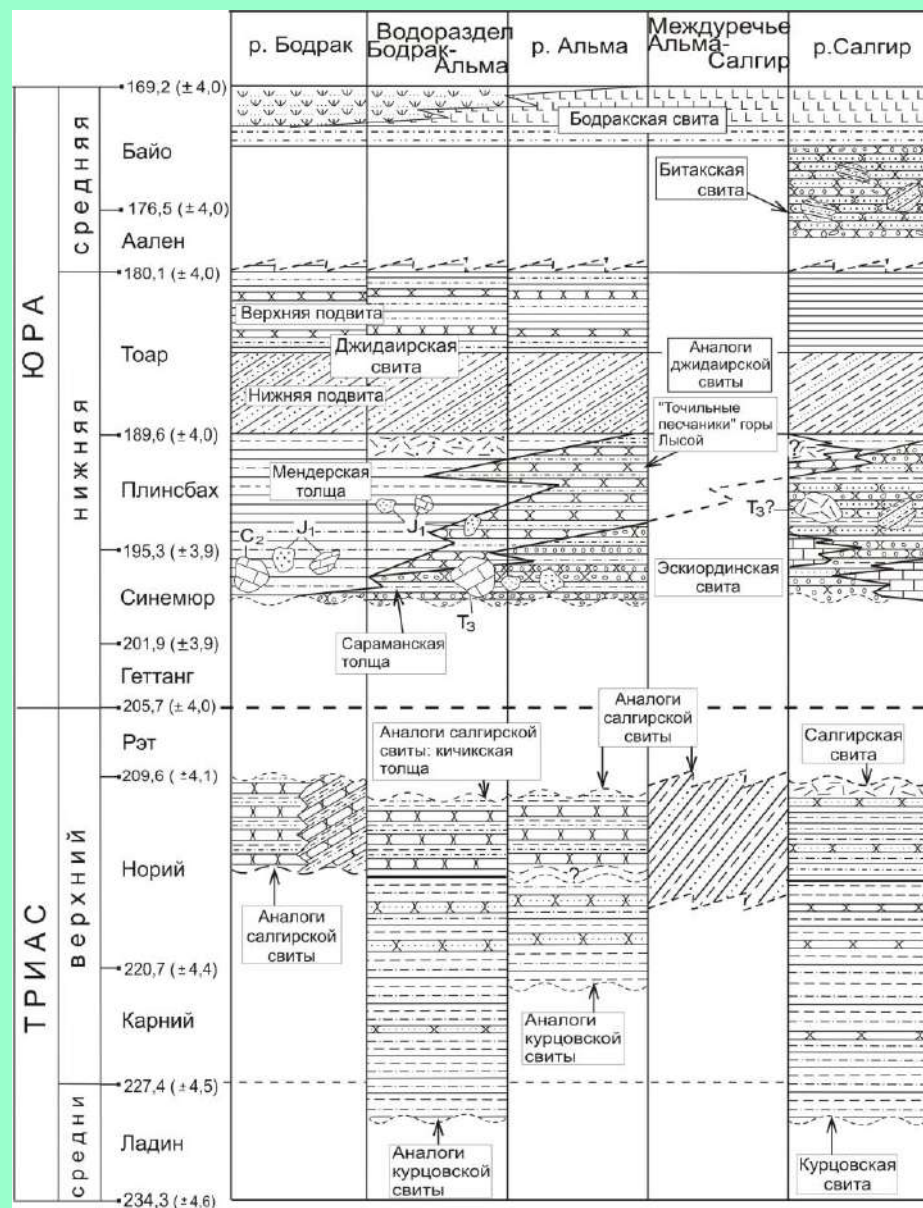


В строении складчатого комплекса выделяются две основные зоны: южная (Горнокрымская), сложенная главным образом нижнеюрскими гемипелагическими и пелагическими осадками, и северная (Лозовская или Эскиординская), образованная разнообразными комплексами верхнего триаса и нижней юры. Границей между этими зонами является крутой Бодракский разлом, но в региональном плане - это полоса надвигов, которые в разной мере вторично приобрели различный наклон (вплоть до субвертикального). Во всех зонах отложения сильно и многократно деформированы. Верхнетриасовые и нижнеюрские отложения присутствуют и в Лозовской и в Горнокрымской зонах. Их контакты нигде не установлены и, по-видимому, являются тектоническими.

Лекция 9. Карбонатные коллекторы-риффы Черноморско-Каспийского региона



Хроностратиграфическая схема отложений верхнего триаса и нижней-средней юры Горнокрымской зоны



Хроностратиграфическая схема отложений верхнего триаса и нижней-средней юры Лозовской зоны

Лекция 9. Карбонатные коллекторы-риффы Черноморско-Каспийского региона

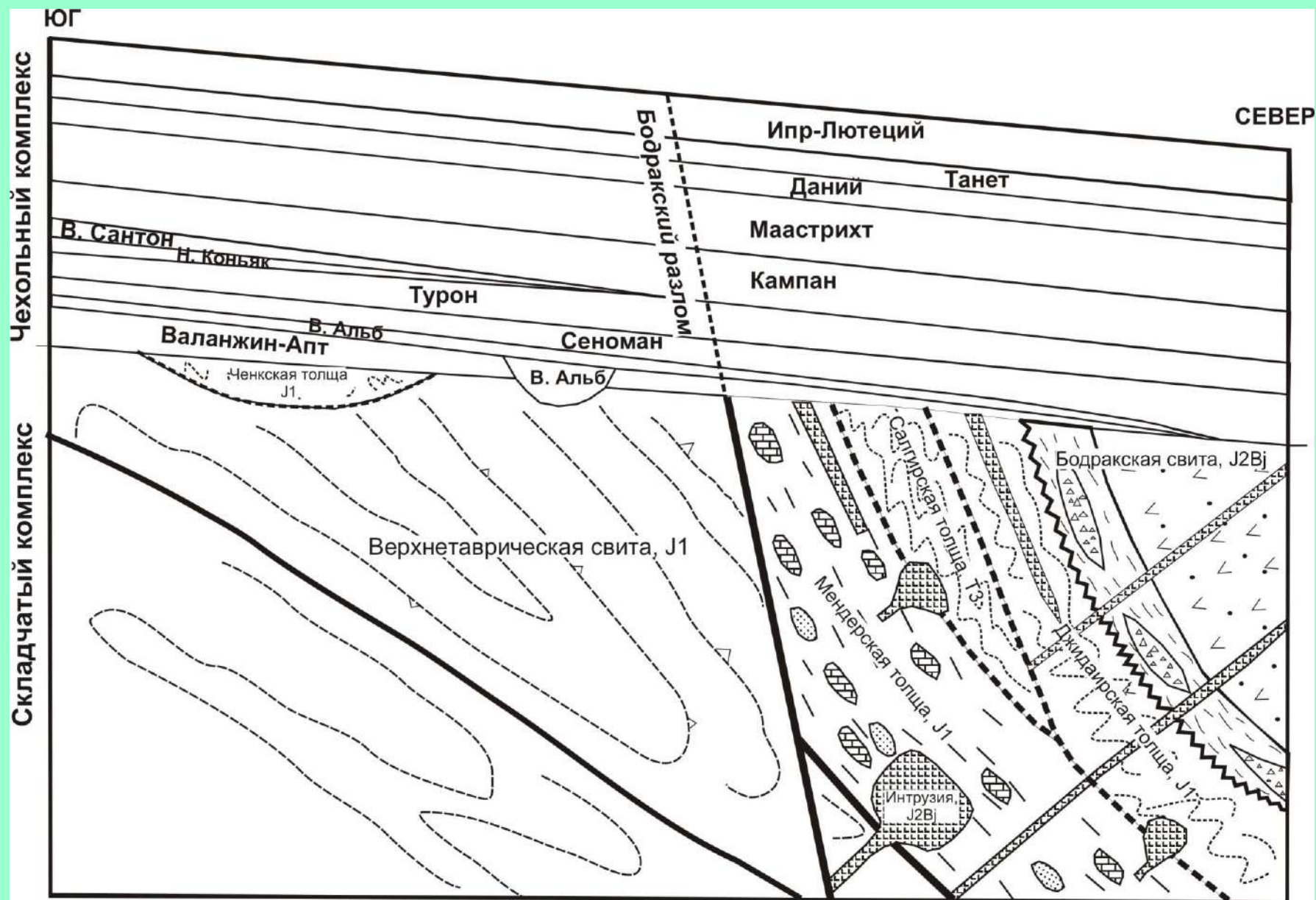
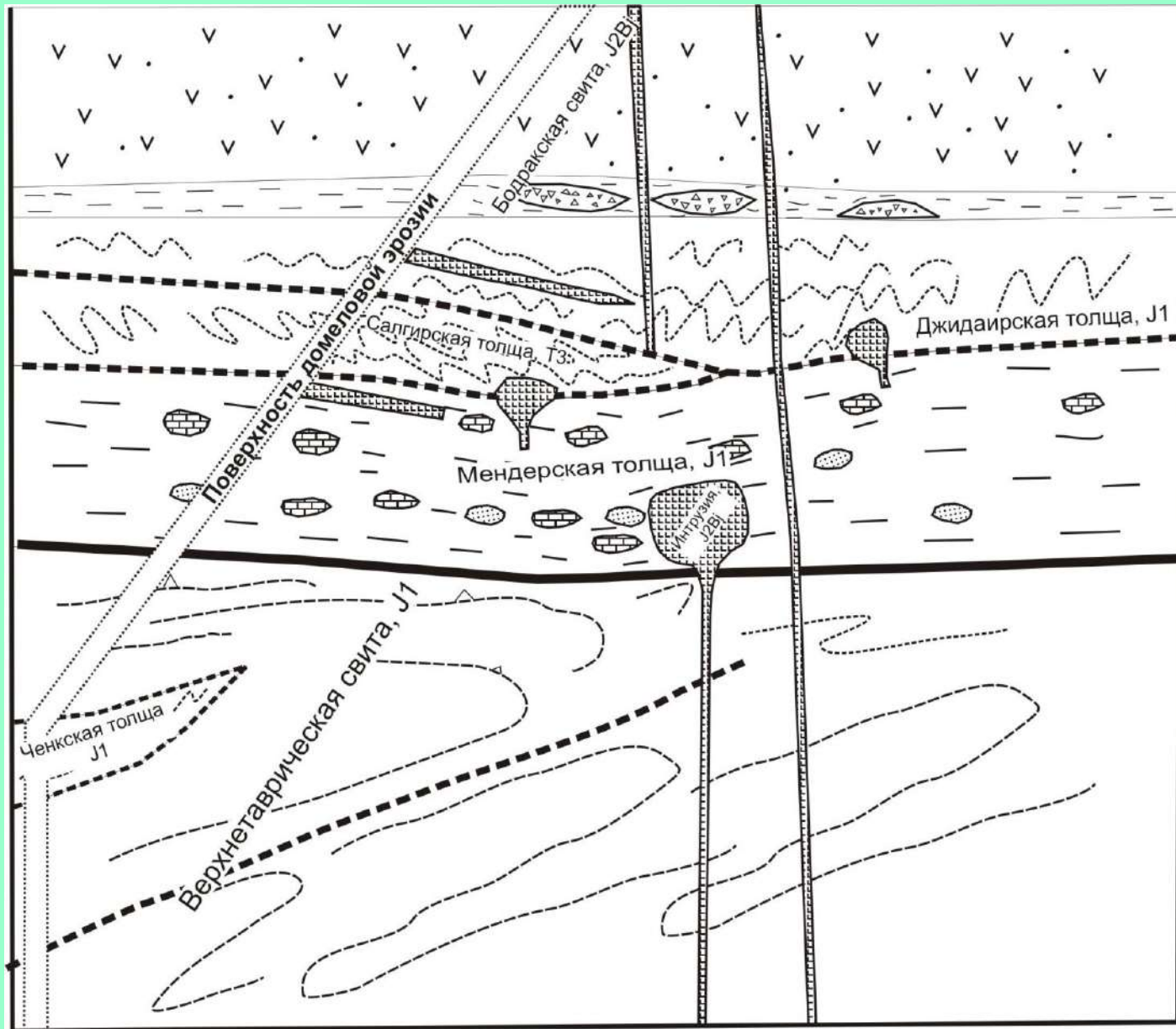


Схема соотношения основных структурных единиц района Полигона МГУ

Лекция 9. Карбонатные коллекторы-риффы Черноморско-Каспийского региона



Схематический разрез полигона МГУ для конца эпохи накопления бодракской свиты (байоса)

Лекция 9. Карбонатные коллекторы-риффы Черноморско-Каспийского региона



Схематический разрез Полигона МГУ для предбайосского времени (для эпохи надвигаия тектонических пластин эскиординской серии на отложения таврической серии)

Лекция 9. Карбонатные коллекторы-риффы Черноморско-Каспийского региона

В Лозовской зоне к нижней юре относятся образования мендерской и джиддаирской свит. Мендерская свита представлена толщей глин и алевролитов синемюр-плинсбахского возраста (матрикс) с многочисленными и разнородными глыбами других пород. Среди них имеется глыба мелководных среднекаменноугольных (нижнебашкирских) известняков, глыбы нижнепермских, среднетриасовых и верхнетриасовых мелководных известняков, глыбы синемюр-плинсбахских мелководных органогенно-обломочных известняков и кварцевых песчаников и т.д. Сам матрикс формировался в относительно глубоководной условиях, так как не содержит бентосной фауны. Глыбы, вероятно, были оползневymi телами - олистолитами, перемещавшимися из мелководной зоны в более глубокую часть бассейна. Тела нижнеюрских карбонатных пород интерпретируются как фрагменты "карбонатной платформы", отделившиеся от бровки мелководного шельфа и переместившиеся в виде олистолитов по глинистым отложениям континентального склона в более глубокую часть бассейна и захороненные в практически одновозрастном им матриксе. Не исключено, что формирование оползневых тел было стимулировано сбросовой тектоникой в бассейне, в ходе которой происходило расчленение внешней части "карбонатной платформы", а на плоскостях сбросов на дне моря обнажались отложения каменноугольно-триасового возраста.

Лекция 9. Карбонатные коллекторы-риффы Черноморско-Каспийского региона

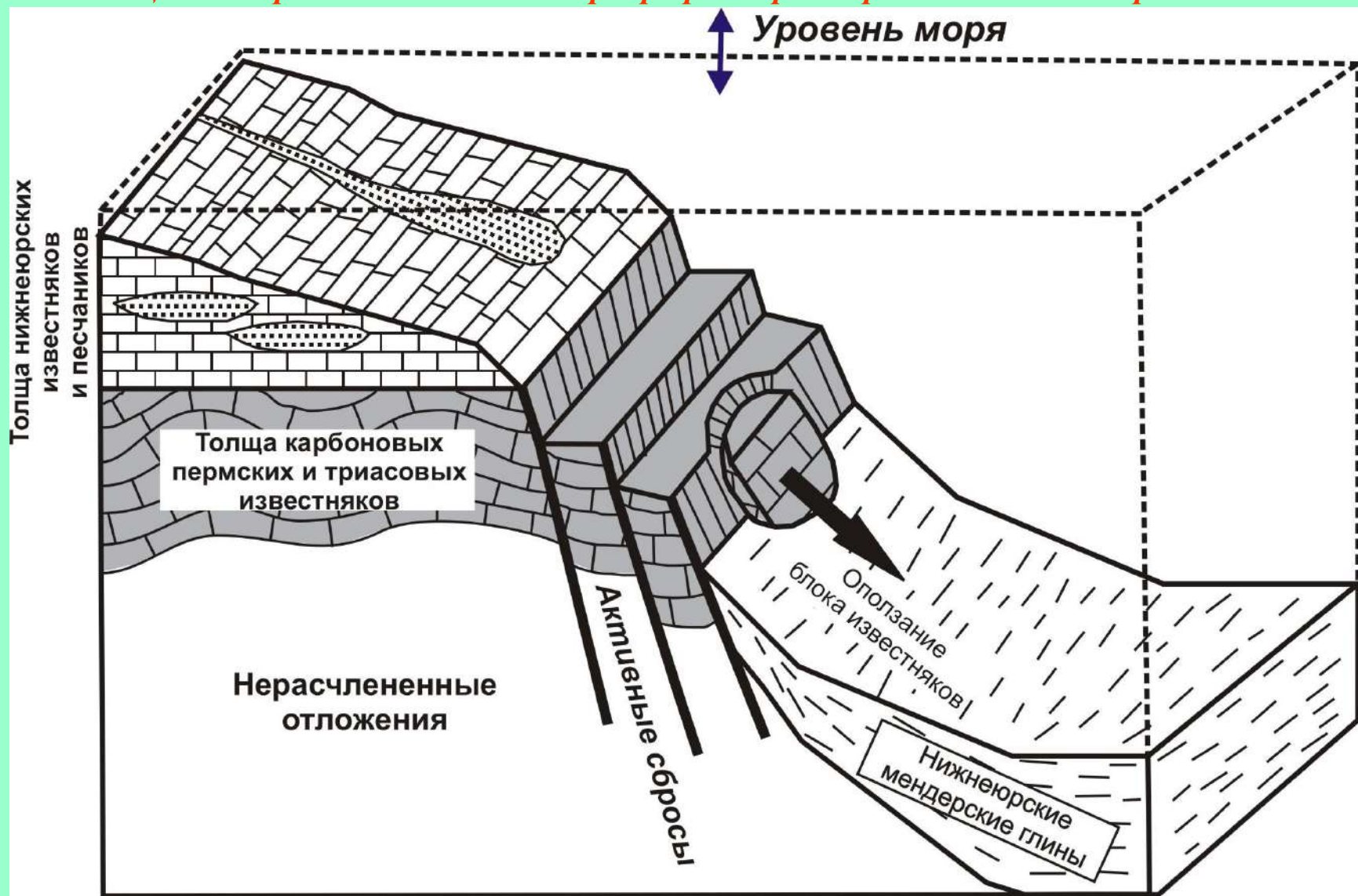


Схема формирования блока карбоновых известняков в толще мендерских глин в ранней юре как результат крупного оползневого блока, сползшего со сбросового уступа в сторону подножья склона

Лекция 9. Карбонатные коллекторы-риффы Черноморско-Каспийского региона

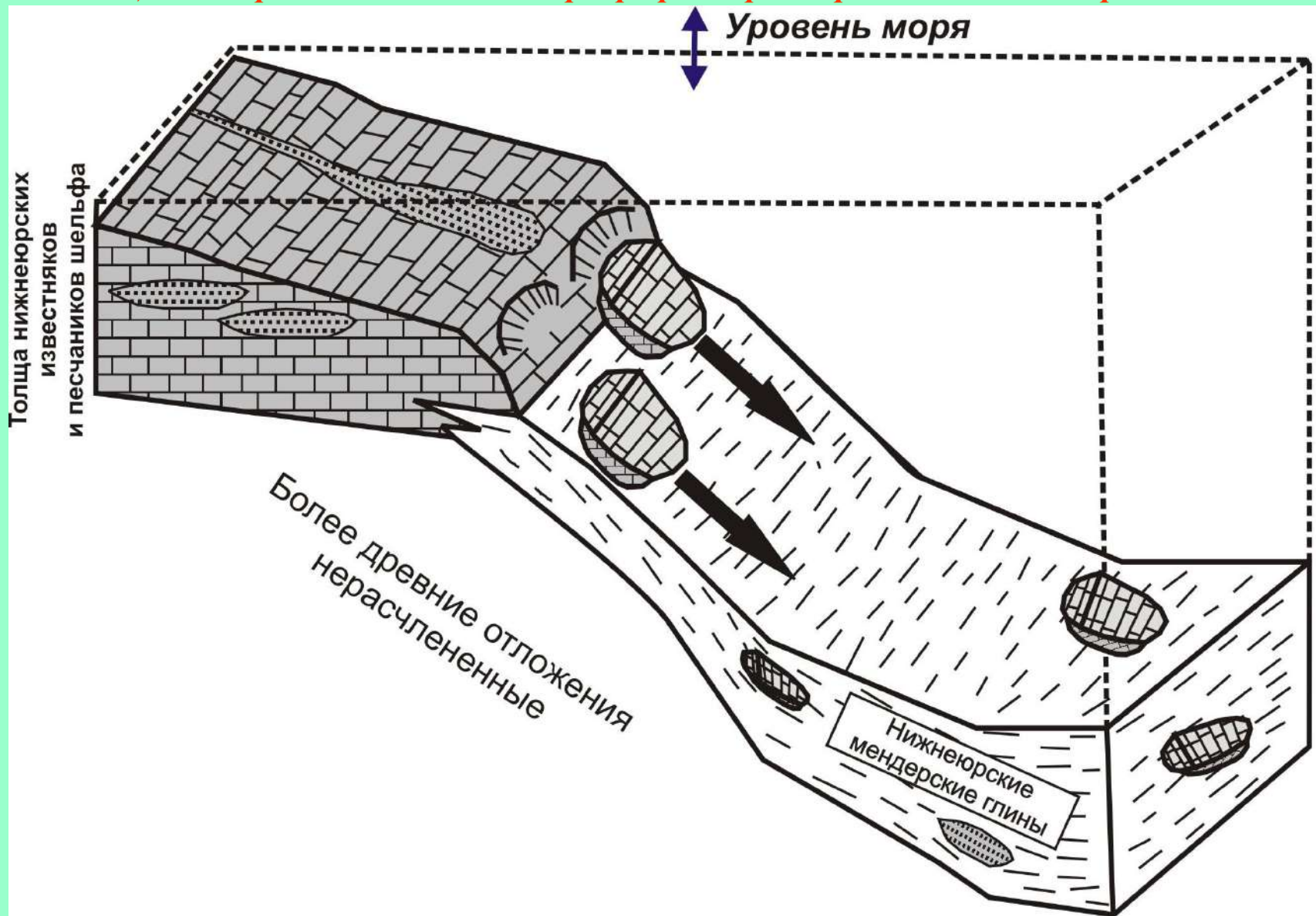


Схема формирования блоков раннеюрских известняков и песчаников в толще мендерских глин в ранней юре как крупного оползневых блоков, сползшего в сторону подножья склона

Лекция 9. Карбонатные коллекторы-риффы Черноморско-Каспийского региона

Выделяются несколько типичных фаций, которые все вместе обнажаются в восточной части Горного Крыма в районе Феодосии-Судака. Здесь можно выделить следующие типы фаций (осадков):

1. Толщи пестроцветных и сероцветных конгломератов и песчаников с грубой сортировкой. Они интерпретируются как прибрежно-морские конгломераты, аллювиальные отложения, конуса выноса с гор в морской бассейн, турбидиты. В целом, такого рода осадки типичны для областей с активным разломообразованием, с расчлененным рельефом. Их возраст келловей-оксфорд. Вероятно, данный обломочный комплекс формировался в рифтовом бассейне на стадии его быстрого прогибания и активного разломообразования.

2. Толщи шельфовых карбонатов, которые образовывали мелководную карбонатную платформу шельфе.

3. Тела известняковых рифовых массивов, формировавшихся на бровке мелководного шельфа.

4. Толщи обломочных турбидитов разных типов, накапливавшихся на дне относительно глубокого бассейна. В турбидитах находят и крупные олистолиты, сложенные верхнеюрскими рифовыми известняками.

Таким образом, полифациальный комплекс отложений келовея-верхней юры и берриаса формировался в глубоководном рифтогенном бассейне и на его плечах, в мелководных и прибрежных условиях.

Комплекс был неравномерно деформирован в предваланджинское и альпийское время и часто образует серии тектонических пластин (структур имбрикации). В связи с разнообразием фаций в комплексе и проблемами датировок разных толщ, в изучении данного структурно-вещественного подразделения имеется много дискуссионных проблем.

Лекция 9. Карбонатные коллекторы-риффы Черноморско-Каспийского региона

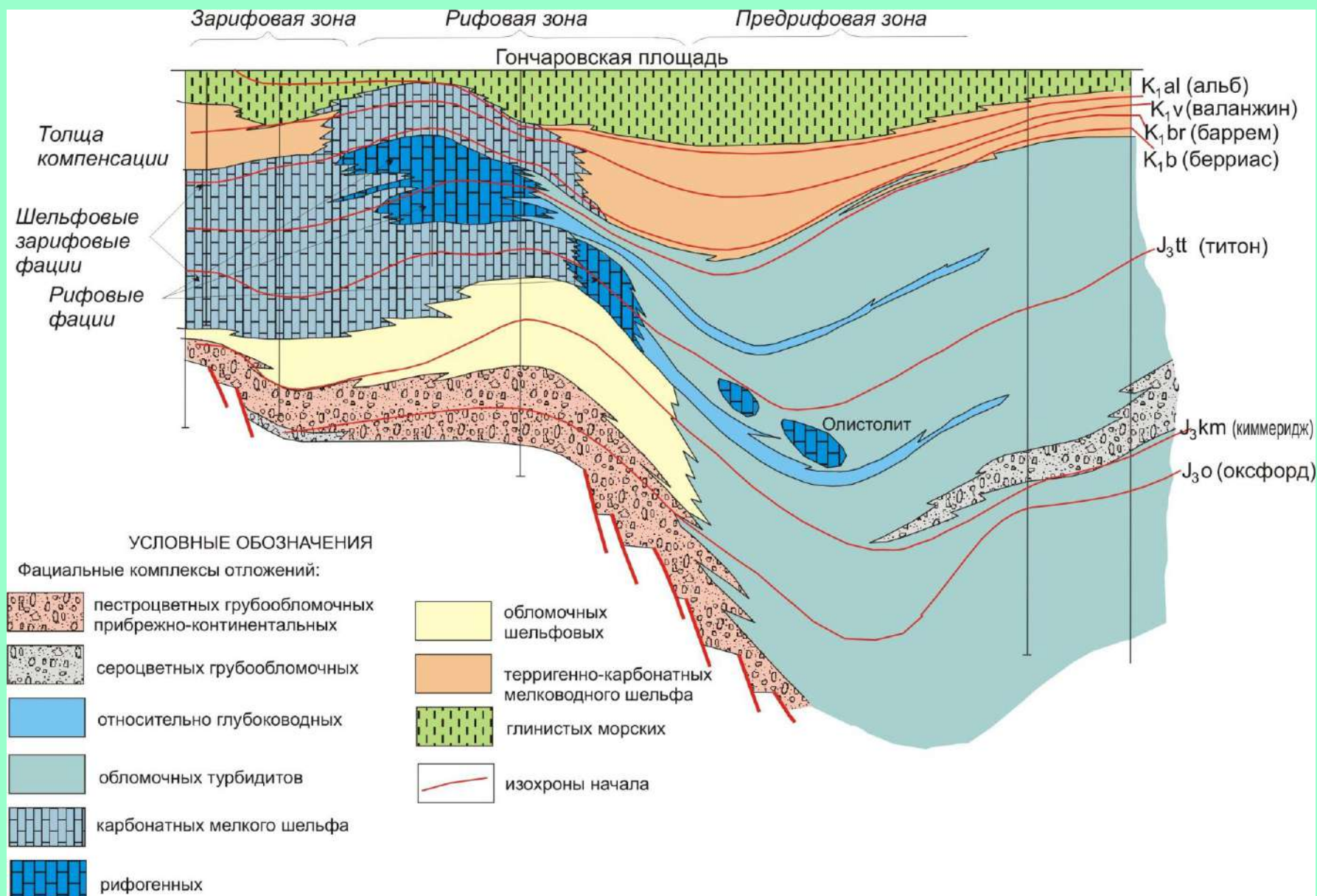


Схема строения зоны борта Восточно-Крымского бассейна (фациально-геоморфологическая реконструкция) (Самарский и др., 1984, с изменениями)

Модель формирования складчатого комплекса

Предположительно **в раннем-среднем триасе** в Горном Крыму были фазы рифтинга и пострифтового погружения (Славин, 1986; Никишин и др., 1997).

Для **верхнего триаса Горного Крыма** характерны обломочные разнофациальные отложения, природу которых трудно интерпретировать. В Предкавказье в позднем триасе существовал вулканический пояс (ногайская серия и ее аналоги), сопряженный с зоной субдукции и аккреционной призмой, реконструируемыми в полосе Южного склона Большого Кавказа (дизская серия и ее аналоги) (Nikishin et al., 2001). Вполне вероятно, что верхний триас Горного Крыма образовывал комплекс аккреционной призмы над зоной субдукции или в остаточном задуговом бассейне, также над зоной субдукции. Основанием для таких выводов является присутствие вулканического материала в верхнем триасе и наличие поздне триасовых (?) известково-щелочных интрузий в Степном Крыму. То есть, возможно, субдукционный вулканический пояс протягивался от Восточного Предкавказья через Кубанский прогиб в Степной Крым. Соответственно, к югу от него предполагается существование активной континентальной окраины с желобом.

Примерно **на границе триаса и юры** субдукция на Большом Кавказе сменилась коллизией с континентальными террейнами. Вполне вероятно, что эта коллизия проявилась и в Горном Крыму. В пользу этого свидетельствует то, что в Степном Крыму данная орогения также фиксируется (Славин, 1986). Таким образом, можно предполагать, что в рэте-геттанге в Горном Крыму сформировался ороген.

В синемюре-плинсбахе, примерно вдоль коллизионной рэт-геттангской сутуры Большого Кавказа - Горного Крыма стал раскрываться рифтовый бассейн, максимум раскрытия которого приходится на тоар. В Горном Крыму на дне трога накапливалась верхнетааврическая свита, а на его борту – отложения мендерской и джидаирской свит и их аналогов. Дно трога, глубиной порядка 1-2,5 км было, вероятно, было образовано сильно утоненной континентальной корой.

Этот трог с юга ограничивался приподнятой зоной Понтид с шельфовым морским бассейном (и возможным поясом вулканитов - ?), южнее которой была зона субдукции океана Тетис с северным падением. Таким образом, раннеюрский глубоководный трог Горного Крыма имел задуговое рифтовое происхождение. В аалене-раннем байосе произошло сильное сжатие Таврического трога, в ходе которого комплексы северного шельфа и континентального склона были надвинуты на сам трог.

Лекция 9. Карбонатные коллекторы-риффы Черноморско-Каспийского региона

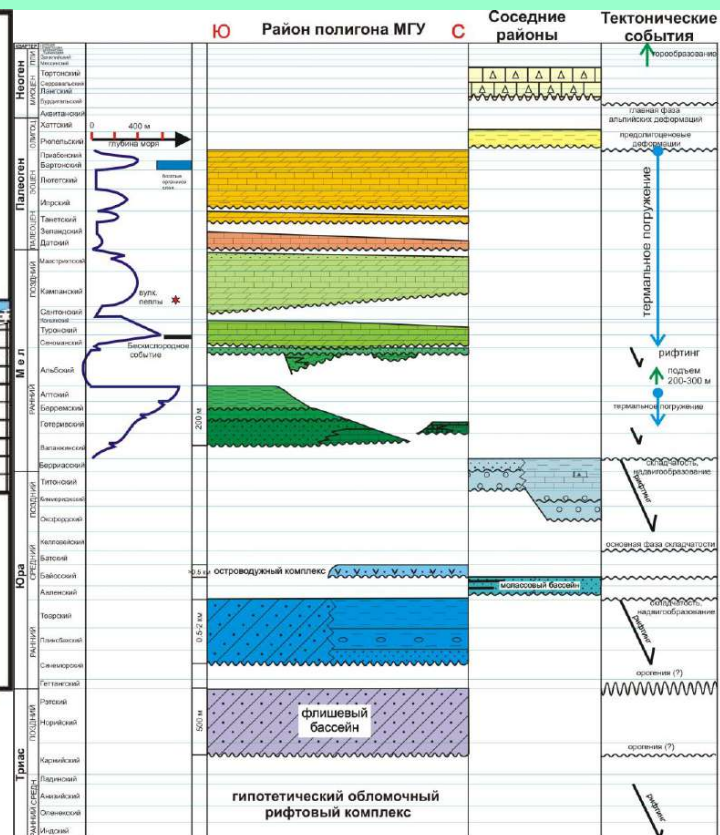
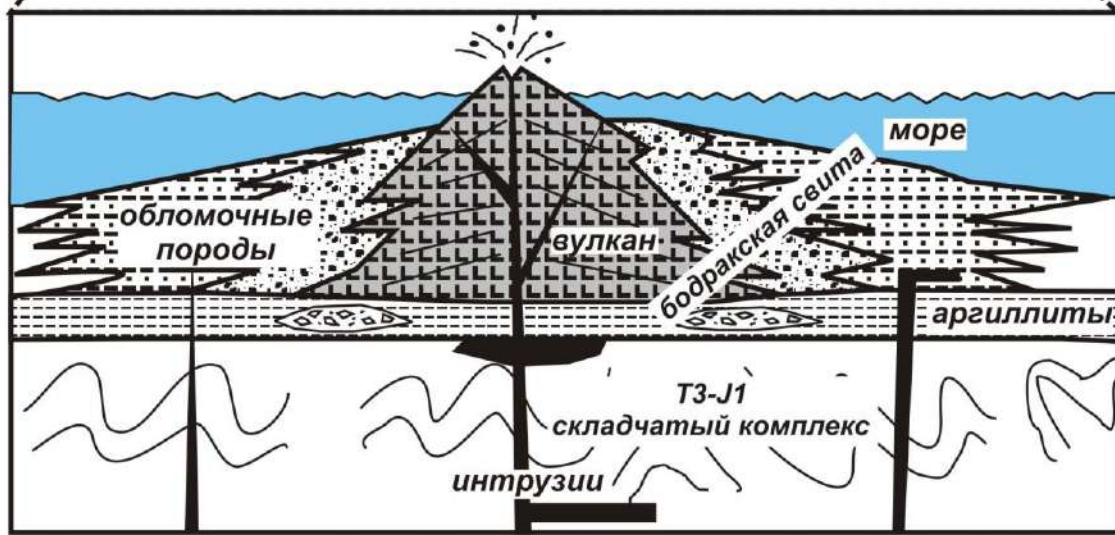


Схема формирования среднеюрской вулканической дуги и бодракской свиты

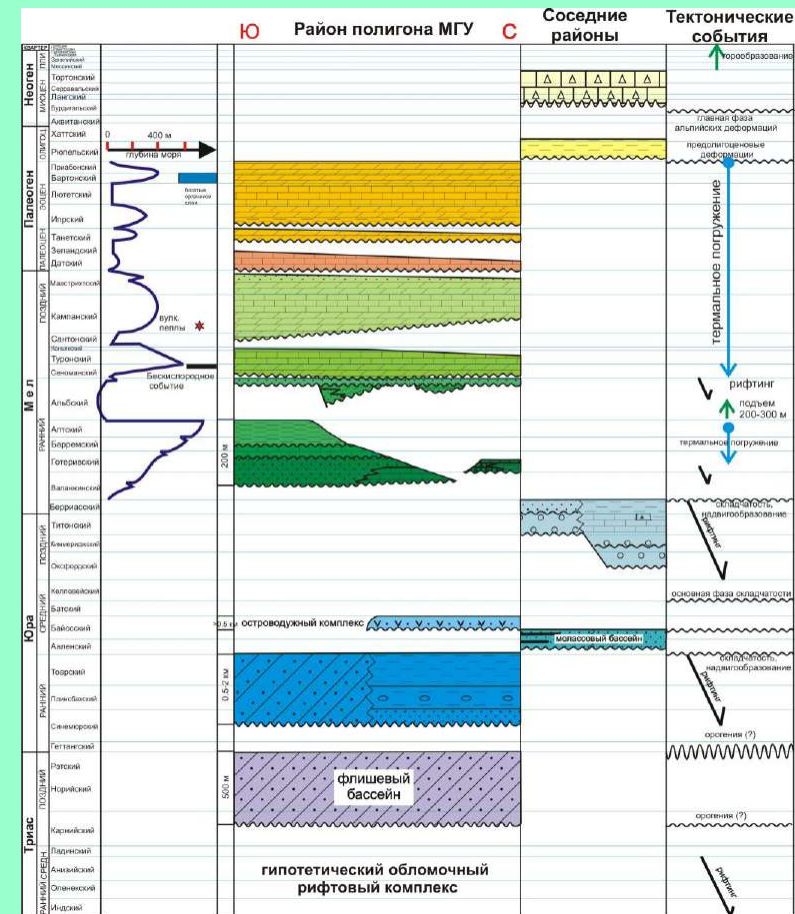
Геологическая история комплекса чехла

Разрезы мела-эоцена Бахчисарайского района были детально охарактеризованы ранее (Муратов, 1973; Мазарович, Милеев, 1989; Очерки..., 1997). Мел-эоценовые отложения распространяются далеко на север от Горного Крыма, образуя чехол Скифской платформы. В истории его формирования четко различаются три этапа:

валанжин-аптский, ранне-среднеальбский, позднеальбско-эоценовый, которые, в свою очередь, делятся на стадии.

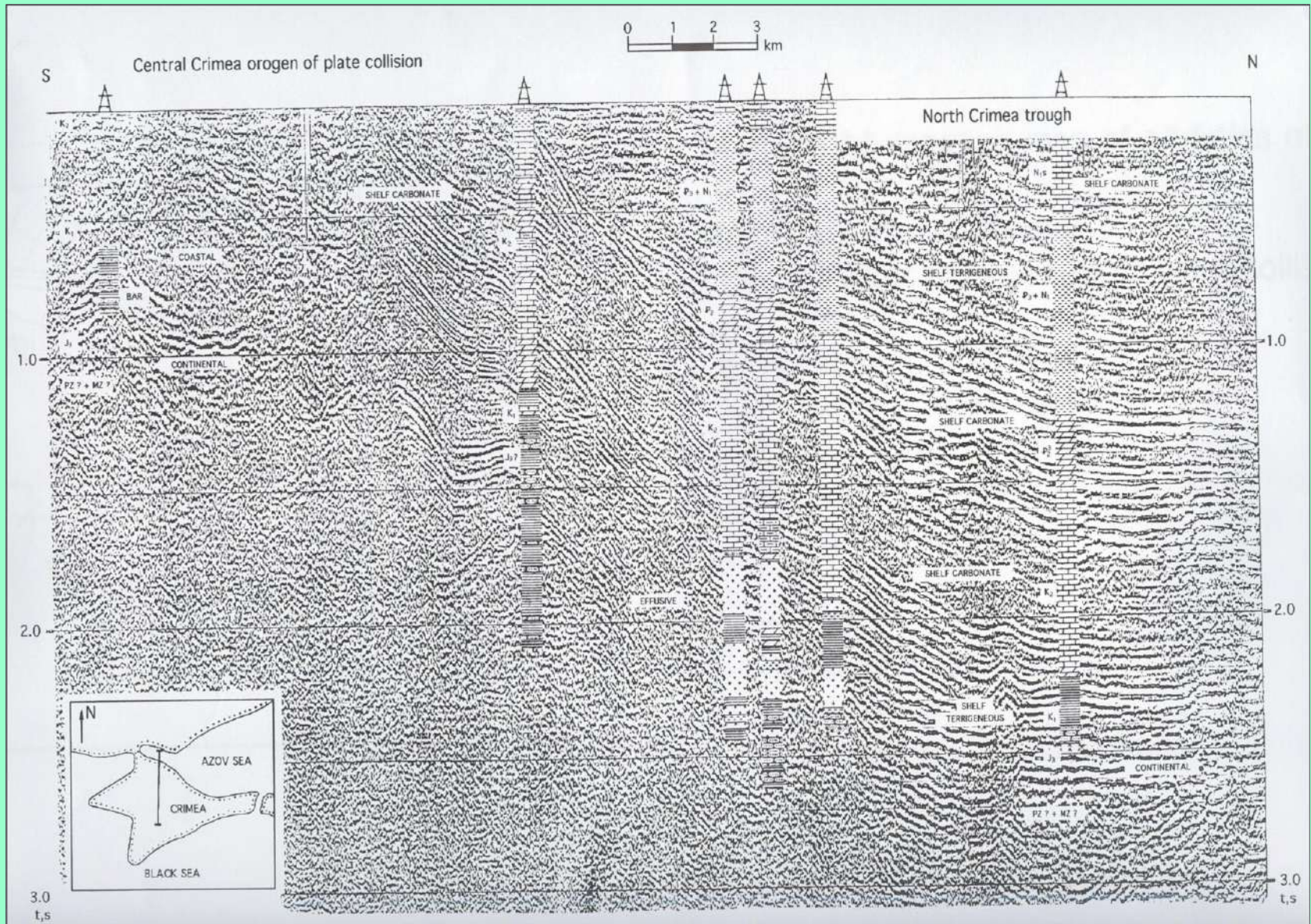
Валанжин-аптская трансгрессивная эпоха

Этот комплекс отложений, в свою очередь, делится на три свиты: резанскую (валанжин-нижний готерив), коясджилгинскую (верхний готерив-верхний баррем) и биясалинскую (верхний баррем-апт), соответствующие отдельным стадиям развития. В целом, комплекс отложений валанжина-апта образует трансгрессивный осадочный цикл преимущественно терригенного состава.



Данные по нижнемеловым отложениям Бахчисарайского района указывают на продолжительную, постепенно развивавшуюся морскую трансгрессию. Глубины моря с валанжина до апта увеличились от нуля до 400-600 метров (Барабоскин, Энсон, 2003). Такое углубление бассейна нельзя объяснить только эвстатическим повышением уровня Мирового океана, мы допускаем наличие фазы (или фаз) тектонического углубления бассейна, основная часть которого, вероятно, имела место в начале позднего готерива

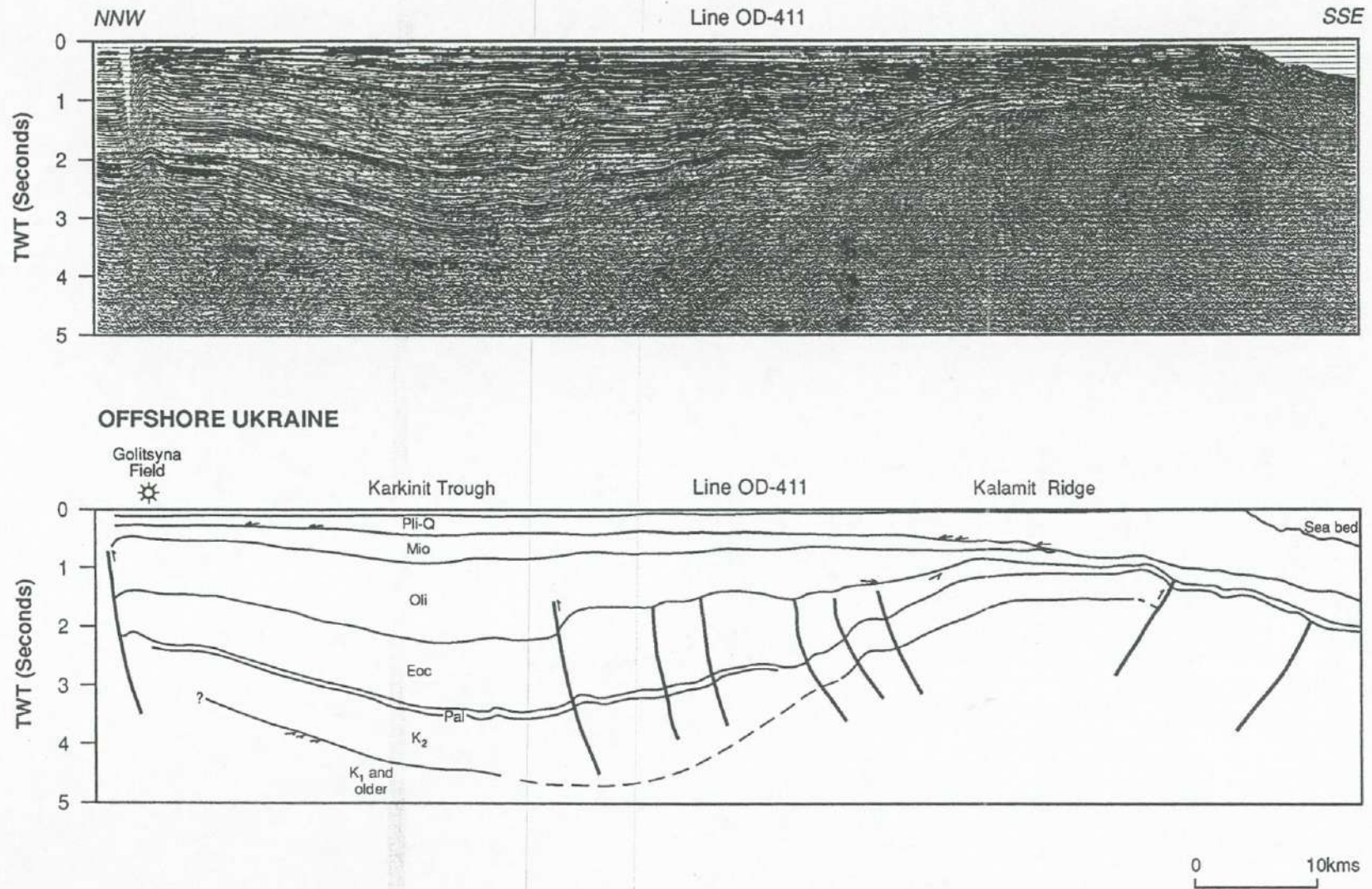
Лекция 9. Карбонатные коллекторы-риффы Черноморско-Каспийского региона



Seismic profile and wells for the Scythian plate (Nikishin et al., 2006)

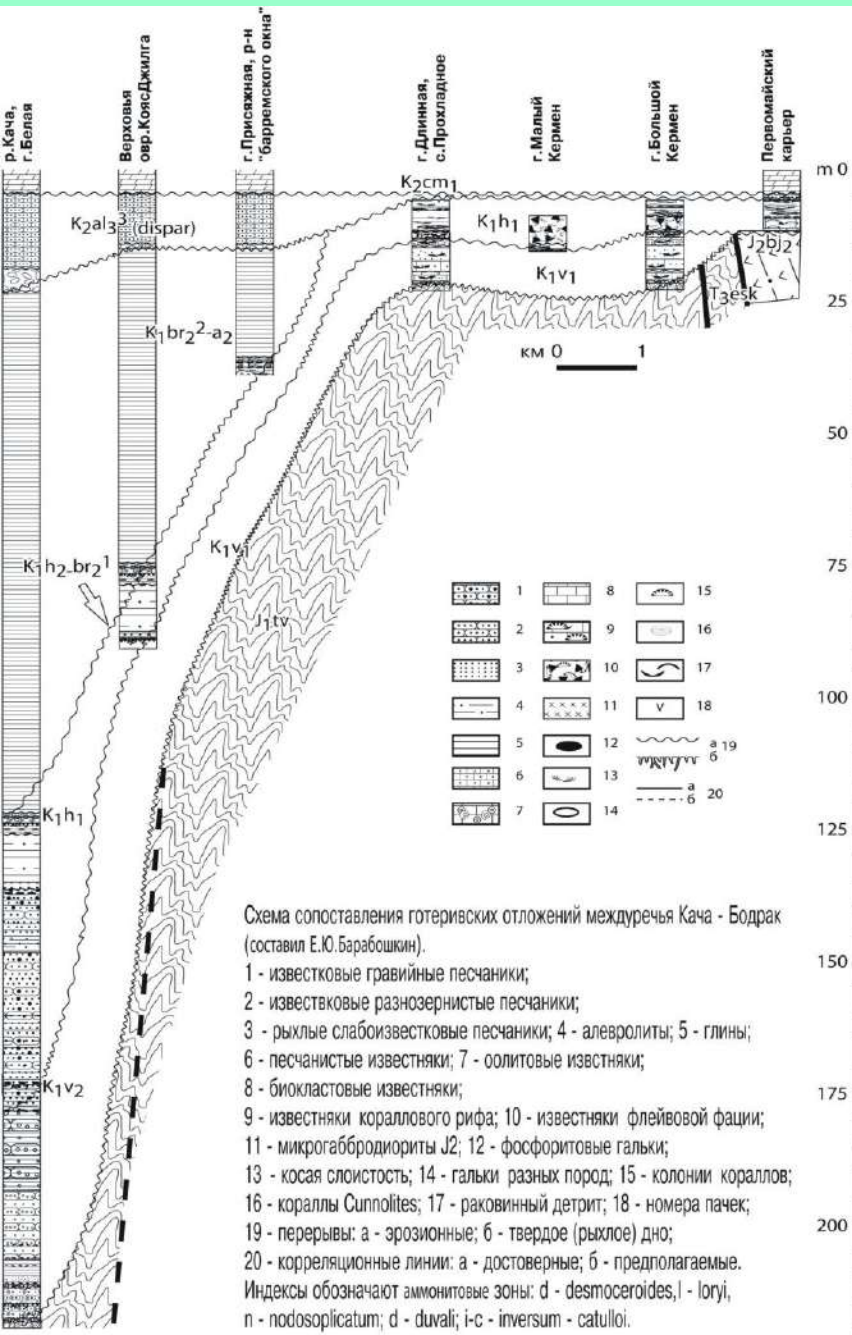
Мел-эоценовые отложения распространяются далеко на север от Горного Крыма, образуя чехол Скифской платформы.

Лекция 9. Карбонатные коллекторы-риффы Черноморско-Каспийского региона



Seismic profile and its interpretation for the Odessa shelf. Upper Cretaceous–Eocene makes a post-rift cover for the Albian rift (not detectable on the profile). In the Oligocene and Neogene an inversional deformations took place (Nikishin et al., 2006)

Лекция 9. Карбонатные коллекторы-риффы Черноморско-Каспийского региона



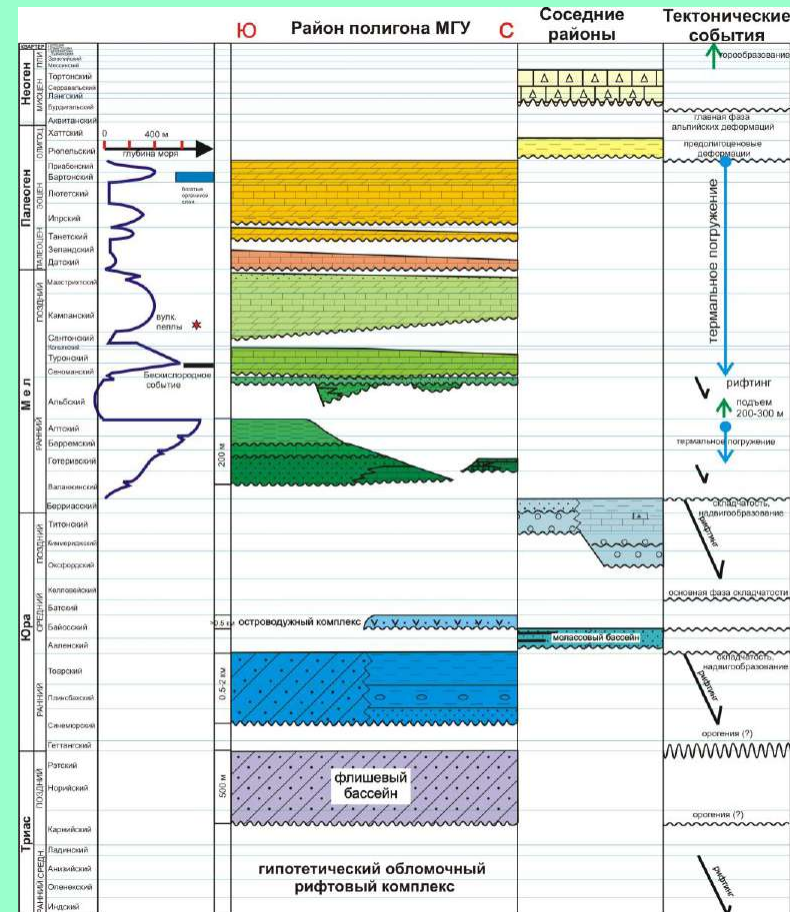
Составы песчаников нижнемеловых отложений: А – на классификационной диаграмме (Шванов, 1987), и Б – на диаграмме тектонического режима (Шутов, 1972)

Геологическая история комплекса чехла

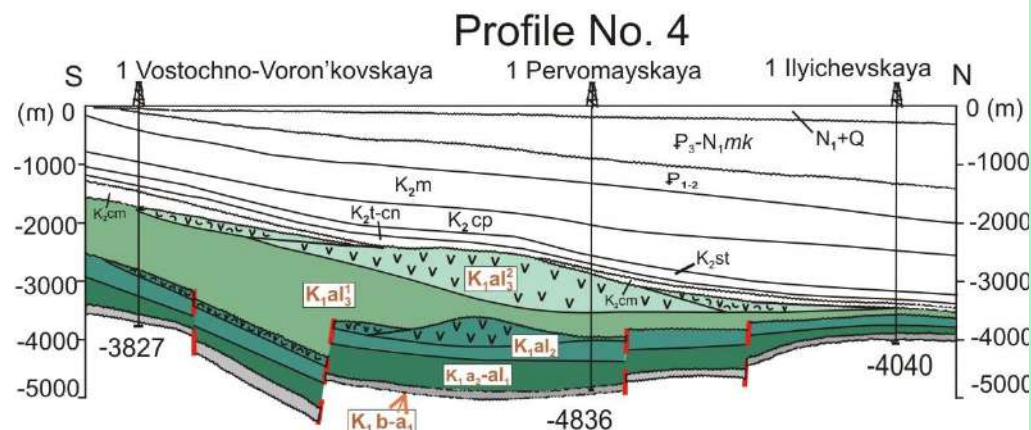
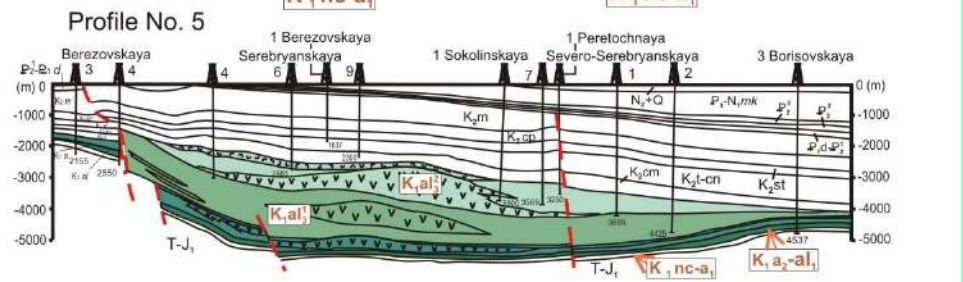
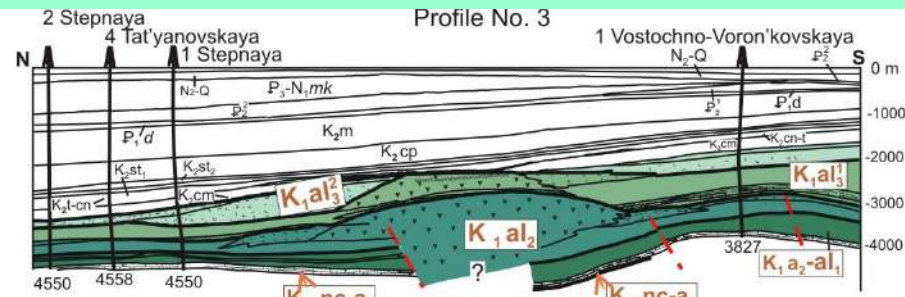
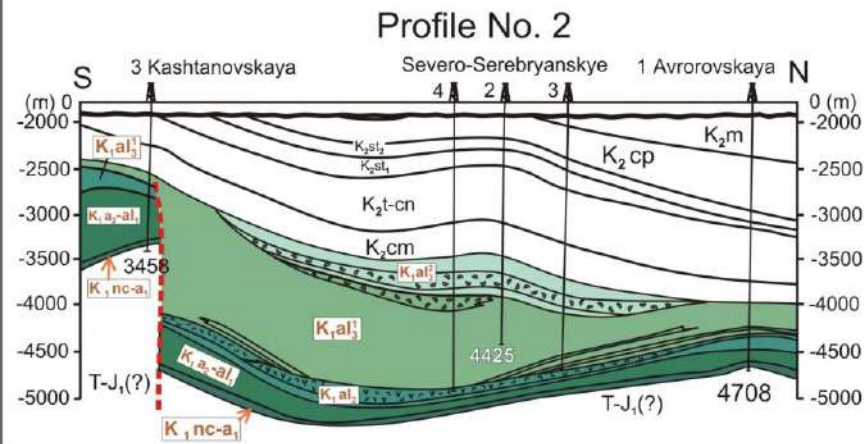
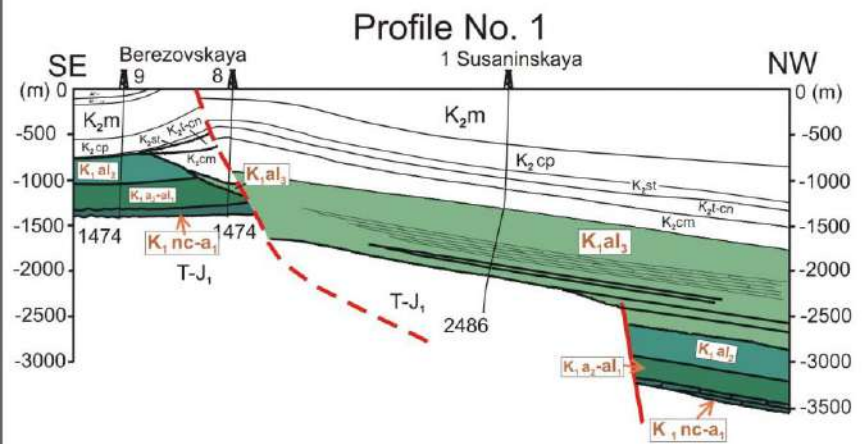
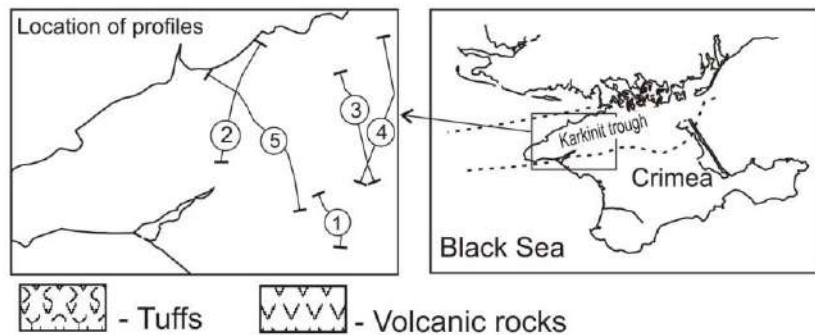
Ранне-среднеальбская эпоха воздымания и рифтообразования

В региональном плане для всего Южного Крыма восстановить палеогеографию для раннего-среднего альба достаточно сложно в связи очень локальным распространением и плохой обнаженностью отложений этого возраста. Положение основного ранне-среднеальбского бассейна устанавливается в пределах Белогорского прогиба, в котором накопилось до 500-700 метров глин и обломочных пород. К югу от него намечается область поднятий, включавшая и Бахчисарайский район. Наиболее вероятно, что Белогорский бассейн испытал рифтовое погружение, а большая часть Горнокрымской зоны была относительно приподнятым плечем этого рифта. Вторым возможным ранне-среднеальбским рифтом является Салгирский грабен.

В целом, для раннего-среднего альба намечается эпоха регионального рифтинга с формированием многочисленных грабенов в полосе от Сиваша и Одесского шельфа на севере до Централных Понтид в Турции на юге.



Лекция 9. Карбонатные коллекторы-рифты Черноморско-Каспийского региона



Seismogeological sections (Nikishin et al., 2006) for the Karkinit basin

Лекция 9. Карбонатные коллекторы-рифы Черноморско-Каспийского региона

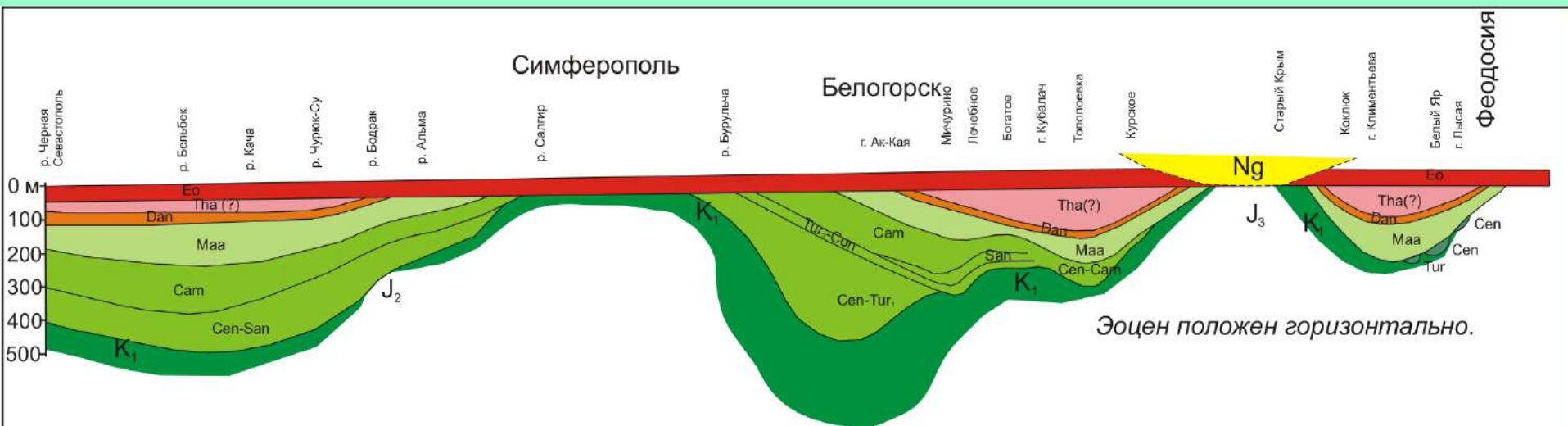
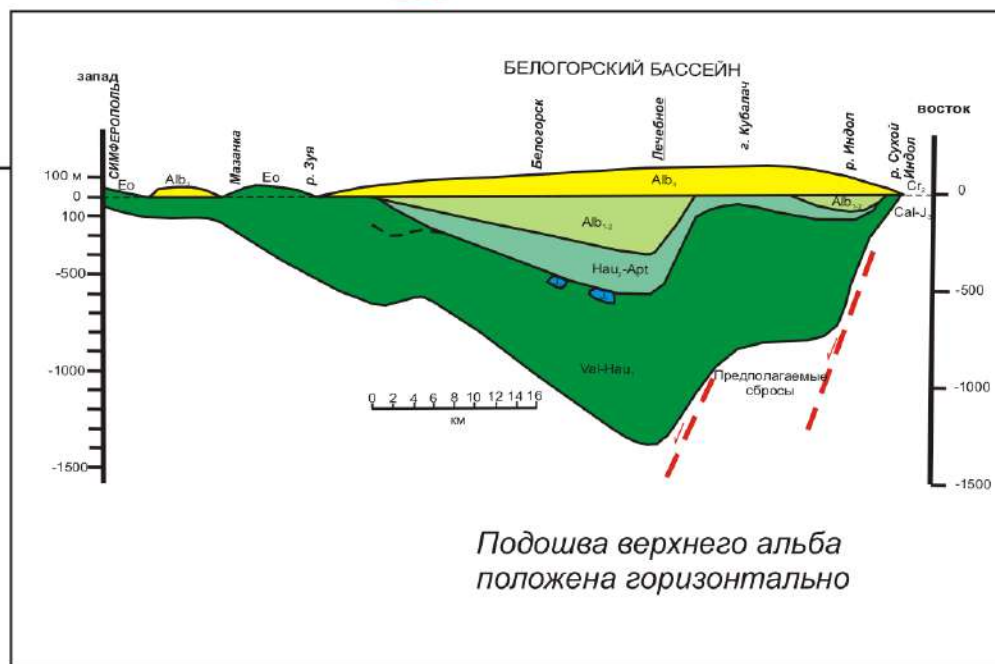


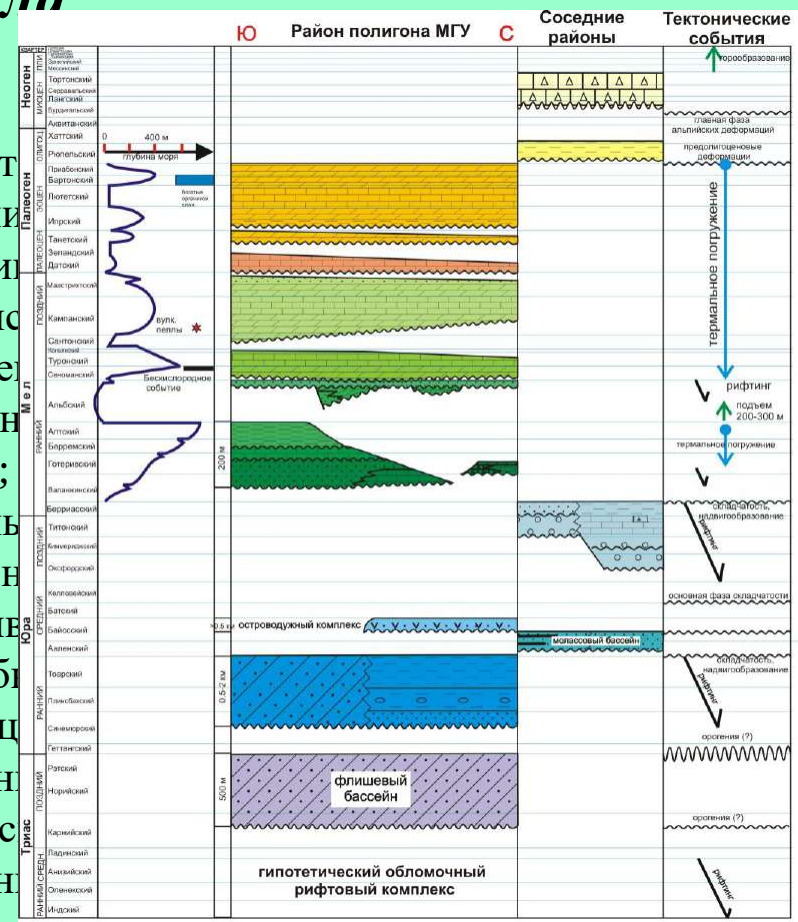
Рис. 19. Схематические разрезы осадочного чехла для Горного Крыма. Составил А.М. Никишин с использованием данных М.В. Муратова.



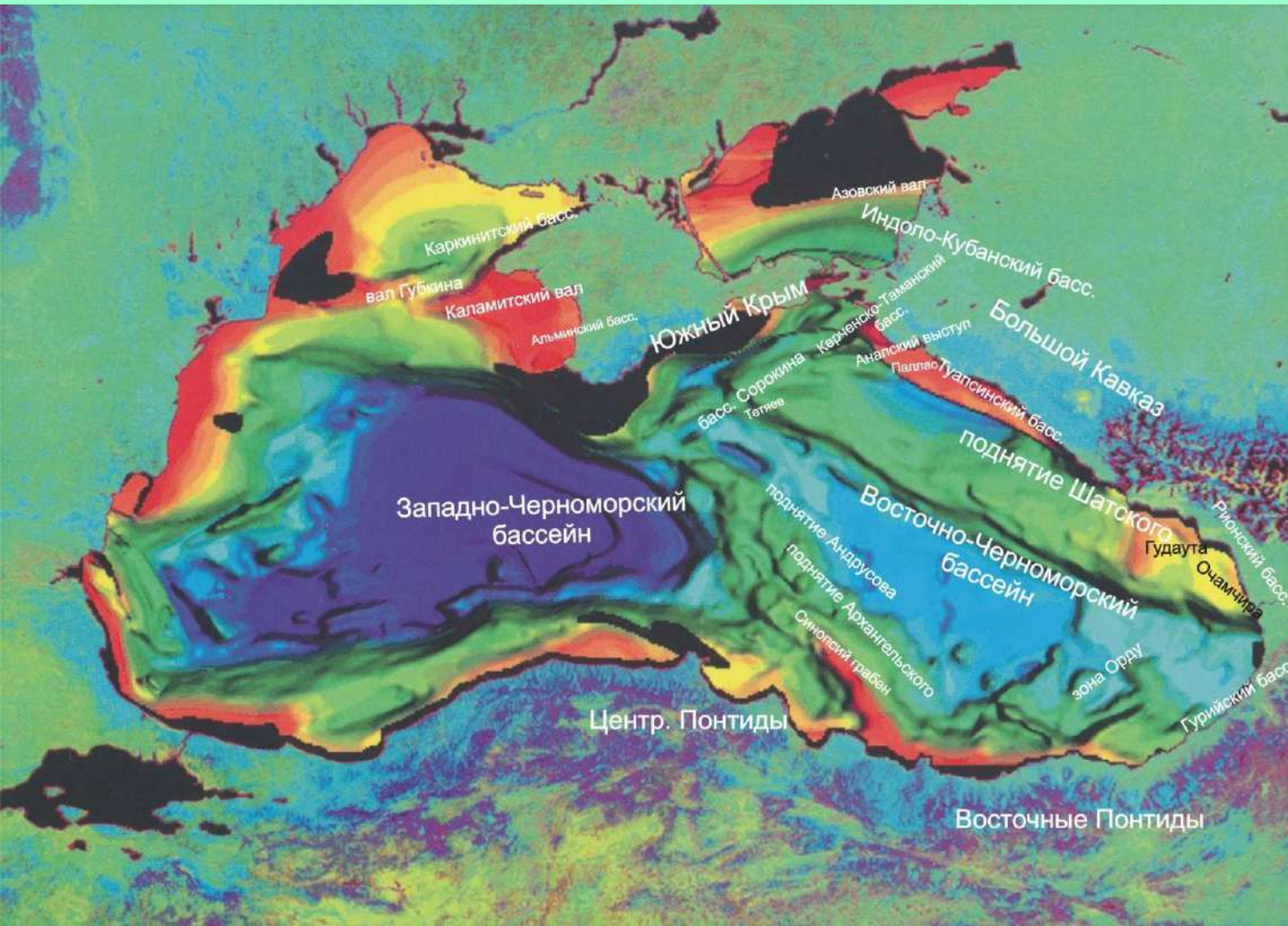
Геологическая история комплекса чехла

Позднеальбско-эоценовая эпоха трансгрессий

Начиная с позднего альба и до конца эоцена район практик подвергался нескольким эпохам трансгрессий, сменявшимися фазами регрессий. Можно выделить следующие циклы формирования чехла в это время: (1) поздний альб, мангушское время - формирование ингрессивного мангушского комплекса; (2) поздний альб, шаринское время - кратковременная трансгрессия с формированием мелководных карбонатов; (3) поздний альб, высокобугорское время - региональная трансгрессия с формированием преимущественно терригенных пород чехла; (4) сеноман-турон-коньяк - трансгрессивно-регрессивный цикл с формированием мелоподобных карбонатов; (5) поздний сантон-кампан-маастрихт - циклическая трансгрессивно-регрессивного строения, с накоплением мелоподобных пород и песчаников в его конце; (6) датский - трансгрессивно-регрессивный цикл с формированием известняковых калькаренитов; (7) региональная танетская трансгрессия с формированием мергелей; (8) ипр-позднеэоценовый трансгрессивно-регрессивный цикл с накоплением глинистых отложений и разнообразных карбонатов.



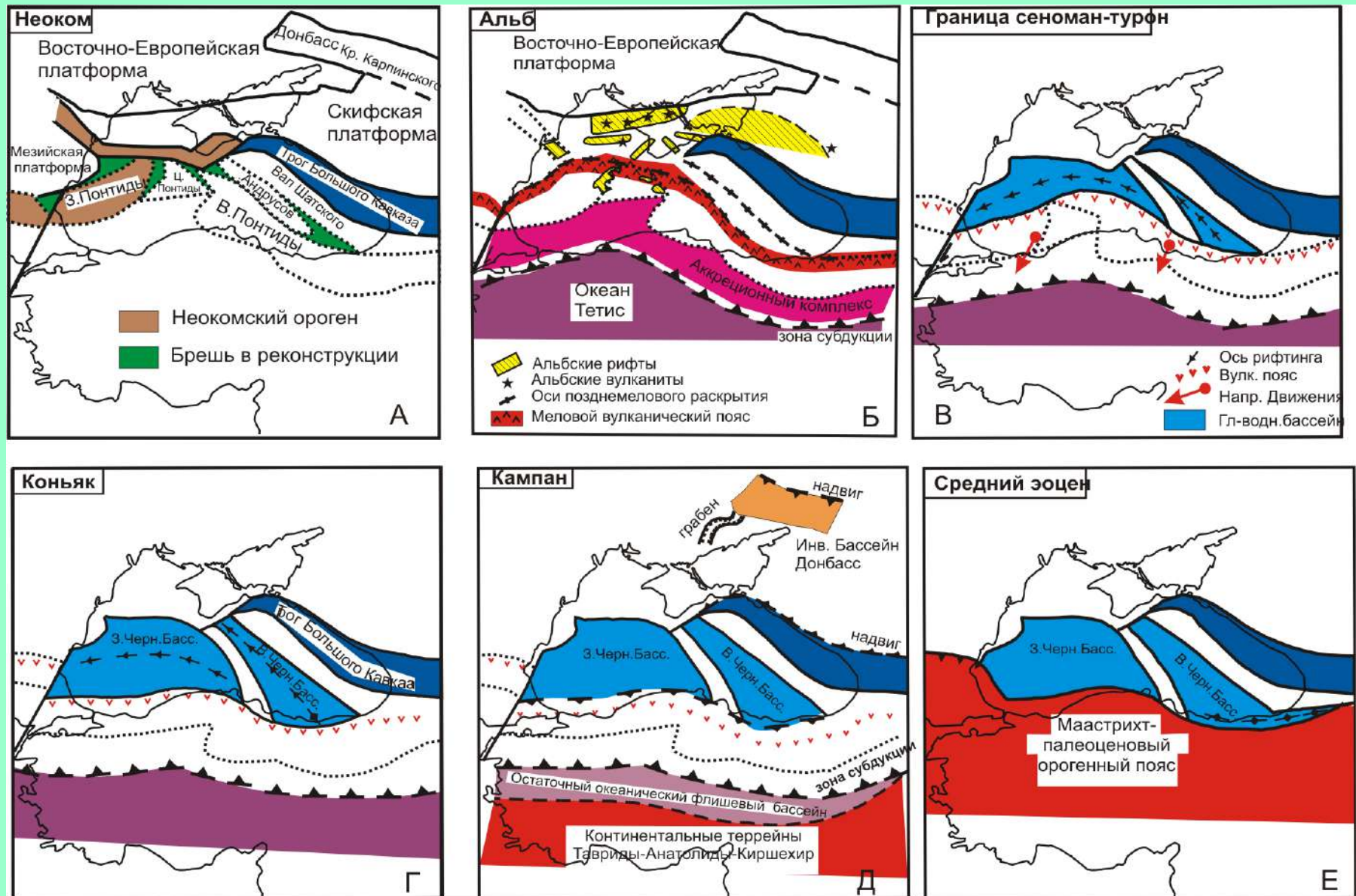
Лекция 9. Карбонатные коллекторы-риффы Черноморско-Каспийского региона



На схеме дна Черного моря цветом показаны глубины, близкие к фундаменту (синее – глубоко, красное – мелко); для суши цветом показана топография. Даны названия основных структур и показан район исследований. Основано на карте А.Робинсона

В региональном плане сеноман-турон-коньякская трансгрессия охватила всю часть Южного Крыма (хотя наличие отдельных островов не исключается). Эта трансгрессия была синхронной с главной фазой рифтового раскрытия Западно-Черноморского и Восточно-Черноморского задуговых глубоководных бассейнов. При этом в Западно-Черноморском бассейне в ходе спрединга формировалась океаническая кора, а в Восточно-Черноморском – сильно растянутая и утоненная континентальная кора.

Лекция 9. Карбонатные коллекторы-риффы Черноморско-Каспийского региона



История формирования Черноморского бассейна (Nikishin et al., 2003)

Лекция 9. Карбонатные коллекторы-риффы Черноморско-Каспийского региона

СИСТЕМА	ОТДЕЛ	ПОДОТДЕЛ	ЯРУС, ПОДЪЯРУС	ИНДЕКС	ВОЗРАСТ, (млн. лет)	МАСШТАБ, (м)	МОЩНОСТЬ, (м)	ЛИТОЛОГИЯ	КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ
П А Л Е О Г Е Н	ПАЛЕОЦЕН	ЭОЦЕН	Р ₂ ³	АЛЬМИНСКИЙ (~приабонский)			100		Мергель серо-зеленый, в кровле - мелоподобный, сильно пиритизированный. Снизу вверх растет глинистость и песчанистость. Верх (20 м) - бентосные фораминиферы; низ (82 м) - планктонные фораминиферы.
			Р ₂ ²	БОДРАКСКИЙ (~бартонский)			<100		Мергели св-коричневые. Известняки мелоподобные. В средней части тонкие прослои глин. Мелкие фораминиферы.
			Р ₂ ¹	СИМФЕРОПОЛЬСКИЙ (~лютетский)			600		Известняки нуммулитовые, массивные, белые. Мергели св-серые (<5м).
			Р ₁ ²	БАХЧИСАРАЙСКИЙ (~ипрский)			50,5		Глины зеленовато-серые. В верхней части - отдельные губки.
			Р ₁ ²	КАЧИНСКИЙ (~танетский)			54,9		Мергели св-серые, глауконитовые, песчанистые, с мелкими фораминиферами, в верхней части - отдельные спикулы губок.
			Р ₁ ¹	ИНКЕРМАНСКИЙ (~монтский)			700		Известняки массивные, белые, органогенно-детритусовые.
			Р ₁ ¹	ДАТСКИЙ			60,2		Мергели серые, песчанистые, вверху маломощные прослои детритусовых известняков.
							65,0		
	МИОЦЕН	ОЛИГОЦЕН	З ₃	МАЙКОП			24,6		Глины серые, неслоистые. Глины темно-серые, оскольчатые. Глины серые, песчанистые, известковистые, с радиолариями.
			З ₂	ТАРХАНСКИЙ			<10		
			З ₂	ЧОКРАКСКИЙ			>10		Изв-ки ракушечн., детритус., песчанистые. Прослои песков, глин с галькой, конгломераты.
			З ₂	КАРАГАНСКИЙ			20-25		В основании - известковый конгломерат.
			З ₂	КОНКСКИЙ			10-20		Известняки крист., ракушечные (>40%), глины. Пресноводные и наземные моллюски.
			З ₃	САРМАТСКИЙ			50		Чередование песков и песчаников с подчиненными прослоями известняков и глин. В основании - кварцевые пески и песч. (К югу они залегают на юрских изв-ках.)
			З ₃	МЭОТИЧЕСКИЙ			40-50		Пачка изв-ков с прослоями песчаников, редими прослоями глин и мергелей.
			З ₃	ПОНТСКИЙ			5,1		Мелководные образования: раковинные, оолитовые изв-ки с незначительными прослоями мергелей и глин, с многочисленной фауной моллюсков. Бренкия из костей млекопитающих.
			З ₂	КИММЕРИЙСКИЙ			около 10 м		Массандровская свита (Ялта) Красноцветные галечные, щебенчатые отложения (пролювий предгорных равнин). Глыбы и блоки изв-ков. Кизилджарская толща галечников (<5м).
			З ₂	АКЧАГЫЛЬСКИЙ			4-18		Область накопления обломочного мат-ла с юго-востока.
	НЕОГЕН	ПЛИОЦЕН	Q	ЯРУС, ПОДЪЯРУС			2,0		Глинистые пески, песчаники и изв-ки с прослоями галечников (прибрежный р-н).
			Q	ИНДЕКС					

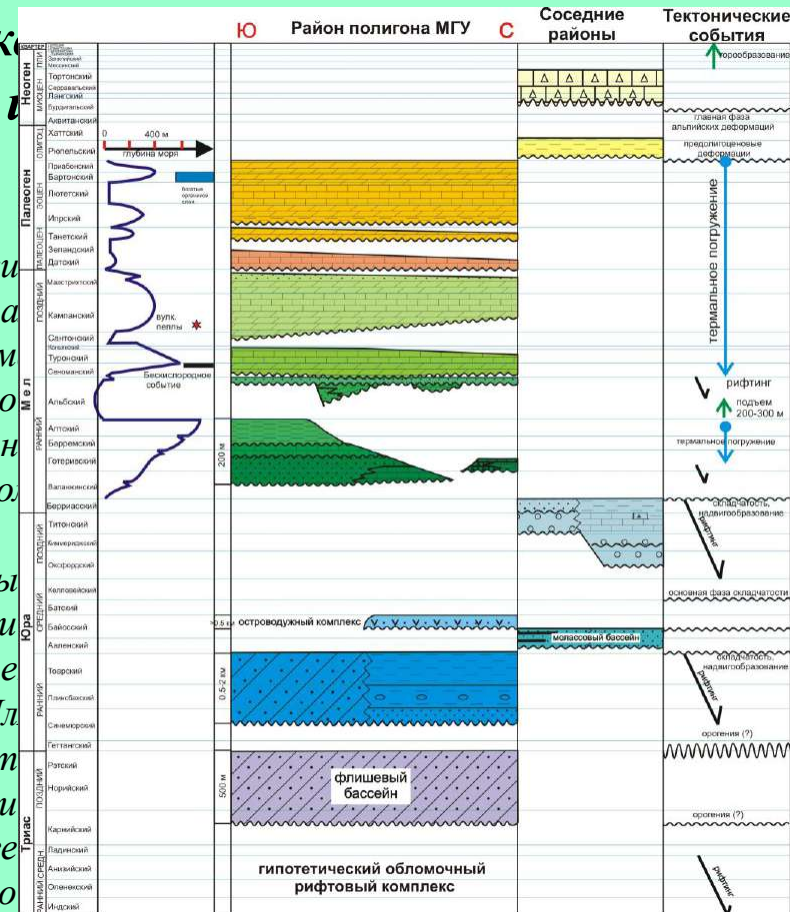
Разрез отложений палеогена и неогена в районе Севастополя–Инкермана (Сов ГеоИнфо, 2003)

Лекция 9. Карбонатные коллекторы-риффы Черноморско-Каспийского региона

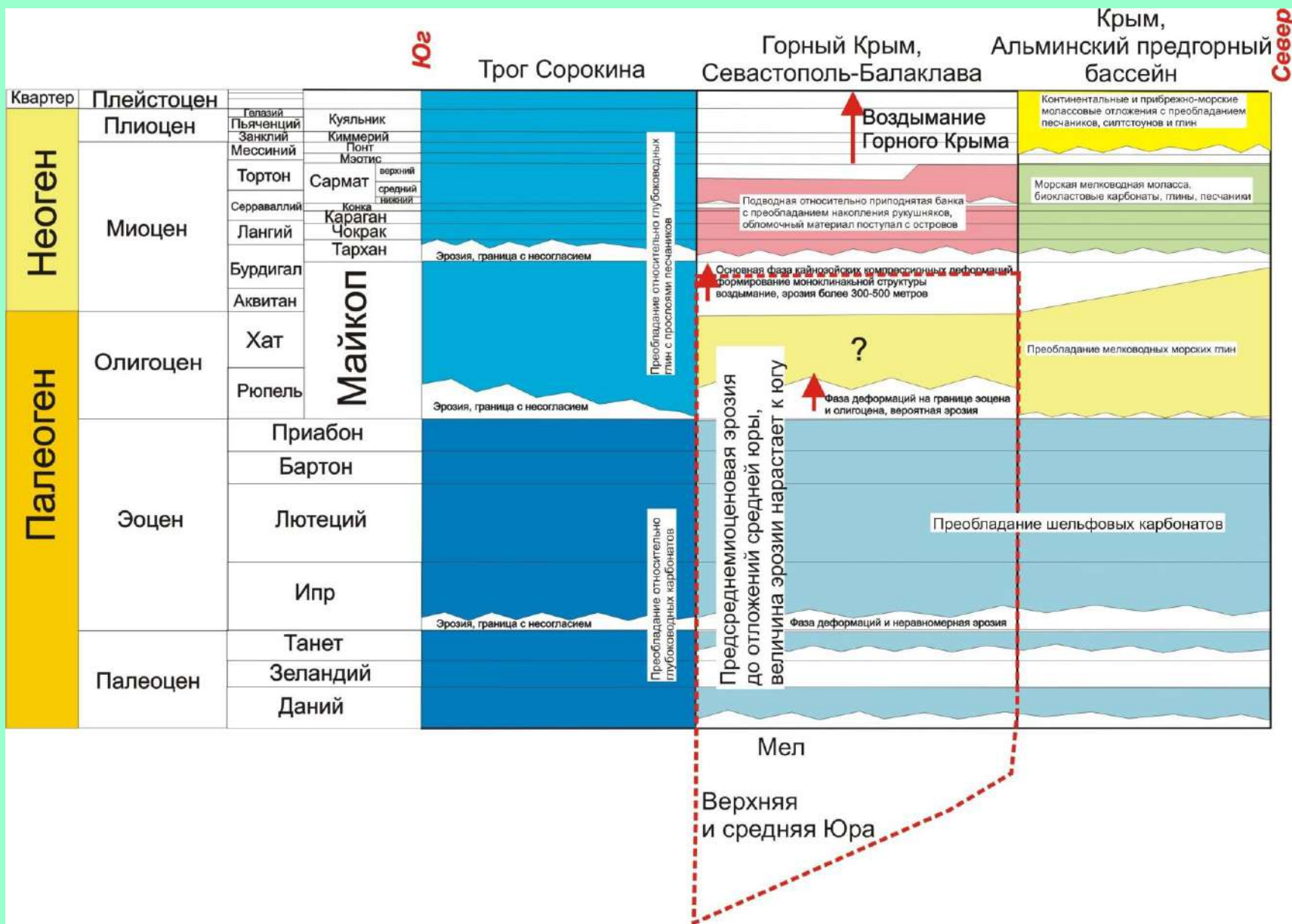
Синорогенный альпийский комплекс (приподнятый эрозионный рельеф синорогенные осадки олигоцена-квартера)

Начиная с олигоцена район практики стал испытывать альпийские деформации и из бассейна осадконакопления стал трансформироваться в горную область. К северу от Горного Крыма осадки олигоцена-неогена образовывали молассовый чехол Скифской платформы. Олигоцен-неогеновые отложения в районе практики не имеют и здесь мы эту историю изложим в схематизированном виде.

В Южном Крыму выделяются следующие синорогенные осадочные комплексы: олигоцен-нижний миоцен (майкопская серия), средний миоцен (тархан, чокрак, караган, конка и сармат), верхний миоцен (мэотис и понт), плиоцен (киммерий и куяльник) и квартер. Для альпийского времени в районе Южного Крыма можно выделить следующие основные тектонические зоны (рис. 4): Горно-Крымский ороген; краевой (предгорный) прогиб Сорокина, который расположен южнее Крыма в акватории Черного моря; Индольский краевой прогиб, который располагается к северо-востоку от Горно-Крымского орогена; Альминский краевой прогиб, который располагается к северо-западу от Горного Крыма (этот прогиб выражен слабо и выделяется условно); Симферопольское поднятие, которое разделяет Индольский и Альминский прогибы.



Лекция 9. Карбонатные коллекторы-риффы Черноморско-Каспийского региона



Хроностратиграфия и основные тектонические события в районе Юго-Западного Крыма в кайнозое (составил А.М. Никишин)

Лекция 9. Карбонатные коллекторы-риффы Черноморско-Каспийского региона

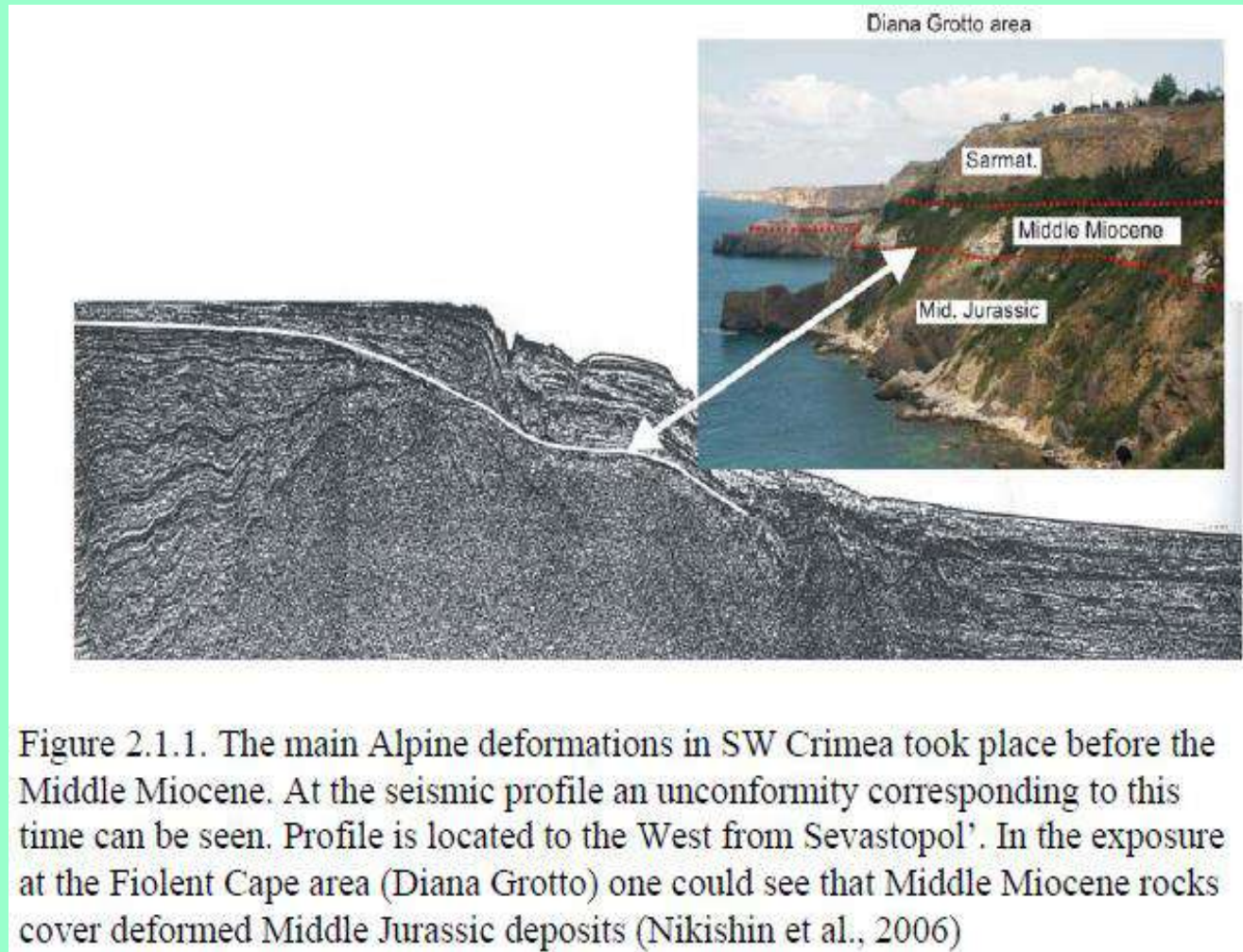


Figure 2.1.1. The main Alpine deformations in SW Crimea took place before the Middle Miocene. At the seismic profile an unconformity corresponding to this time can be seen. Profile is located to the West from Sevastopol'. In the exposure at the Fiolent Cape area (Diana Grotto) one could see that Middle Miocene rocks cover deformed Middle Jurassic deposits (Nikishin et al., 2006)

Главные альпийские деформации в Юго-Западном Крыму имели место перед средним миоценом. На сейсмическом профиле четко видно предсреднемиоценовое несогласие. Профиль проходит западнее Севастополя. В обнажении в районе мыса Фиолент видно, что средний миоцен ложится на деформированную среднюю юру

Лекция 9. Карбонатные коллекторы-риффы Черноморско-Каспийского региона



Рис. 28. Схема строения предполагаемого тектонического клина нижнемеловых отложений в известняках верхней юры в Мраморном карьере.
Справа - фото контакта детальнее

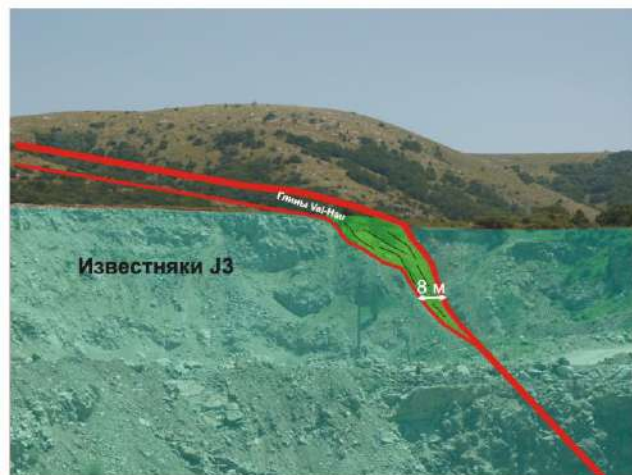
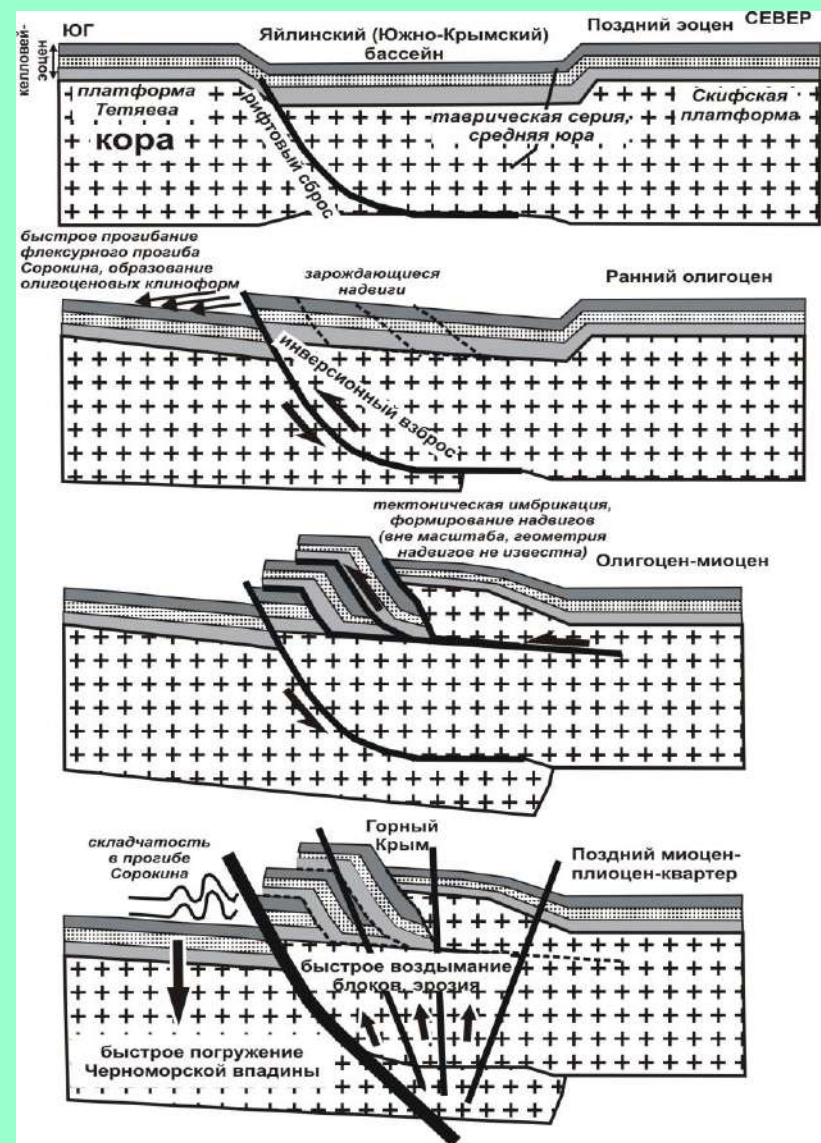
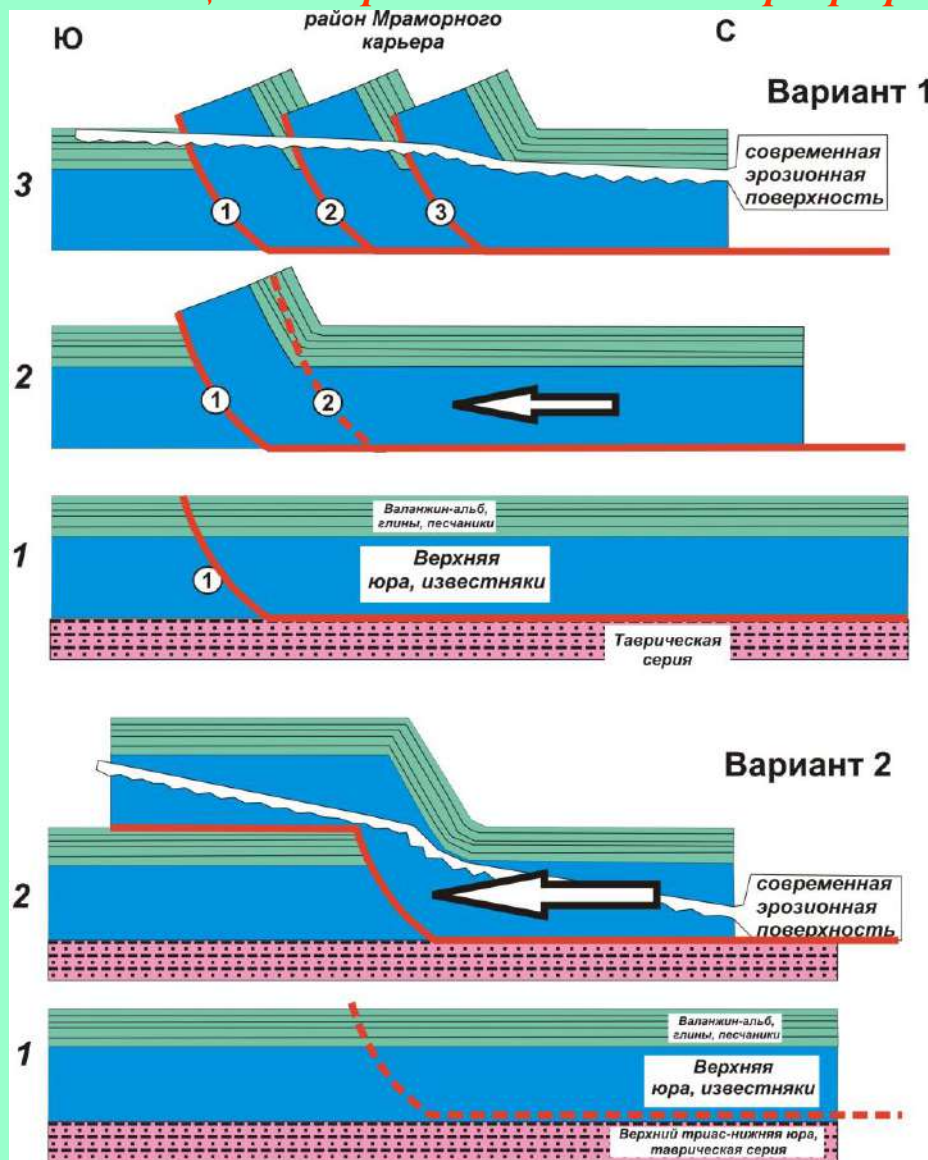


Рис. 29. Геологическая интерпретация обнажения. Меловой клин слева имеет изначально эрозионный контакт (с возможным вдольконтактовым срывом), а справа - явный тектонический контакт

Лекция 9. Карбонатные коллекторы-рифы Черноморско-Каспийского региона



Вероятный характер надвиговых деформаций в районе северной части плато Чатыр-Даг. Время деформаций не определено: после альба и, вероятно, в кайнозое (на границе эоцена и олигоцена или в миоцене). Цифры (1–3) – стадии процесса, цифры в кружочках – последовательность образования надыгов

Внемасштабная модель альпийской тектоники Южно-Крымского орогена; отложения олигоцена и выше не показаны

Лекция 9. Карбонатные коллекторы-риффы Черноморско-Каспийского региона

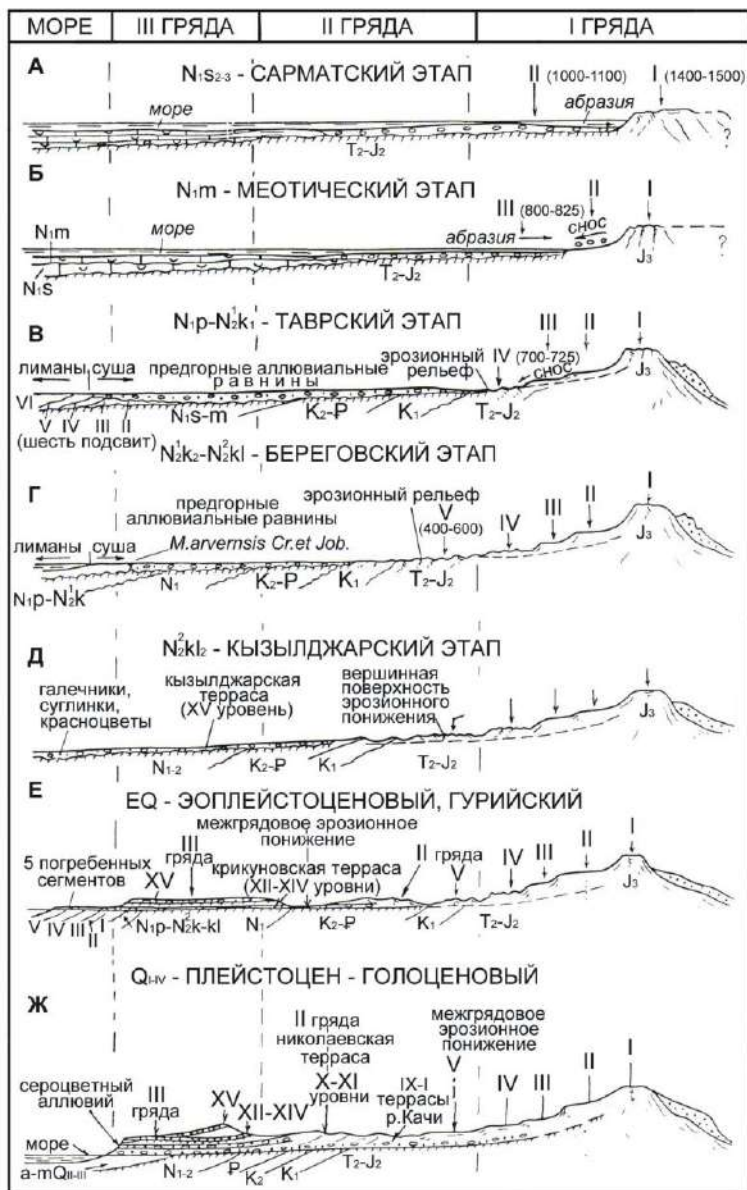


Рис. 31. Этапы формирования рельефа Юго-западного Крыма.

.Досарматский этап.

.Сарматский этап.

.Меотический этап.

.Понт-раннекиммерийский (таврский) этап.

.Позднекиммерийский-раннекуяльникский (береговский) этап.

.Позднекуяльникский (кызылджарский) этап.

.Эоплейстоценовый (гурийский) этап.

.Плейстоцен-голоценовый этап.

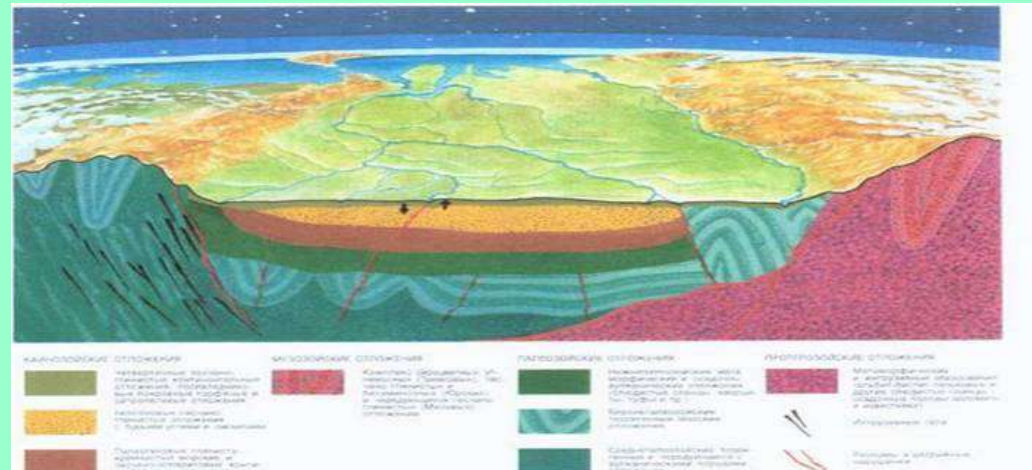


Figure I.1.1: Западная сибирь. Обзорная карта

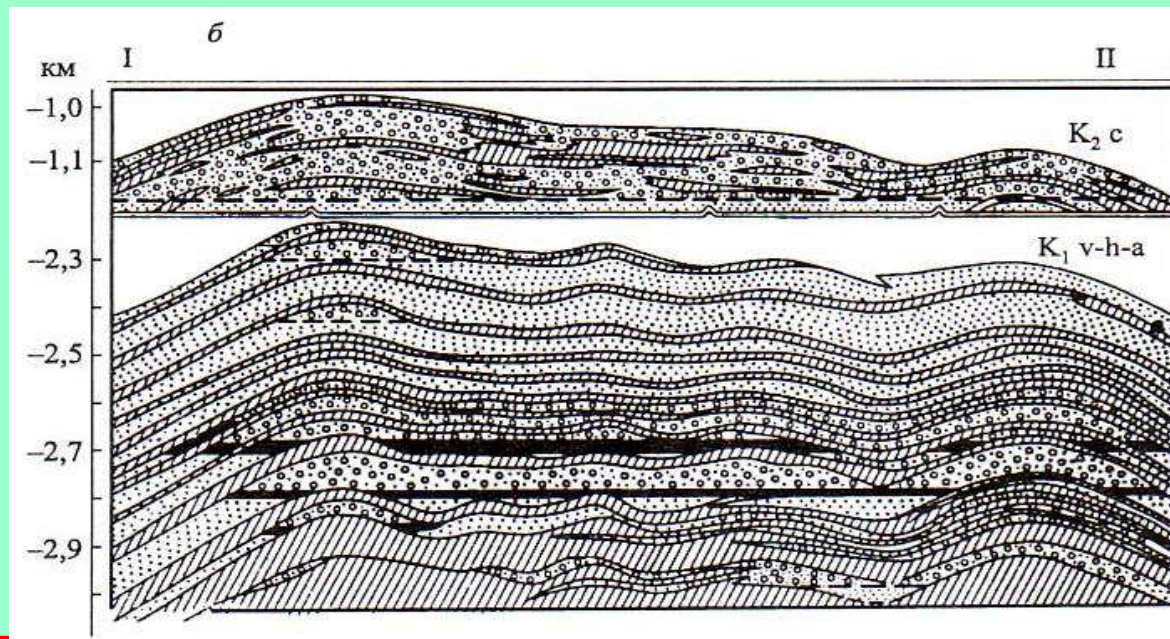
Figure I.1.1: West Siberia - General Location Map

План лекции:

1. Общие представления о геологическом строении и развитии Западно-Сибирской платформы

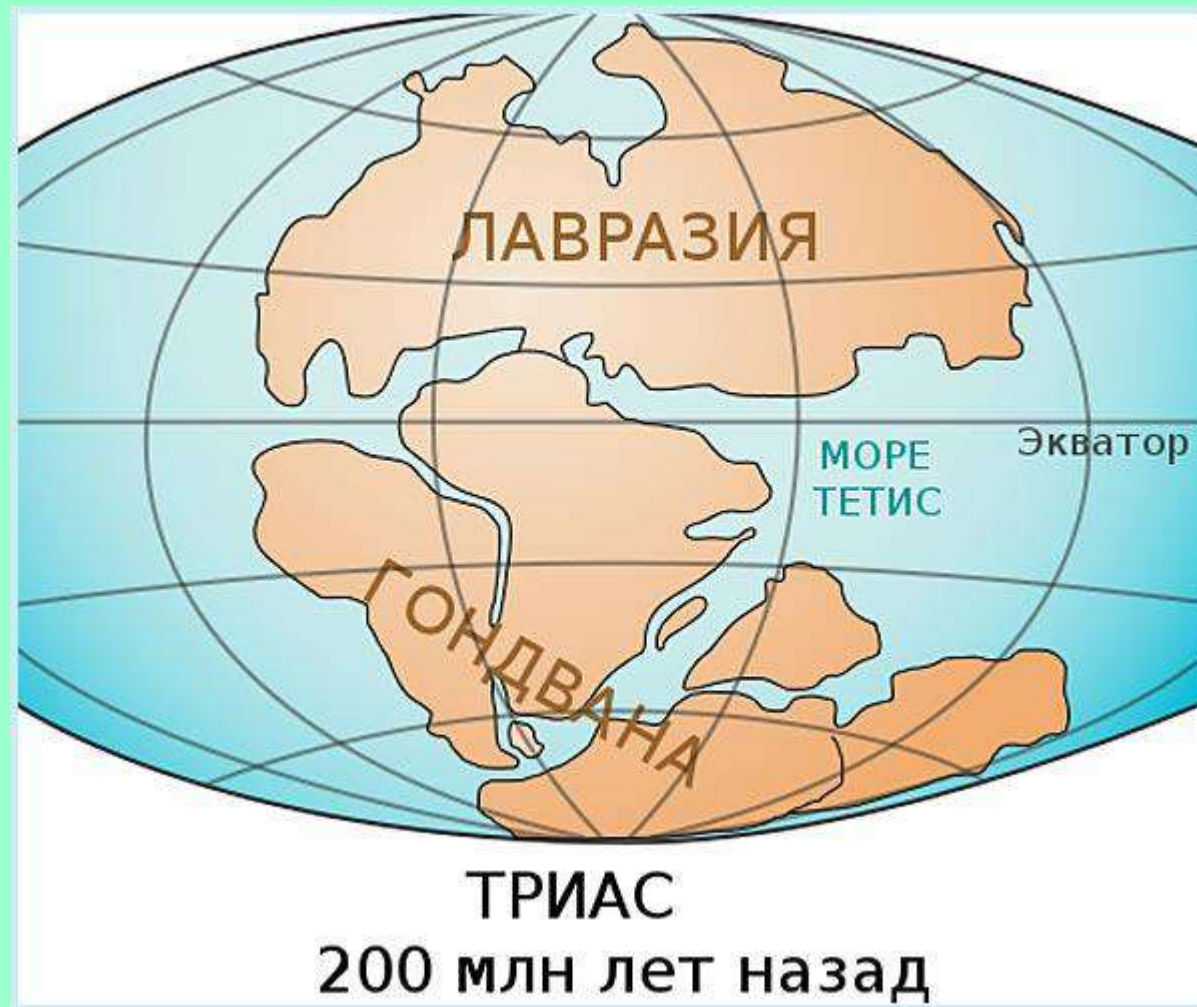


2. Примеры месторождений нефтегазоносных бассейнов Западно-Сибирской платформы



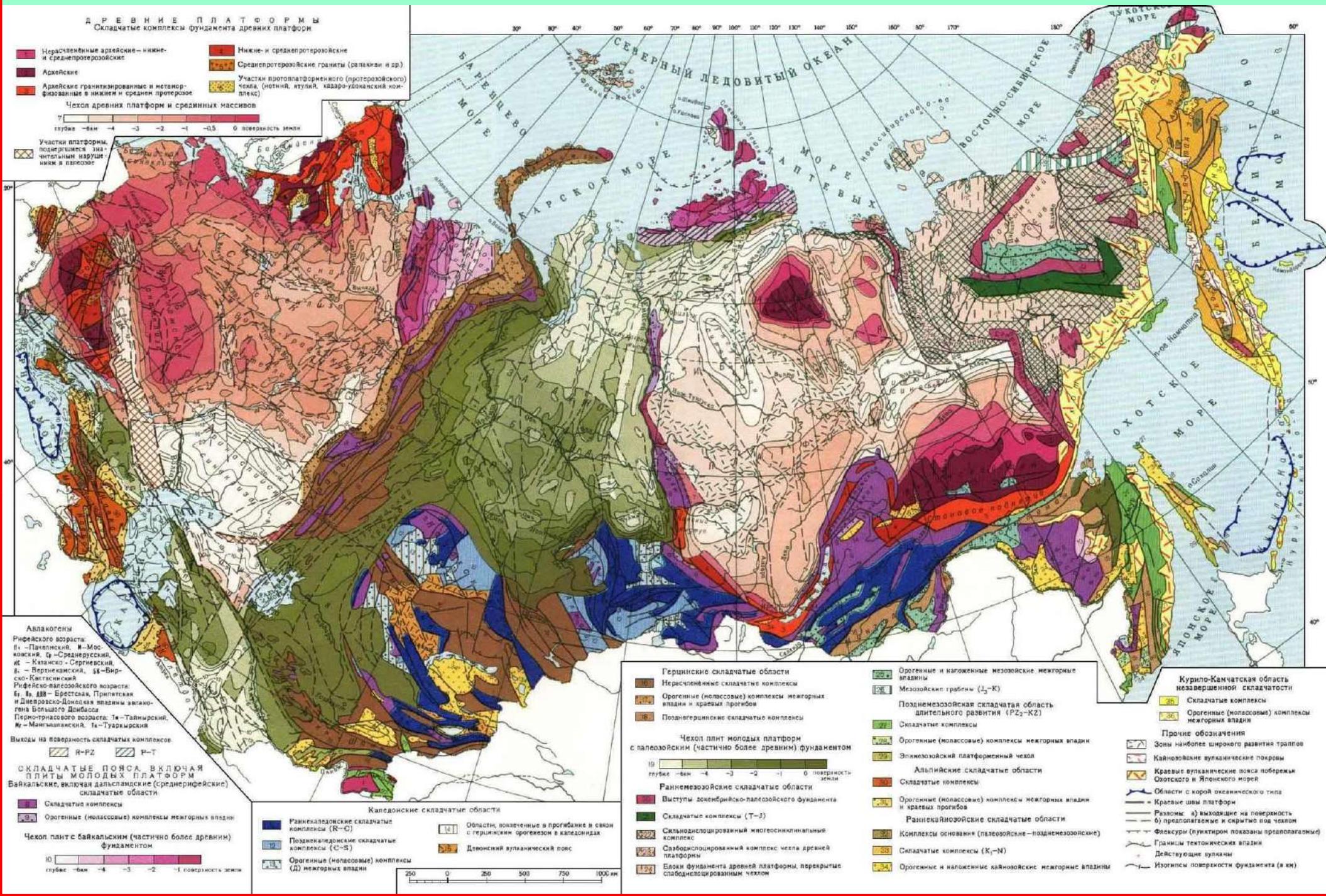
Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

3. Геологическая история



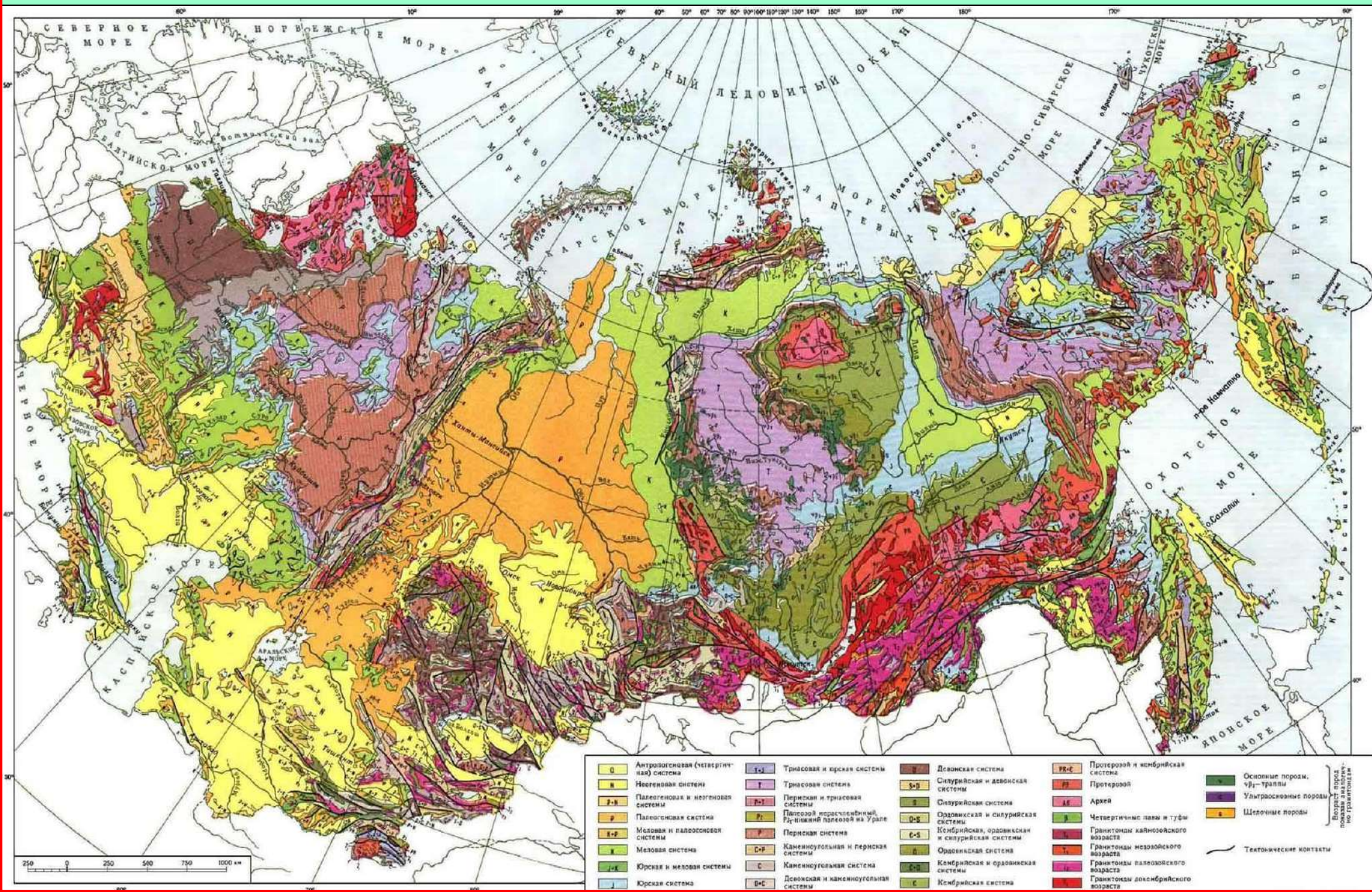
Лекция 2. Введение в региональную и историческую геологию Восточной Сибири

Герцинский фундамент



Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

Мезо-кайнозойский чехол



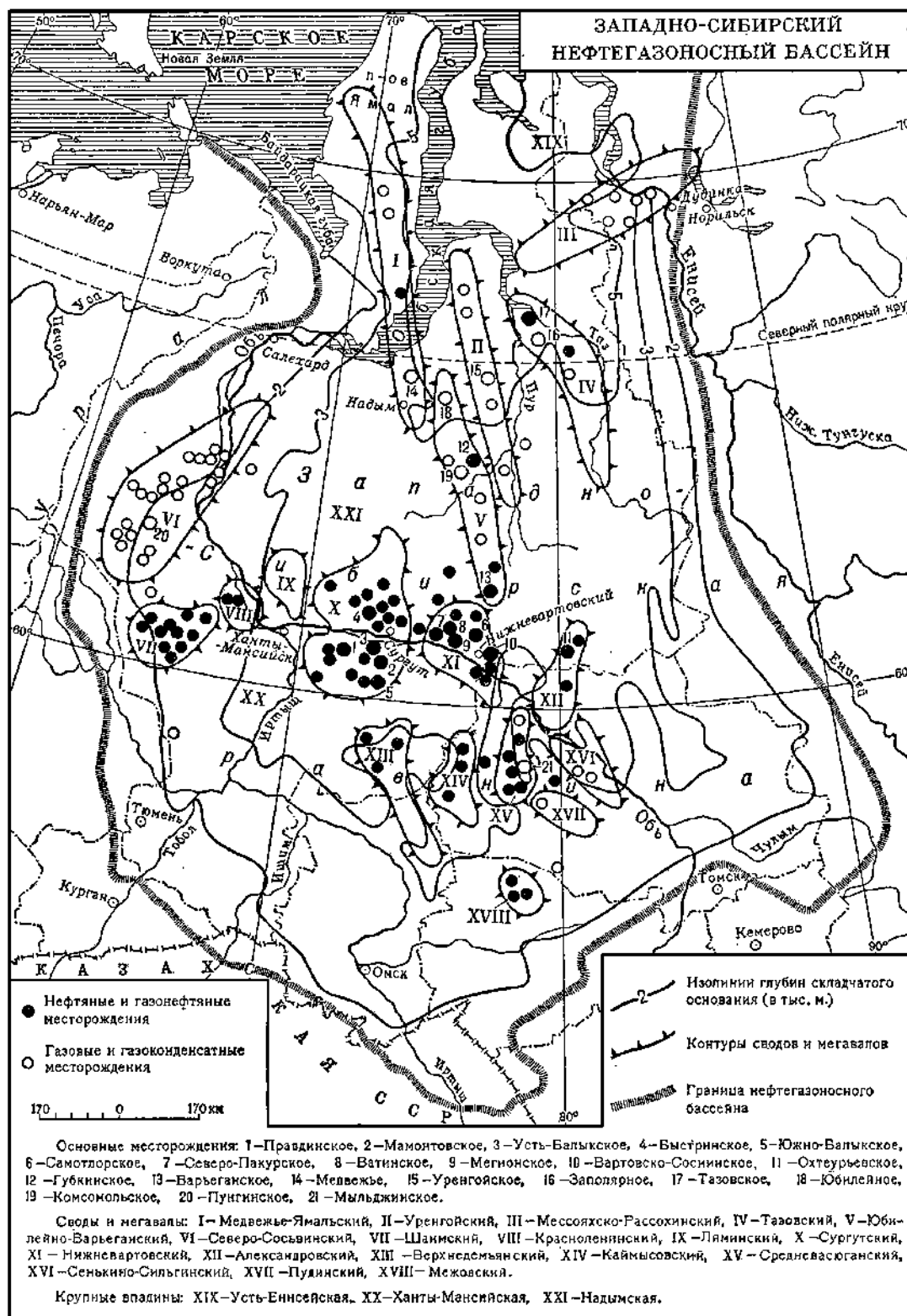


Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

Западно-Сибирский НГБ - наиболее крупный в России (около 1,6 млн. км²)

Он расположен между горными сооружениями Урала на западе, Сибирской платформой на востоке и Алтае-Саянской горной системой на юге. Северная часть бассейна покрыта водами Карского моря.

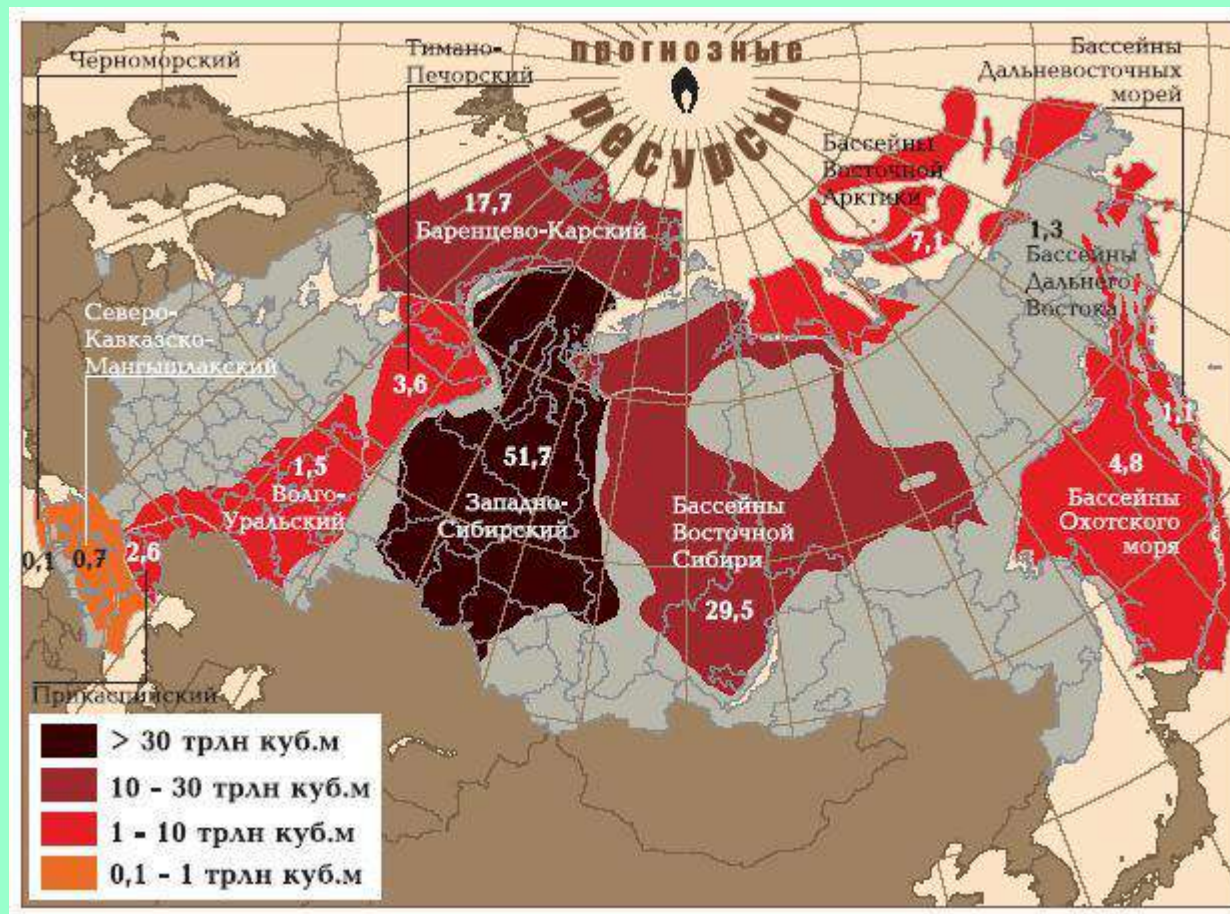
- В бассейне выявлено почти 600 месторождений УВ, из которых около 400 – нефтяные.
- Из 65 крупнейших месторождений нефти России 49 относятся к Западно-Сибирскому НГБ.
- Самотлорское месторождение входит в десятку крупнейших месторождений Мира.
- Объем начальных разведанных запасов Западной Сибири составляет более 60% общероссийского, текущих – более 70%.
- Ежегодная добыча в регионе составляет примерно 70% суммарной по России



На крупных поднятиях и впадинах развиты локальные поднятия, среди которых имеются крупные (40 X 20 км), средние (15 X 10 км) и мелкие (3 X 5 км). Свыше 100 локальных поднятий оказались нефтеносными или газоносными.

Нефтегазоносность бассейна связана с отложениями юрского и мелового возраста, в разрезе которых выделяются свыше 40 продуктивных пластов песчаников. В Березовском газоносном районе получены притоки газа также из трещиноватых гранито-гнейсов и метаморфических сланцев, подстилающих осадочные породы. В юрских отложениях выделяются две продуктивные толщи: средненижнеюрская и верхнеюрская. В первой имеется 4—6 продуктивных пластов мощностью до 20 м каждый; толща продуктивна в пределах всего бассейна. Верхнеюрская толща продуктивна на западе и в центре бассейна. Мощность продуктивных пластов 10—15 м. В отложениях мелового возраста нефтегазоносными являются как нижнемеловые неокотские (аптские), так и верхнемеловые породы. В неокоте насчитывается до 20 продуктивных пластов мощностью 15—20 м каждый. Они наиболее развиты в месторождениях центральной группы сводовых поднятий. В аптских отложениях нефтеносность установлена на З. и С. бассейна. С верхнемеловыми песчаниками связана газоносность северной группы месторождений. Мощность газоносных пластов здесь достигает до 120 м.

Распределение прогнозных ресурсов свободного газа по нефтегазоносным бассейнам РФ, трлн куб.м



Потенциальные (прогнозные+перспективные)

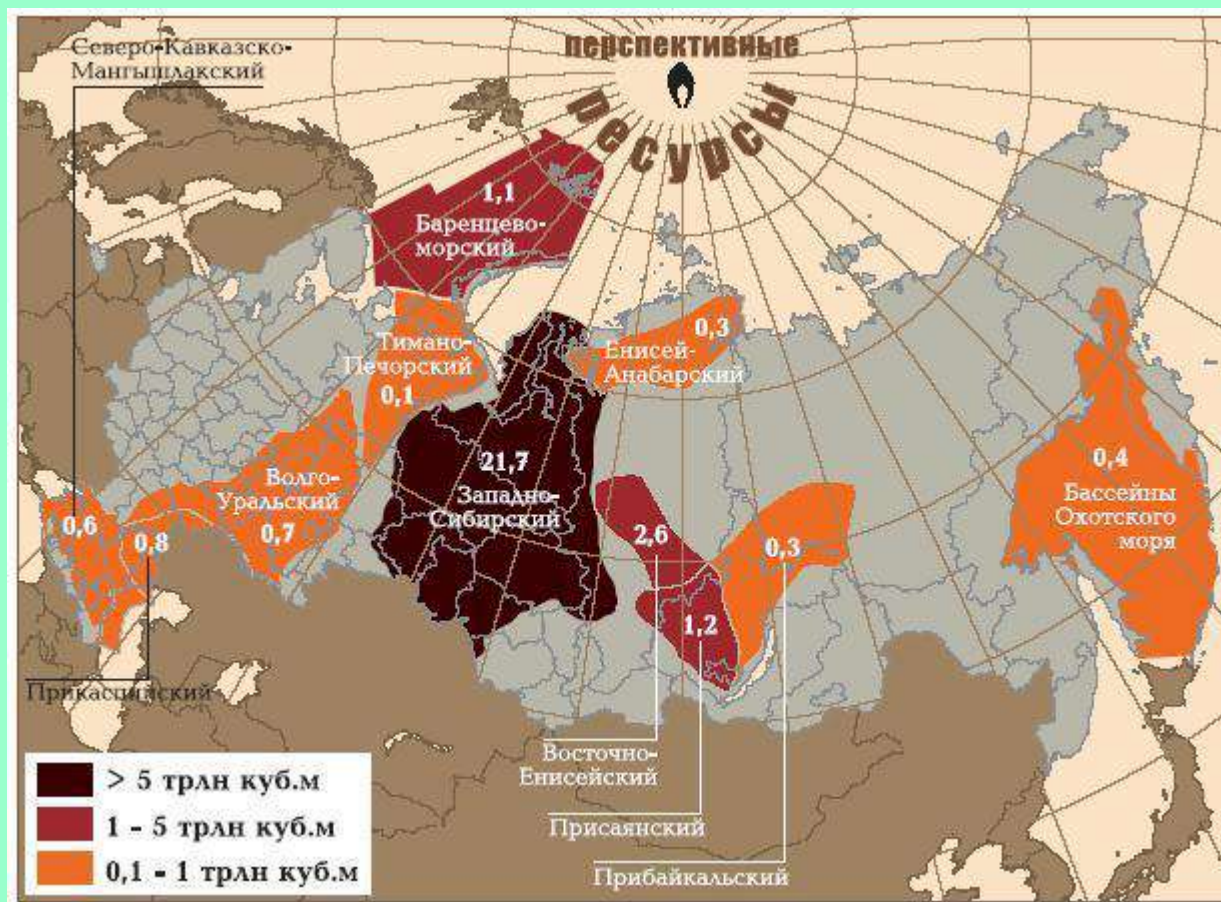
ресурсы природного газа России оцениваются в 151,3 трлн куб.м, что составляет около 40% мировых. Однако наиболее достоверные перспективные ресурсы составляют в этом объеме всего около 20%, а примерно половина приходится на прогнозные ресурсы категории D₂, оценка которых наименее достоверна. Около половины перспективных ресурсов располагается в Западной Сибири, более четверти – на шельфах Баренцева и Карского морей. Подавляющая часть прогнозных ресурсов газа сосредоточена в азиатской части России и в морях Арктики и Дальнего Востока.

Разведанные запасы природного газа России очень велики, они составляют около 27% мировых. Однако около 95% их относится к относительно невысокой категории C₁, для которой подтверждаемость в среднем составляет 70%.

Более двух третей разведанных запасов свободного природного газа страны сосредоточено в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО). На европейскую часть страны приходится менее 10% разведанных запасов.

Для России характерна высокая степень концентрации запасов природного газа – 71,2% разведанных запасов сосредоточено в 28 уникальных месторождениях (с балансовыми запасами более 500 млрд куб.м), еще 21,6% заключено в 86 крупных (75-500 млрд куб.м) объектах.

Распределение перспективных ресурсов свободного газа по нефтегазоносным бассейнам РФ, трлн куб.м

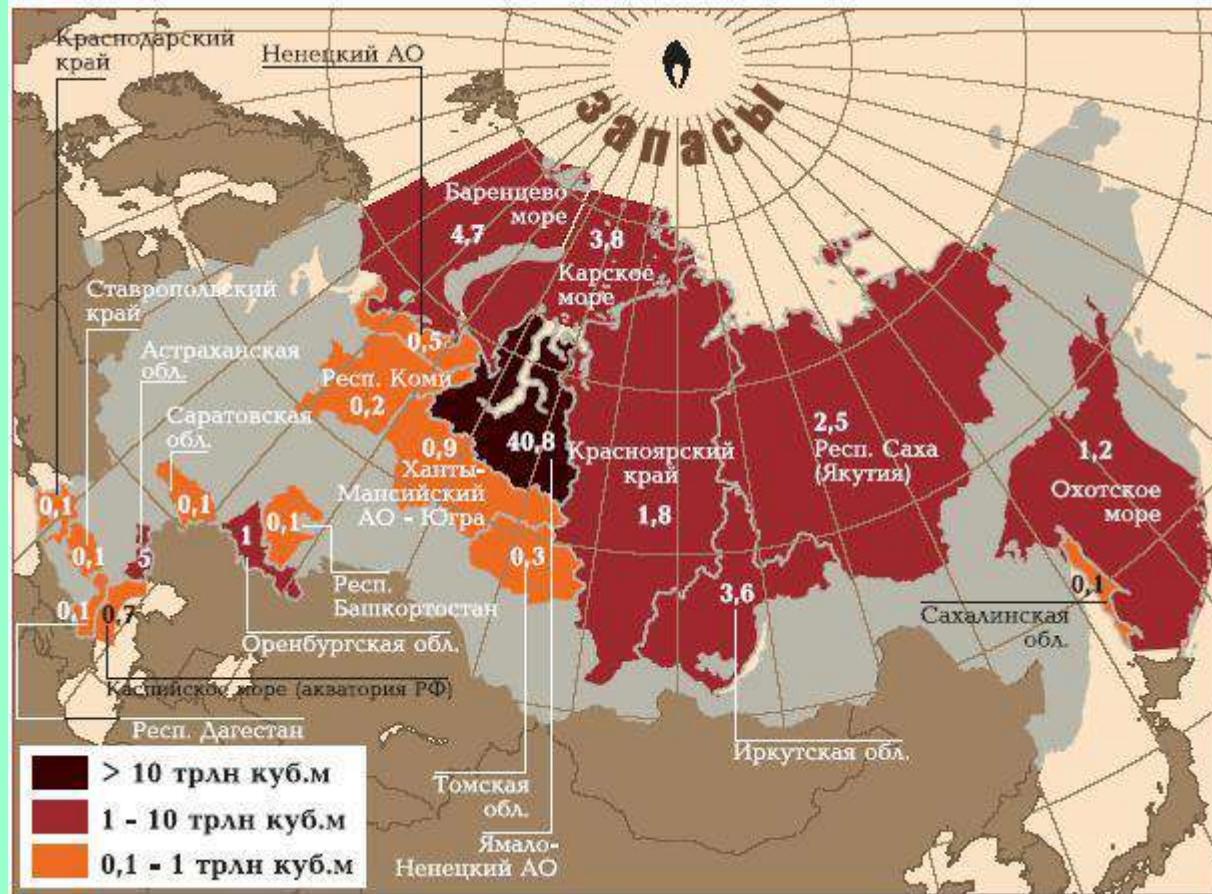


При этом лишь менее трети разведанных запасов свободного природного газа России может осваиваться с применением апробированных в отечественной практике технологий добычи и находится в районах, где имеется развитая газотранспортная инфраструктура и газоперерабатывающие мощности; то есть менее трети разведанных запасов относится к высокоэффективным. Для вовлечения в разработку остальной части запасов требуются либо другие технологии добычи, либо строительство и ввод в эксплуатацию новых транспортных систем и газоперерабатывающих заводов (ГПЗ), либо и то, и другое вместе.

Почти 40% запасов российского газа сосредоточено в неосвоенных и/или труднодоступных районах.

Основная часть высокоэффективных запасов приурочена к Надым–Пур-Тазовскому региону (НПТР) Ямало-Ненецкого АО – главному газодобывающему району страны. Здесь сосредоточена примерно четверть российских разведанных запасов свободного газа, однако и здесь не все они могут быть отнесены к высокоэффективным. Наиболее удобен для разработки газ верхних продуктивных горизонтов сеноманского возраста, так называемый сеноманский газ, образующий крупные залежи сравнительно простого геологического строения на небольших глубинах (до 1500 м).

Распределение балансовых запасов свободного газа по субъектам и шельфам РФ, трлн куб.м



Сеноманский газ НПТР, называемый «сухим», состоит в основном из метана.

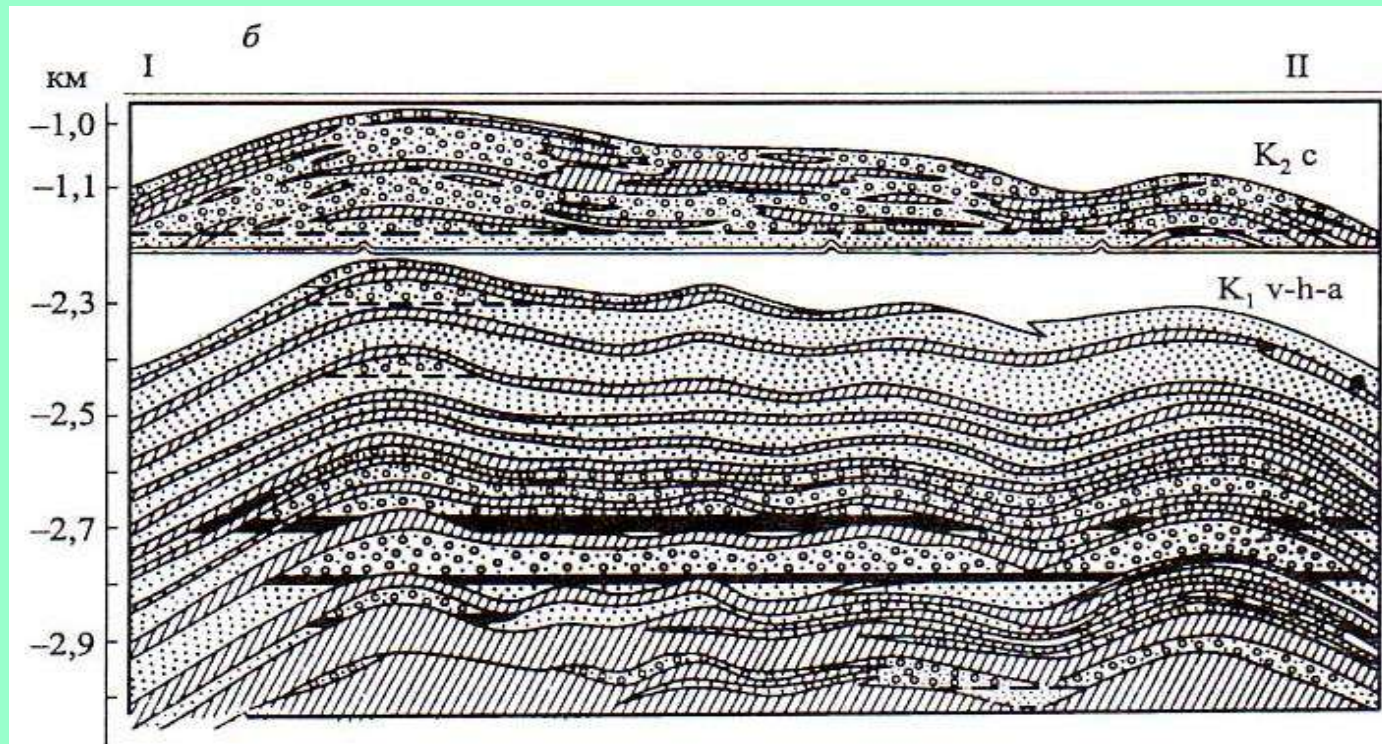
Основные запасы сеноманского газа сосредоточены в уникальных месторождениях левобережья реки Пур (Уренгойское, Ямбургское, Медвежье), которые эксплуатируются уже в течение многих лет и характеризуются высокой (более 55%) степенью выработанности. В расположенных восточнее, в междуречье рек Пур и Таз, вновь осваиваемых месторождениях Заполярном, Южно-Русском и ряде других содержится не более 30% разведанных запасов сеноманского газа НПТР.

При этом только около 70% текущих разведанных запасов сеноманского газа НПТР могут быть рентабельно извлечены, поскольку в отечественной газопромысловой практике добыча газа повсеместно ведется в режиме истощения пластовой энергии, при котором в запасах неглубоких залежей, характеризующихся невысоким энергетическим потенциалом, по мере вступления их в завершающую стадию эксплуатации растет доля так называемого низконапорного газа, для извлечения и транспортировки которого требуются дополнительные усилия, а часть его извлечь невозможно.

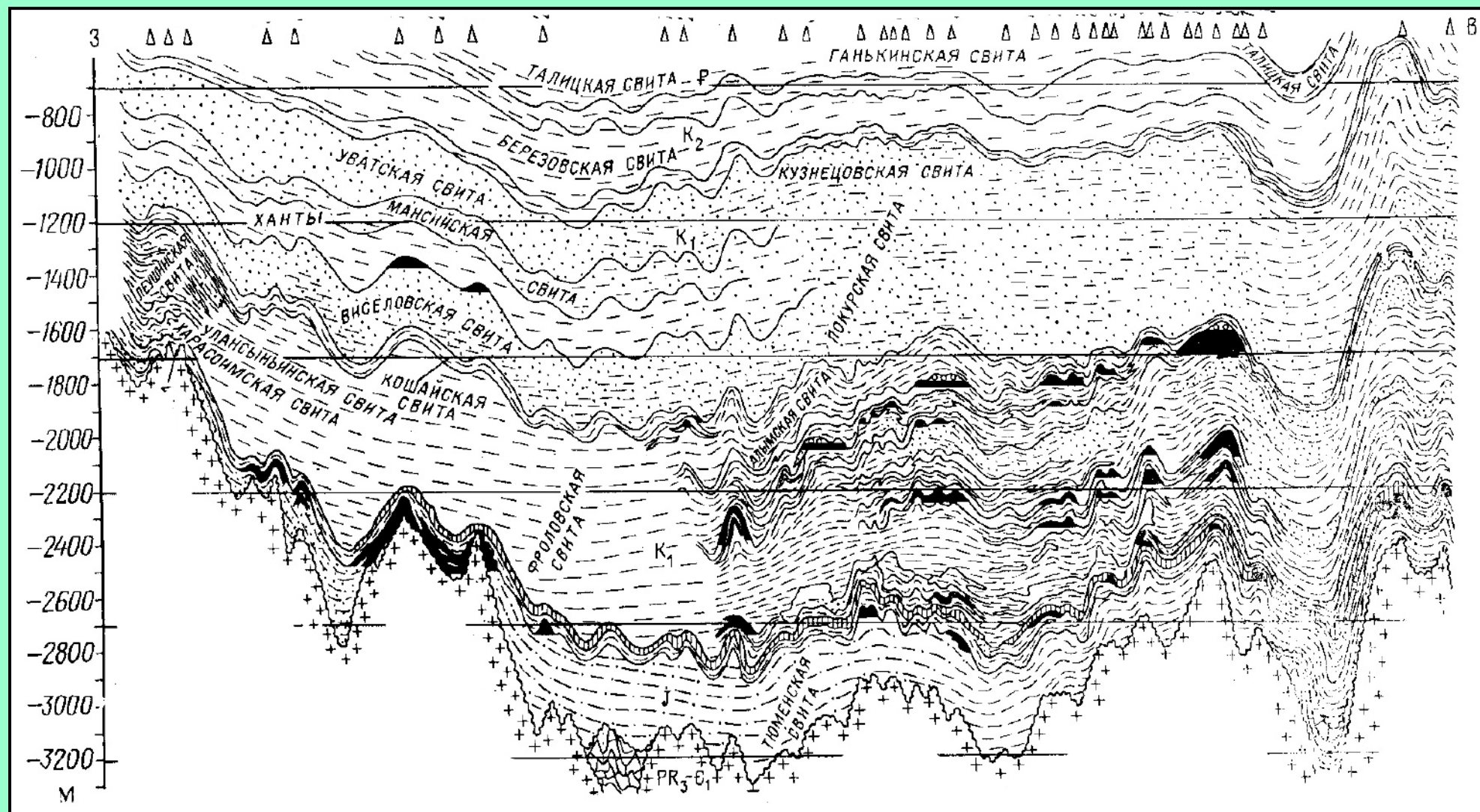
В более глубоких горизонтах НТПР, сложенных породами раннемелового (валанжинский и ачимовский газ) и юрского возраста, сосредоточено около 16% разведанных запасов свободного газа России. Этот газ характеризуется более сложным составом: помимо метана, в нем в значительных количествах присутствуют другие углеводороды: этан, пропан и бутаны, являющиеся ценным газохимическим сырьем, а также конденсат. Это так называемый «жирный газ», технология разработки которого более сложна. Содержащийся в «жирном» газе конденсат представляет собой тяжелые углеводороды, в условиях недр находящиеся в газообразном (парообразном) состоянии. При снижении пластового давления (в процессе эксплуатации залежи или при попадании на поверхность) эти углеводороды конденсируются в жидкость, образуя так называемый нестабильный конденсат. Освоение запасов «жирного» газа невозможно без создания системы транспортировки и переработки конденсата. В НТПР создана инфраструктура, которая позволяет осуществлять освоение запасов «жирного» газа, хотя и в недостаточном объеме.

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

Запасы валанжинского газа, залегающего ниже сеноманских залежей, на глубинах 2-3 тыс.м, в значительной степени вовлечены в отработку, а освоение залегающей на глубинах 3,2-3,8 тыс.м, в основании нижнемеловых отложений, продуктивной ачимовской толщи только начинается. Разведанные запасы ачимовского газа пока невелики (составляют всего около 4% российских), но ресурсы его значительны; их освоение могло бы способствовать поддержанию добычи газа в регионе. Однако разработка залежей этого газа очень трудна: они отличаются сложным геологическим строением и аномально высокими пластовыми давлениями и требуют специальных технологий разработки. Себестоимость добычи ачимовского газа в 10-15 раз превышает себестоимость сеноманского, однако для давно разрабатываемых обустроенных месторождений, запасы сеноманского газа которых близятся к истощению, ачимовский газ может представлять резерв для добычи. Таким является Уренгойское месторождение, к которому приурочена основная часть разведанных на сегодняшний день запасов ачимовского газа; его разработка здесь рентабельна.



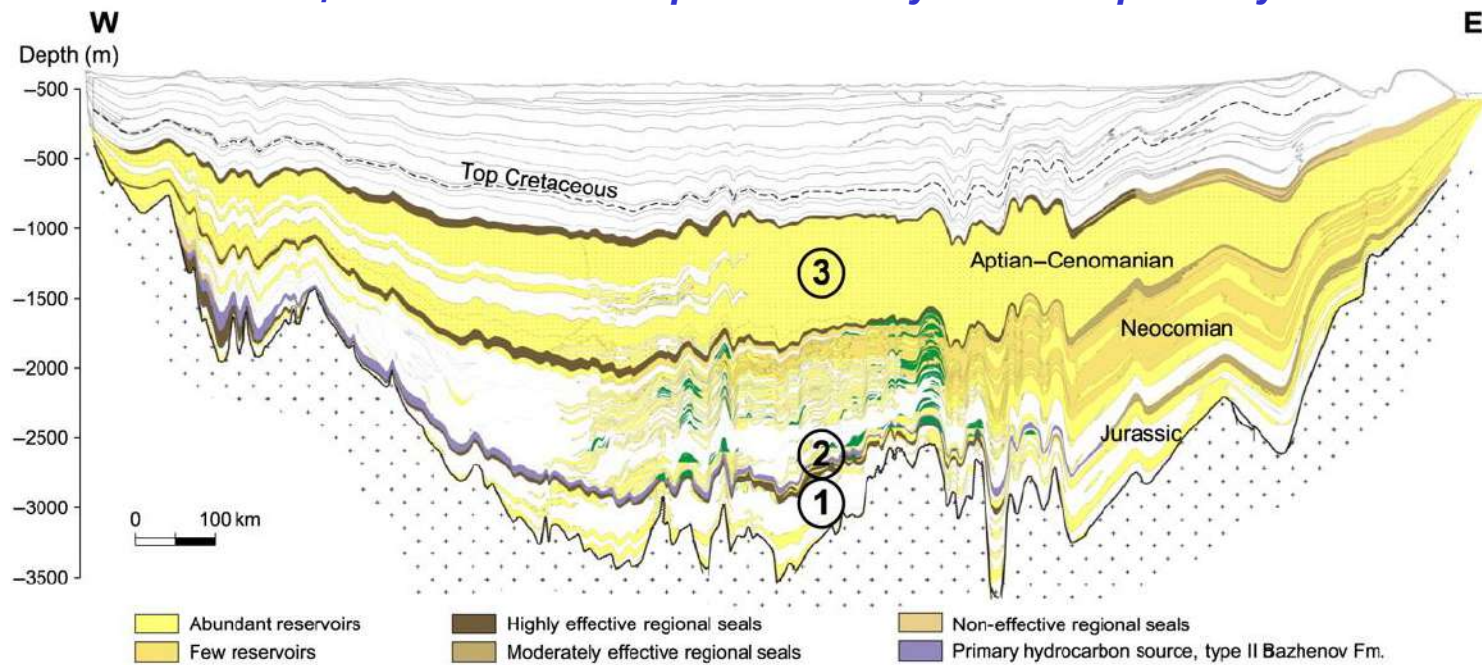
Положение залежей нефти и газа в разрезе Западно-Сибирского НГБ



Нефтегазоносность отложений бассейна выявлена в широком стратиграфическом диапазоне, от пород палеозойского фундамента до апт-сеноманских отложений верхнего мела (Фролов С.В. (МГУ)).

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

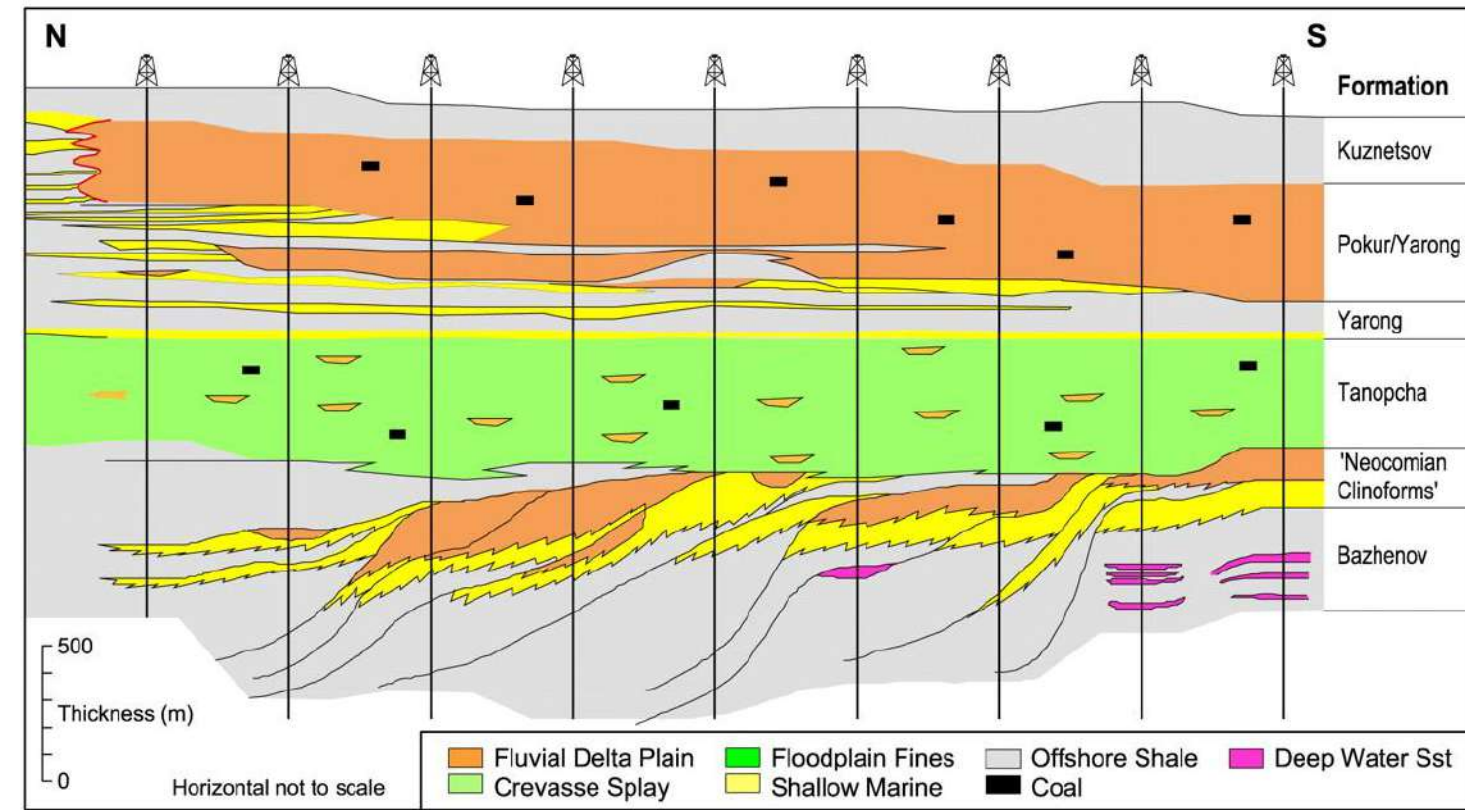
(a)



Schematic cross-section of the petroleum systems of the West Siberia basin.

pgc.lyellcollection.org

(b)

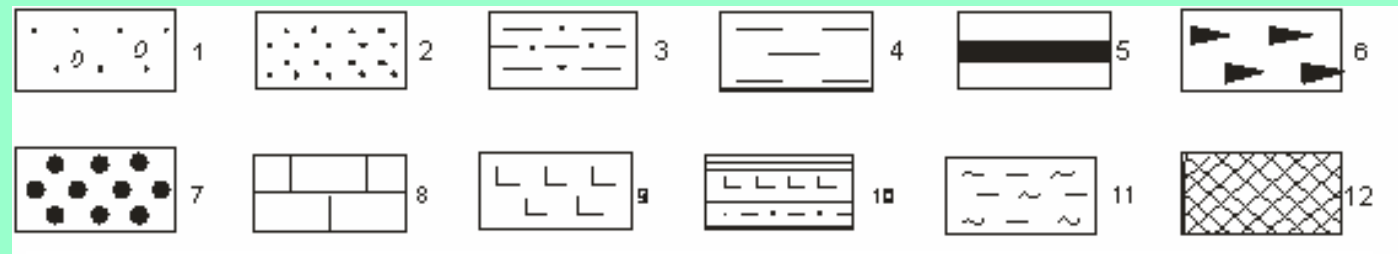


Bazhenov formation is the main source rock in West Siberian petroleum region

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

Sistem	Series	General(standard)	Formation	Lithology
Q				
P				
CRETACEOUS	Upper	K _{2m}	ГАНЬКИНСКАЯ	
		K _{2cp}	БЕРЕЗОВСКАЯ	
		K _{2s}		
		K _{2cn}	КУЗНЕЦОВСКАЯ	
		K _{2t}	УВАТСКАЯ	
	Lower	K _{2c}	Х-МАНСИЙСКАЯ	
		K _{1al}	ВИКУЛОВСКАЯ	
		K _{1ap}	АЛЫМСКАЯ	
		K _{1br}	ЧЕРКАШИНСКАЯ	
		K _{1g}		
		K _{1v}	АХСКАЯ	
		K _{1b}		
JURASSIS	Upper	J _{3ti}	БАЖЕНОВСКАЯ	
		J _{3lm}	АБАЛАКСКАЯ	
		J _{3ox}		
	Middle	J _{2cl}	ТЮМЕНСКАЯ	
		J _{2bt}		
		J _{2b}		
		J _{2a}	ТУРОВСКАЯ	
	Lower	J _{1t}		
			ПОКУРСКАЯ	
		J _{1p}	ШЕРКАЛИНСКАЯ	
		J _{1s}		

- Территория бассейна сложена терригенными отложениями юрского, мелового, палеогенового, в меньшей степени неогенового возраста; более древние отложения (триас, палеозой) развиты лишь во впадинах, осложняющих фундамент. Нижне- и среднеюрские отложения представлены континентальными песчано-глинистыми породами с максимальной мощностью на С. бассейна 1000 м (на большой площади бассейна мощность их составляет 200—600 м). Верхнеюрские и нижнемеловые (валанжинские) породы сложены аргиллитами и песчаниками; мощность верхнеюрских отложений редко превышает 300 м, валанжинских — 500 м; остальная часть разреза раннемелового возраста сложена лагунными и морскими глинисто-песчаными породами мощностью от 600 м в центральной части бассейна и до 1000 м на севере. Отложения верхнего мела, палеоцена и эоцена представлены морскими, в меньшей степени континентальными глинистыми и песчаниковыми породами, мощностью от 800 до 1600 м. Олигоцен, имеющий мощность не свыше 700 м, выражен континентальными песками и глинами. Максимальная мощность (свыше 5 км) осадочных отложений известна в северной части бассейна (БСЭ).

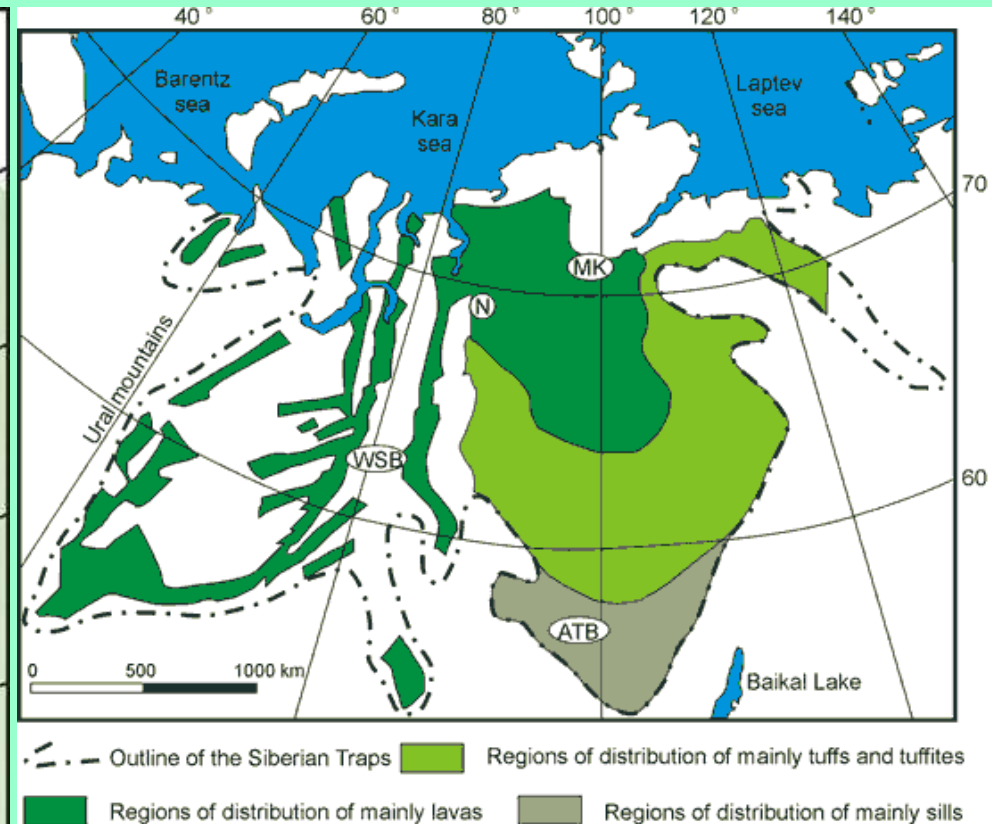
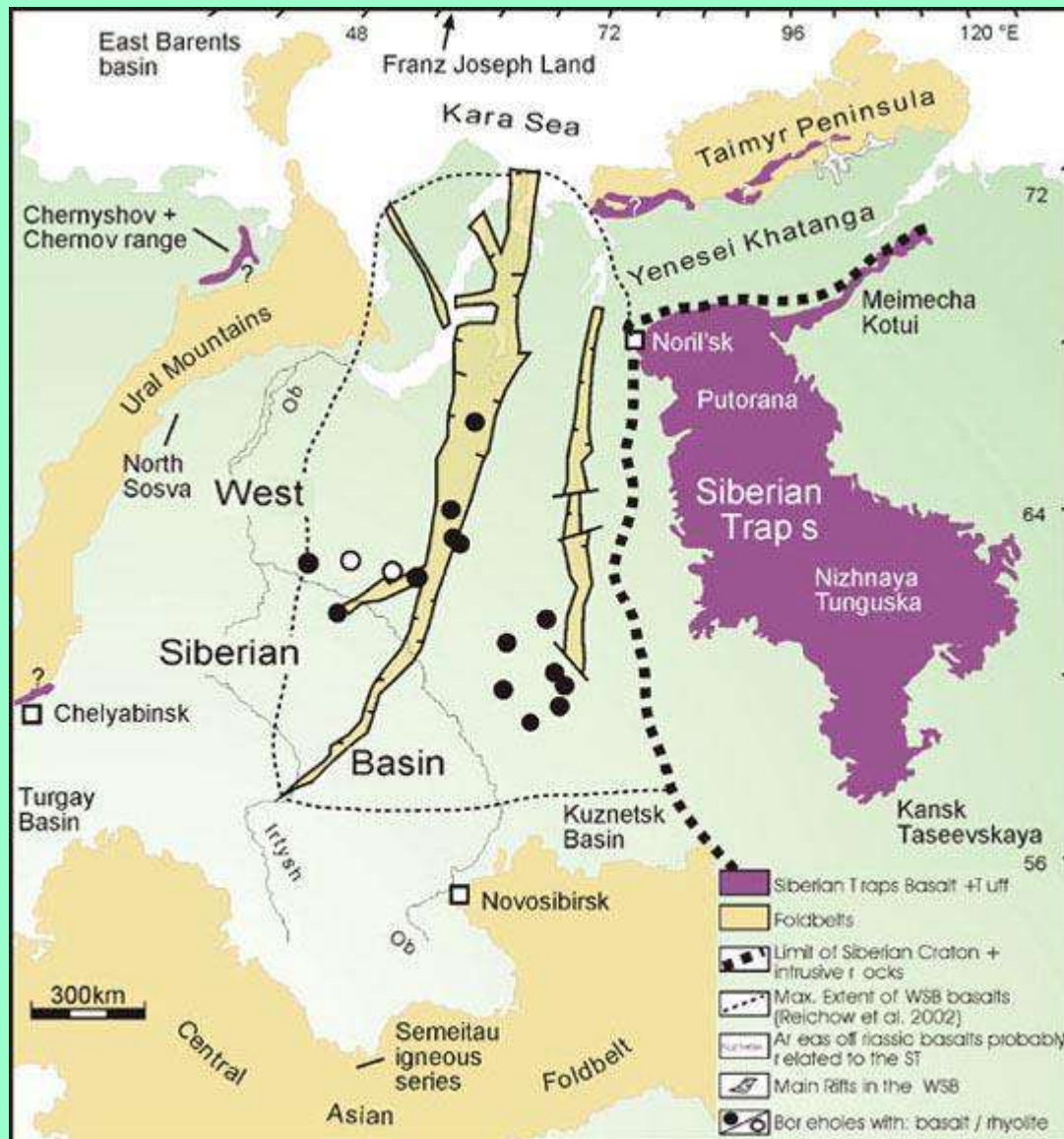


1- sandstones with coarse material; 2- sandstones (sand); 3- silt; 4- mudstone (clay); 5- coal; 6- siliceous argillites enriched in OM; 7- oil and gas saturation; 8- carbonates; 9- effusive rocks; 10- igneous-sedimentary rocks; 11- clayey-siliceous rocks; 12- weathering crust

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

- В основании осадочного чехла выделяется система раннетриасовых рифтов, положившая основание дальнейшему развитию бассейна.

Центральное место из них занимает Колтогорско-Уренгойский



Siberian Traps (modified from Masaitis, 1983).
WSB – West Siberian Basin, ATB – Angara-Taseevskaya syncline, N – Noril'sk, MK – Maymecha-Kotuy.

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

<http://www.rogtecmagazine.com/ru-blog/blackbourn-reports-western-siberia-mesozoic-and-tertiary/>
Грехем Блэкберн Blackbourn Geoconsulting

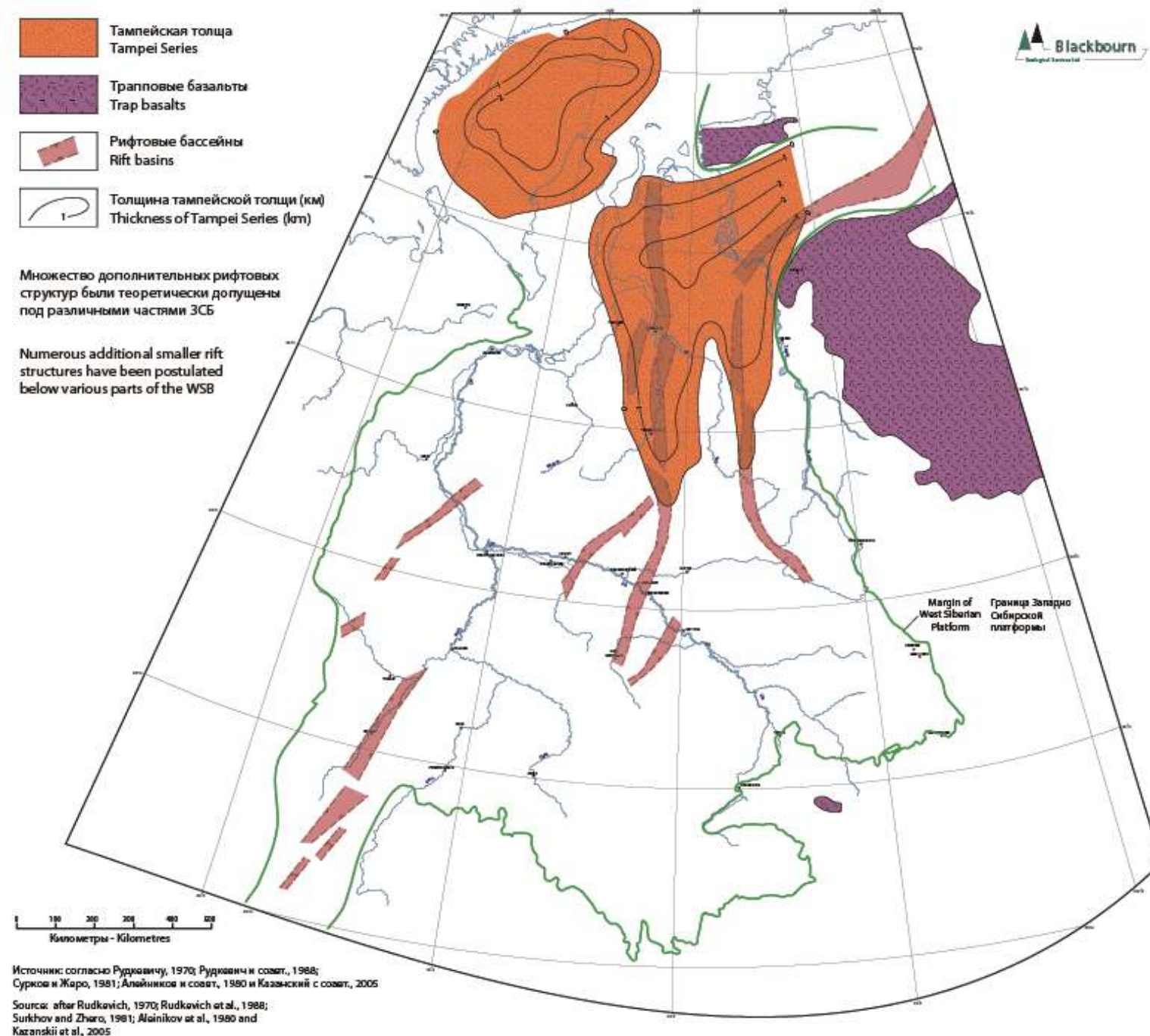


Рисунок I.3.2: Приблизительное распределение отложений осадочных материалов позднего триасового периода относительно формирования рифтогенных структур и трапповых вулканических явлений (тампейская толща)

Figure I.3.2: Approximate distribution of Late Triassic deposition, in relation to rifting and trap volcanism (Tampei Series)

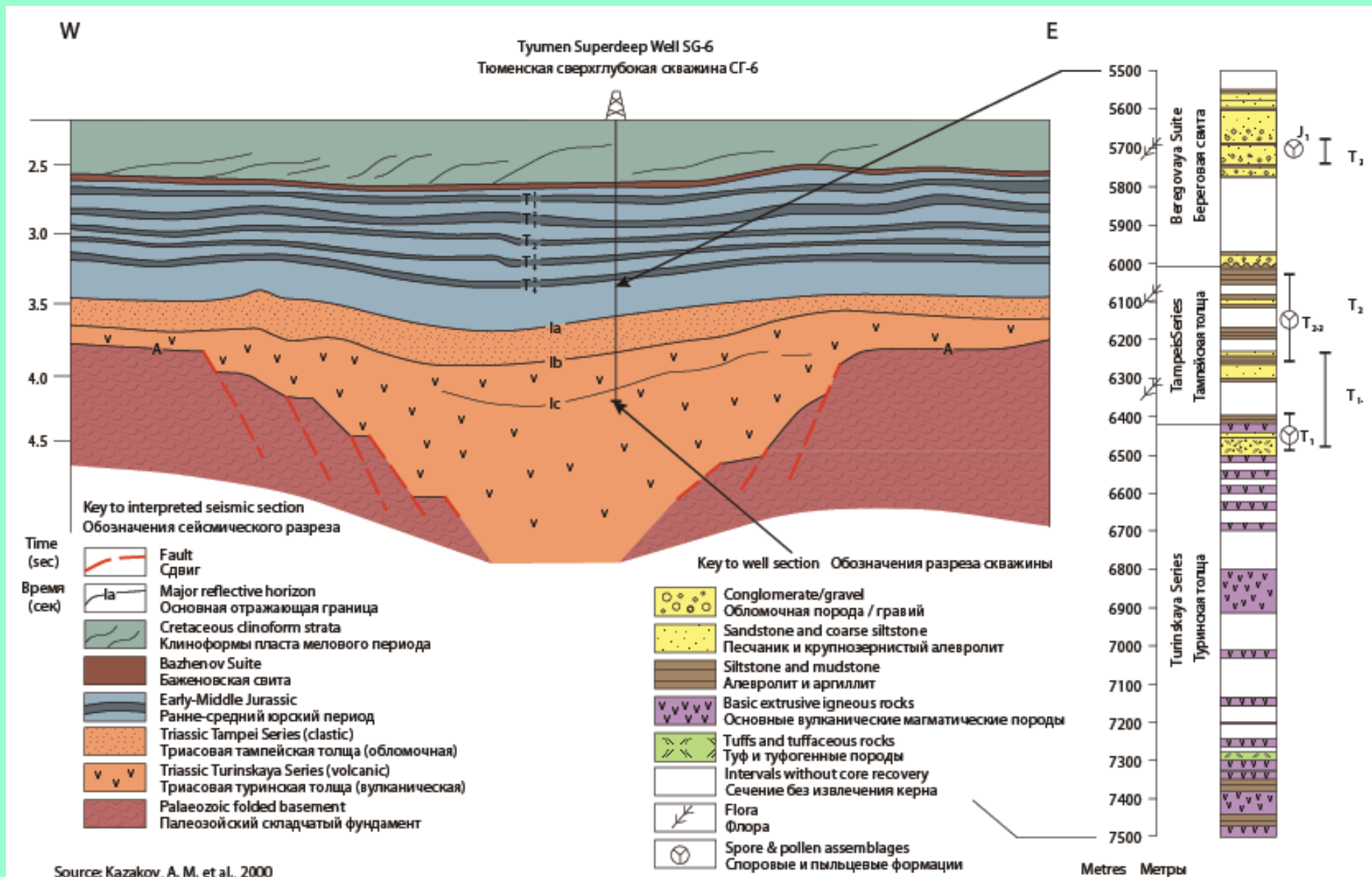
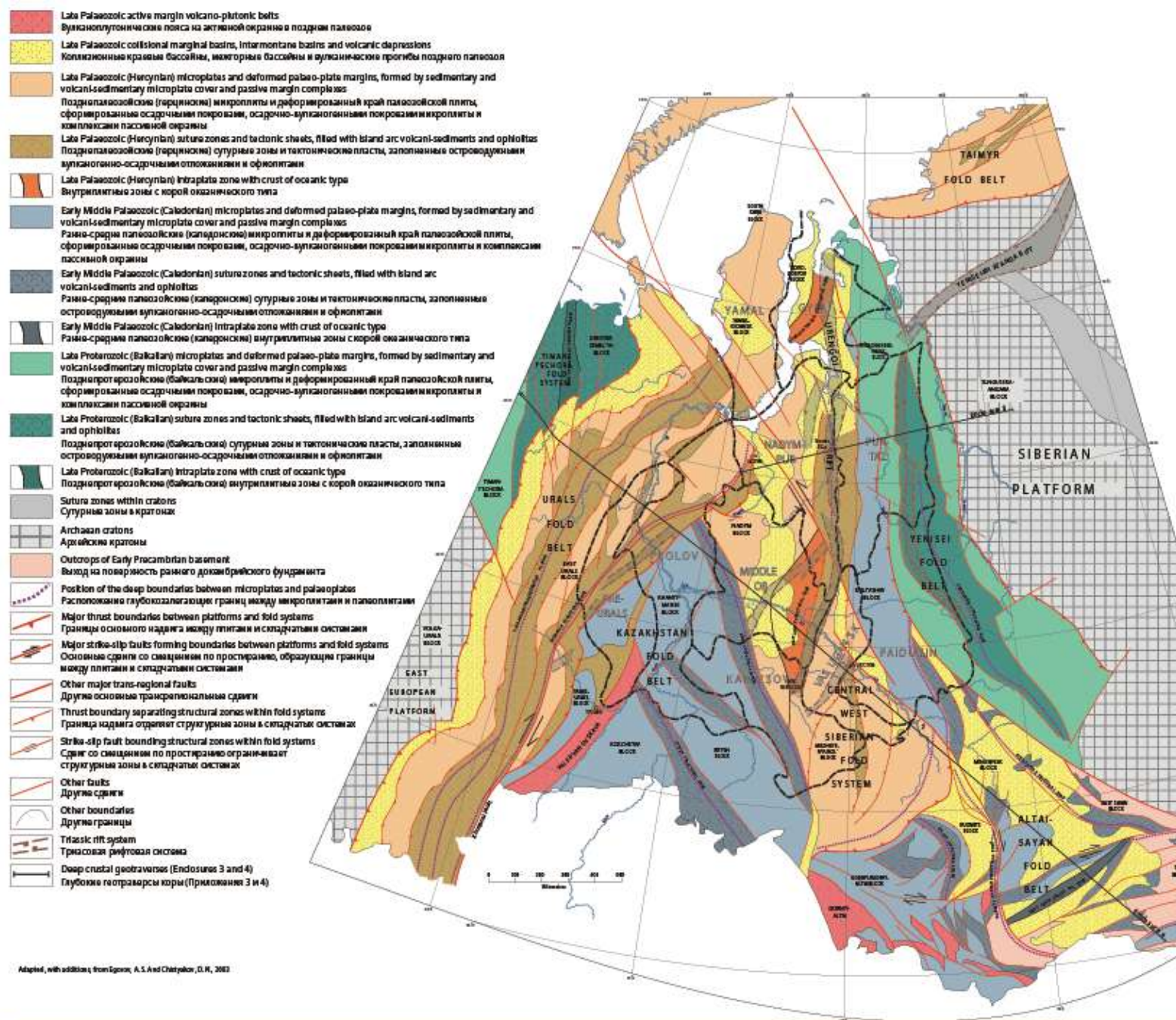


Рисунок I.3.1: Поперечный разрез Уренгойского рифта и стратиграфия Тюменской скважины СГ-6 от триасового до раннеюрского периода

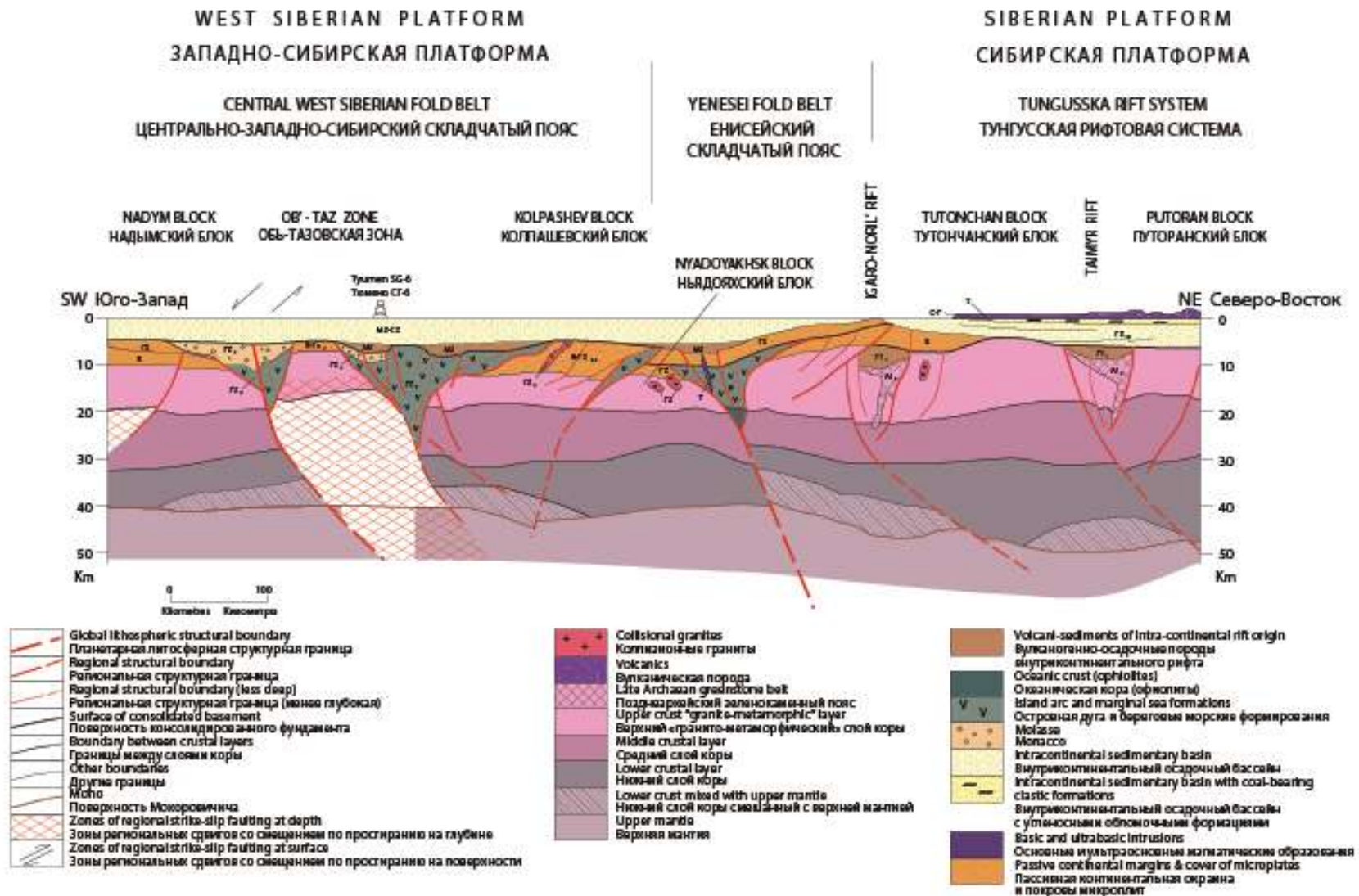
Figure I.3.1: Cross section through the Urengoirift, and the Triassic to Early Jurassic stratigraphy of the Tyumen SG-6 well

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири



<http://www.rogtectmagazine.com/ru-blog/blackbourn-reports-western-siberia-mesozoic-and-tertiary/>
Грехем Блэкбурн Blackbourn Geoconsulting

Приложение 2: Доюрский фундамент Западно-Сибирского бассейна и прилегающих территорий
Enclosure 2: Pre-Jurassic basement West Siberian Basin and surrounding areas



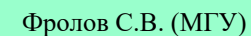
Line of section shown on Enclosure 2 - Линия разреза на Приложении 2

Part of Berezov - Ust'-Maya geotraverse (after Egerov, A. S. and Chistyakov, D. N., 2003)

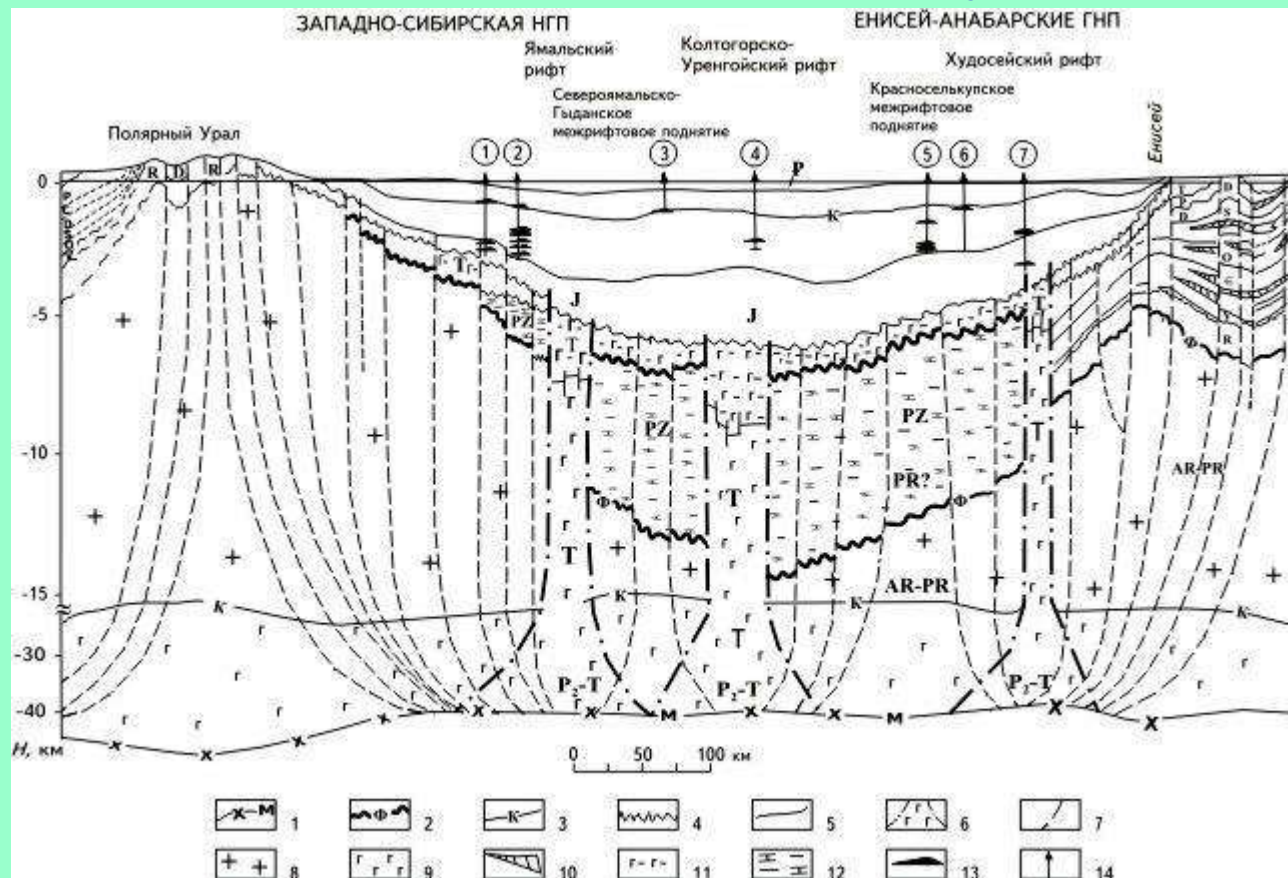
Часть Березово-уст'-майского геотранверса (по материалам Егоров А.С. и Чистякова Д.Н., 2003)

Приложение 3: Толкование геофизического траверса северо-восточной окраины Западно-Сибирского бассейна

Enclosure 3: Interpreted geophysical traverse through the northeastern margin of the West Siberian Basin



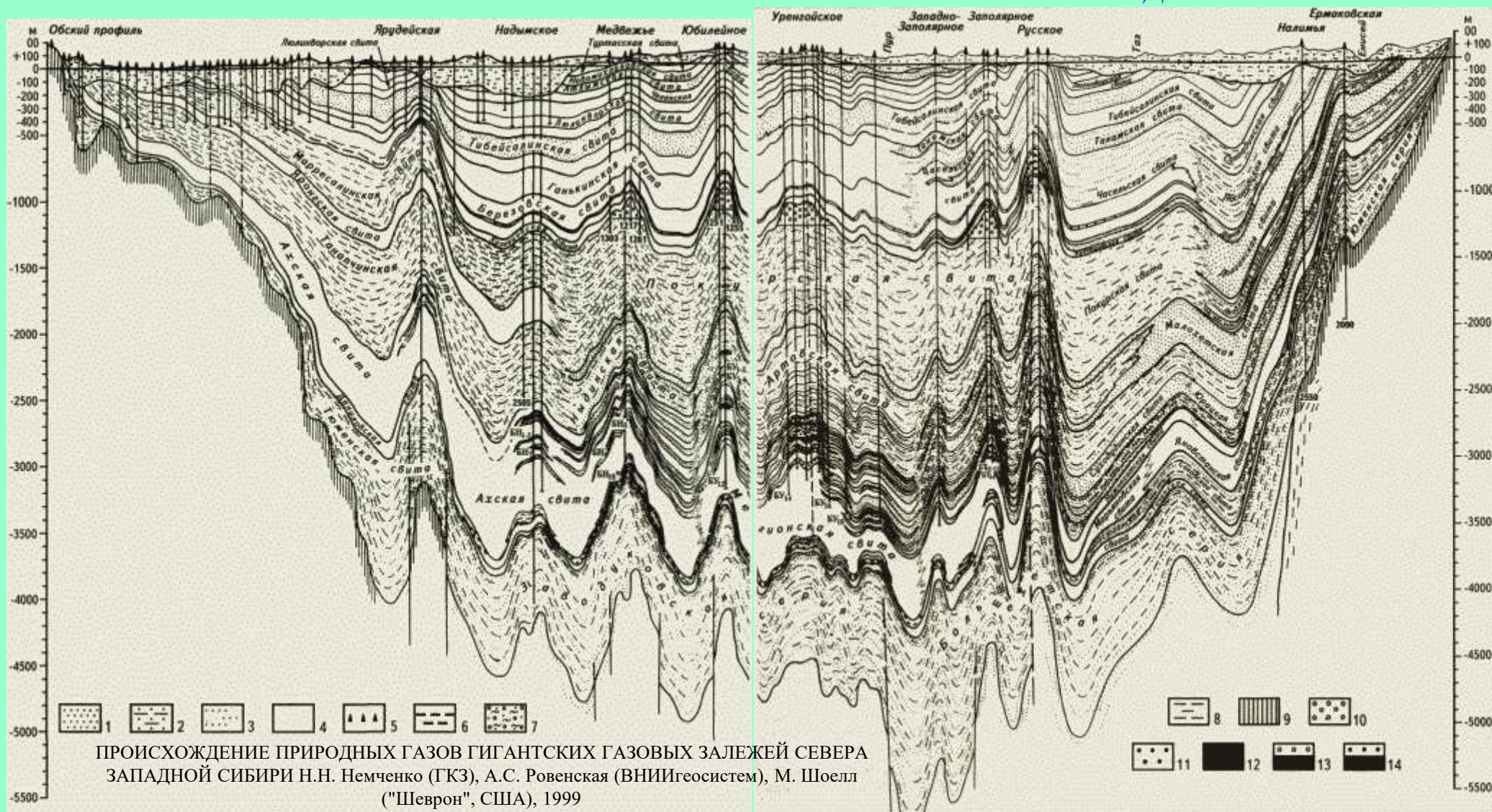
ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЕВЕРА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ПО ПРОФИЛЮ ВОРКУТА – ТИКСИ (по Д.А.Астафьеву, Н.А.Мельникову)



Границы: 1 – Мохоровичича, 2 – консолидированных пород фундамента, 3 – Конрада, 4 – стратиграфических несогласий в осадочном чехле, 5 – стратиграфические в осадочном чехле, 6 – спрединга рифта; 7 – линия разлома; 8 – породы консолидированной коры разного возраста; 9 – базальты; 10 – интрузии долеритов; 11 – осадочно-вулканогенные породы; 12 – карбонатно-терригенные породы; 13 – залежи УВ; 14 – пробуренные скважины; месторождения (цифры в кружках): 1 – Мало-Ямальское, 2 – Ростовцевское, 3 – Семаковское, 4 – Антипаютинское, 5 – Северо-Соленинское, 6 – Мессояхское, 7 – Зимнее

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

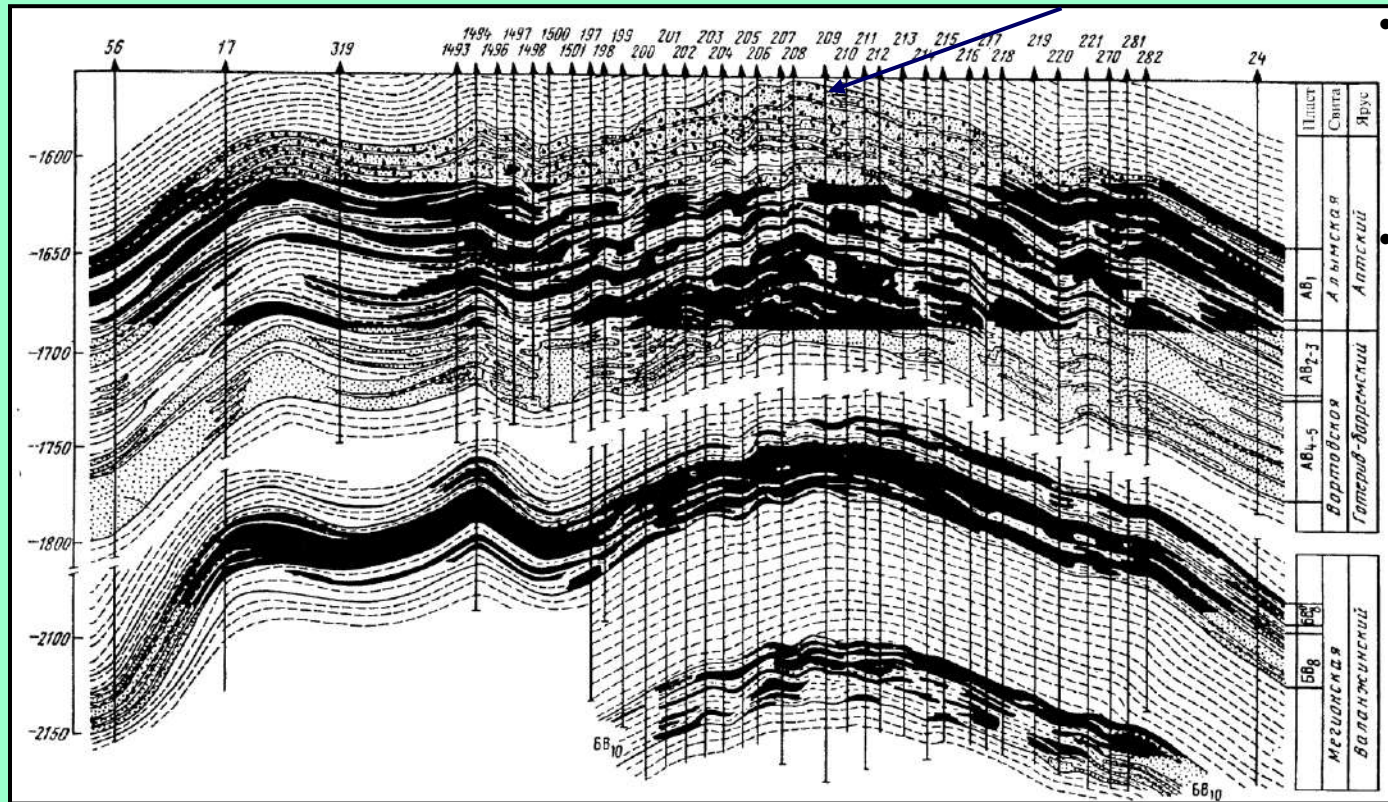
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ МЕЗОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ



1 – преимущественно песчано-алевритовые отложения; 2 – песчано-алевритовые отложения с прослоями глинистых пород; 3 – глинистые отложения с прослоями песчано-алевритовых пород; 4 – преимущественно глинистые отложения; 5 – кремнистые аргиллиты; 6 – битуминозные аргиллиты; 7 – четвертичные отложения; 8 – ортоплатформенный палеозойский чехол; 9 – фундамент; залежи УВ: 10 – газовые, 11 – газоконденсатные, 12 – нефтяные, 13 – газонефтяные, 14 – газоконденсатнонефтяные

САМОТЛОР

газовая шапка



Крупнейшее в России нефтегазовое месторождение. Открыто в 1965 г.

Месторождение имеет большой диапазон нефтегазоносности: от средней юры до апта. Общая высота этажа нефтегазоносности около 600 м.

Пик годовой добычи был достигнут через 11 лет после начала разработки (1980 г) за счет усиленной разработки, затем она начала снижаться. При этом обводненность продукции превысила 90%, средний дебит снизился до значений менее 10 т/сут. Пробурено 16 700 скважин, добыто более 2,3 млрд т нефти.

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

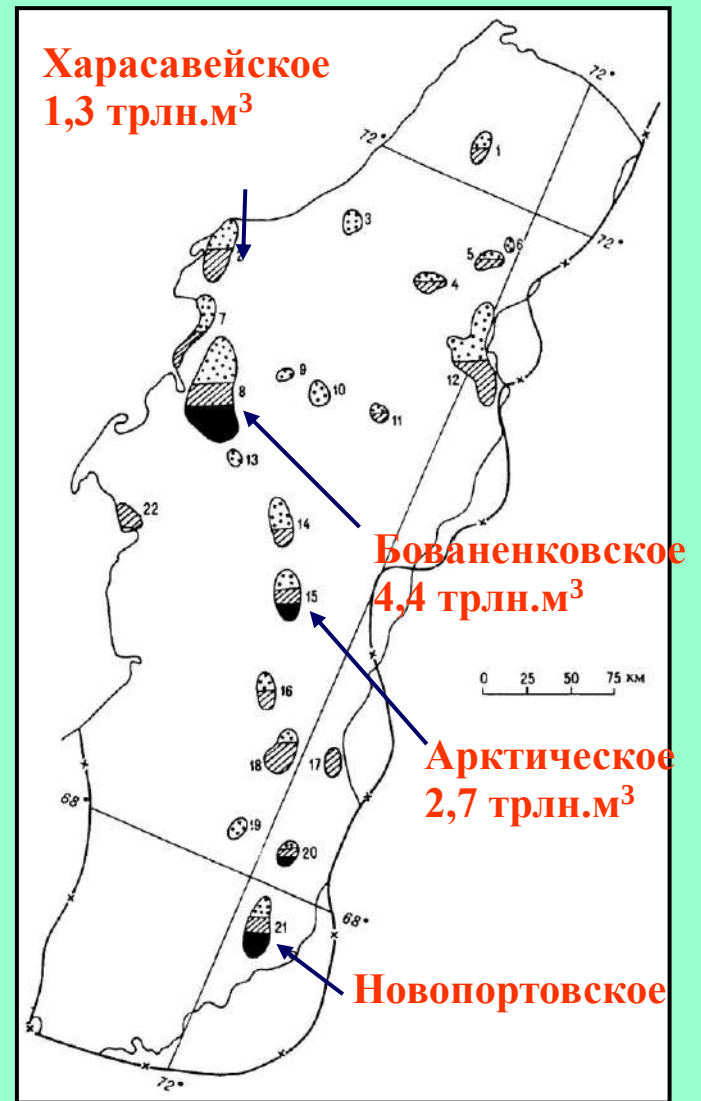
Салымское месторождение

- Салымское месторождение - ХМАО
- многопластовое, основные залежи - в неокоме.
- Большое внимание к месторождению привлекло получение мощных нефтяных фонтанов из трещиноватых битуминозных аргиллитов баженовской свиты (пласт Ю₀).
- Причиной трещиноватости аргиллитов одни исследователи считают тектоническую нарушенность, другие – флюидоразрыв в условиях мезокатагенеза.



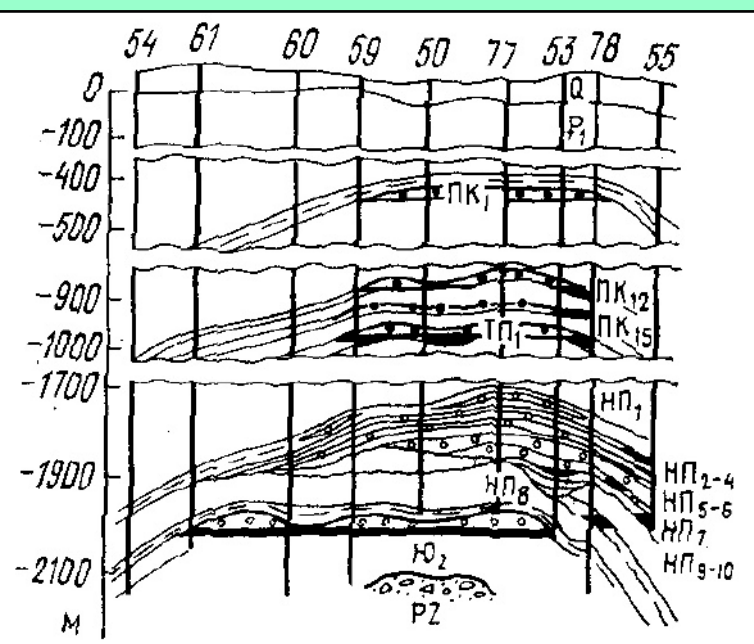
ЯМАЛЬСКАЯ НГО

- В области открыто 22 месторождения, из них двенадцать – газоконденсатные, шесть – газовые, четыре – нефтегазоконденсатные. По запасам четыре месторождения относятся к категории уникальных (более 1 трлн. куб. м газа).
- Месторождения многопластовые. Продуктивный этаж очень высок – на некоторых месторождениях от кровли фундамента до кровли сеномана.
- Основные запасы газа сосредоточены в отложениях K_1 . Залежи массивные и пластовые сводовые, часто имеют литологическое ограничение



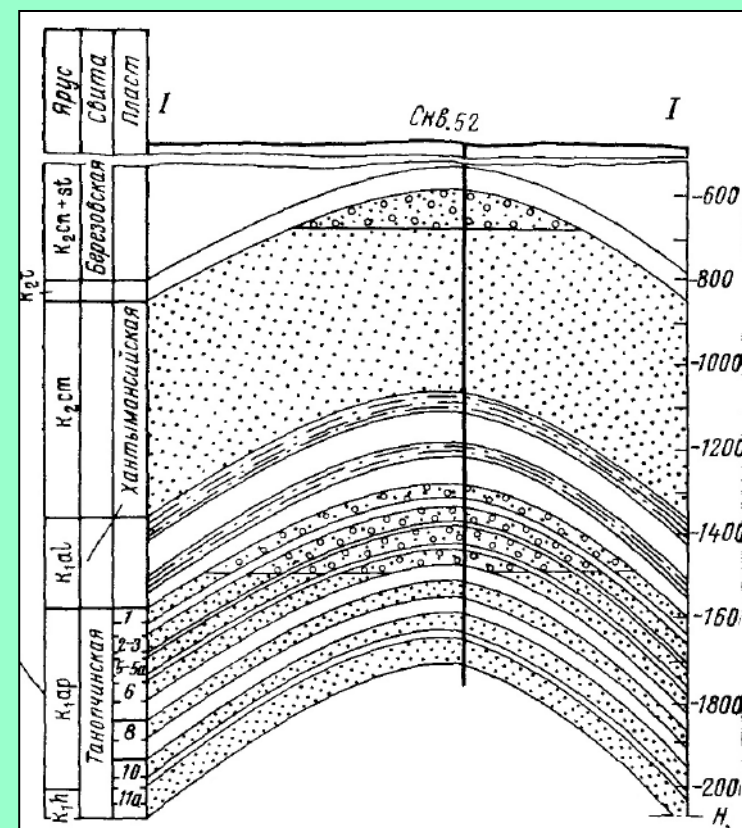
Новопортовское месторождение

Новопортовское нефтегазоконденсатное месторождение включает 16 залежей. Одна в среднепалеозойских глинистых известняках и кавернозных доломитах (пласт М). 3 в нижне-среднеюрских песчаниках, 1 в верхнеюрских (Ю₁), 11 в меловых.



М е л о в а я						Система
Ю р с к а я		П о к у р с к а я		С в и т а		
Силур-девон	Тюменская	А х с к а я	Таноп- чинская	Литология	Абсолютные отметки, м	Стандартные кривые
	Марьяновская					
					-500	○ ПК ₁ КНМ
					-900	● ПК ₃
					-950	● ПК _{4,5}
					-1000	● ТП ₁
					-1800	◎ НП ₁
					-1850	● ИП ₂₋₄
					-1900	● НП ₅₋₆
					-1950	◎ НП ₇
					-2000	● НП ₈
					-2050	◎ НП ₉₋₁₀
					-2500	● Ю ₁ ^t
					-3050	● Ю ₂
						● Ю ₇₋₉
						● М

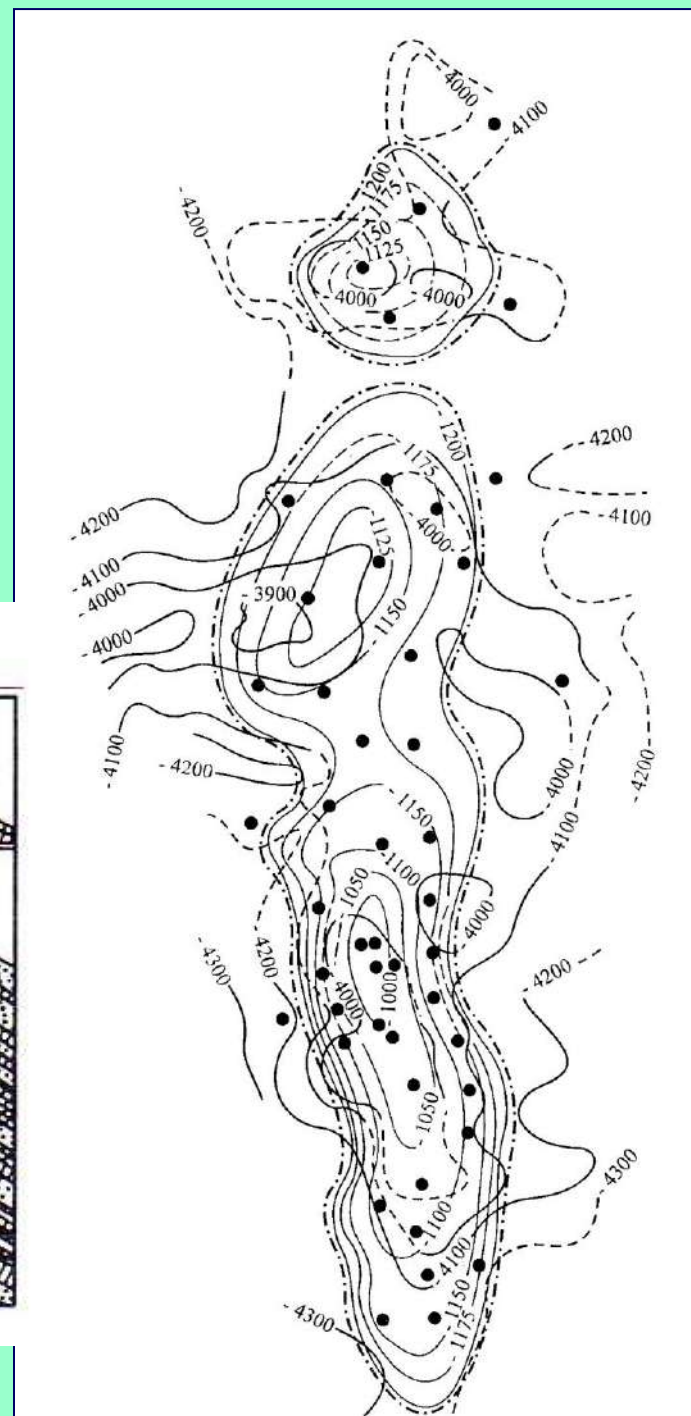
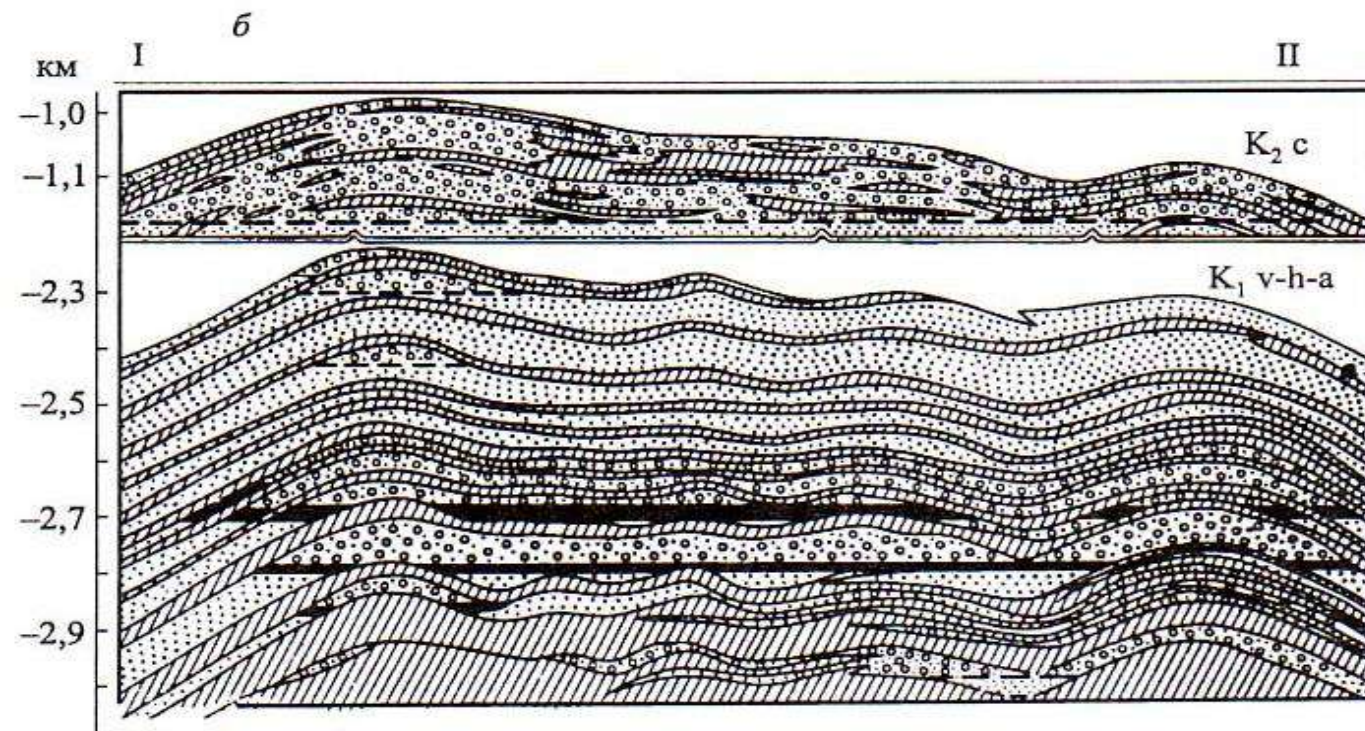
**Бованенковское
нефтегазоконденсатное месторождение**



- Открыто в 1971 году
- Выявлено 15 залежей в в отложениях готерива-баррема (газоконденсатные, иногда с нефтяной оторочкой), баррема-апта (газоконденсат), апта, альба и сеномана (газ).
- Открытая пористость до 39%, проницаемость до 1,1 Д (сеноман).

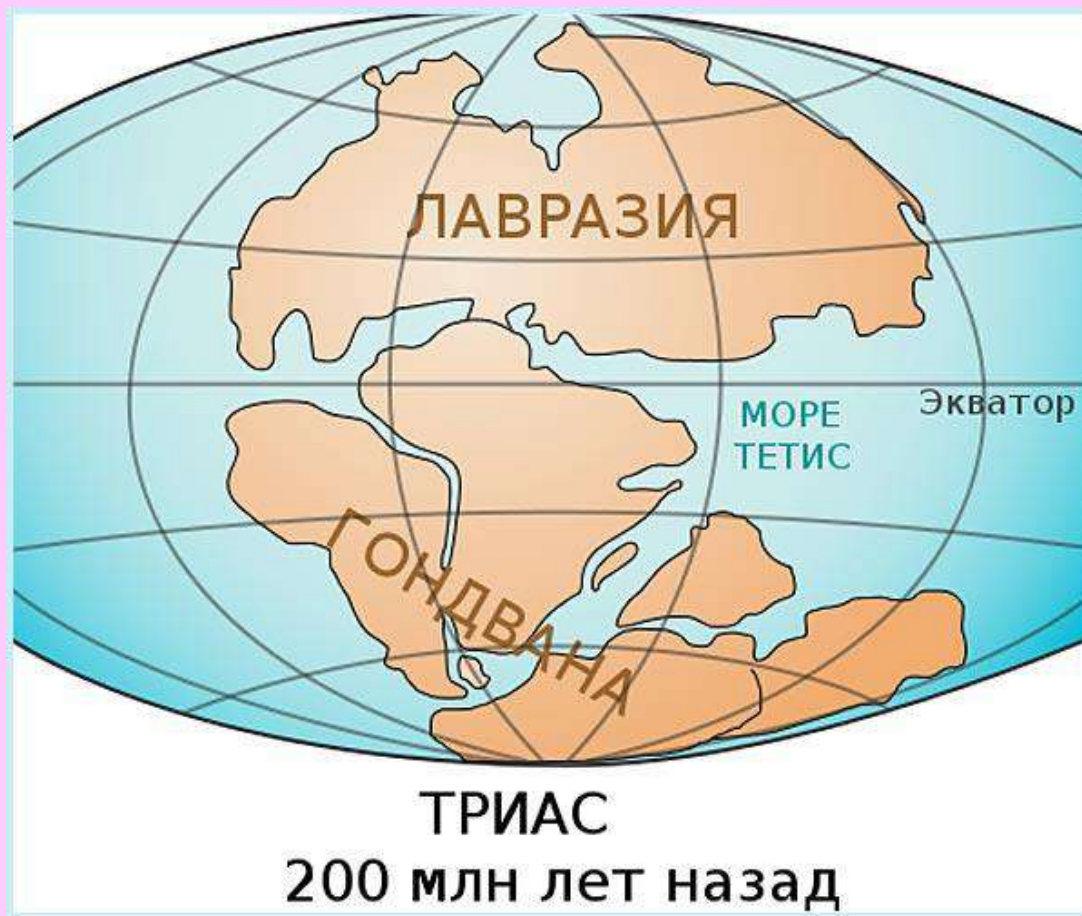
УРЕНГОЙСКОЕ нефтегазоконденсатное месторождение

- Открыто в 1966 г. Запасы – 10,2трлн.м³
- Приурочено к группе л.п. Уренгойского вала
- Залежи в пластах Ю₂ (юра), 17 песчаных пластах групп Б и А (неоком-апт-альб) и группе пластов ПК (сеноман)
- Залежи пластовые сводовые, в большинстве литологически экранированные. Высота – до 200 м (ПК)



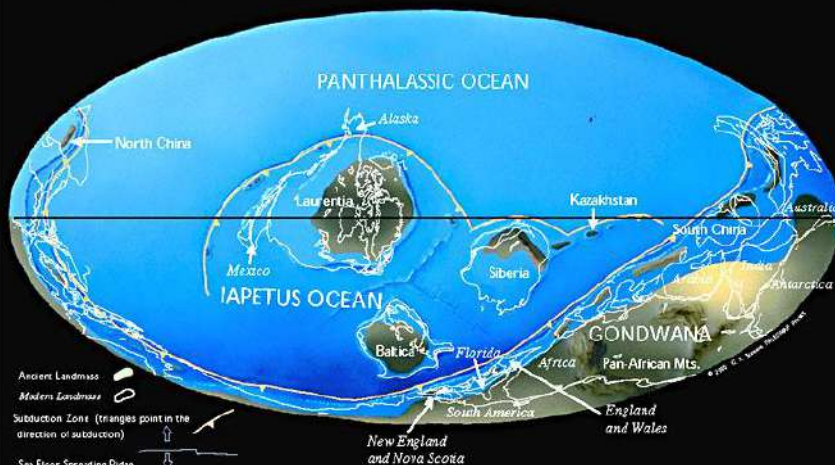
Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

3. Геологическая история

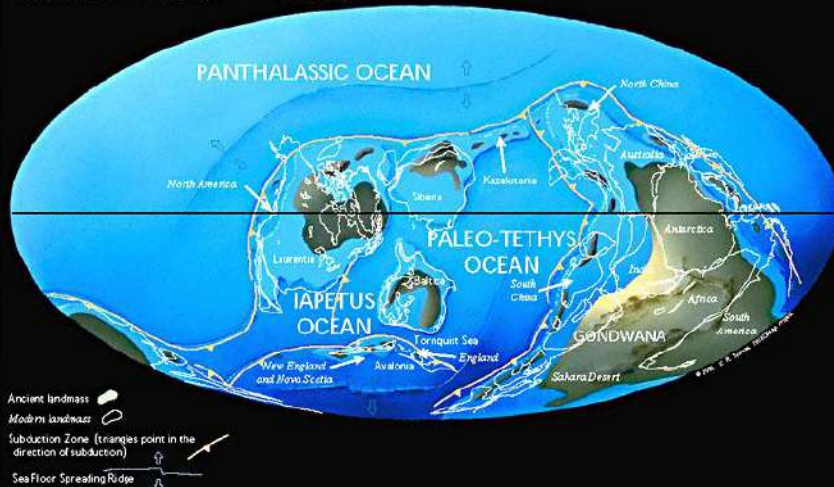


Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

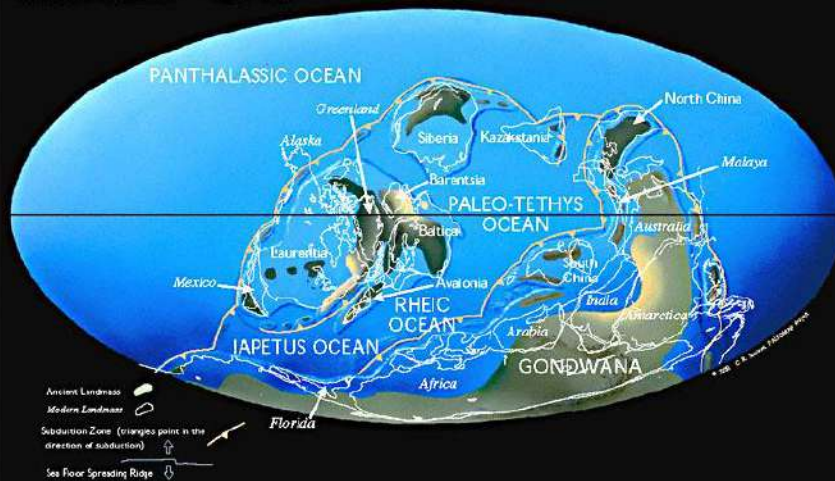
Late Cambrian 514 Ma



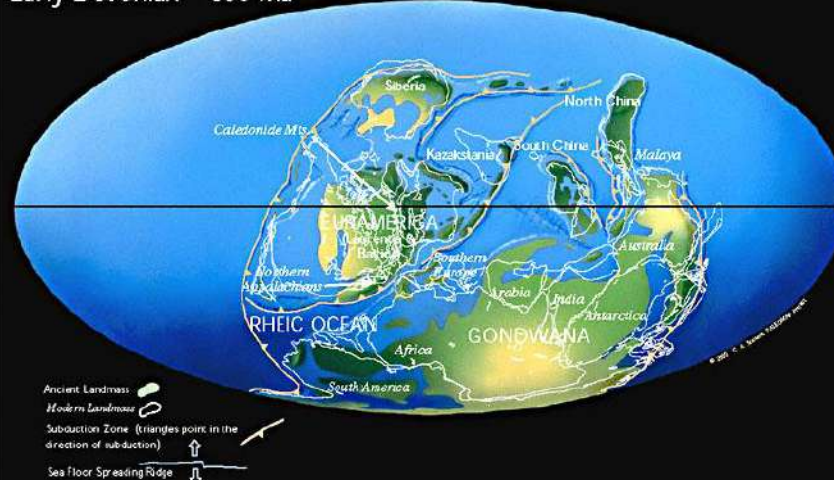
Middle Ordovician 458 Ma



Middle Silurian 425 Ma



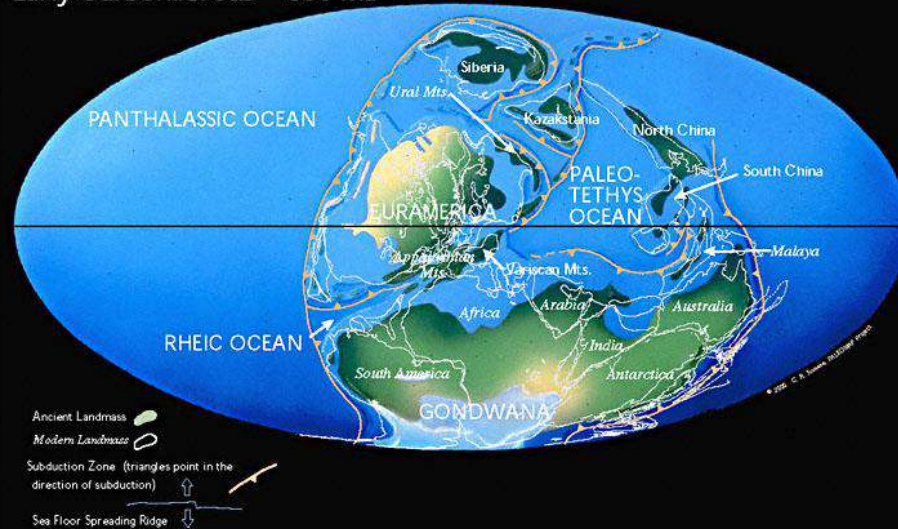
Early Devonian 390 Ma



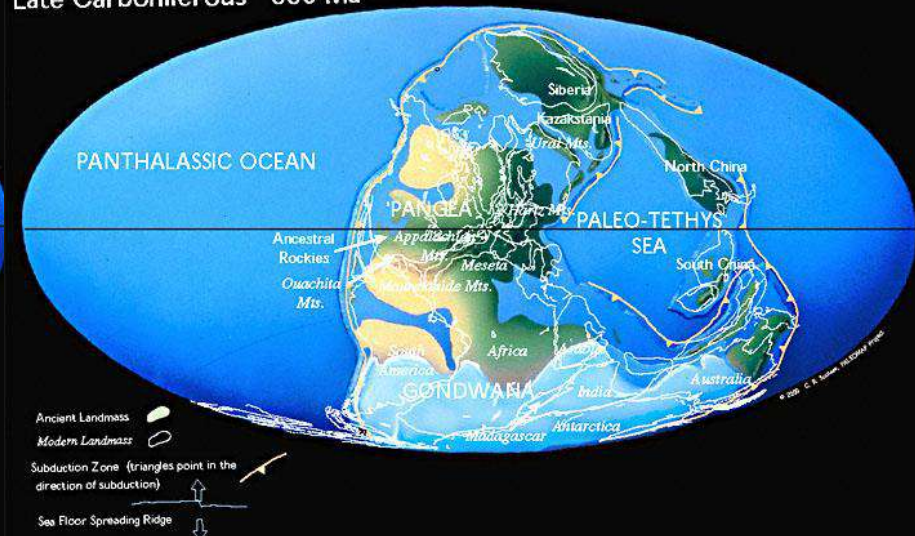
Каледонский этап

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

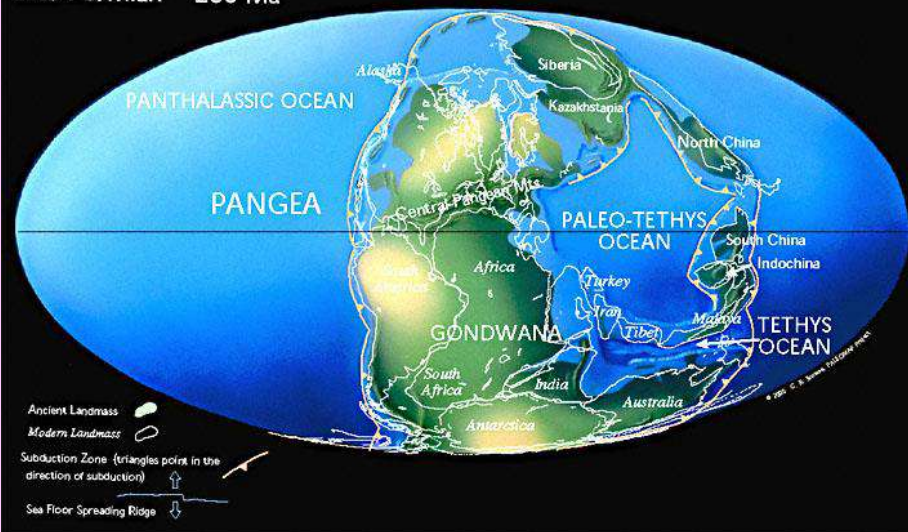
Early Carboniferous 356 Ma



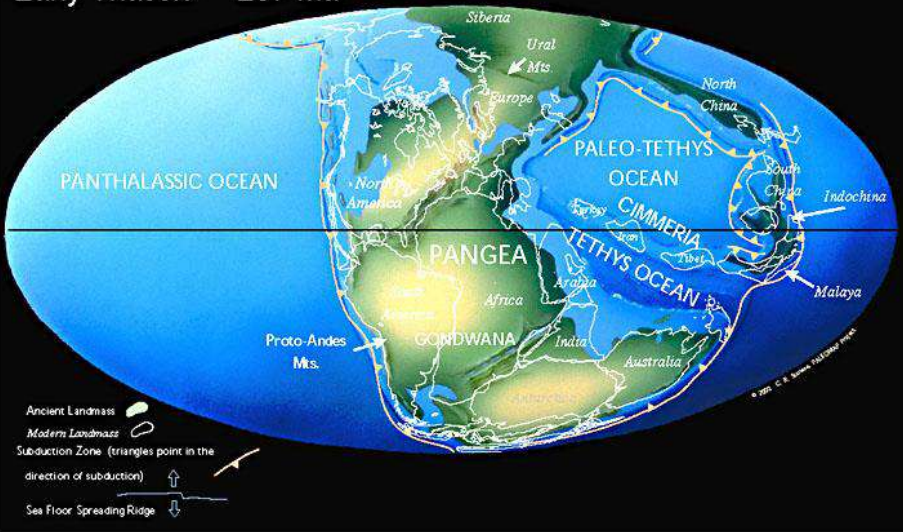
Late Carboniferous 306 Ma



Late Permian 255 Ma



Early Triassic 237 Ma



Герцинский этап

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

EARLY DEVONIAN (400-385 Ma)

РАННЕДЕВОНСКИЙ ПЕРИОД (400-385 миллионов лет назад)

PZ

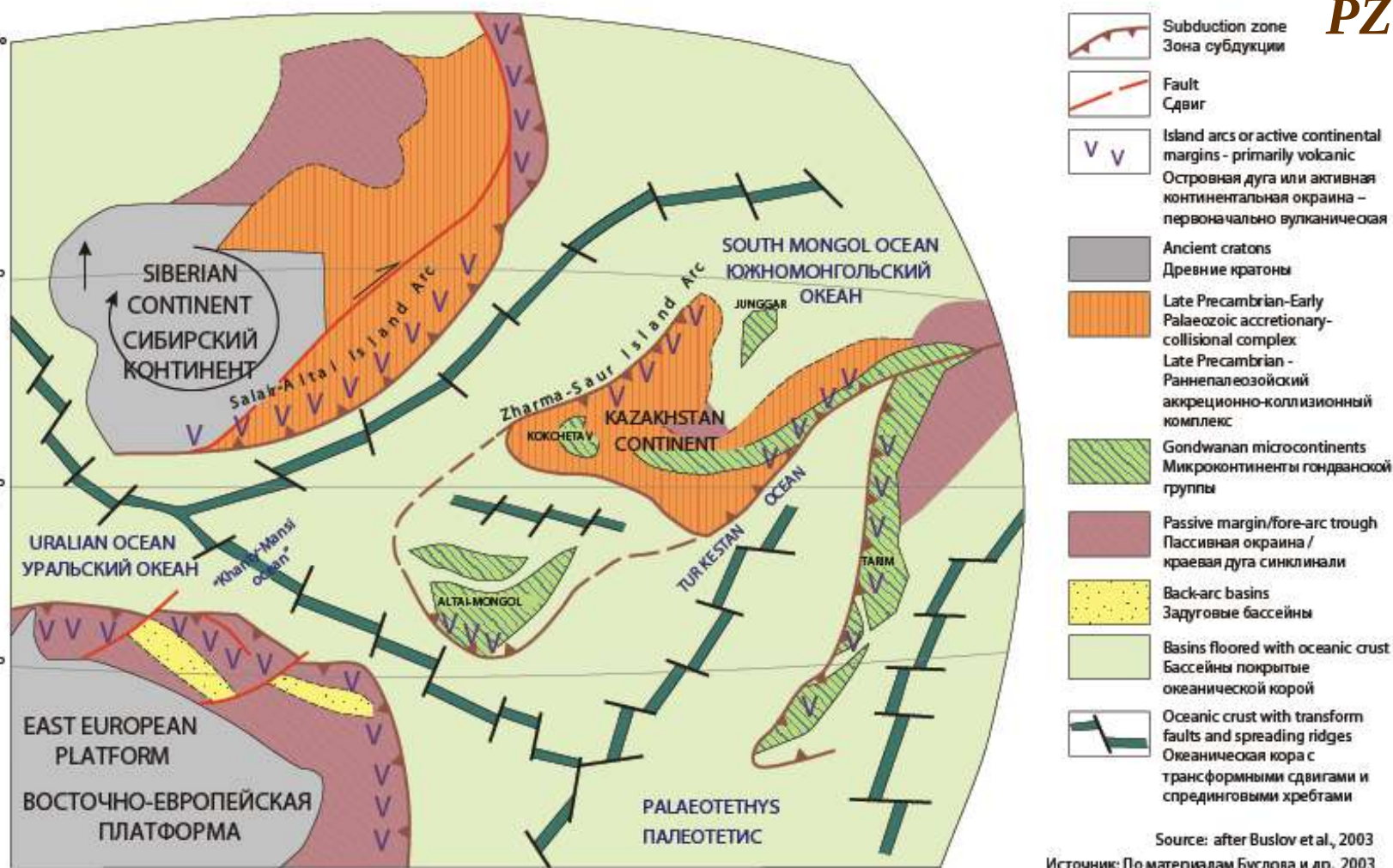


Рисунок I.2.1: Предполагаемое расположение тектонической плиты; Раннедевонский период

Figure I.2.1: Conjectural plate tectonic setting; Early Devonian

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

EARLY CARBONIFEROUS (350-335 Ma)

РАННЕКАМЕННОУГОЛЬНЫЙ ПЕРИОД (350-335 миллионов лет назад)

PZ

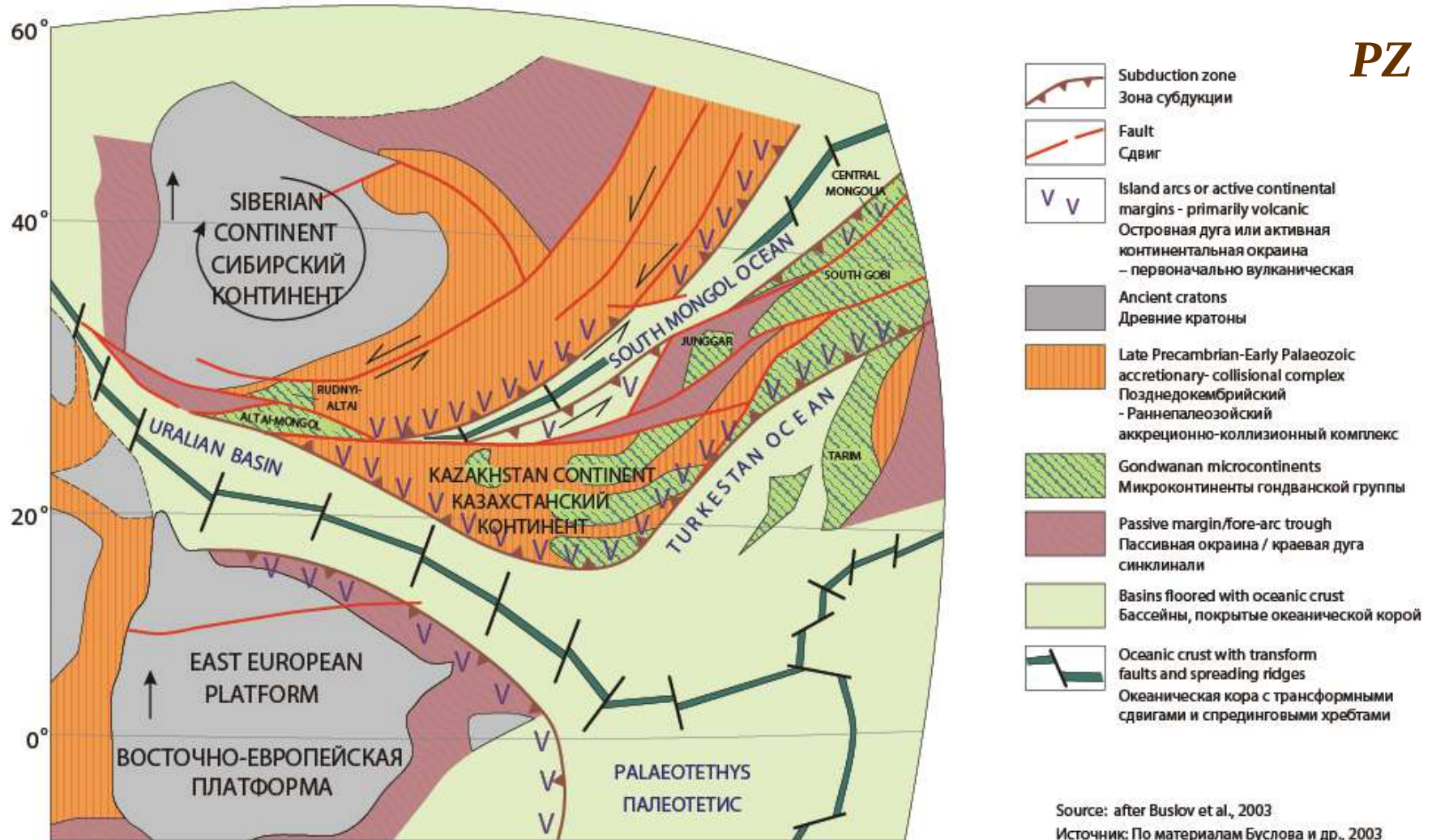


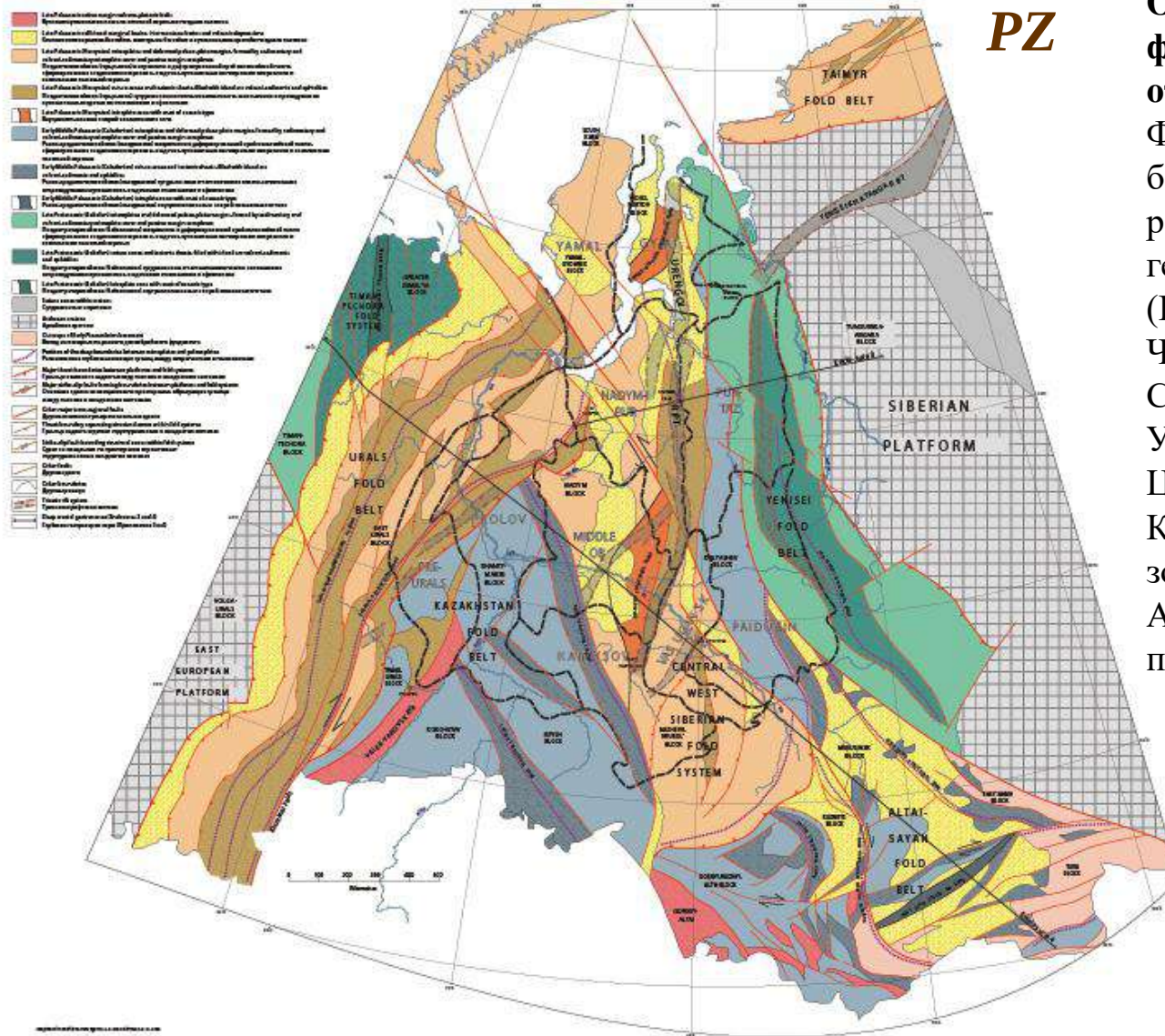
Рисунок I.2.2: Предполагаемое расположение тектонической плиты; Раннекаменноугольный период

Figure I.2.2: Conjectural plate tectonic setting; Early Carboniferous

PZ

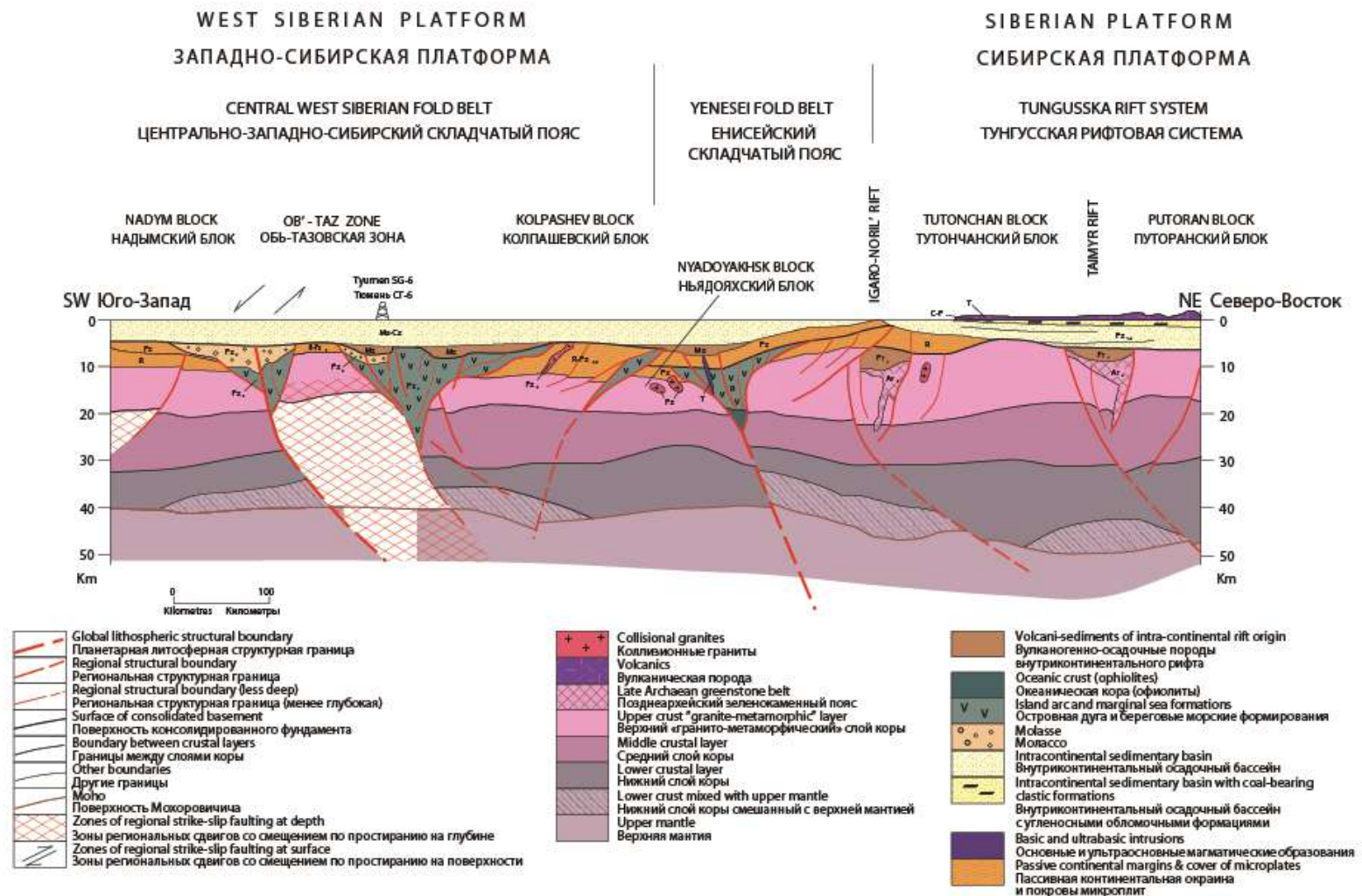
Описание основных блоков фундамента и палеозойских отложений

Фундамент Западно-Сибирского бассейна ориентировочно разделен на пять основных генетических блоков (Приложение 2-4 (Егорова и Чистякова, 2003); (Сурков и Смирнов, 2003)). Здесь показаны: Уральский пояс, система Центральной Западной Сибири, Казахстанский пояс, включая зоны Салима и Иртыша, Саяно-Алтайский пояс и Енисейский пояс..



<http://www.rogtec magazine.com/ru-blog/blackbourn-reports-western-siberia-mesozoic-and-tertiary/>
Грехем Блэкберн Blackbourn
Geoconsulting

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири



Line of section shown on Enclosure 2 - Линия разреза из Приложения 2

Part of Berezov - Ust'-Maya geotraverse (after Egerov, A. S. and Chistyakov, D. N., 2003)

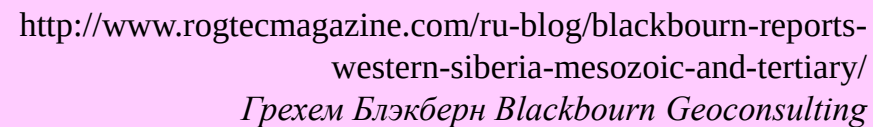
Часть Березово-уст'-майского геотранверса (по материалам Егорова А.С. и Чистякова Д. Н., 2003)

Приложение 3: Толкование геофизического траверса северо-восточной окраины западносибирского бассейна
Enclosure 3: Interpreted geophysical traverse through the northeastern margin of the West Siberian Basin

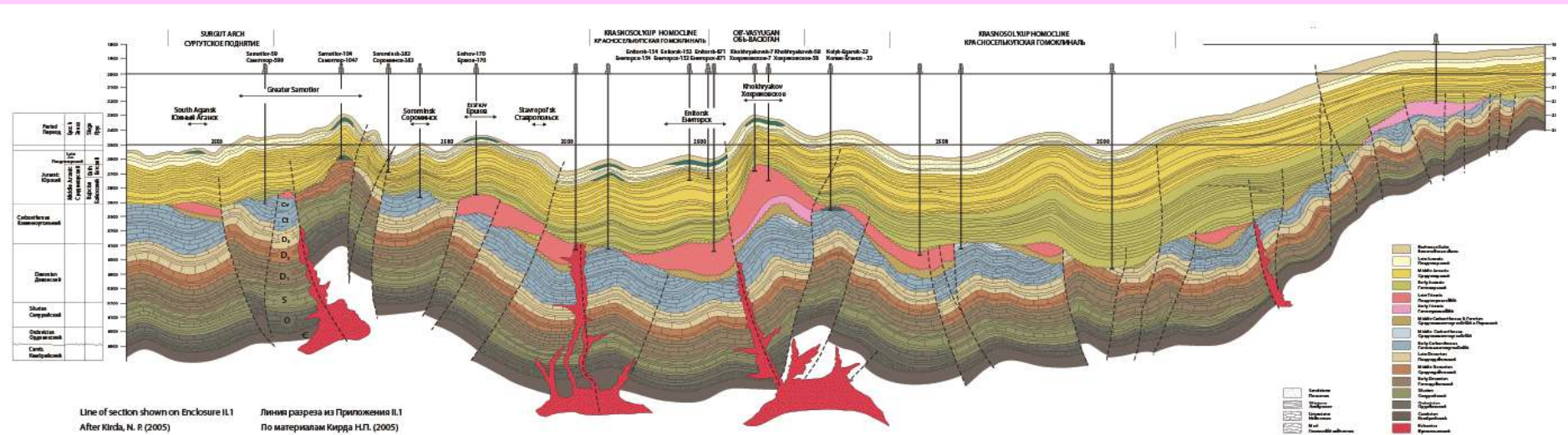
<http://www.rogtectmagazine.com/ru-blog/blackbourn-reports-western-siberia-mesozoic-and-tertiary/>

Грехем Блэкберн Blackbourn Geoconsulting

Приложение 4: Толкование северо-западного – юго-восточного геофизического трассы западносибирского бассейна
Enclosure 4: Interpreted NW-SE geophysical traverse through the West Siberian Basin



Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири



Приложение 5: Поперечный разрез юрского, триасового и палеозойского периода центральной части западносибирского бассейна (Сургутское поднятие до его восточной окраины). Упрощенная и предположительная глубокая стратиграфия и тектоника

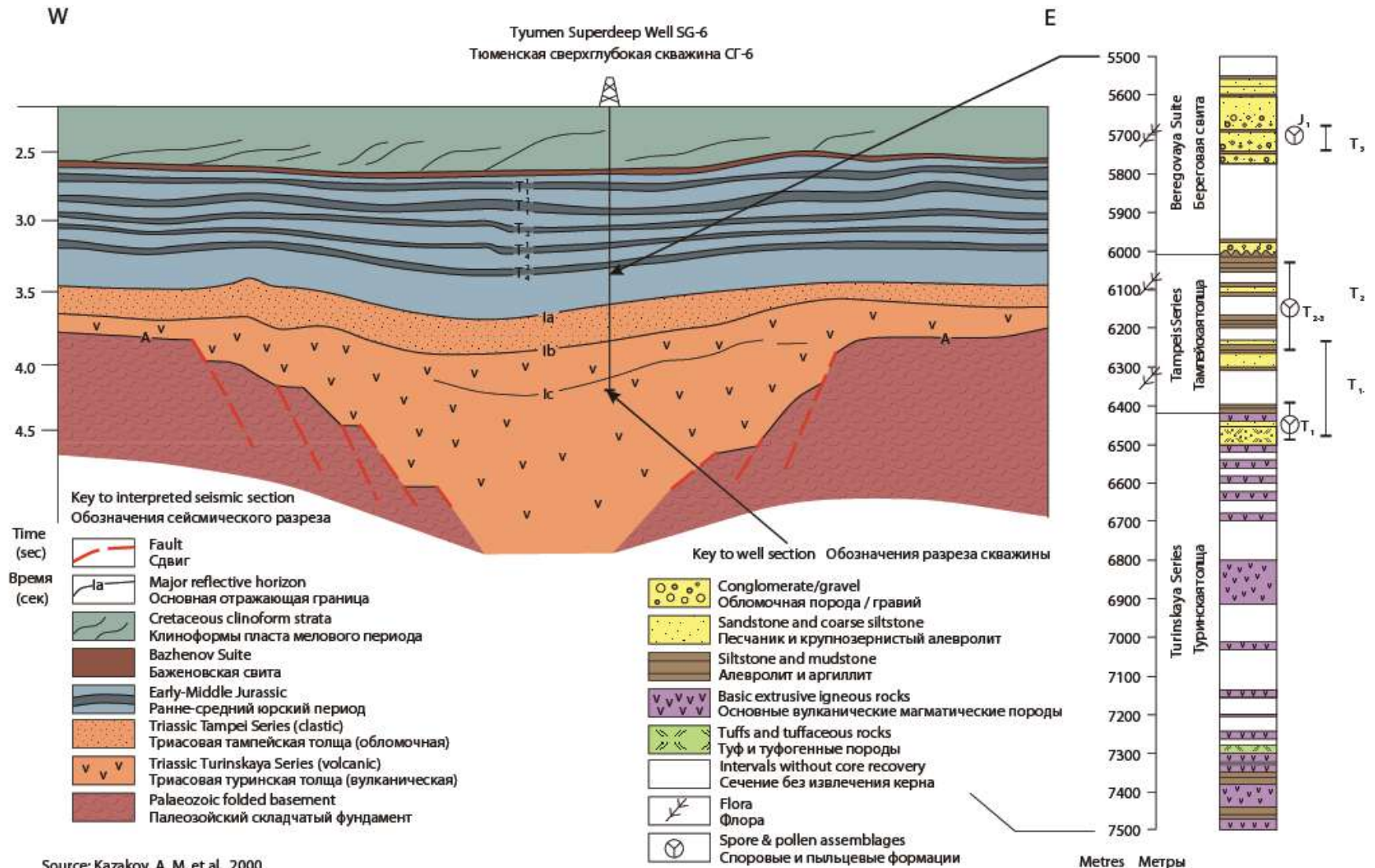
Enclosure 5: Cross section of the Jurassic, Triassic and Palaeozoic from the Central West Siberian Basin (Surgut Arch to its eastern margins). Deeper stratigraphy and structure is simplified and conjectural

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

Нижняя юра, в большей части Западно-Сибирской плиты, лежит на **палеозойских и докембрийских породах**, за исключением тех мест, где присутствуют породы **триасового периода, заполняющие грабены**. Однако, в северном районе бассейна, отложения нижней юры, в основном, континентального происхождения, включая озерное, перекрывают широко распространенные отложения позднего триаса (тампейские серии) (Рис. I.3.1 и I.3.2). В ранней юре, и в особенности в плинсбахе, ЗСБ (Западно-Сибирский бассейн) в целом начал погружаться, хотя некоторое время оставалась тенденция к наибольшему погружению в районах, лежащих на рифтовых зонах триаса. Трансгрессия ранней-средней юры, продвигалась с севера вдоль линий грабенов, и распространялась далее, постепенно заполняя раннюю структуру и эрозионный рельеф поверхности. В это время Мансийская впадина, которая являлась зоной вздымания позднего палеозоя, стала основной зоной погружения. Это явилось причиной образования полу-некомпенсированного бассейна на западе Ханты-Мансийской региональной возвышенности (Рис. I.3.5). Позднее, в юрский период, Ханты-Мансийская возвышенность также начала погружаться, а начиная с поздней юры, комбинированная Ханты-Мансийская впадина превратилась в самую глубоководную зону ЗСБ. Во время низкого уровня стояния моря и континентального осадкообразования участки наибольшего прогибания над триасовыми грабенами обычно имели речные системы, которые образовывали речные и дельтовые фации, тогда как в местах менее быстрого прогибания иногда происходила эрозия. В настоящее время подстилающие породы позднего палеозоя, в дополнение к бывшим рифтовым зонам, характеризуются повышенным тепловым потоком (Сурков и др., 1982).

MZ

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

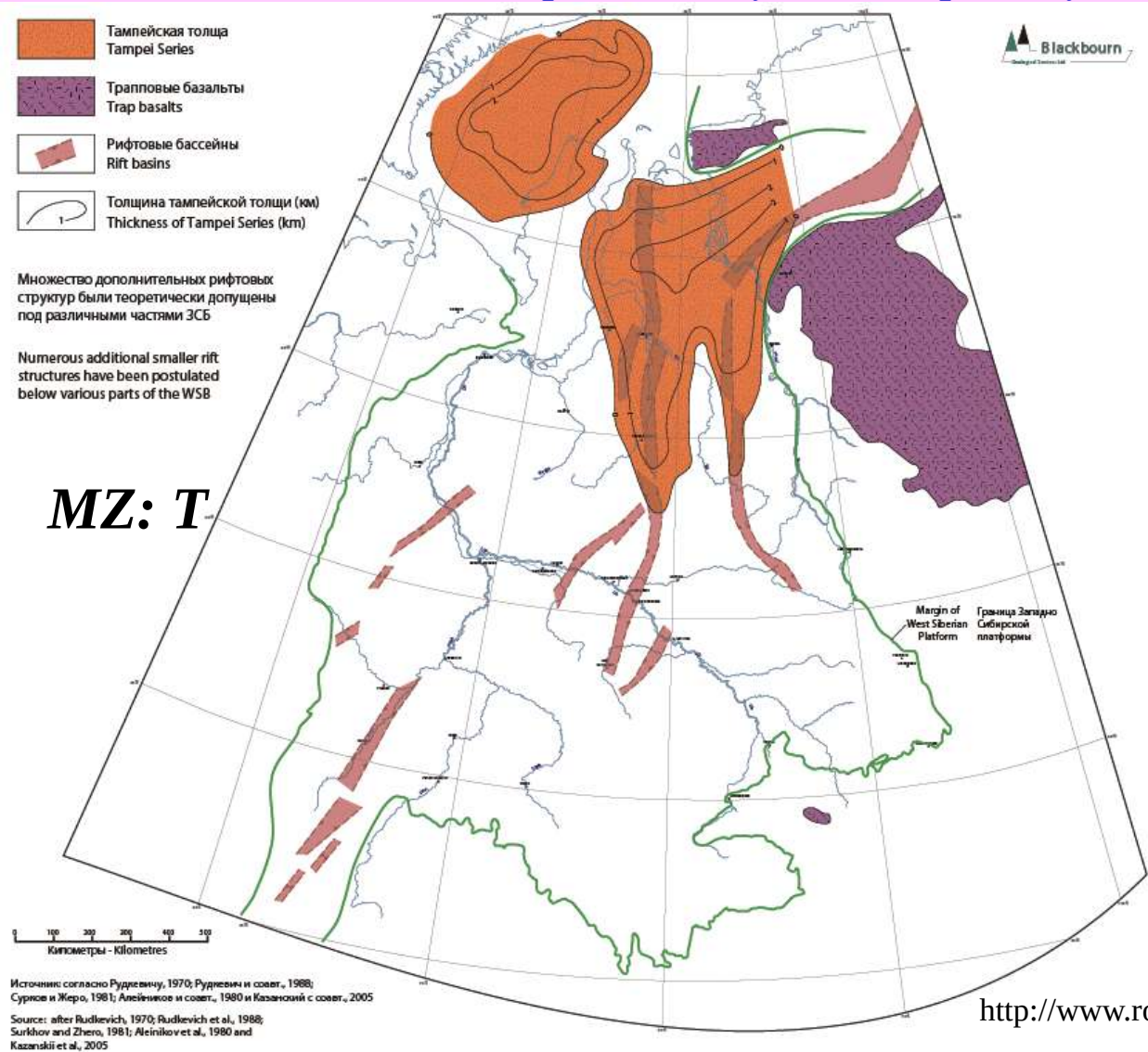


Source: Kazakov, A. M. et al., 2000

Рисунок I.3.1: Поперечный разрез Уренгойского рифта и стратиграфия Тюменской скважины СГ-6 от триасового до раннеюрского периода

Figure I.3.1: Cross section through the Urengoirift, and the Triassic to Early Jurassic stratigraphy of the TyumenSG-6well

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири



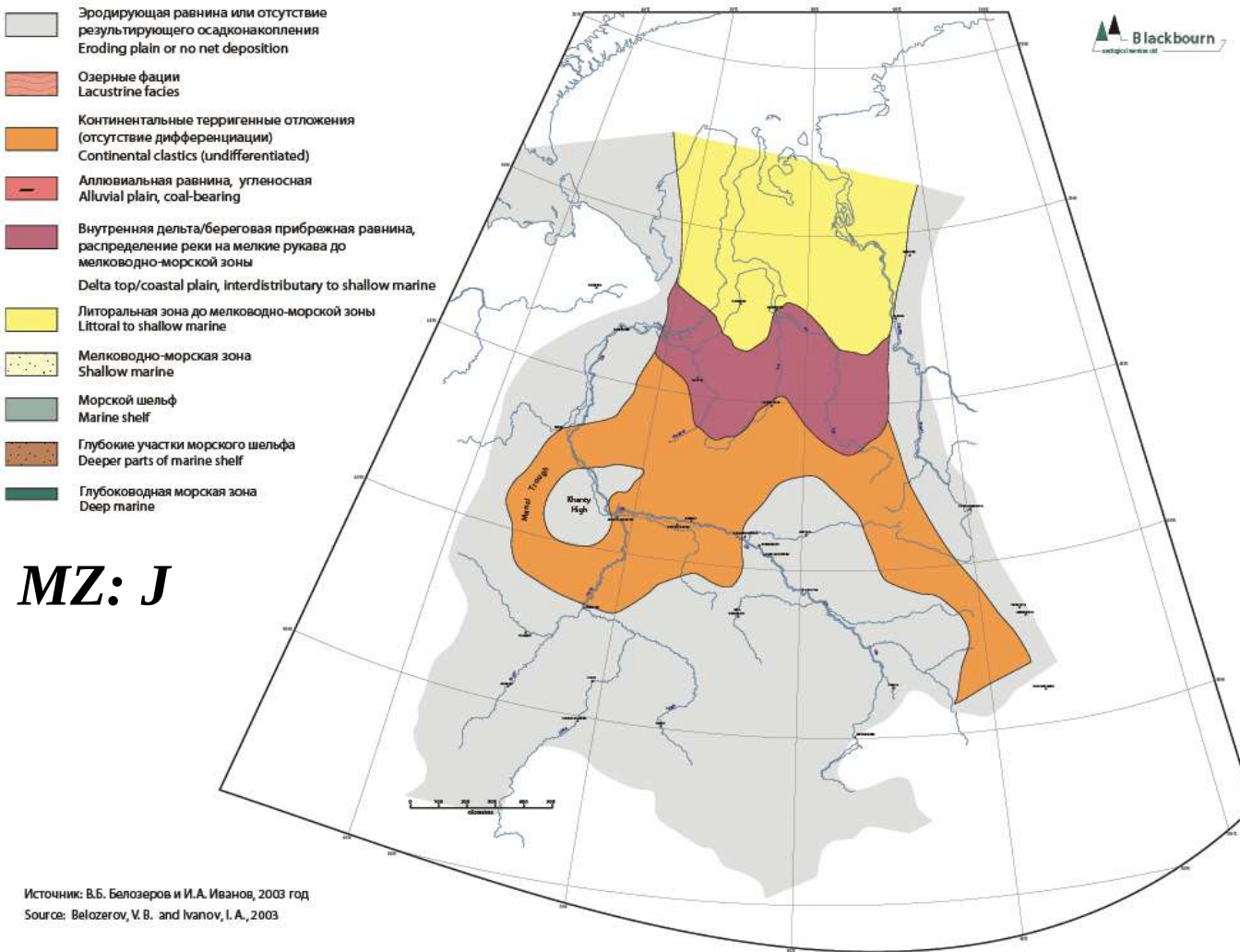
MZ: T

<http://www.rogtecmagazine.com/ru-blog/blackbourn-reports-western-siberia-mesozoic-and-tertiary/>
Грехем Блэкберн Blackbourn Geoconsulting

Рисунок 1.3.2: Приблизительное распределение отложений осадочных материалов позднего триасового периода относительно формирования рифтогенных структур и трапповых вулканических явлений (тампейская толща)
Figure 1.3.2: Approximate distribution of Late Triassic deposition, in relation to rifting and trap volcanism (Tampei Series)

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

Осадочные отложения ранней и средней юры имеют толщину 2 км и более в северной части бассейна, и толщину 500 м и менее в центральной и южной частях бассейна. В период отложения этих осадков ЗСБ был соединен на севере с Арктическим бассейном. Во время позднего мезозоя, юго-западная часть бассейна также была соединена через узкую Тургайскую впадину с Тетисом юге, хотя этот пролив большую часть времени пересыхал и, поэтому, там аккумулировались континентальные отложения. К концу средней юры конфигурация бассейна оставалась в основном такой же, как и в настоящее время.



MZ: J

<http://www.rogtecmagazine.com/ru-blog/blackbourn-reports-western-siberia-mesozoic-and-tertiary/>
Грехем Блэкберн Blackbourn
Geoconsulting

Рисунок I.3.5: Западно-сибирский бассейн – палеогеография плинсбахского
Figure I.3.5: West Siberian Basin - Palaeogeography Pliensbachian

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

В связи с огромной протяженностью ЗСБ и сильной фациальной изменчивости, стратиграфическая терминология, особенно юры и мела, является сложной. Некоторые стратиграфические подразделения признаны в большей части бассейна, тогда как другие развиты только местно. Рис I.3.3 отображает основную стратиграфическую номенклатуру, используемую в различных частях бассейна вдоль СЗ – ЮВ разреза.

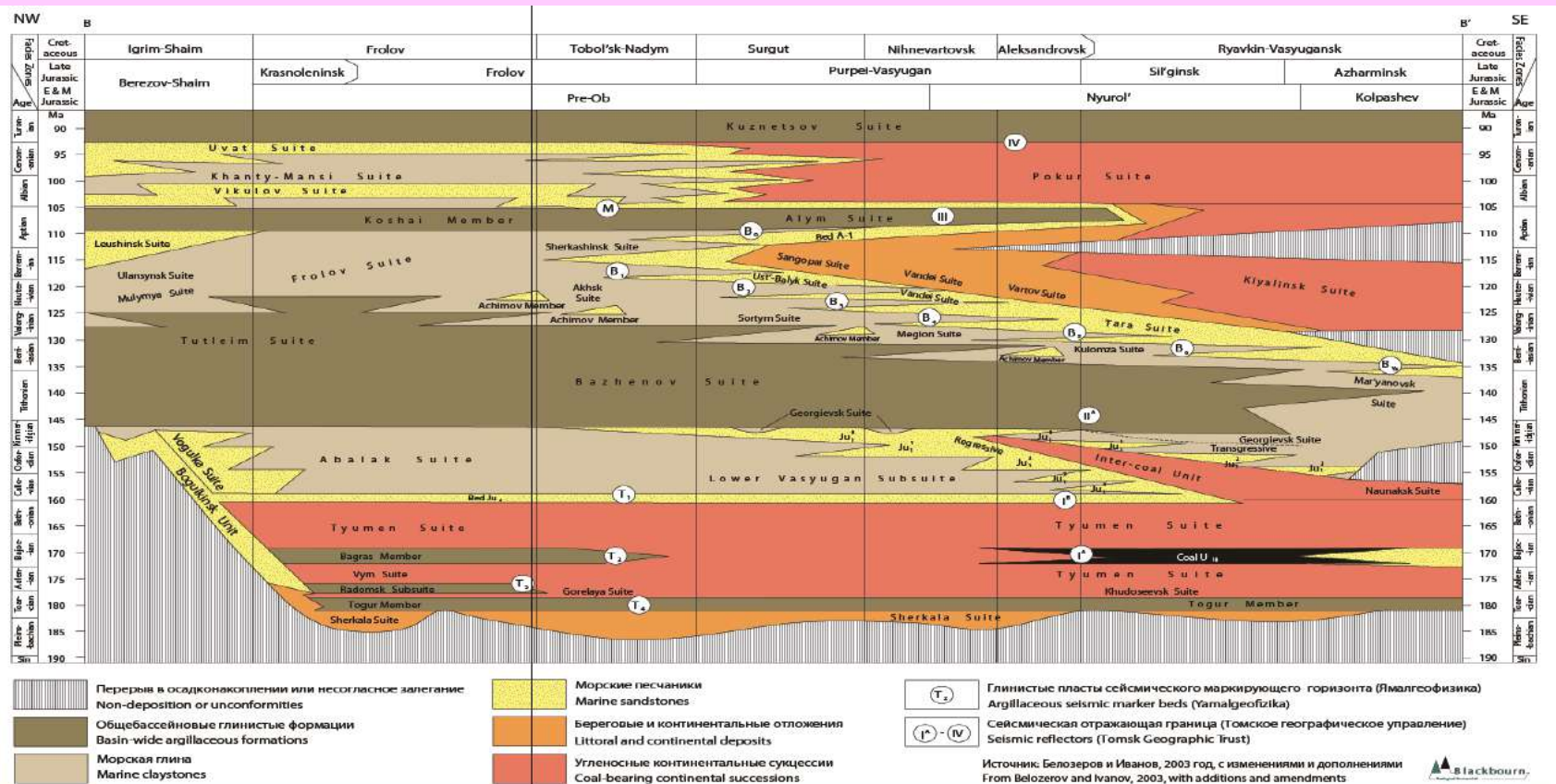


Рисунок I.3.3: Литостратиграфия юрского и мелового периодов вдоль СЗ – ЮВ линии через центр равнины Западной Сибири (линия разреза В-В' показана на Рис I.3.4)
Figure I.3.3: Jurassic and Cretaceous (Pliensbachian to Tithonian) lithostratigraphy along a NW-SE line through the central West Siberian Plain (line of section B-B' shown on Figure I.3.4)

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

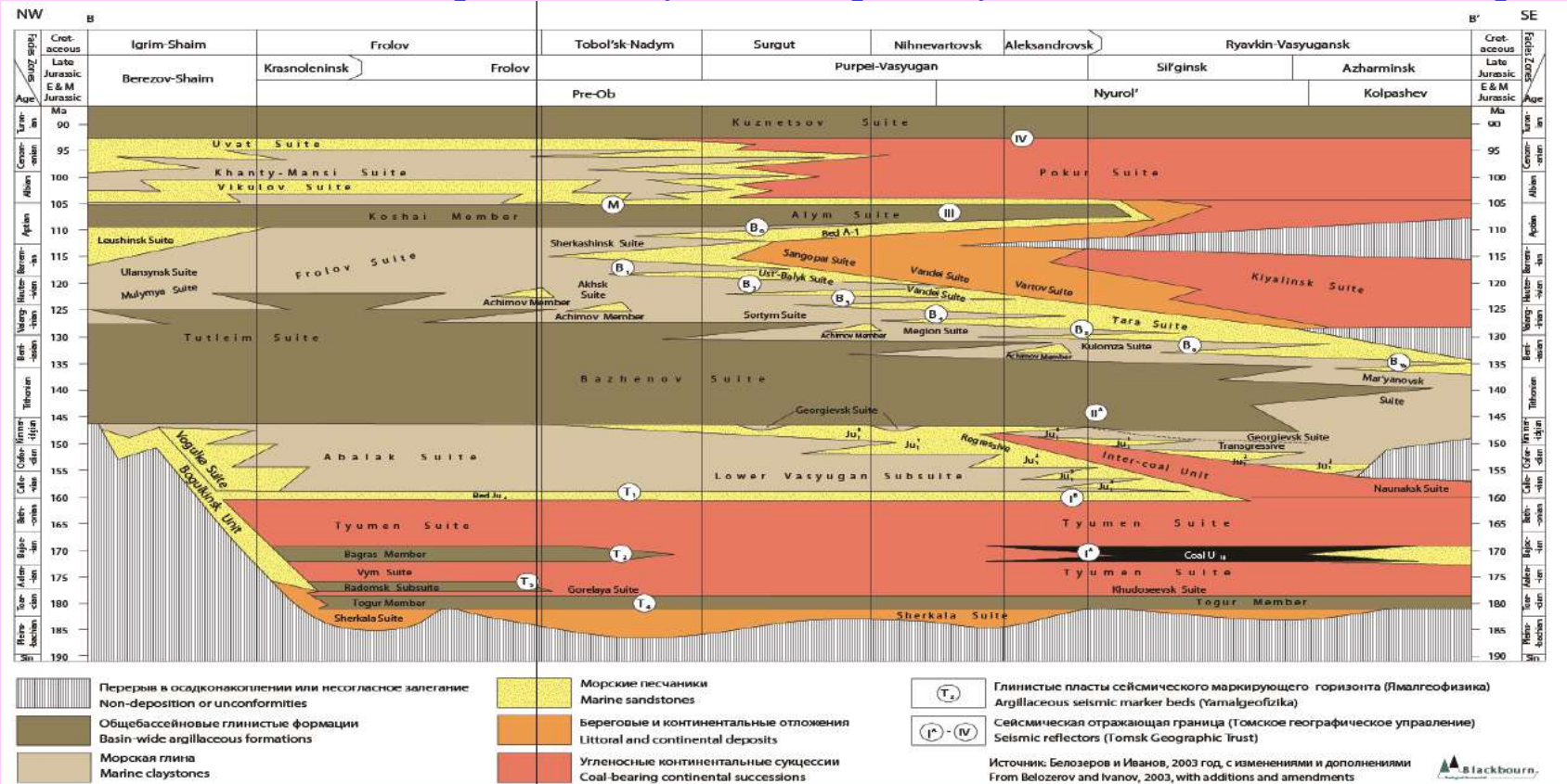


Рисунок 1.3.3: Литостратиграфия юрского и мелового периодов вдоль СЗ – ЮВ линии через центр равнины Западной Сибири (линия разреза В-В' показана на Рис 1.3.4)
Figure 1.3.3: Jurassic and Cretaceous (Pliensbachian to Tithonian) lithostratigraphy along a NW-SE line through the central West Siberian Plain (line of section B-B' shown on Figure 1.3.4)

Нижнеюрские отложения отмечаются только в структурных и эрозионных впадинах горизонта бассейна, тогда как более поздние отложения также покрывают вздымания и трансгрессивно залегают по краям бассейна (Рисунки 1.3.3 и 1.3.5). Ранняя юра характеризуется аллювиальными и озерными отложениями, местами с углем. В это время резко менялась палеогеография, вызванная опусканием платформы и эвстатическими колебаниями уровня моря.

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

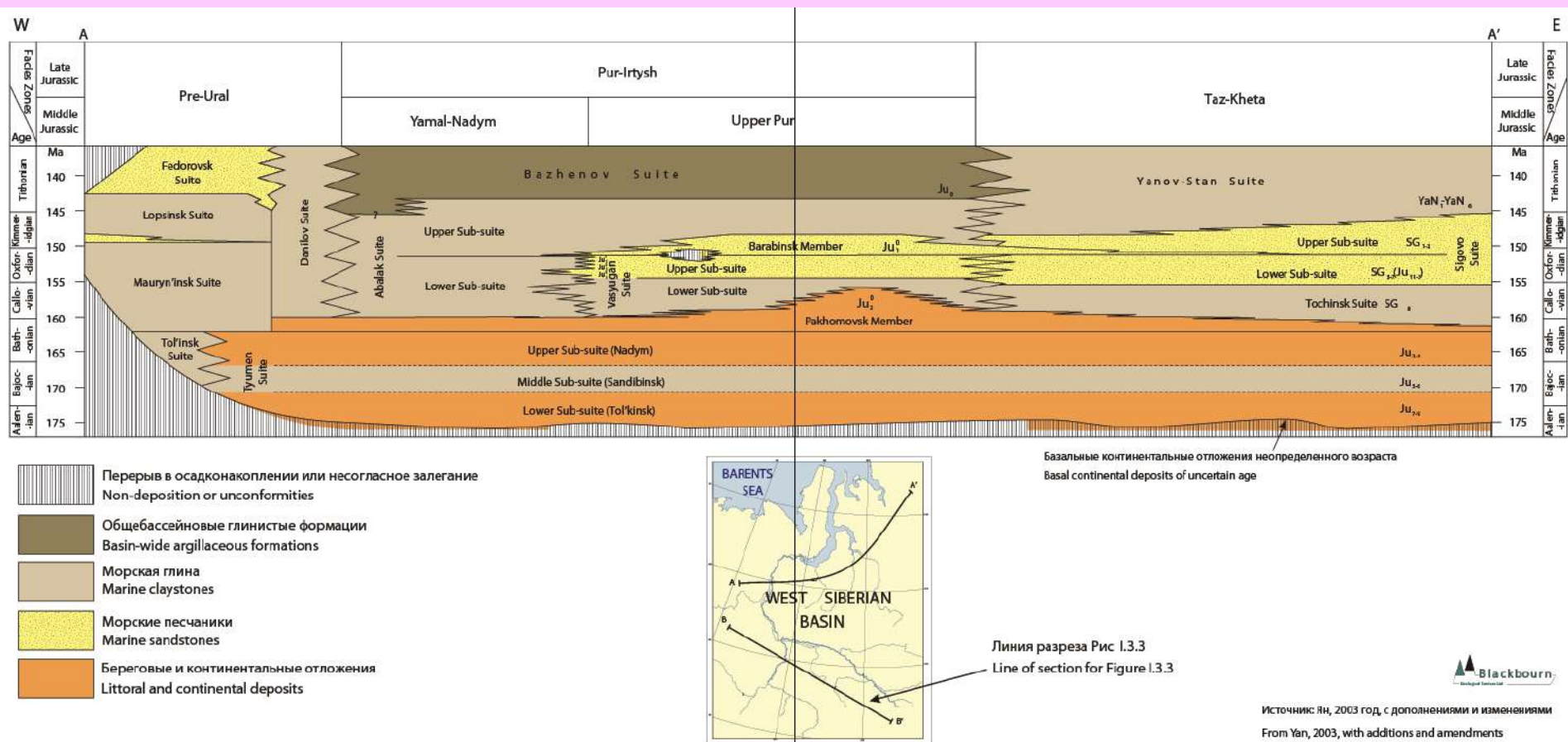


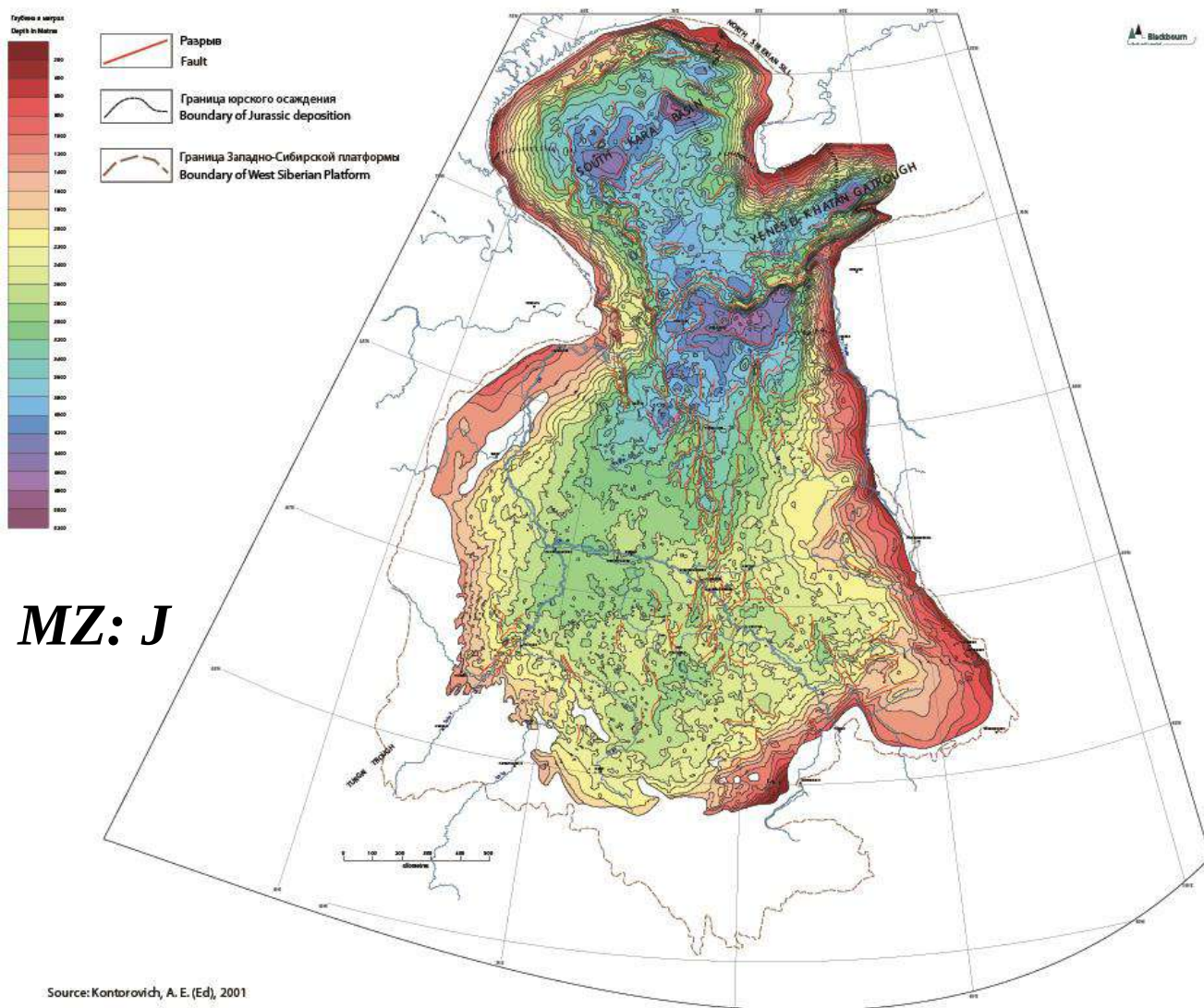
Рисунок 1.3.4: Литостратиграфия юрского периода (аалена и титона) вдоль ЮЗ-СВ линии (А-А') через северную часть Западно-Сибирского Бассейна
Figure 1.3.4: Jurassic (Aalenian to Tithonian) lithostratigraphy along a SW-NE line (A-A') through the northern West Siberian Basin

Большая часть площади была представлена холмистым и горным рельефом, плоскими возвышенностями и эрозионными низменностями со сложным расчлененным рельефом. Площадь отложений была очень ограничена, и отмечалась в самых глубоких частях бассейна и нескольких вытянутых впадинах эрозионного и тектонического происхождения. Основные центры обломочных пород залегали на севере, что в настоящее время является морским бассейном. Осадочные отложения происходили в озерно-речной пойме и переносились реками.

MZ: J

<http://www.rogtecmagazine.com/ru-blog/blackbourn-reports-western-siberia-mesozoic-and-tertiary/>
Грехем Блэкберн Blackbourn Geoconsulting

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири



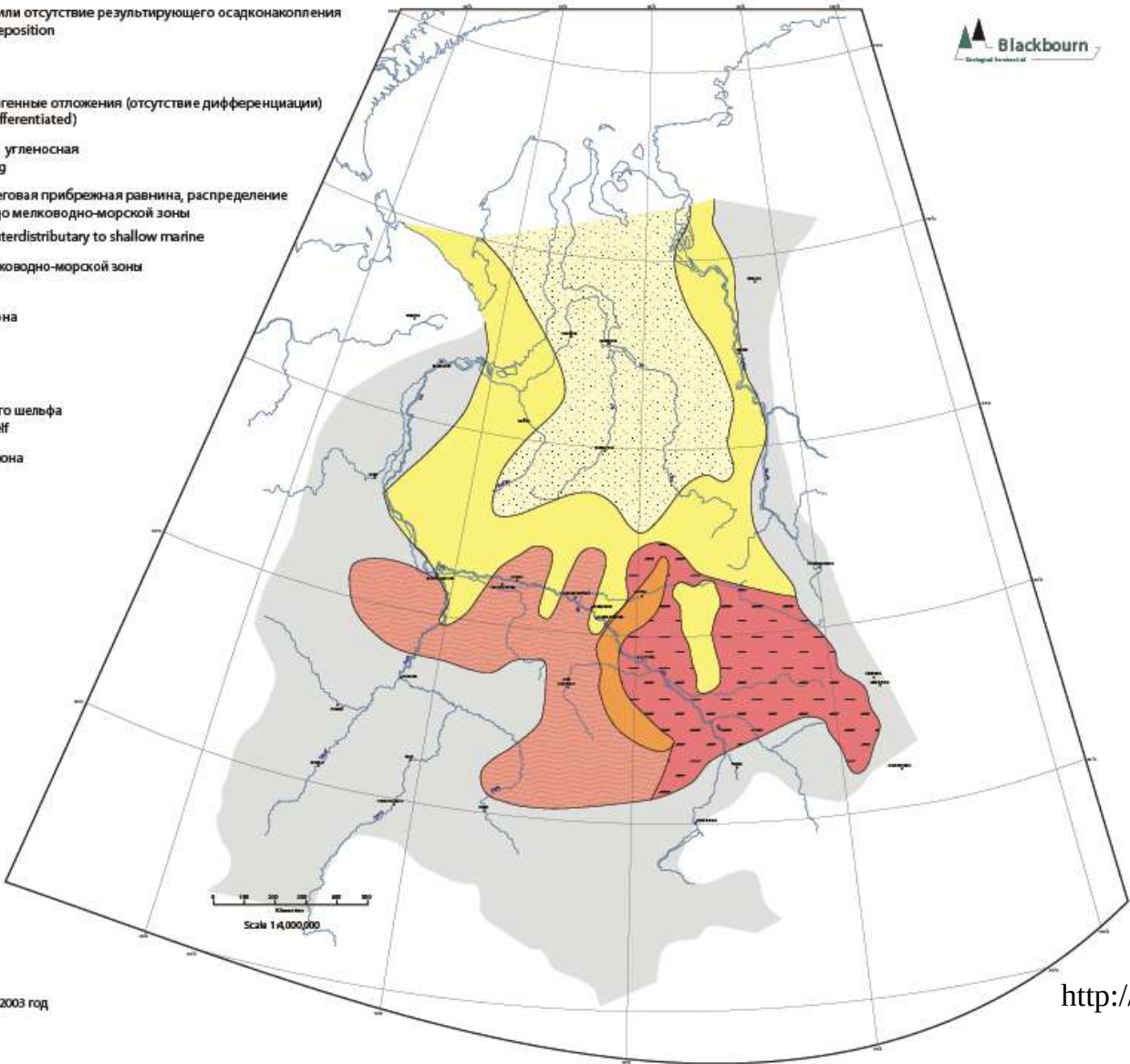
Дальнейшее погружение региона и повышение уровня моря в середине плинсбаха привело к расширению литологической площади и отложению аргиллитов и алевроитов над пластом Ju12, что связано с первым крупным морским вторжением в пределы бассейна, которое распространилось на юг приблизительно до 64° N (Рис. I.3.5). Эти глины, толщиной до 5 м, распространены по региону и образуют надежную изоляцию (заглинизирование) пласта Ju12.

<http://www.rogtecmagazine.com/ru-blog/blackbourn-reports-western-siberia-mesozoic-and-tertiary/>
Грехем Блэкберн Blackbourn
Geoconsulting

MZ: J

- Эродирующая равнина или отсутствие результирующего осадконакопления
Eroding plain or no net deposition
- Озерные фации
Lacustrine facies
- Континентальные терригенные отложения (отсутствие дифференциации)
Continental clastics (undifferentiated)
- Аллювиальная равнина, угленосная
Alluvial plain, coal-bearing
- Внутренняя дельта/береговая прибрежная равнина, распределение реки на мелкие рукава до мелководно-морской зоны
Delta top/coastal plain, interdistributary to shallow marine
- Литоральная зона до мелководно-морской зоны
Littoral to shallow marine
- Мелководно-морская зона
Shallow marine
- Морской шельф
Marine shelf
- Глубокие участки морского шельфа
Deeper parts of marine shelf
- Глубоководная морская зона
Deep marine

MZ: J



Источник: В.Б. Белозеров и И.А. Иванов, 2003 год
Source: Belozеров and Ivanov, 2003

Рисунок I.3.6: Западно-сибирский бассейн – палеогеография тоара
Figure I.3.6: West Siberian Basin - Palaeogeography Toarcian

Отложения на юг от этой широты представляют в основном участок обнажившегося морского дна: аллювиальные песчаники и уплотненную глину на восточном и юго-восточном склоне бассейна. Основные площади источников сноса в это время залегают на юго-востоке, на юге (Казахстанская и Алтай-Саянская возвышенности), на северо-востоке (Таймырская возвышенность) и, возможно, вдоль Енисей-Хатангской впадины и, в меньшей степени, на запад (Урал).

<http://www.rogtectmagazine.com/ru-blog/blackbourn-reports-western-siberia-mesozoic-and-tertiary/>

Грехем Блэкберн Blackbourn Geoconsulting

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

Во время позднего плинсбаха и раннего тоара, произошли отложения пласта Ju11 (свита Шеркала) и ее изоляция, участок Тогур (Рис. I.3.3). В это время происходят дальнейшее региональное погружения. Седиментационный бассейн расширился, а площадь эрозии уменьшилась. Значительная южная часть бассейна до 63° N образовывала низменную равнину озерно-речного происхождения с обширной речной сетью, которая несла большие объемы терригенных осадков в морской бассейн. Незначительное выравнивание рельефа и поднятие уровня моря привело к образованию промежуточной группы фаций в прибрежных равнинах, время от времени затопляемых морем. Эти фации формировались рядом с морским бассейном на севере, и проходили на юг в речно-озерную равнину, граничащую на юге с северными склонами основных подъемов, таких как Сургутский, Нижневартовский, Александровский и другие своды. Большая часть терригенного материала оседала на участках обнажившегося морского дна, периодически затопляемого морем, и в морском бассейне. Самые мощные и самые однородные нефтеносные песчаники накапливались в подводной и субаэральной частях дельты, и также вдоль палео-русел. Значительные пространства между речными долинами были заняты озерами и болотами, где накапливались глины и алевролиты. Веер аллювиальных и каменистых отложений накапливался на склонах подъемов. Источники осадочных отложений располагались вдоль южных и, в определенных местах, вдоль западных краев бассейна и, также, на ступенях основания. Дальнейшее погружение региона произошло в ранний тоарский период, с уменьшением рельефа. Область отложений на дне моря распространилась далее на юг, что привело к периодическому проникновению морской воды в центральные районы Западной Сибири, что доказано появлением микрофауны и микрофитопланктона в скважинах, пробуренных в Шеркале, Ханты-Мансийске, Емангальске, Малоаганске, Пойкинске, Юганске и др. В это время накапливались глинистые и илистые отложения Тогурской пачки. Они широко распространены, но выклиниваются на склонах поднятий.

MZ: J

<http://www.rogtecmagazine.com/ru-blog/blackbourn-reports-western-siberia-mesozoic-and-tertiary/>
*Грехем Блэкберн Blackbourn
Geoconsulting*

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

В среднем и позднем тоаре пласт Ju10 (Горелая /Худосеевская свита) и **ее глинистая покрывка** (Радомская подсвита) аккумуляровались в условиях дальнейшего регионального погружения (Рис. I.3.3; I.3.6). Области эрозии резко сократились. Несколько остаточных «островков» эрозии оставались в центральных частях региона: Верхнелемяминский, Горшковский, Конитлорский и другие участки. Области эрозии в пределах Краснотуркестанского и Сургутского сводов были значительно сокращены, так как они находились над Нижневартовской, Александровской, Парабельской и другими палеоподнятиями, где ранее превалировали процессы эрозии. Область осадконакопления значительно продвинулась на запад и на юг.

Условия осадконакопления изменились с дальнейшей морской трансгрессией. Отложения наплачивались на водно-озерных равнинах, на низменных аккумулятивных равнинах с изменяющимися условиями осадконакопления, на береговой равнине, периодически затопляемой морем, и в морском бассейне. В период позднего тоара (во время формирования Радомской подсвиты) произошло дальнейшее оседание региона с покрывкой рельефа. Повторные эпизоды морской трансгрессии привели к периодическому проникновению моря не только в центральные, но также и в южные части Западной Сибири. Глинистые и илистые отложения Радомской подсвиты покрывали огромные пространства, но выклинивались на склонах палеоподнятий. **Такой покров образует надежную покрывку** пласта Ju10.

MZ: J

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

Конец позднего тоара и начало аалена характеризуется реактивацией тектонической активности и отступлением моря. На значительной части бассейна установился субаэральный режим и продолжался в течение всего аалена.

Пласты Ju7-Ju9 формировались в течение аалена. Седиментационный бассейн превратился в широкую водно-озерную равнину с обширной речной сетью и многочисленными озерами и болотами (Рис. 1.3.7). Русла рек мигрировали через широкие долины. Позиции основных водотоков оставались такими же, как они установились в ранней юре. Мощности осадков увеличивалась по направлению к руслам, как и содержание песка и ила. Обширные территории за пределами речных долин были заняты озерами и болотами, где накапливались глинистые и илистые отложения вместе с торфом, о чем свидетельствуют многочисленные и довольно мощные (1-3 м) прослои угля. Серии эрозионных остатков древних пород выступали через отложения в водно-озерной равнине.

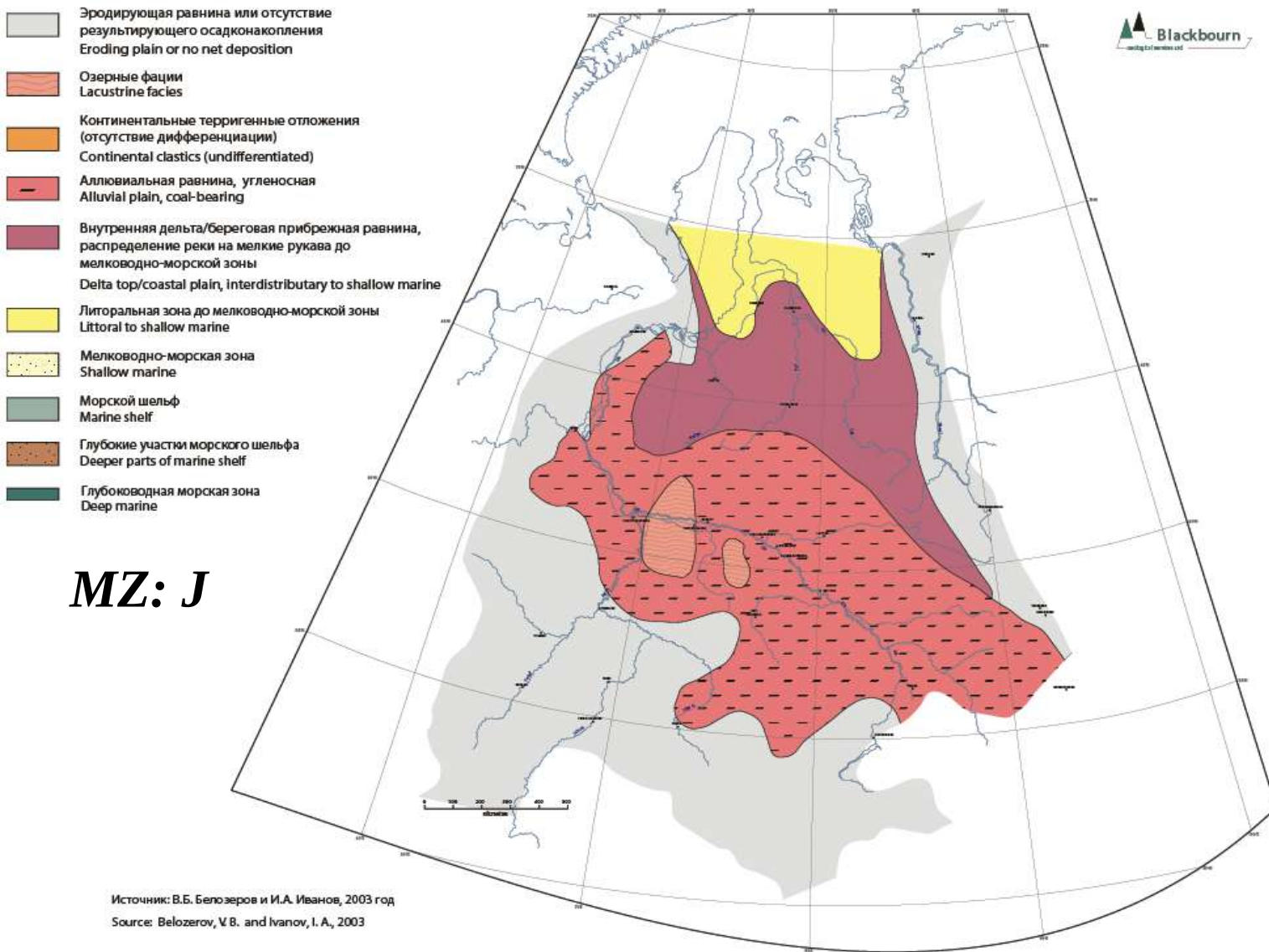
Наиболее распространенной стратиграфической толщей, датируемой ранней и средней юрой, является **континентальная угленосная Тюменская свита**. Ее подошва диахронна, залегает в основном в пределах тоара и аалена, хотя некоторые авторы относят ее к базальному несогласию геттанга,. Кровля Тюменской свиты проходит по границе бат/келловей (Рис. 1.3.3). Байосский век (когда накопилась группа пластов Ju5-Ju6) характеризуется значительными изменениями во внешних условиях осадконакопления, опять-таки с распространением морских условий и широким развитием фаций прибрежноморской равнины. Количество поднятий подстилающих пород, проступающих через аллювиальную равнину, уменьшилось, а изолированные ступени основания известны только в Каймысовом, Сургутском, Нижневартовском, Александровском и Шаимовском сводах.

MZ: J

<http://www.rogtecmagazine.com/ru-blog/blackbourn-reports-western-siberia-mesozoic-and-tertiary/>

Грехем Блэкберн Blackbourn Geoconsulting

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири



MZ: J

Рисунок I.3.7: Западно-сибирский бассейн – палеография позднего аалена

Figure I.3.7: West Siberian Basin - Palaeogeography Late Aalenian

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

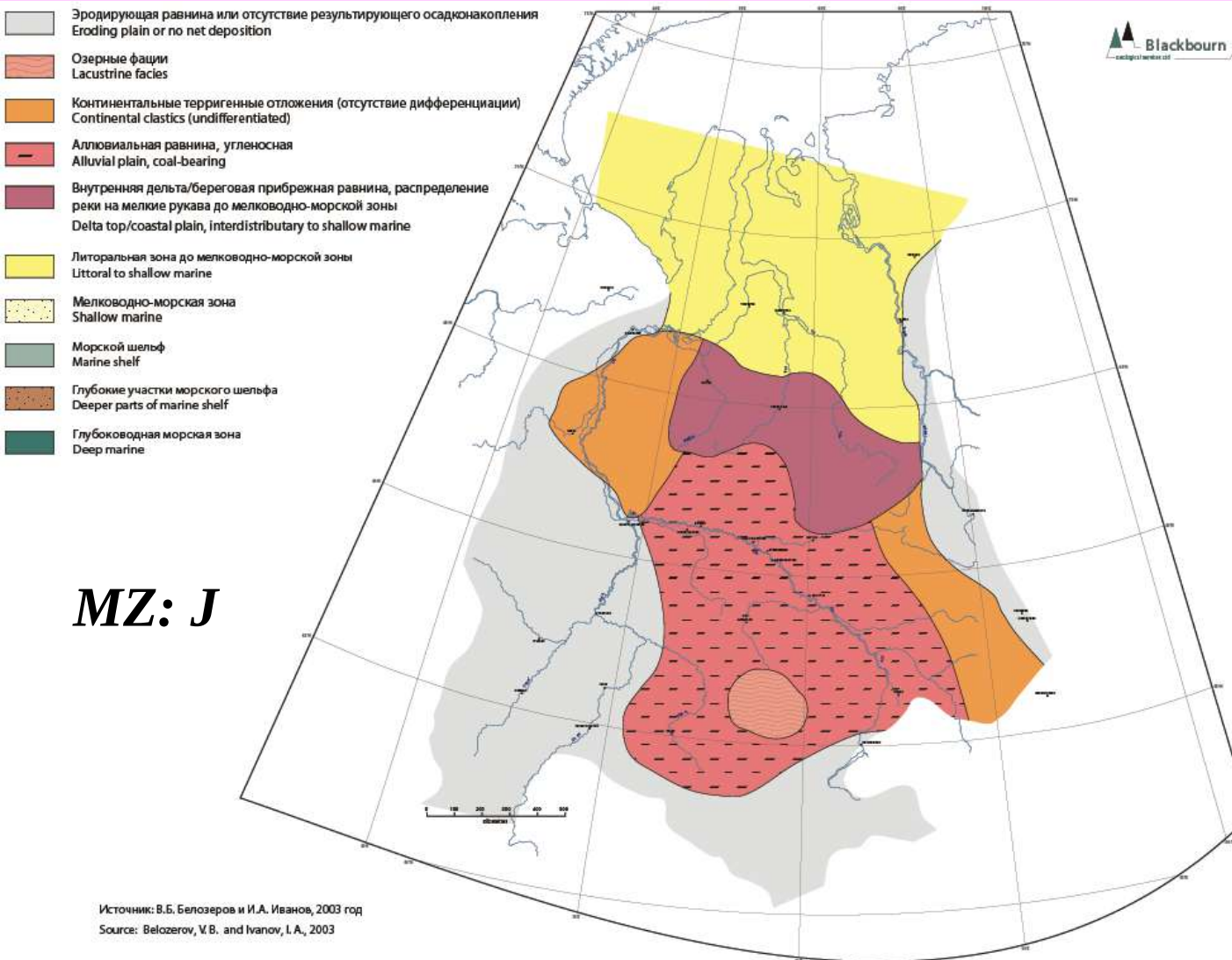
Границы седиментационного бассейна значительно раздвинулись на запад и на юг. Большая часть южного участка бассейна была представлена низменной осадочной и береговой прибрежной равниной, периодически затапливаемой морем, через которую развилась система дельтовых каналов, вместе с островами, песчаными отмелями и вздыманиями низменности аккумулятивных равнин. В этой зоне откладывались пески и илы пластов Ju5-6. В районах более глубокого прогибания и прилегающих впадинах, отложения накапливались в изолированных бассейнах с морской водой при периодическом соединении с морем. Тектоническая активность в области сноса осадочных отложений была приглушена, рельеф был мягким, а климат — влажным. Кластические отложения поступали, в основном, с южных и западных границ бассейна а роль местных источников была резко сокращена. В период бата произошло накопление пластов Ju2-Ju4 . Палеогеография во время осаднения этих пластов является более сложной (Рис. I.3.8), так как морская вода проникла внутрь древних зон подъема вдоль эрозионных каналов. Мелководно-морская зона образовалась вокруг значительного количества палеоподнятий и прилегающих территорий, с развитием типичных эрозионных рифов, островов, песчаных отмелей, дельтовых каналов, бухт и лагун. Кластогенные осадки продолжали поступать из южных и западных частей бассейна, с незначительными локальными источниками. К позднему бату, морские условия уже были хорошо развиты, и наблюдалось их взаимопроникновение с континентальными в центральной части ЗСБ. Основная морская трансгрессия произошла с севера, однако, в середине келловоя (Yan, 2003; Рис. I.3.9), когда установились морские условия по всему бассейну.

MZ: J

<http://www.rogtecmagazine.com/ru-blog/blackbourn-reports-western-siberia-mesozoic-and-tertiary/>

Грехем Блэкберн Blackbourn Geoconsulting

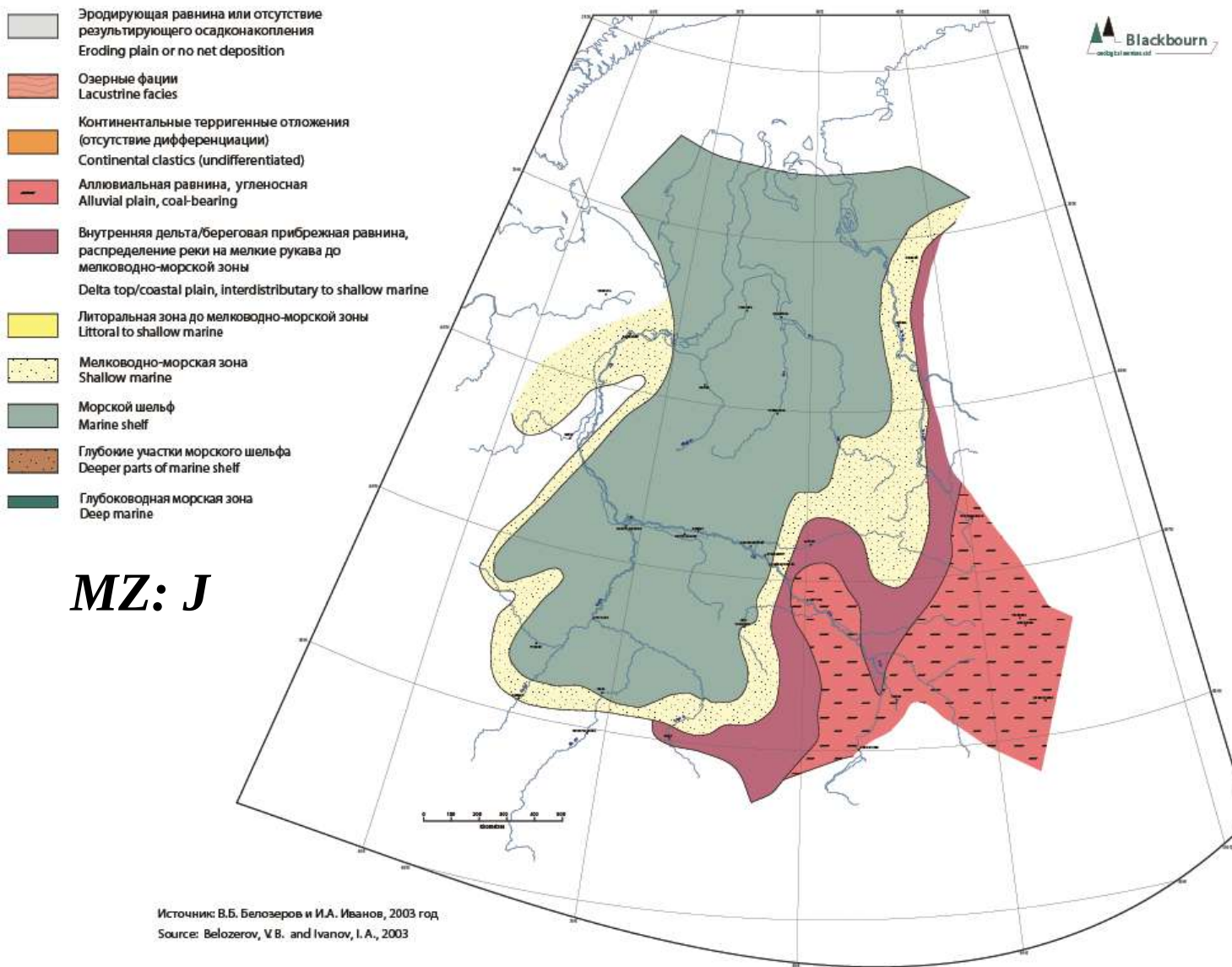
Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири



MZ: J

Рисунок I.3.8: Западно-сибирский бассейн – палеогеография позднего бата
Figure I.3.8: West Siberian Basin - Palaeogeography Late Bathonian

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири



MZ: J

Рисунок I.3.9: Западно-сибирский бассейн – палеогеография позднего келловея

Figure I.3.9: West Siberian Basin - Palaeogeography Late Callovian

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

Отложения верхнего отдела залегают с размывом поверх среднеюрского отдела в некоторых районах Западной Сибири, имеют мощность более 500 м в северной части бассейна и в районе Хатанги к северо-востоку. В ту эпоху воды Арктического бассейна проникли на юг до 54° N. Большая часть бассейна характеризуется терригенными отложениями на мелководном и глубоководном шельфах (**Рис. I.3.9**). Образование глинистых и – местами – горючих сланцев началось в районах наиболее быстрого прогибания в центральной и западной частях бассейна, которые соответствуют абалакской свите и ее латеральному эквиваленту — васюганской свите. Морские глауконитовые шельфовые песчаники и сланцы с содержанием аммонитов накапливались вдоль восточного и западного флангов бассейна; при этом континентальные речно-дельтовые отложения и глинистые красные песчаники в направлении к морю переходят в шельфовые сланцы и песчаники на юго-восточной и южной границах. Местами отмечаются пласты конгломератов и известняков, особенно в северо-восточной части бассейна.

MZ: J

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

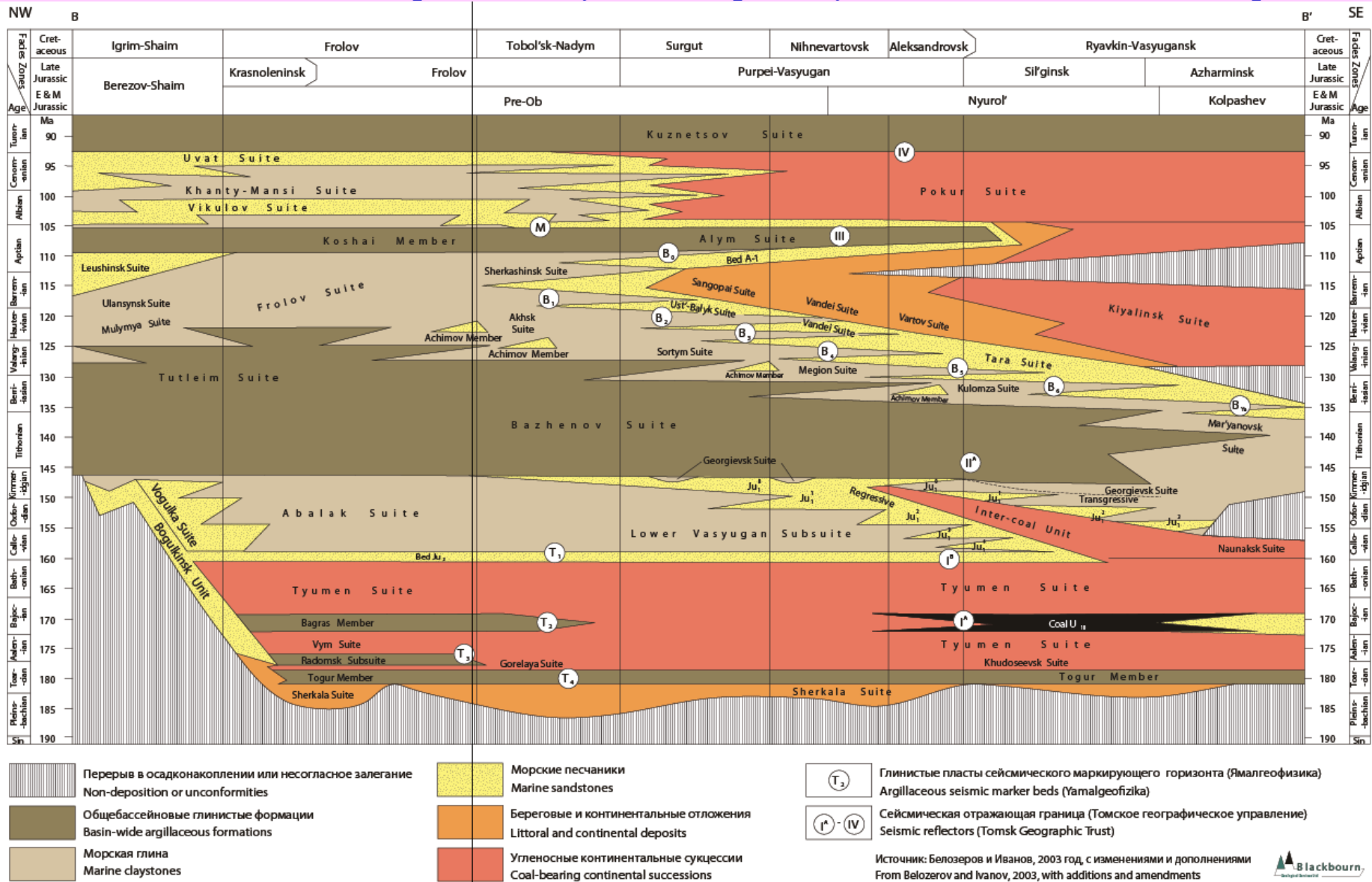


Рисунок I.3.3: Литостратиграфия юрского и мелового периодов вдоль СЗ – ЮВ линии через центр равнины Западной Сибири (линия разреза В-В' показана на Рис I.3.4)
Figure I.3.3: Jurassic and Cretaceous (Pliensbachian to Tithonian) lithostratigraphy along a NW-SE line through the central West Siberian Plain (line of section B-B' shown on Figure I.3.4)

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

Позднеюрский разрез под баженовской свитой титонского яруса в общем может быть разделен на две части: **нижнюю часть**, слагаемую береговыми мелководными отложениями **келловейского и оксфордского ярусов**, и **верхнюю часть**, представленную в основном морскими песками и глинами **кимериджского яруса**, относящимися к верхней подсвите сиговской свиты. В то же время фациальная изменчивость достаточно велика и отдельные разрез отличаются от предложенного упрощенного образца (Рис. I.3.3 и I.3.4).

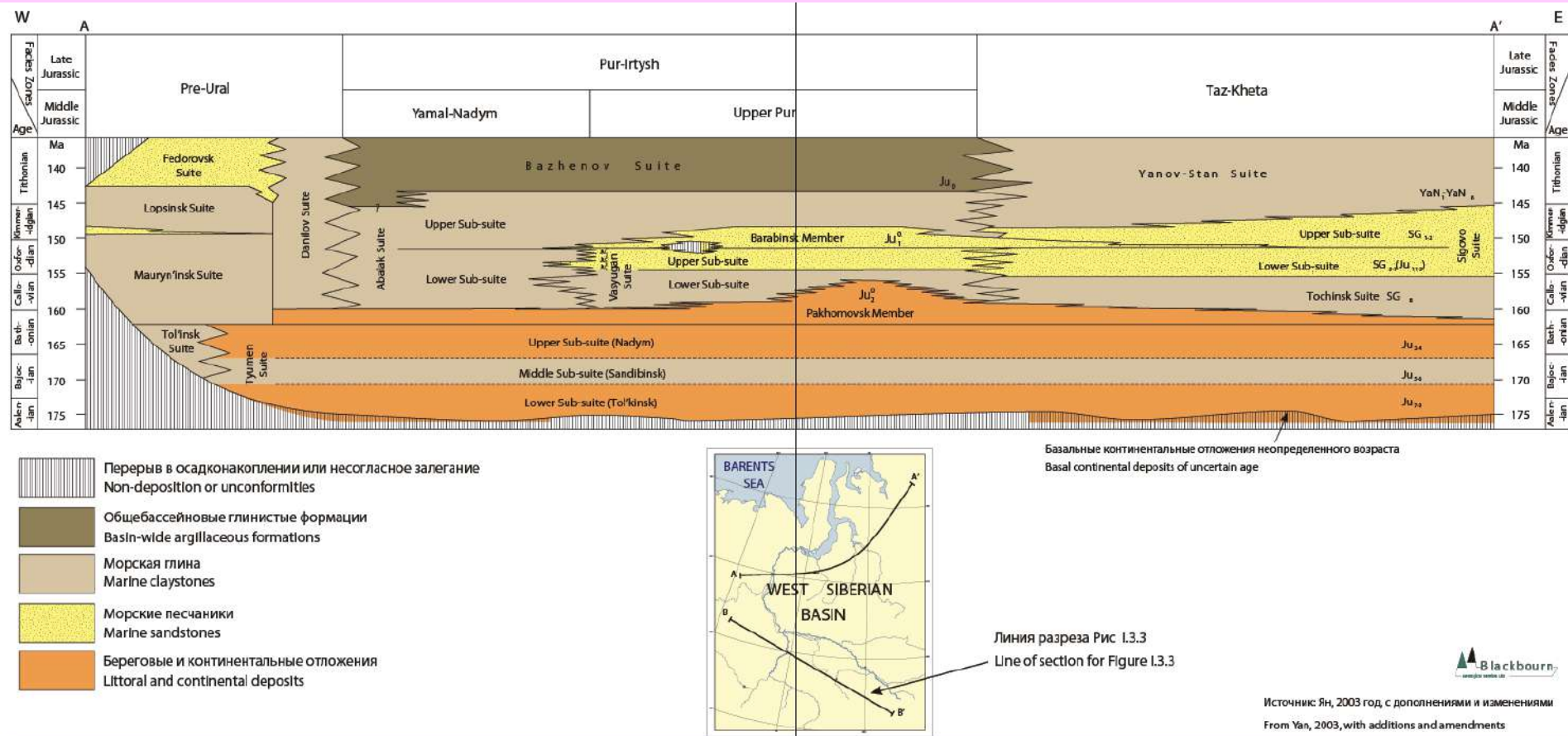


Рисунок I.3.4: Литостратиграфия юрского периода (аалена и титона) вдоль ЮЗ-СВ линии (А-А') через северную часть Западно Сибирского Бассейна
Figure I.3.4: Jurassic (Aalenian to Tithonian) lithostratigraphy along a SW-NE line (A-A') through the northern West Siberian Basin

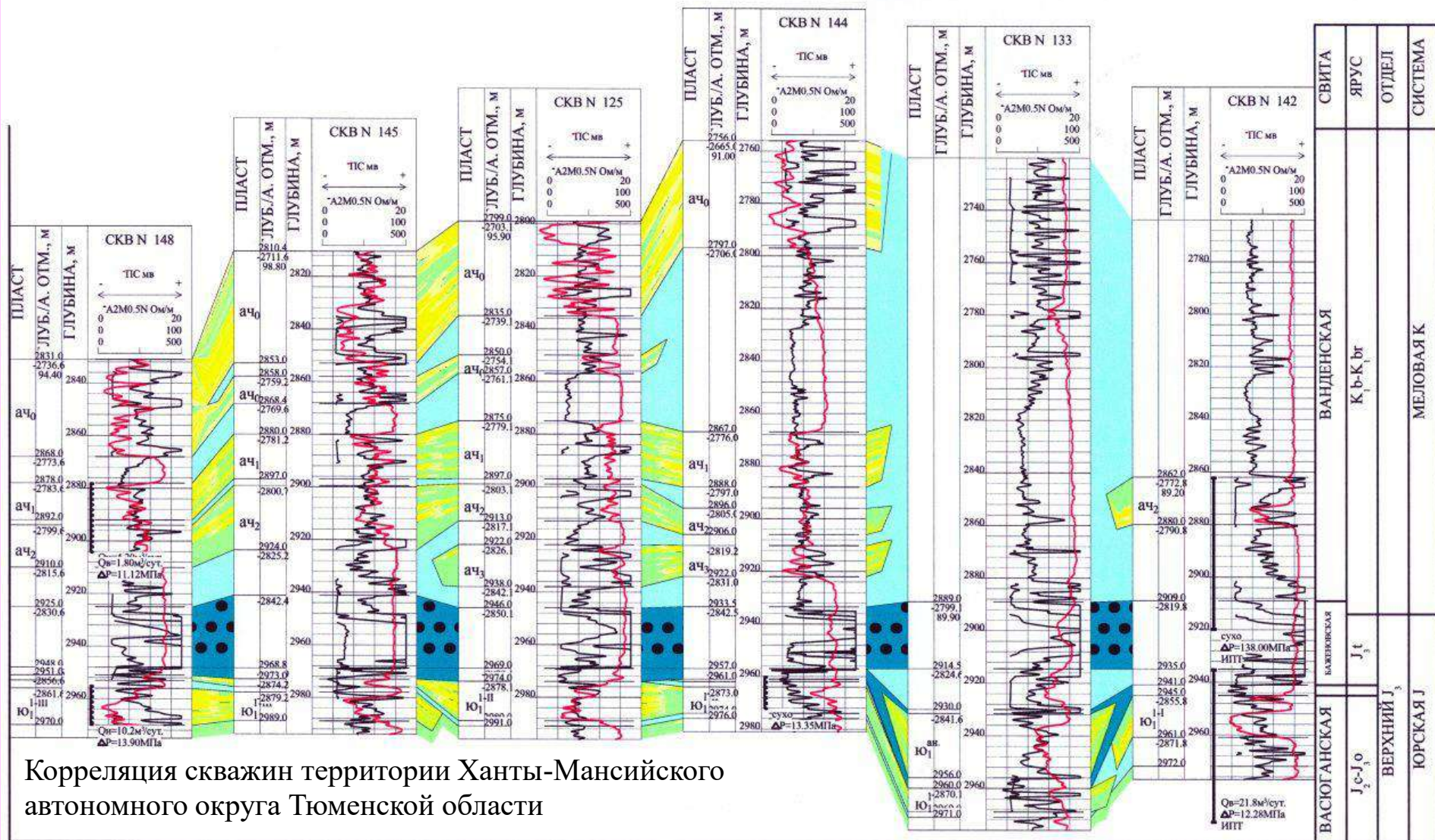
Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

В северо-восточной части бассейна отложения келловей-позднего оксфорда образуют васюганскую свиту и ее латеральный эквивалент — наунакскую свиту. К васюганской свите относятся мощные песчаные и глинистые пласты центральной части Западной Сибири. Нижневасюганская подсвита относится к позднему келловей-раннему оксфорду и образована в основном черными и темно-серыми глинами с битуминозными пластами толщиной 2–3 см. Встречаются тонкие пласты серого кварц-полевошпатового и кварц-глауконитового песчаника и алевролита с прерывистой линзовидной слоистостью. Отложения локально известковистые, с отдельными пластами глинистого известняка. На поверхностях напластования встречаются карбонатные породы. По направлению к основанию увеличивается содержание песка и ила; встречаются углистые породы и окаменевшие фрагменты древесной растительности.

На востоке нижневасюганская подсвита переходит в наунакскую свиту, которая сформировалась в условиях периодически затопляемых морем прибрежных и аллювиальных равнин и мелководного шельфа, которые с востока и юго-востока примыкают к аккумулятивной равнине с речной сетью. Пески и ил представляют собой дельтовые отложения, включающие также береговые барьеры и бары, приливные заводи и пляжные пески. Различные песчаные горизонты обнаруживаются в обособленных зонах, а проницаемые пласты (горизонт JuV1) образуют зоны, простирающиеся с севера на юг и располагающиеся по отношению друг к другу *уступами*, ориентированными с запада на восток.

Сиговская свита, или нижнемарьяновская подсвита, сформировалась в восточной части бассейна в кимериджском веке. На западе верхнесиговская подсвита переходит в преимущественно глинистую георгиевскую свиту, характеризующуюся глауконитовыми и сидеритово-марганцево-известковыми образованиями, а затем переходит в верхнюю часть абалакской свиты. Последняя в Предуральской зоне, в пределах локально выклинивающейся области кимериджского возраста, представлена верхом нижней подсвиты даниловской свиты. (Рис. I.3.4).

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири



Корреляция скважин территории Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

Фрагмент сводного геолого-геофизического разреза ХМАО: 1

– нижний мел K_1 , 2 – верхняя

юра J_3 , 3 – средняя юра J_2 , 4 –

нижняя юра J_1 , 5 – триас T , 6 –

палеозой РЗ, 7 – песчаники, 8 –

алевролиты, 9 – глины, 10 –

аргиллиты, 11 – глины

опоковидные, 12 – глины

диатомовые, 13 – аргиллиты

глауконитовые, 14 – аргиллиты

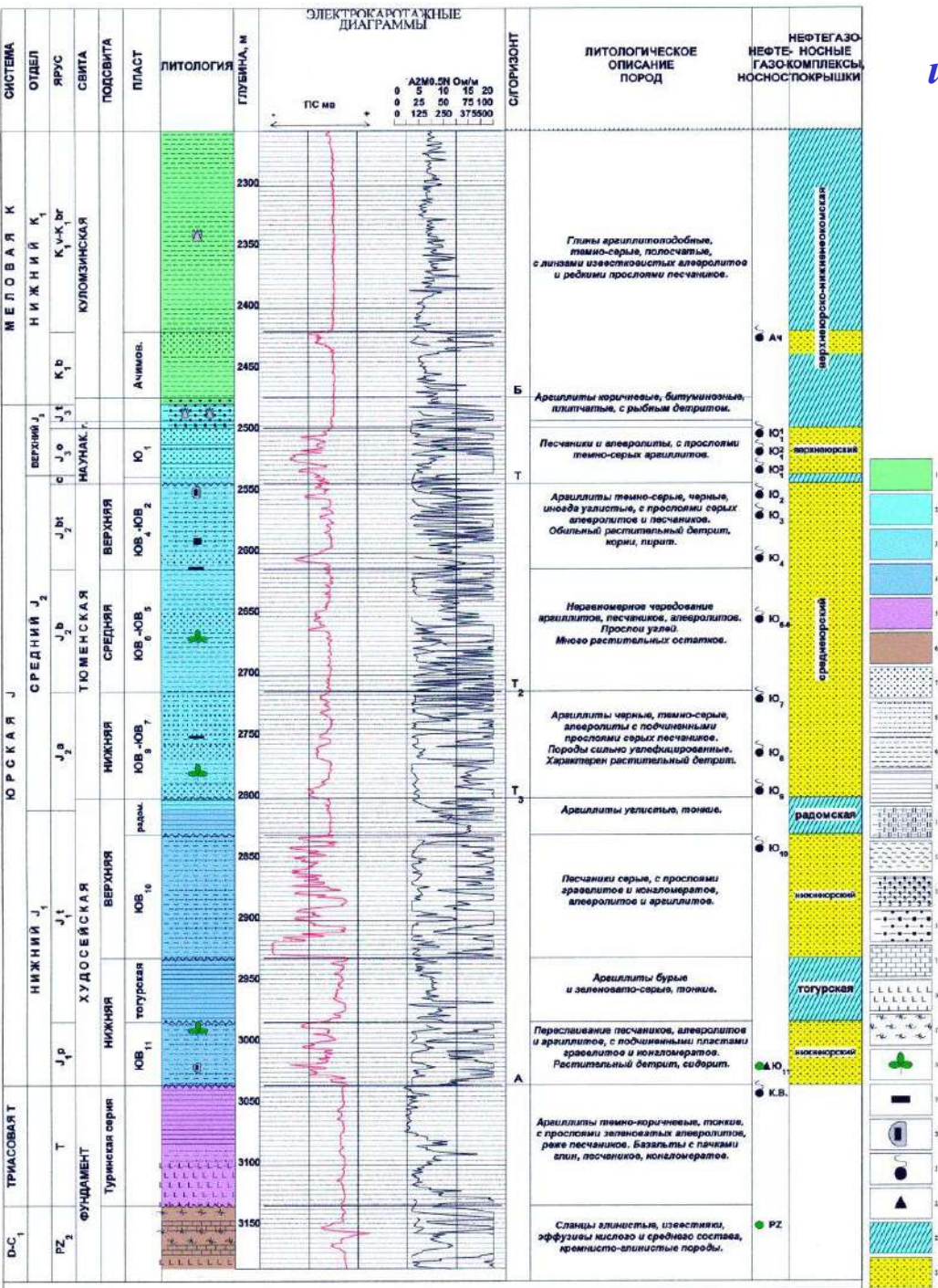
битуминозные, 15 – известняк,

16 – базальты, 17 – глинистые

Сланицы

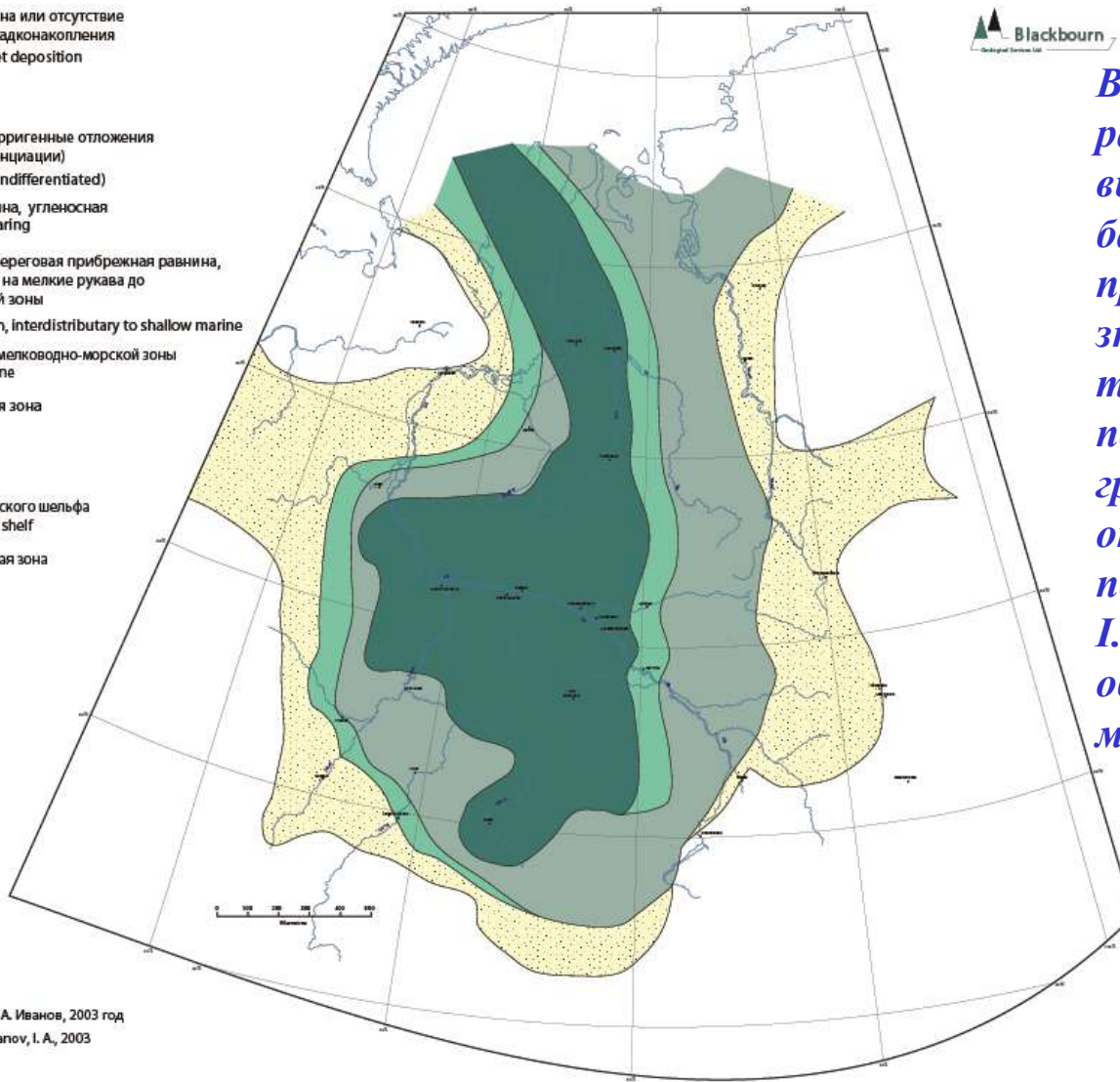
(<http://www.oilnews.ru/magazine/20>

03-12-14.html).



-  Эродирующая равнина или отсутствие результирующего осадконакопления
Eroding plain or no net deposition
-  Озерные фации
Lacustrine facies
-  Континентальные терригенные отложения (отсутствие дифференциации)
Continental clastics (undifferentiated)
-  Аллювиальная равнина, угленосная
Alluvial plain, coal-bearing
-  Внутренняя дельта/береговая прибрежная равнина, распределение реки на мелкие рукава до мелководно-морской зоны
Delta top/coastal plain, interdistributary to shallow marine
-  Литоральная зона до мелководно-морской зоны
Littoral to shallow marine
-  Мелководно-морская зона
Shallow marine
-  Морской шельф
Marine shelf
-  Глубокие участки морского шельфа
Deeper parts of marine shelf
-  Глубоководная морская зона
Deep marine

MZ: J

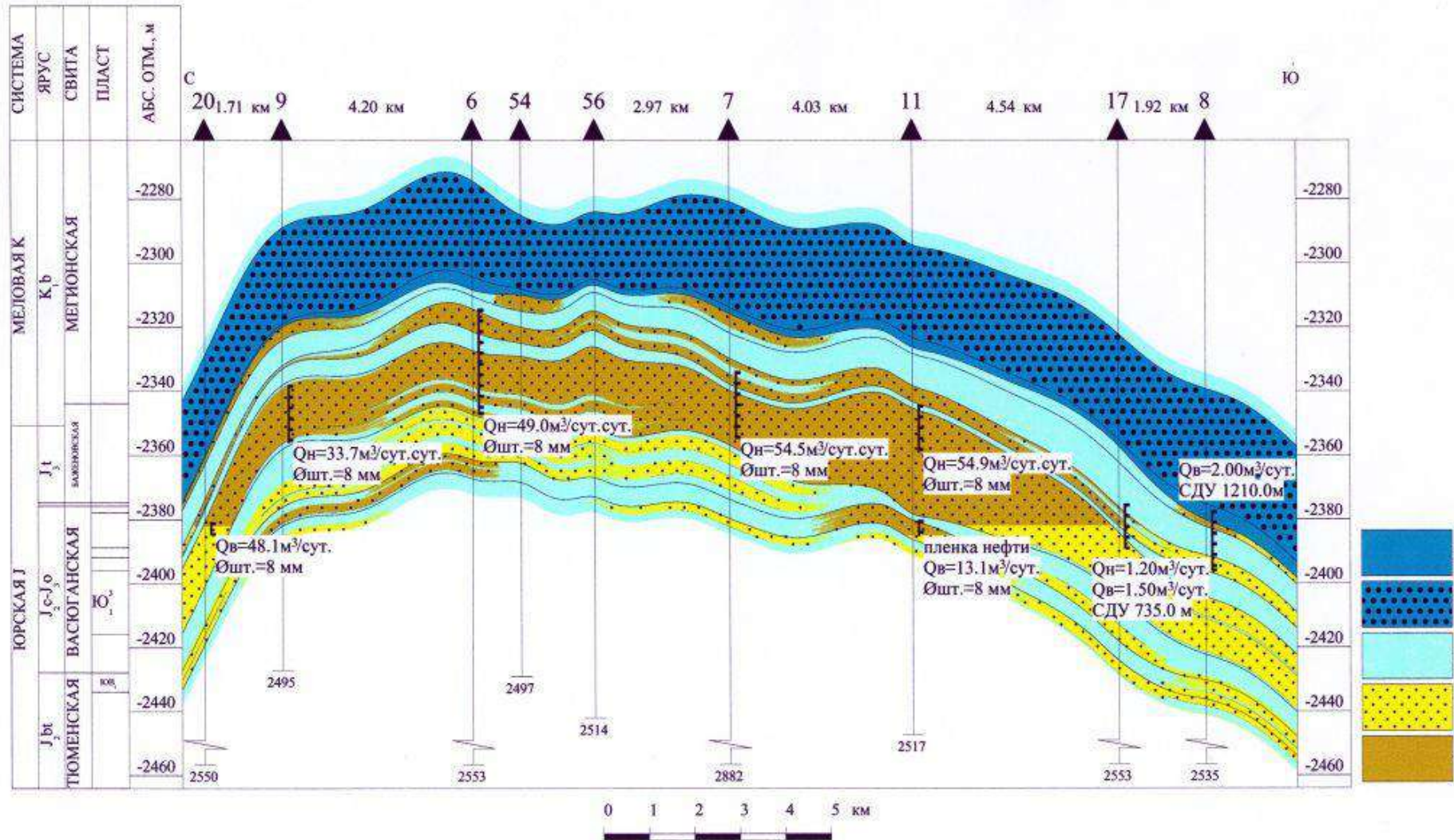


Источник: В.Б. Белозеров и И.А. Иванов, 2003 год
Source: Belozеров, V. B. and Ivanov, I. A., 2003

В верхней части юрского разреза находится высокобитуминозная баженовская свита, простирающаяся на значительной части территории бассейна и переходящая вблизи его границ в тонкие пласты отложений шельфового песчаника и сланца (Рис. I.3.12). Баженовская свита образует наиболее важную материнскую породу ЗСБ.

Рисунок I.3.12: Западно-сибирский бассейн – палеогеография волжского (титонского) яруса
Figure I.3.12: West Siberian Basin - Palaeogeography Volgian (Tithonian)

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

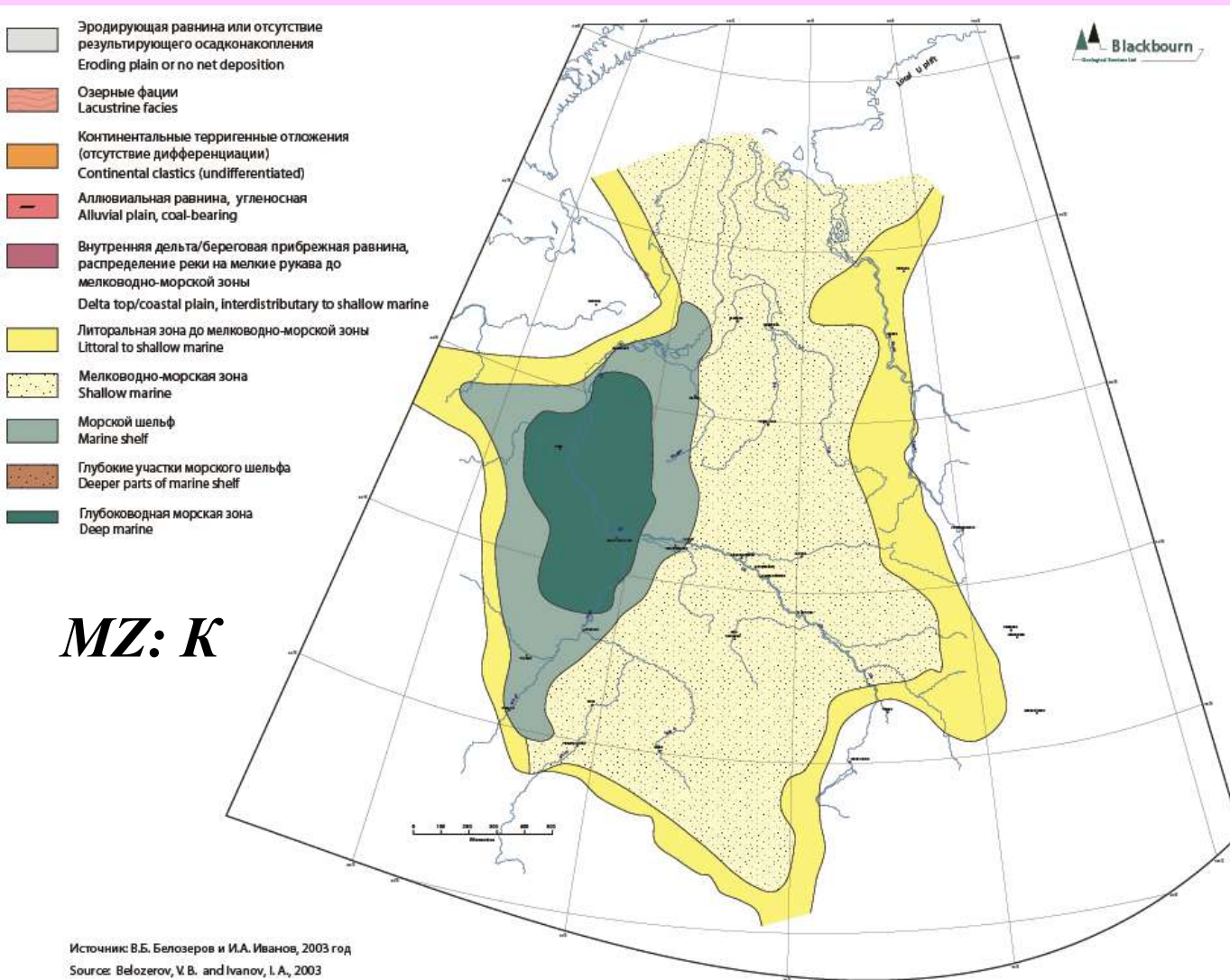


Типичный локальный геологический разрез территории Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области: 1 – тонкие аргиллиты, 2 – аргиллиты битуминозные, 3 - глины, 4 – песчаники, 5 – нефтяные залежи (<http://www.oilnews.ru/magazine/2003-12-14.html>).

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

Приток терригенного осадка в то время был небольшим, и бассейн стал полунекомпенсированным, особенно в центральной и западной его частях. Примерно на границе юрского и мелового периодов произошло поднятие краев бассейна – возможно, в результате орогенеза на восточном фланге Сибирского кратона. Подъем и локальная эрозия особо четко проявляются в районе Хатанги и на юге полуострова Ямал. Таким образом, южная часть бассейна в районе примерно $68^{\circ} N$ была в то время, по всей вероятности, обособлена с образованием суббассейна с особо благоприятными условиями для накопления органического вещества. Регрессия моря в конце юрского периода, скорее всего, способствовала дальнейшему обособлению южной части бассейна. В то же время, вероятно, стали проявляться наиболее возвышенные участки бассейна.

Данные геофизической разведки указывают на наличие эрозионных несогласий верхней юры в пределах крупных структур северной части бассейна. Присутствие высокобитуминозных сланцев в баженовской свите на полуострове Ямал – и, возможно, в Южно-Карском суббассейне – скорее всего, является свидетельством дальнейшего ограничения циркуляции бассейна.



Неоком

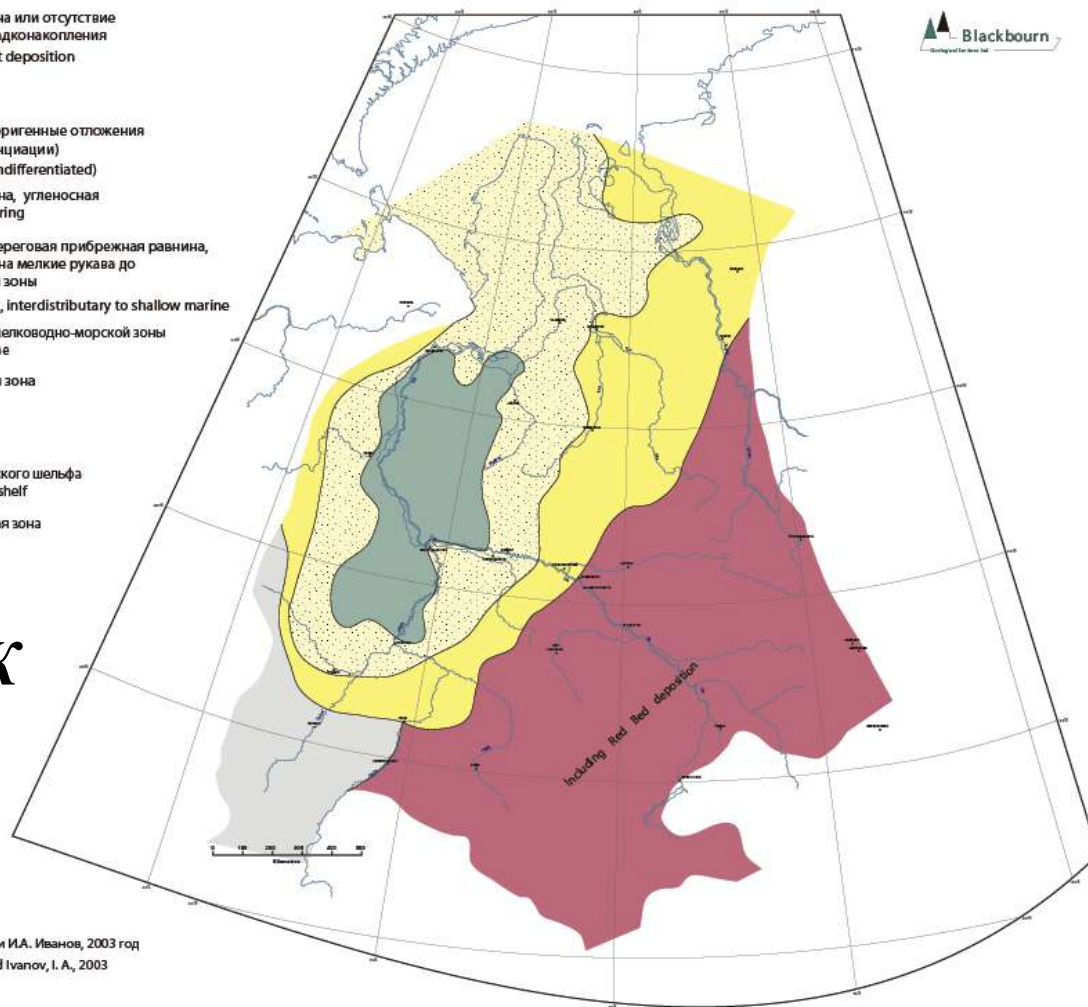
На протяжении мелового периода ЗСБ сохранял связь с Арктическим бассейном, за исключением непродолжительных периодов, когда он мог быть полностью или частично отрезан. Количество и скорость образования терригенных отложений в ту эпоху увеличились из-за быстрого подъема границ бассейна. Изменение климата с увеличением количества осадков также могло способствовать росту доли крупнозернистых обломочных пород.

Рисунок I.3.13: Западно-сибирский бассейн – палеогеография берриасского и валажинского ярусов
Figure I.3.13: West Siberian Basin - Palaeogeography Berriasian-Valanginian

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

-  Эродирующая равнина или отсутствие результирующего осадконакопления
Eroding plain or no net deposition
-  Озерные фации
Lacustrine facies
-  Континентальные терригенные отложения (отсутствие дифференциации)
Continental clastics (undifferentiated)
-  Аллювиальная равнина, угленосная
Alluvial plain, coal-bearing
-  Внутренняя дельта/береговая прибрежная равнина, распределение реки на мелкие рукава до мелководно-морской зоны
Delta top/coastal plain, interdistributary to shallow marine
-  Литоральная зона до мелководно-морской зоны
Littoral to shallow marine
-  Мелководно-морская зона
Shallow marine
-  Морской шельф
Marine shelf
-  Глубокие участки морского шельфа
Deeper parts of marine shelf
-  Глубоководная морская зона
Deep marine

MZ: K



Источник: В.Б. Белозеров и И.А. Иванов, 2003 год
Source: Belozеров, V.B. and Ivanov, I. A., 2003

Мощность неокома составляет более 1500 м на северо-востоке бассейна, примерно 1000 м в центре и, как правило, не более 500 м на границах. Общий характер осадкообразования **берриасс-готеривского веков** можно описать следующим образом: (1) морские отложения битуминозных и серых сланцев в наиболее быстро оседающей части бассейна (Ханты-Мансийская впадина); (2) морские шельфовые песчаные и глинистые отложения вдоль широкого пояса, протянувшегося с севера на юг к востоку от впадины; (3) песчаные и глинистые отложения прибрежных равнин в центре восточного фланга бассейна и (4) континентальные глинистые красные песчаники вдоль границ бассейна на юго-востоке. Сравнительно узкая зона песчаных и глинистых фаций мелководья и прибрежных равнин также обнаруживается вдоль западной границы бассейна, смежной с Уральской возвышенностью.

Рисунок I.3.14: Западно-сибирский бассейн – палеогеография готеривского яруса
Figure I.3.14: West Siberian Basin - Palaeogeography Hauterivian

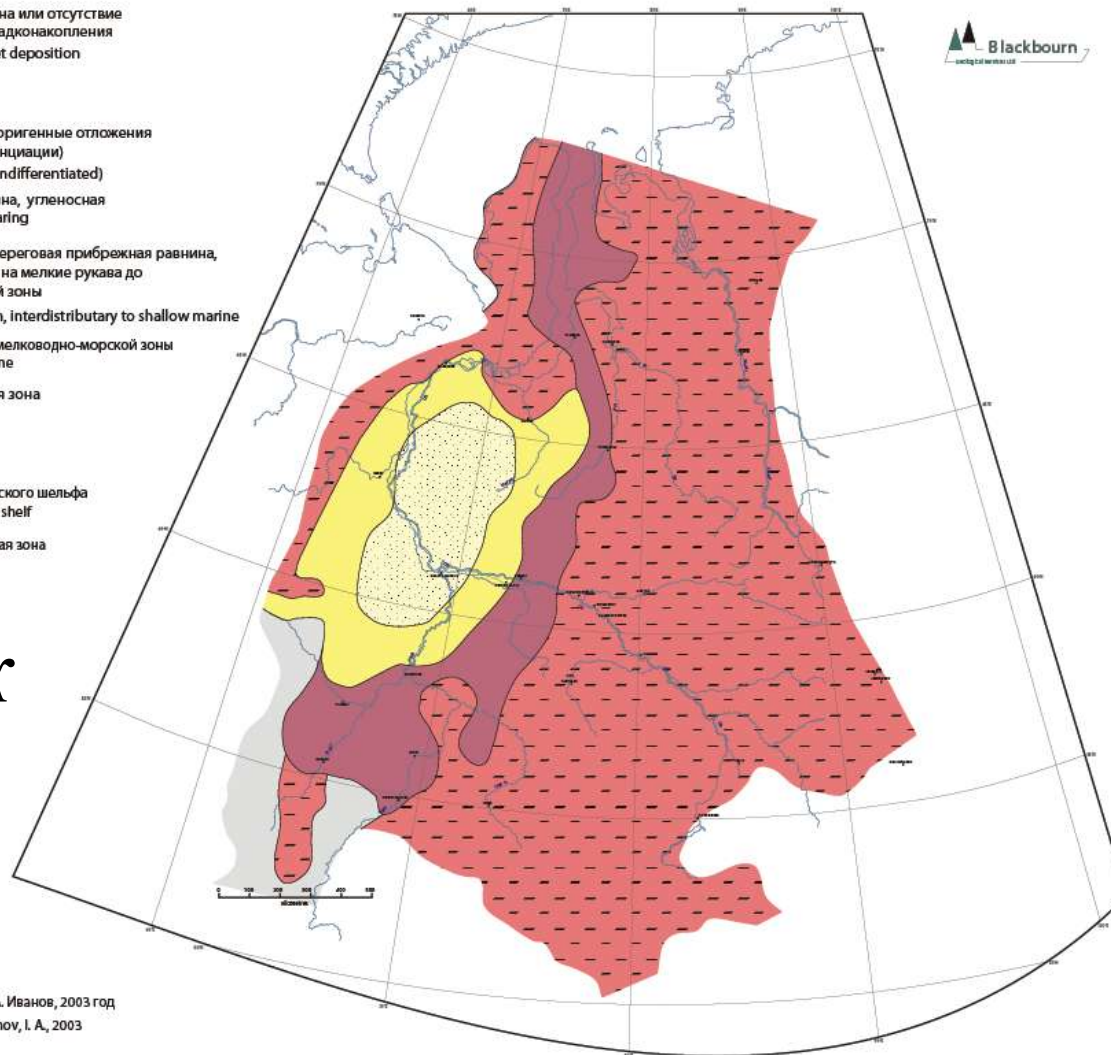
<http://www.rogtectmagazine.com/ru-blog/blackbourn-reports-western-siberia-mesozoic-and-tertiary/>

Грехем Блэкберн Blackbourn Geoconsulting

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

- Эродирующая равнина или отсутствие результирующего осадконакопления
Eroding plain or no net deposition
- Озерные фации
Lacustrine facies
- Континентальные терригенные отложения (отсутствие дифференциации)
Continental clastics (undifferentiated)
- Аллювиальная равнина, угленосная
Alluvial plain, coal-bearing
- Внутренняя дельта/береговая прибрежная равнина, распределение реки на мелкие рукава до мелководно-морской зоны
Delta top/coastal plain, interdistributary to shallow marine
- Литоральная зона до мелководно-морской зоны
Littoral to shallow marine
- Мелководно-морская зона
Shallow marine
- Морской шельф
Marine shelf
- Глубокие участки морского шельфа
Deeper parts of marine shelf
- Глубоководная морская зона
Deep marine

MZ: K



Источник: В.Б. Белозеров и И.А. Иванов, 2003 год
Source: Belozеров, V. B. and Ivanov, I. A., 2003

Из наиболее протяженных стратиграфических подразделений можно выделить мегионскую (берриасский и большая часть валанжинского яруса) и вартовскую (поздний валанжинский, готеривский и барремский ярусы) свиты, а также их латеральные эквиваленты (**Рис. I.3.3**). Морское осадконакопление в течение готеривского и барремского веков по мере развития регрессии в позднем неокоме все больше ограничивалось глубинными зонами бассейна. В то время в южной и юго-восточной частях бассейна стали преобладать глинистые красные песчаники, а на западном фланге доминировали прибрежно-равнинные углистые пески, алевроитовые и сланцевые отложения. Ближе к баррему морское осадкообразование было до некоторой степени ограничено Ханты-Мансийской впадиной, а Восточно-Сибирское море было почти изолировано от Арктического бассейна.

Рисунок I.3.15: Западно-сибирский бассейн – палеогеография барремского яруса

Figure I.3.15: West Siberian Basin - Palaeogeography Barremian

<http://www.rogtecmagazine.com/ru-blog/blackbourn-reports-western-siberia-mesozoic-and-tertiary/>

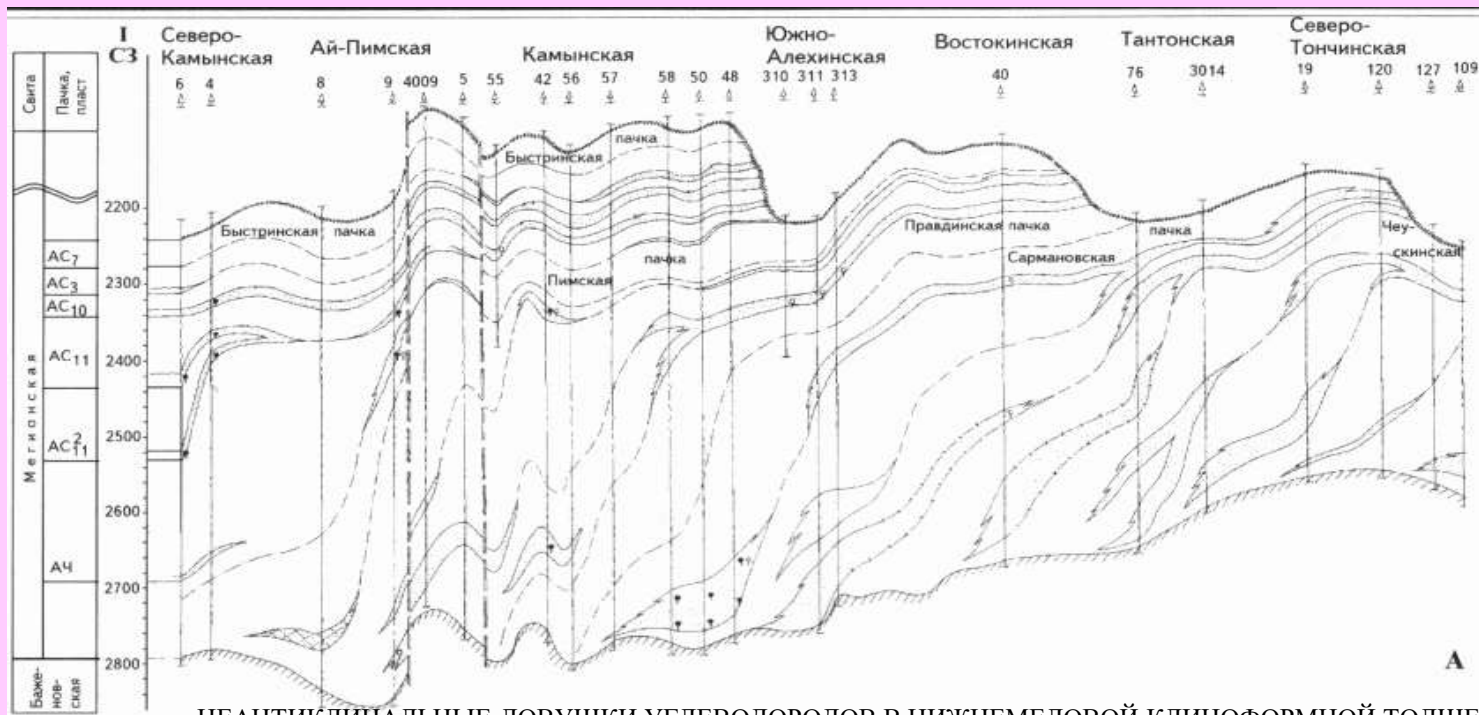
Грехем Блэкберн Blackbourn Geoconsulting

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

В результате взаимодействия процессов постоянного прогибания дна бассейна, устойчивого сноса отложений с востока и юго-востока, а также повторяющихся циклов морской трансгрессии и регрессии **продвижение на запад песчаных морских клиноформ в ходе регрессивных фаз периодически сменялось трансгрессивным перекрытием этих клиноформ морскими сланцами**, иногда сопровождающимся формированием фаций материнских пород. В результате взаимопроникновения клиноформных резервуаров и морских сланцев, перекрывающих баженовскую материнскую породу, возникли условия формирования самой богатой углеводородной системы в бассейне и одной из богатейших систем в мире. Клиноформы также продвинулись, хотя и в значительно меньшей степени, к западной – уральской – границы бассейна.

<http://www.rogtecmagazine.com/ru-blog/blackbourn-reports-western-siberia-mesozoic-and-tertiary/>

Грехем Блэкберн Blackbourn Geoconsulting



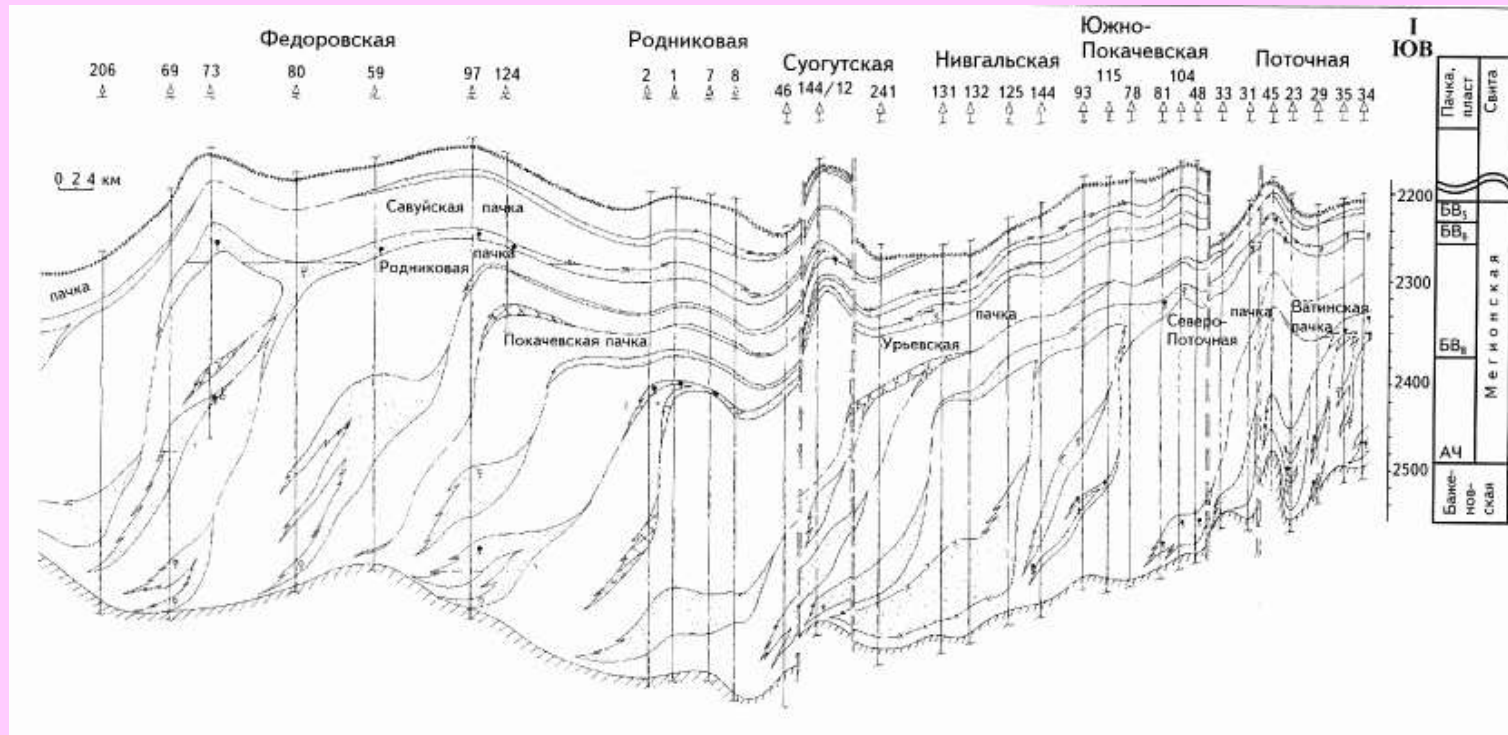
НЕАНТИКЛИНАЛЬНЫЕ ЛОВУШКИ УГЛЕВОДОРОДОВ В НИЖНЕМЕЛОВОЙ КЛИНОФОРМНОЙ ТОЛЩЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А.М. Жарков (ВНИГРИ)

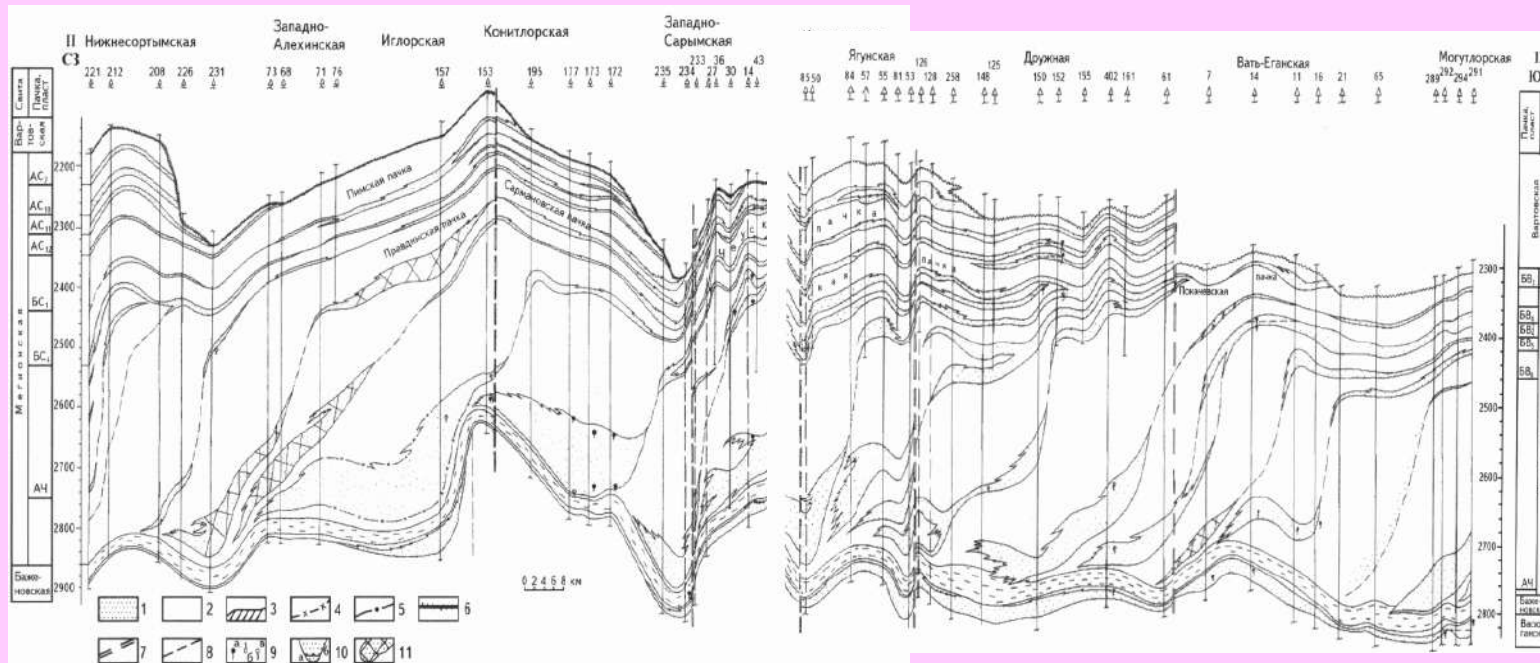
<http://www.geolib.ru/OilGasGeo/2001/01/Stat/stat03.html>

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

Большинство исследователей под клиноформными отложениями понимают циклически построенную толщу заполнения глубоководного бассейна путем бокового наращивания континентального склона. Отдельные клиноформы представляют собой результат единичного цикла осадконакопления и подразделяются на шельфовую (ундаформа, по Дж. Ричу), склоновую части и подножие шельфового склона (фондоформа). Фациальное разнообразие накопления клиноформных отложений обуславливает многообразие типов неантиклинальных ловушек УВ.



Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

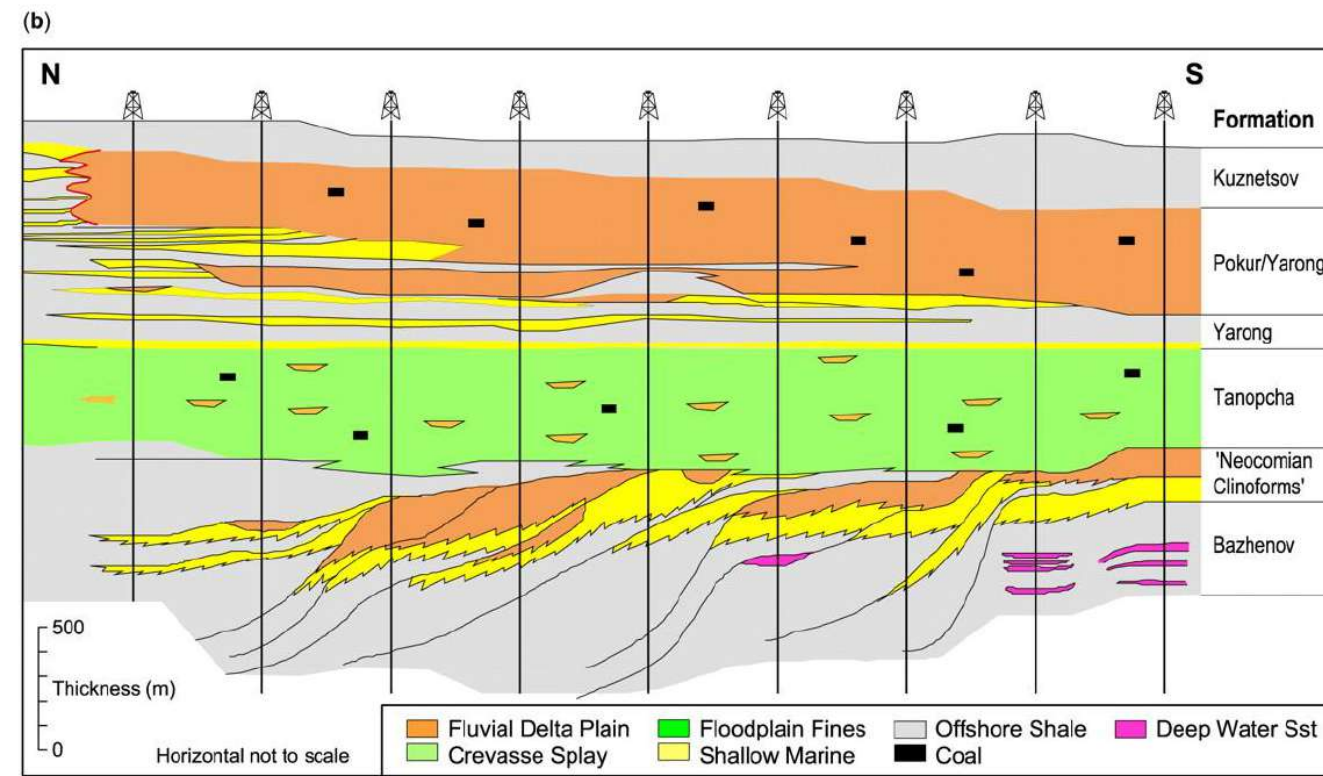
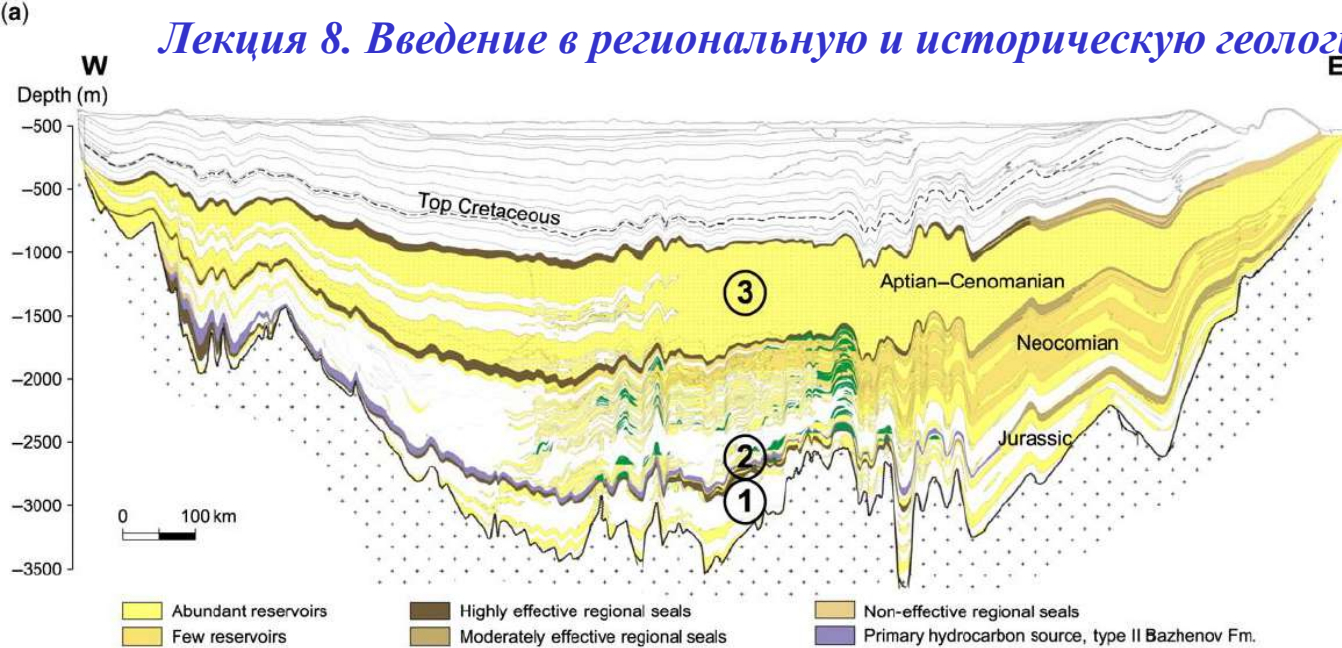


1- песчаники; 2 - аргиллиты; 3 - кровля баженовской свиты; 4 - контур участков неуверенной интерпретации; 5 - поверхность подошвы клиноформ; 6 - линия фациального перехода мегнионской свиты в вартовскую; 7 - тектонические нарушения; 8 - контур прослеженных поверхностей; 9 - притоки: а - нефти, б - газа, в - воды; 10 - контур ВНК: а - установленный, б - предполагаемый; 11 - перспективные объекты

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

Schematic cross-section of the petroleum systems of West Siberia basin.

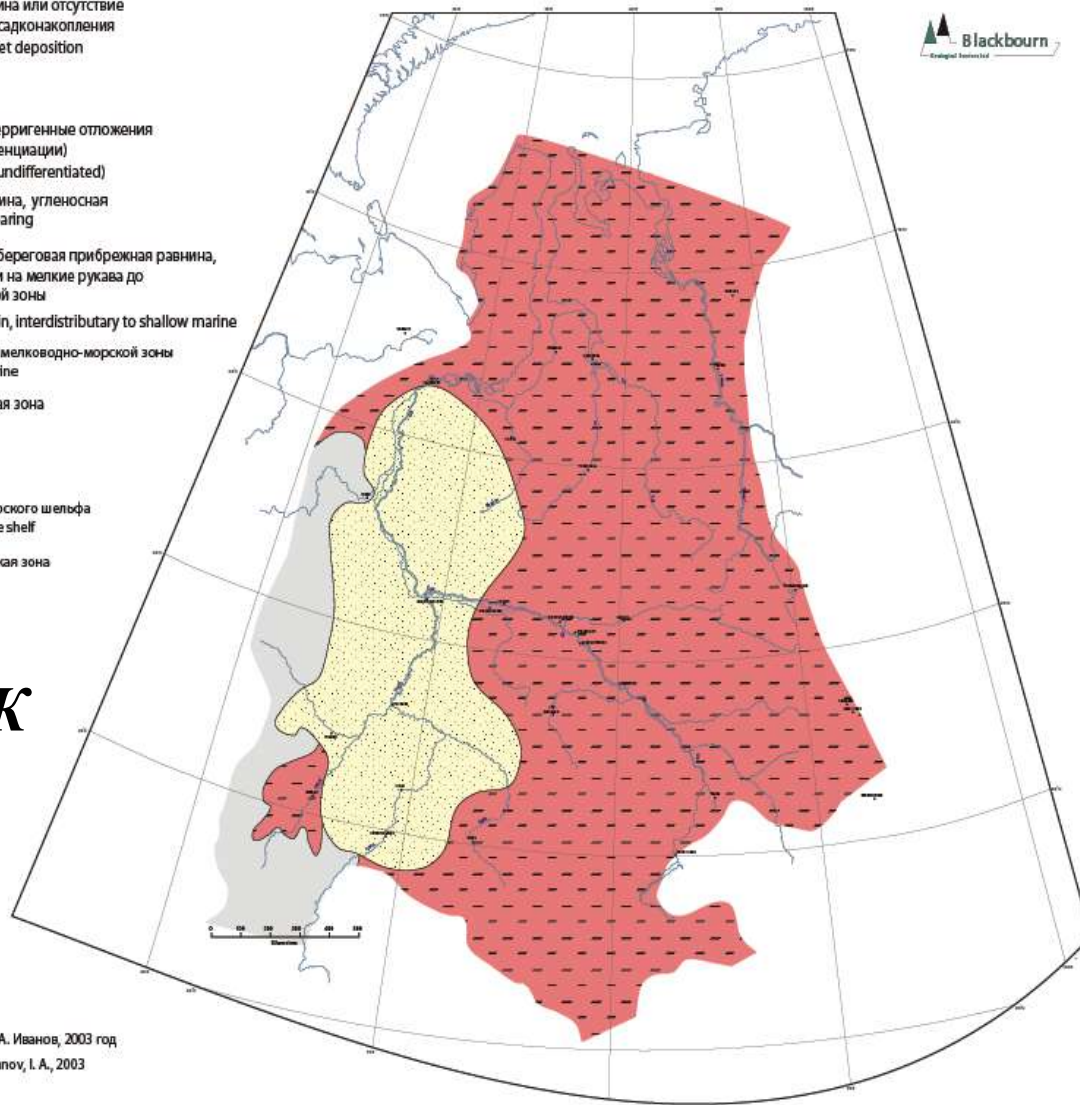
pgc.lyellcollection.org



Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

-  Эродирующая равнина или отсутствие результирующего осадконакопления
Eroding plain or no net deposition
-  Озерные фации
Lacustrine facies
-  Континентальные терригенные отложения (отсутствие дифференциации)
Continental clastics (undifferentiated)
-  Аллювиальная равнина, угленосная
Alluvial plain, coal-bearing
-  Внутренняя дельта/береговая прибрежная равнина, распределение реки на мелкие рукава до мелководно-морской зоны
Delta top/coastal plain, interdistributary to shallow marine
-  Литоральная зона до мелководно-морской зоны
Littoral to shallow marine
-  Мелководно-морская зона
Shallow marine
-  Морской шельф
Marine shelf
-  Глубокие участки морского шельфа
Deeper parts of marine shelf
-  Глубоководная морская зона
Deep marine

MZ: K



Источник: В.Б. Белозеров и И.А. Иванов, 2003 год
Source: Belozеров, V.B. and Ivanov, I.A., 2003

Аптский, Альбский и Сеноманский ярусы

Осадочные породы этого времени имеют мощность до 1500 м и более в северной части Западно-Сибирского бассейна. Наибольшая мощность отложений встречается в районе полуострова Ямал, хотя наиболее глубоководные фации продолжали скапливаться в Ханты-Мансийском регионе (рис. I.3.17). Латерально эквивалентные стратиграфические комплексы в центральной части бассейна достигают мощности 800-1000 м, а к его границам их мощность плавно снижается до нуля. Морские отложения раннего апта были ограничены западно-центральной частью бассейна в то время, когда неокомская регрессия достигла своего максимума. Основное наступление моря на сушу началось в среднем и позднем апте и продолжалось до альбского времени.

Рисунок I.3.17: Западно-Сибирский бассейн – палеогеография раннего альбского яруса

Figure I.3.17: West Siberian Basin - Palaeogeography Early Albian

<http://www.rogtecmagazine.com/ru-blog/blackbourn-reports-western-siberia-mesozoic-and-tertiary/>

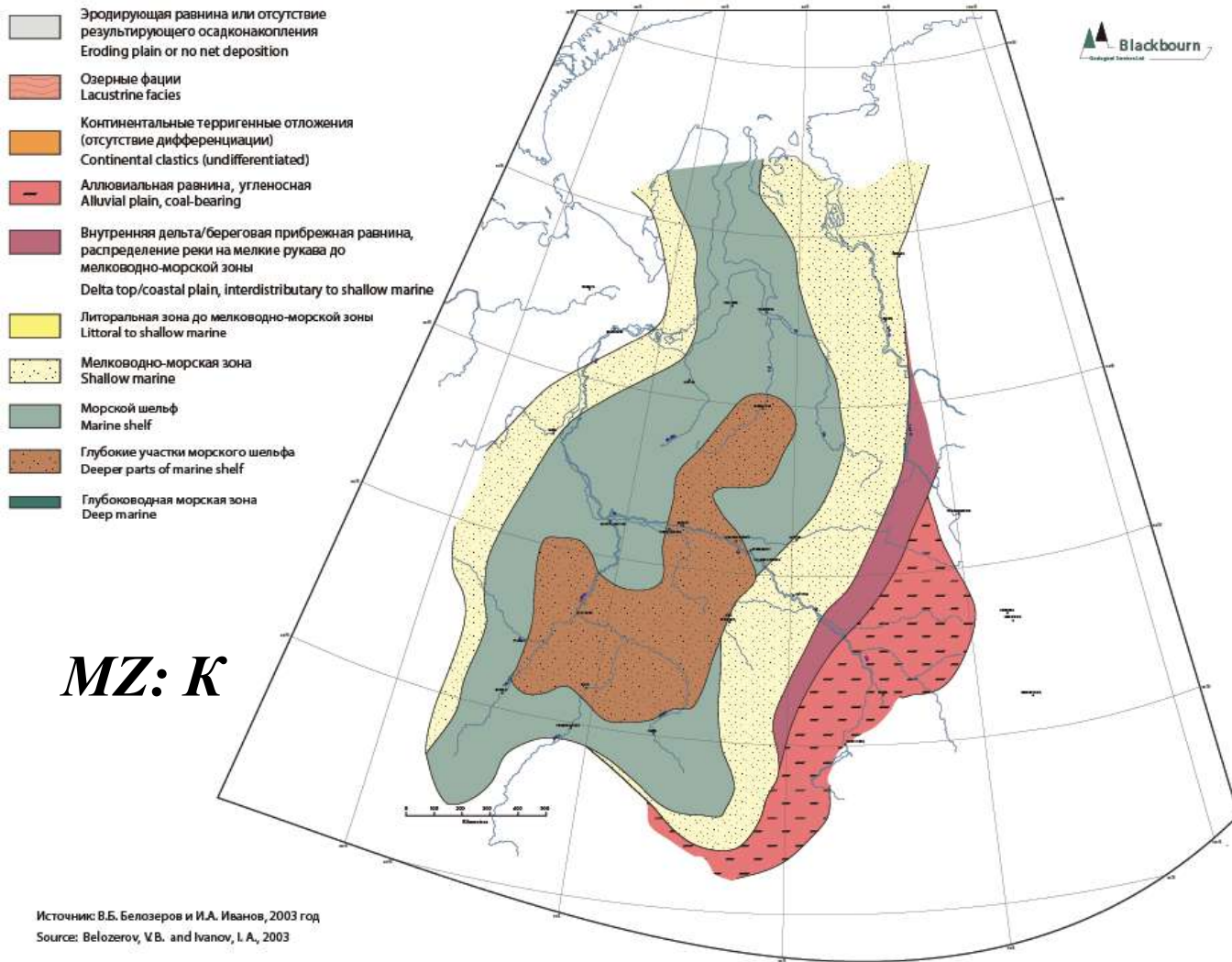
Грехем Блэкберн Blackbourn Geoconsulting

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

Сланцевые породы этого яруса, слагающие алымскую свиту, формировались по всему бассейну, после чего широко распространились морские и континентальные пески и сланцы покурской свиты аптского и сеноманского ярусов. Общий рисунок отложений грубо напоминает неокомский период, где темные сланцы доминируют в Ханты-мансийской впадине, а широкая зона береговой прибрежной равнины и песчаники, алевролиты и сланцы мелководного шельфа занимают центральную часть бассейна. Континентальные песчаники, сланцы и красноцветные фации широко развиты вдоль восточной и южной границ бассейна. Однако похоже, что повторения неокомской клиноформной системы отложений не происходило.

Повторная регрессия произошла во время позднего альба и продолжалась до сеноманского времени, когда континентальные, озерные и прибрежно-равнинные песчаники и сланцевые фации сдвинулись на запад, покрывая восточную, центральную и южную части бассейна, сложив широко распространившуюся верхнюю часть покурской свиты, формирующую очень важный газonosный пласт в северной части Западно-Сибирского бассейна. Доля песчаников достигает 70-80% в этом интервале на востоке и сокращается до 20-30% к западу от центра бассейна.

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири



MZ: K

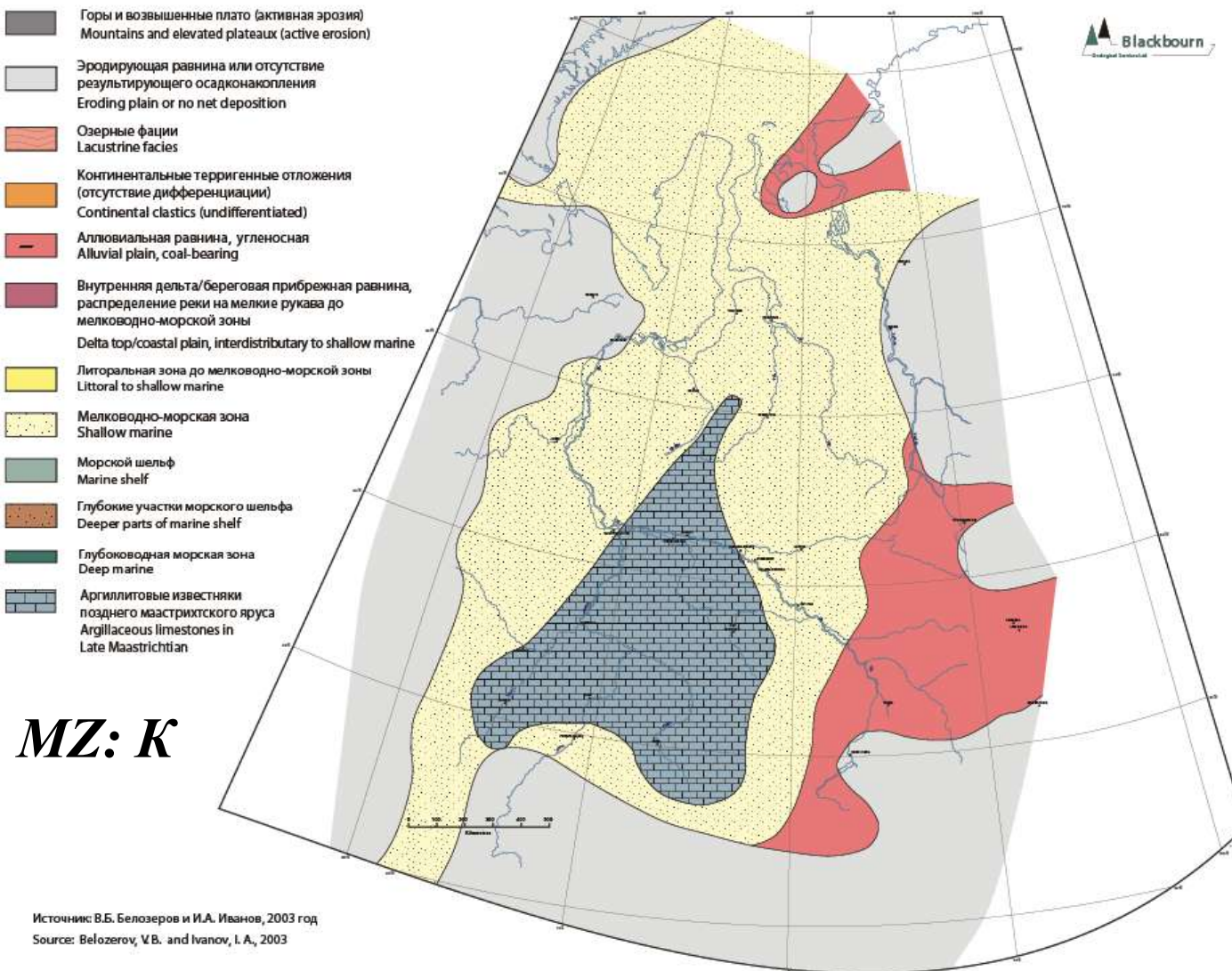
Поздний мел (пост-сеноманское время)

Мощность этих отложений на севере бассейна достигает 1000 м, а в большей части центра бассейна не превышает 200-400 м. Основное наступление моря на сушу с севера региона происходило в туронском веке (рис. I.3.20), а к середине позднего мела, бореальный морской Западно-Сибирский бассейн достиг своего максимального распространения. Местное море в позднемеловой период также соединялось с Тетисом на юге через узкую тургайскую впадину на юго-западе бассейна (рис. I.3.22), к западу от Казахской возвышенности. Кузнецовская свита туронского яруса сложена преимущественно серыми и темно-серыми битуминозными глинистыми отложениями.

Рисунок I.3.20: Западно-Сибирский бассейн – палеография туронского яруса

Figure I.3.20: West Siberian Basin - Palaeogeography Turonian

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири



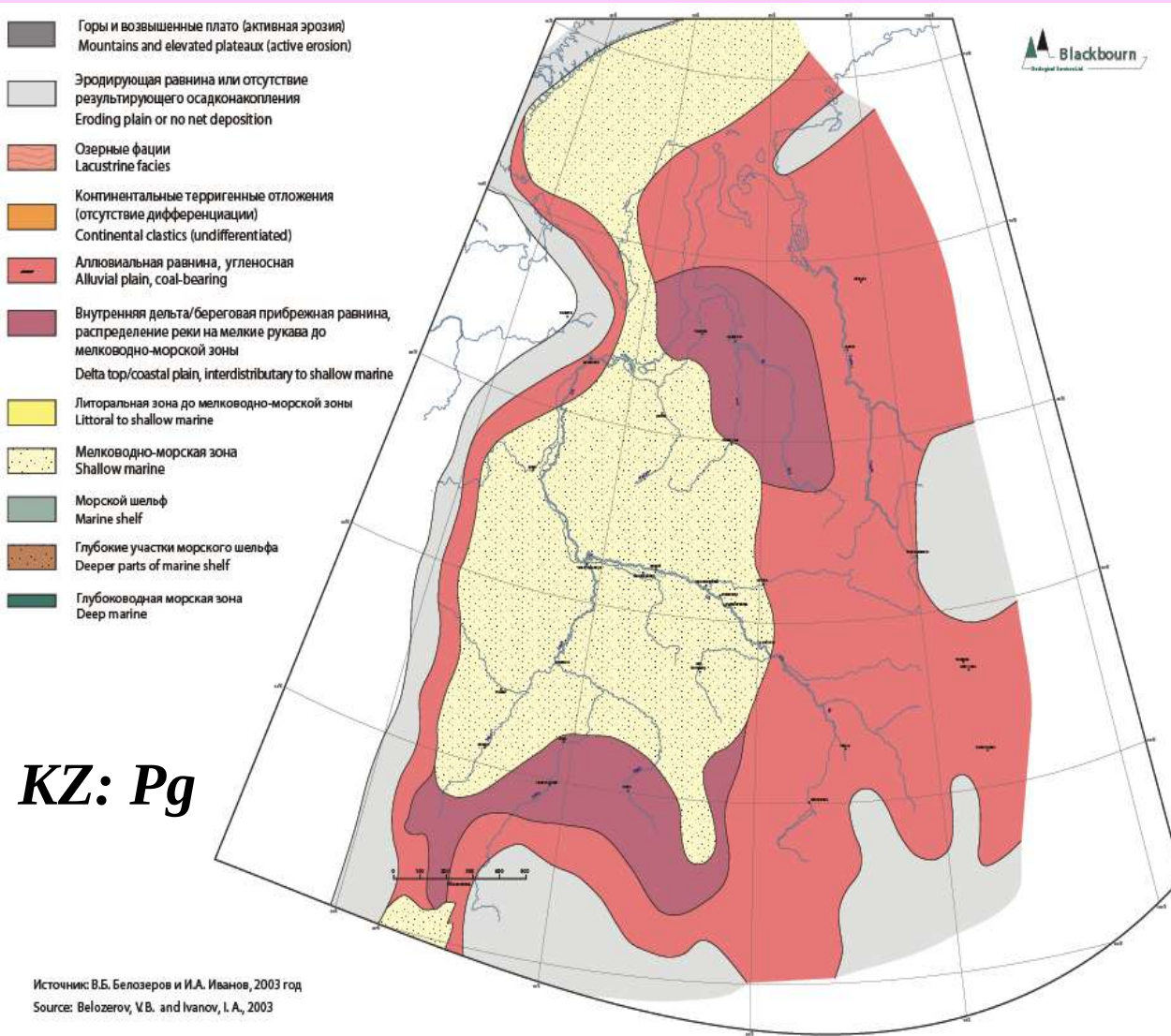
MZ: K

В целом в поздне меловом отделе доминируют сланцы и аргиллиты. Накопление грубых обломочных пород в это время сильно сократилось, общая доля песчаника едва ли превышает 10%. Континентальные красноватые отложения формировались в южной и юго-восточной частях бассейна, хотя распространены были меньше, чем в более ранний меловой период. Повторная регрессия произошла в поздне-кампанском ярусе и продолжалась до датского века, поднятия возникали вдоль восточной границы бассейна близ Таймырской возвышенности (рис. I.3.22). Бассейн сохранил связь с арктическим океаном через сужающийся коридор на западе от Уренгоя. Глинистые известняки и глины распространились шире в центральной и южной части бассейна и относятся к маастрихтскому ярусу. Континентальные и озерные отложения в Приуралье переслаивались морскими сланцами и глауконитовыми песчаниками.

В конце мелового периода связь с арктическим океаном временно исчезла, но снова восстановилась в палеоцене.

Рисунок I.3.22: Западно-Сибирский бассейн – палеогеография маастрихтского яруса

Figure I.3.22: West Siberian Basin - Palaeogeography Maastrichtian



Кайнозойская эра

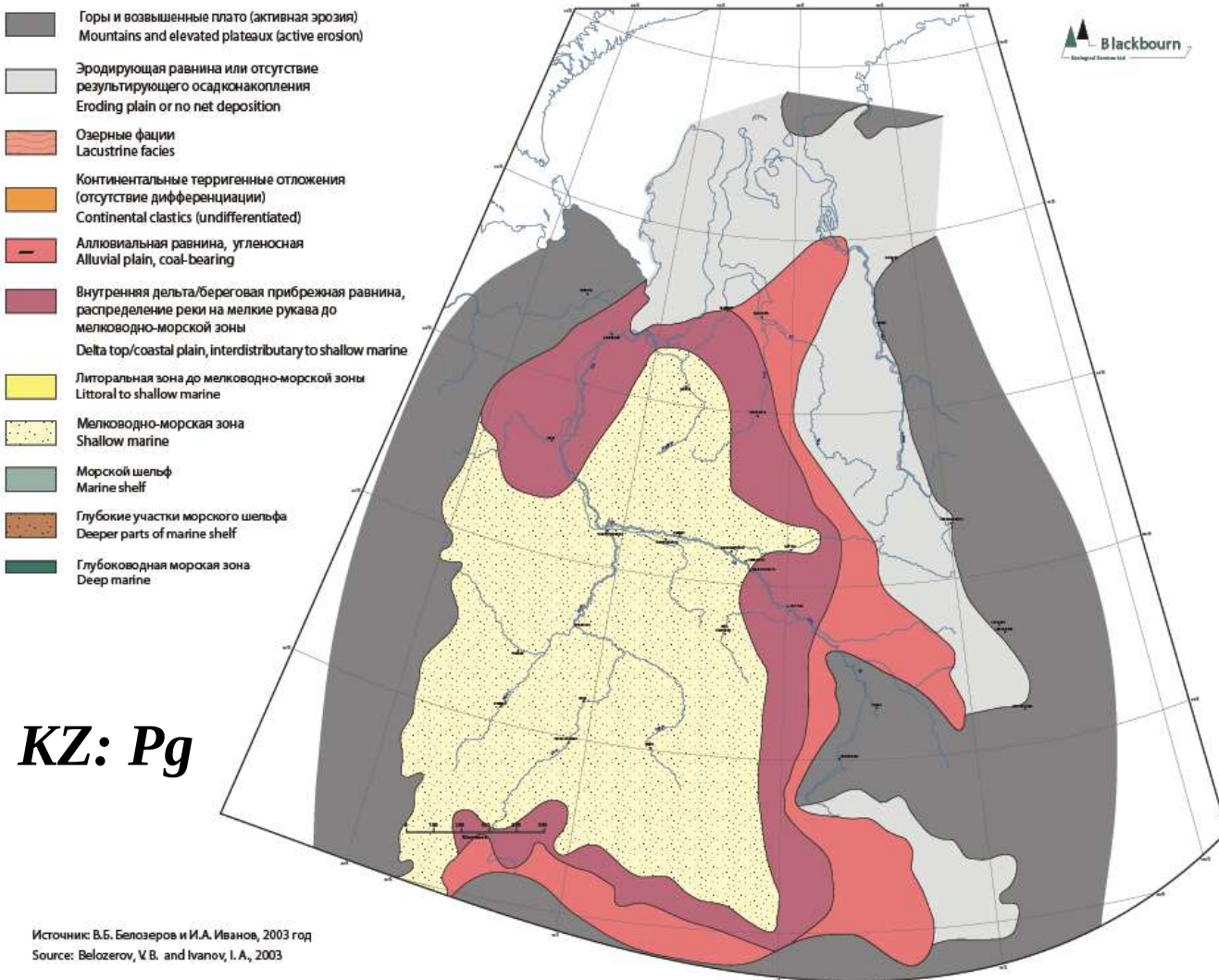
Палеоцен и эоцен

Отложения палеогена и раннего миоцена в центре и на севере бассейна имеют мощность 600 м и более, сокращаясь до менее чем 400 м почти на всей остальной территории бассейна. Условия осадконакопления в палеоцене и эоцен характеризовались преимущественно глинистыми фациями мелководного морского шельфа почти по всей территории бассейна (Бакиева, 2003). Прибрежно-равнинные и континентальные песчаники формировались на восточной и западной границах бассейна (рис. I.3.24). Некоторые авторы называют палеоцен тибейсанской свитой, в то время как другие считают его частью надлежащей люлинворской свиты (Ахметьев и др., 2004).

KZ: Pg

Рисунок I.3.24: Западно-Сибирский бассейн – палеография палеоцена
Figure I.3.24: West Siberian Basin - Palaeogeography Palaeocene

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири



KZ: Pg

Связь с Тетисом на юго-западе через тургайскую впадину во время эоцена восстановилась, хотя в то же время связь с арктическим океаном на севере окончательно оборвалась. Нижний эоцен известен под именем люлинворской свиты: комплекс глинистых диатомитов в этой свите (в ней преобладают песчаники и аргиллиты). Крупная площадь на юг от отметки 64° N начала слабо прогибаться, таким образом мелководный морской бассейн (бассейн Тавды) в центре Западно-Сибирской равнины сохранился. Севернее бассейна находилась низменная равнина с локализованными зонами наноса и эрозии, в то время как морские отложения тавдинской свиты накапливались в самом бассейне (рис I.3.26). Тавдинская свита делится на две подсвиты: нижнюю, представленную зеленоватыми и серо-зелеными слоистыми алевролитами и монтморрилонитовыми глинами с редким присутствием песков и

Рисунок I.3.26: Западно-Сибирский бассейн – палеогеография конца эоцена
Figure I.3.26: West Siberian Basin - Palaeogeography End-Eocene

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

Отложения содержат пирит, обломки раковин, остатки рыб и углистые отложения, их мощность составляет 20-70 метров.

Верхний отдел тавдинской свиты по составу схож с нижним, хотя помимо монтмориillonитов здесь также присутствует ил. Кровля тавдинской свиты неровная, вероятно вследствие поэтапной регрессии тавдинского моря.

Палинологические и другие исследования, хотя и скудные с палеонтологической точки зрения, позволяют датировать тавдинскую свиту средним и поздним эоценом (Волкова и Килькова, 1996; Ахметьев и др., 2004). Ранее считалось, что она относится к позднему эоцену и раннему олигоцену.

Олигоцен

Отложения олигоцена и нижнего миоцена широко развиты в пределах Западно-Сибирского бассейна. Обычно они перекрываются толщей позднего неогена и четвертичными отложениями, хотя субаэральные отложения этого времени выходят на поверхность в речных долинах в нижнем течении Иртыша, реки Обь на севере от Ханты-Мансийска и в среднем течении реки Тавды.

В начале раннего олигоцена, палеография западной Сибири претерпела фундаментальные изменения. Произошло резкое поднятие земной коры по всей северной Азии, что привело к постепенной регрессии моря и возникновению континентальных отложений. Восточные и северные районы бассейна поднялись в раннем олигоцене, а на севере бассейна на широте примерно 64° N сформировалась антиклиналь направлением с востока на запад. Это вероятно, было отдаленным эффектом столкновения индийского континента с Евразией. К середине олигоцена, бассейн был полностью изолирован от мирового океана и стал внутренним континентальным бассейном.

Локализованные зоны оседания превратились в серию озерных бассейнов, питаемых водостоками с возвышенностей на востоке, юге и западе бассейна. Озерные залежения стали особенно преобладать в районе Ханты-мансийской впадины и в западной части Среднеобской области.

Лекция 8. Введение в региональную и историческую геологию Западной Сибири

Речно-озерные отложения начали формироваться, складывая атлымскую свиту. Как на глубине, так и в обнажениях на поверхности, эта свита сложена мелкозернистым белым кварцевым песчаником, во многих местах переслаивающимся линзами и слоями плохосортированных кварцевых обломочных пород, вплоть до очень крупнозернистых и зачастую включающих углистый материал, а также линзами и слоями ила и каолинистых глин. Атлымская свита имеет мощность от 5 до 50 метров и зачастую заполняет неровности в кровле тавдинской свиты. Фундамент свиты четкий, обычно обозначенный слоем зернистого или галечникового конгломерата. Верхняя граница свиты менее резкая и отмечена постепенным появлением более привычных, но плохо прослеживающихся по профилю слоев глины и глинистого известняка, характерного для вышележащей новомихайловской свиты. Этот переход отмечает смену доминирующих речных условий на озерно-болотные. Атлымская и новомихайловская свита обе датируются ранним и средним олигоценом. Ближе к верхней части новомихайловской свиты находятся буроугольные слои мощностью 5-10 м, особенно многочисленные на восточном фланге бассейна.

В конце среднего олигоцена возникло одно очень обширное озеро, окруженное аллювиальной равниной, занимающей весь центральный регион Западной Сибири.

В начале позднего олигоцена в большом замкнутом озере сформировалась туртасская (или журавская) свита, представленная преимущественно тонкопереслаивающимися зеленовато-серыми алевролитами и тонким песчаником. На основании обильной озерной флоры и фауны, туртасскую свиту относят к позднему олигоцену. Верхняя часть этой свиты мощностью 50-75 м обнажается на поверхность в некоторых речных долинах и в ядрах антиклиналей в различных областях Западно-Сибирской равнины. В отличие от новомихайловской (и лежащей выше абросимовской свиты), туртасская свита не содержит углей.

Местами для обозначения олигоценового отдела Западно-Сибирского бассейна используют термин “некрасовская свита”. В конце позднего олигоцена обширный туртасский осадочный бассейн начал сокращаться.

Неоген.

Во время раннего миоцена, озерные условия постепенно сменились болотными и началось формирование торфяников и угля. Сформировавшиеся в результате озерные глины, переслаиваемые бурым углем, представляют собой абросимовскую свиту (иногда называемую верхнетуртасской). Ориентировочно относящиеся к раннему миоцену, отдельные части свиты в разных районах кажутся различными по возрасту, хотя большинство их относят к аквитанскому ярусу (Волкова и др., 2002).

Между отложениями абросимовской свиты и лежащей поверх нее бещеульской свиты, относящейся к среднему миоцену, наблюдается явный переход, соответствующий возобновлению аккумуляции речных отложений. Бещеульская свита представлена прослоями желтого и белого кварцевого песчаника разной зернистости и коричневато-желтыми глинистыми прослойками. Заметное сокращение биологического разнообразия, как считается, было следствием охлаждения климата.

Более ранние отложения миоцена и плиоцена довольно широко распространены в западной Сибири. Все они континентального формирования, мощностью до нескольких десятков метров и сильно различаются по фациям (Волкова и др., 2002; Муратов и Невеская, 1986).

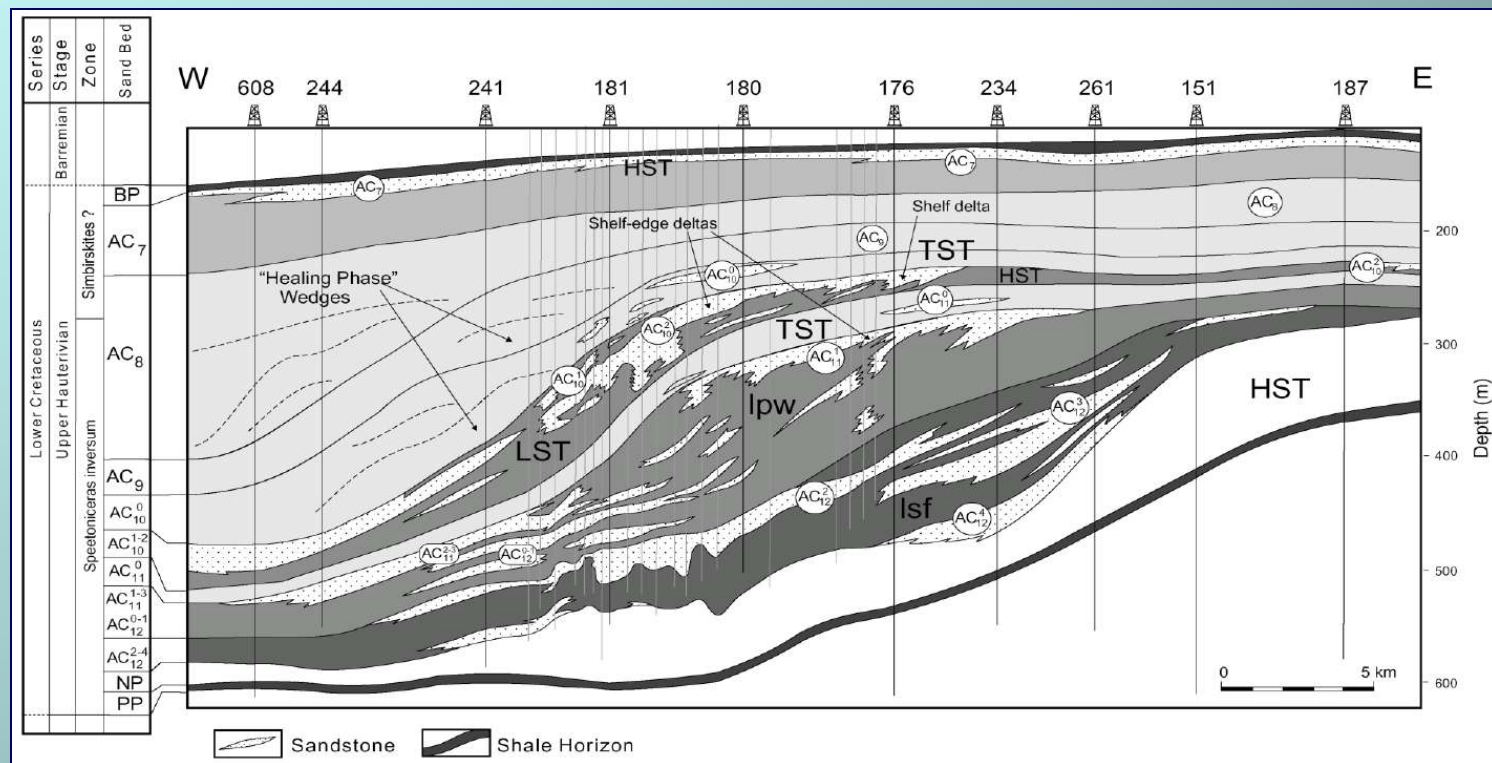
Четвертичный период

Ледниковые отложения плейстоцена формируют широко распространенный, хотя и довольно маломощный покровный слой по всему Западно-Сибирскому бассейну. Признаны салехардская свита периода среднего плейстоцена и относящиеся к позднему плейстоцену казанцевская и зырянская свиты.

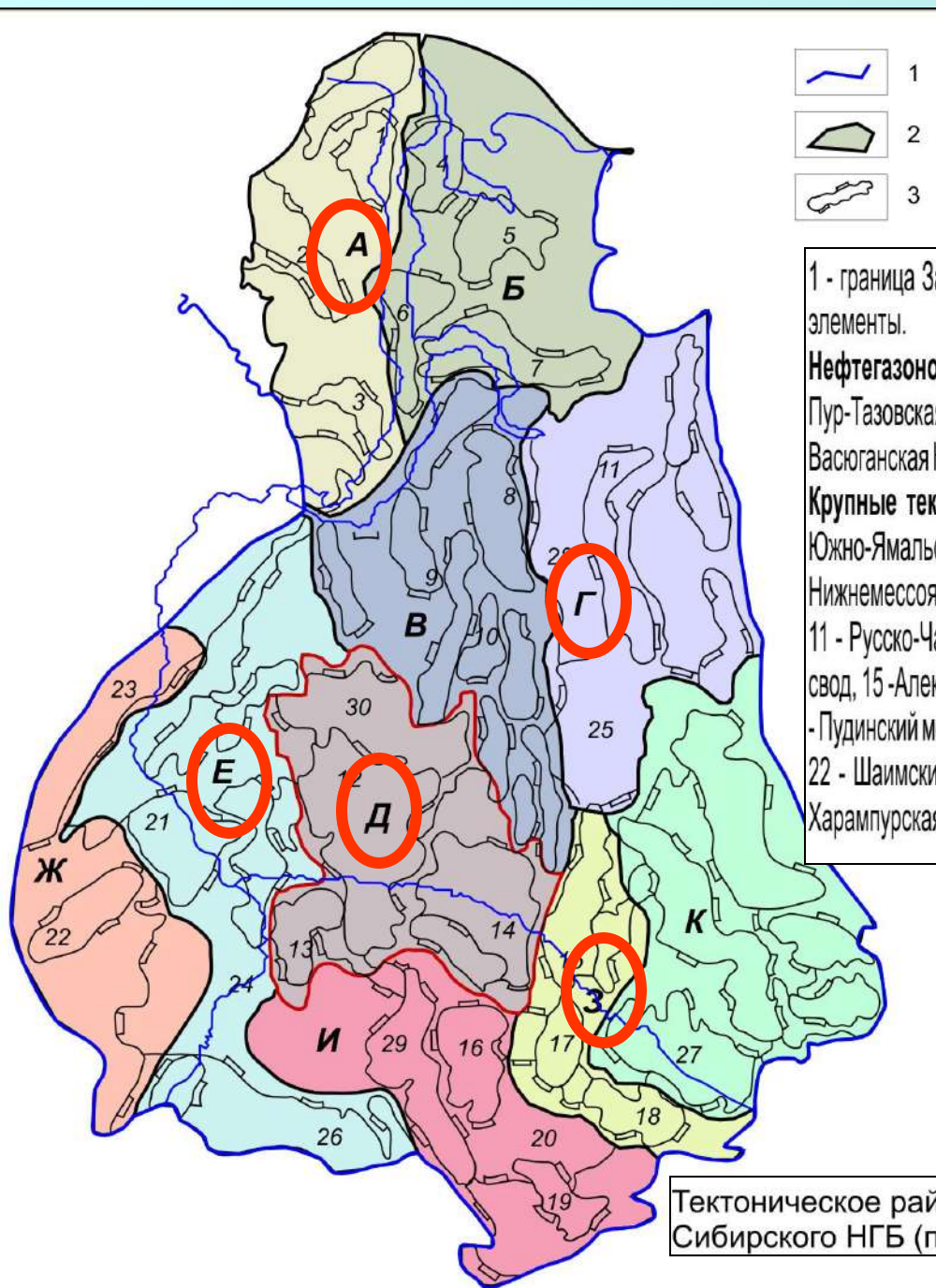
План

Секвенции и системные тракты юрских отложений

Секвенции и системные тракты нижнемеловых отложений

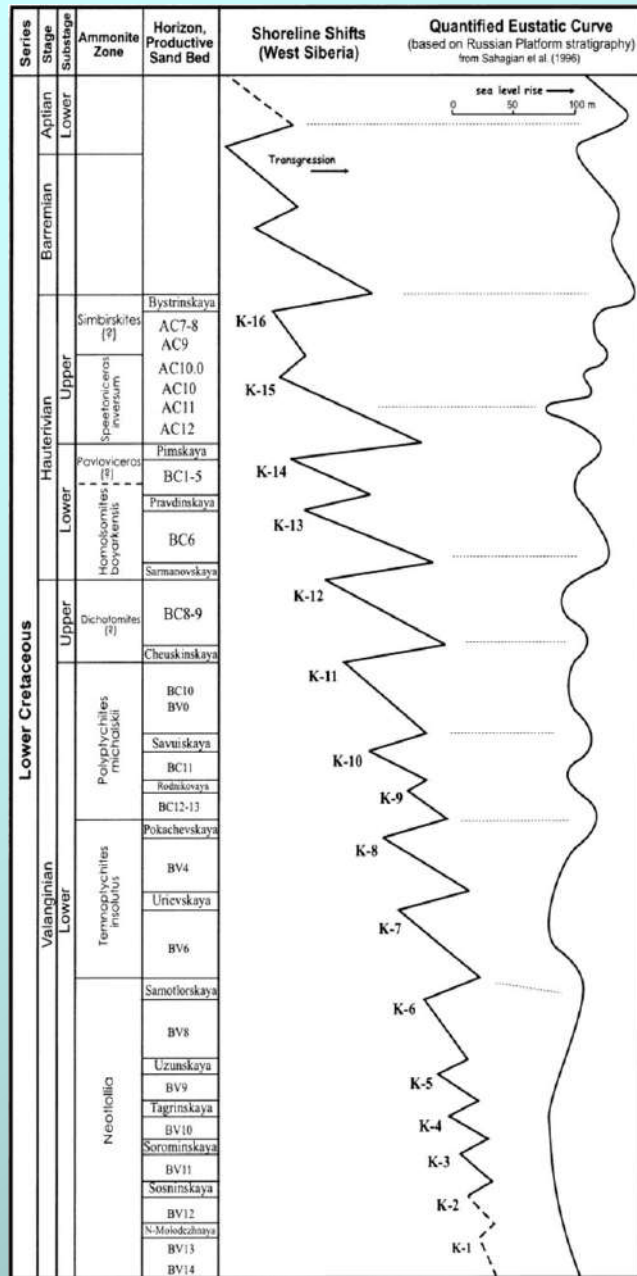


Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири



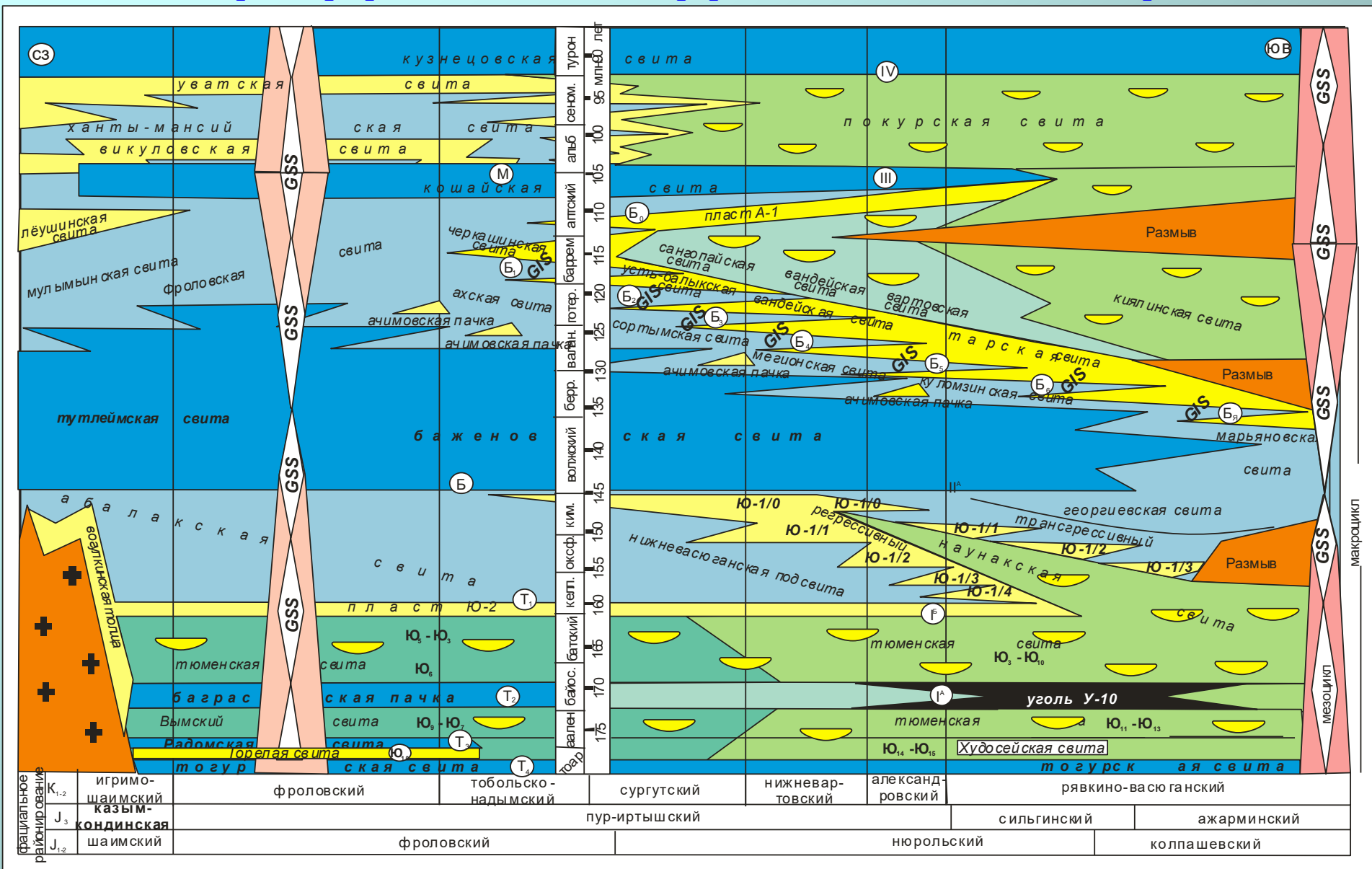
Тектоническое районирование мезозойско-кайнозойского чехла Западно-Сибирского НГБ (по И.И. Нестерову, Ф.К. Салманову, В.И. Шпильману).

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири



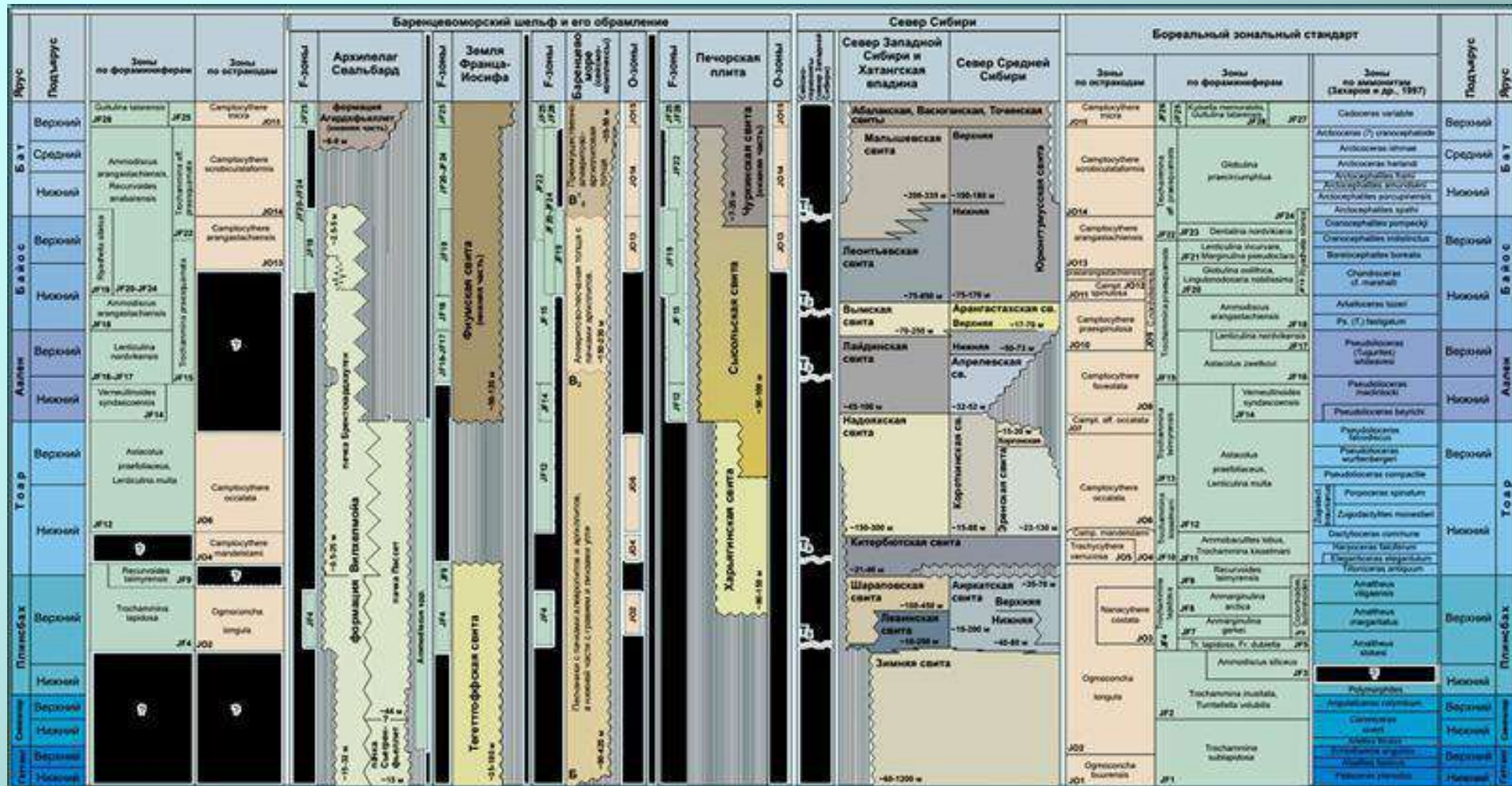
Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

Литолого-стратиграфическая схема платформенного чехла Западно-Сибирской плиты



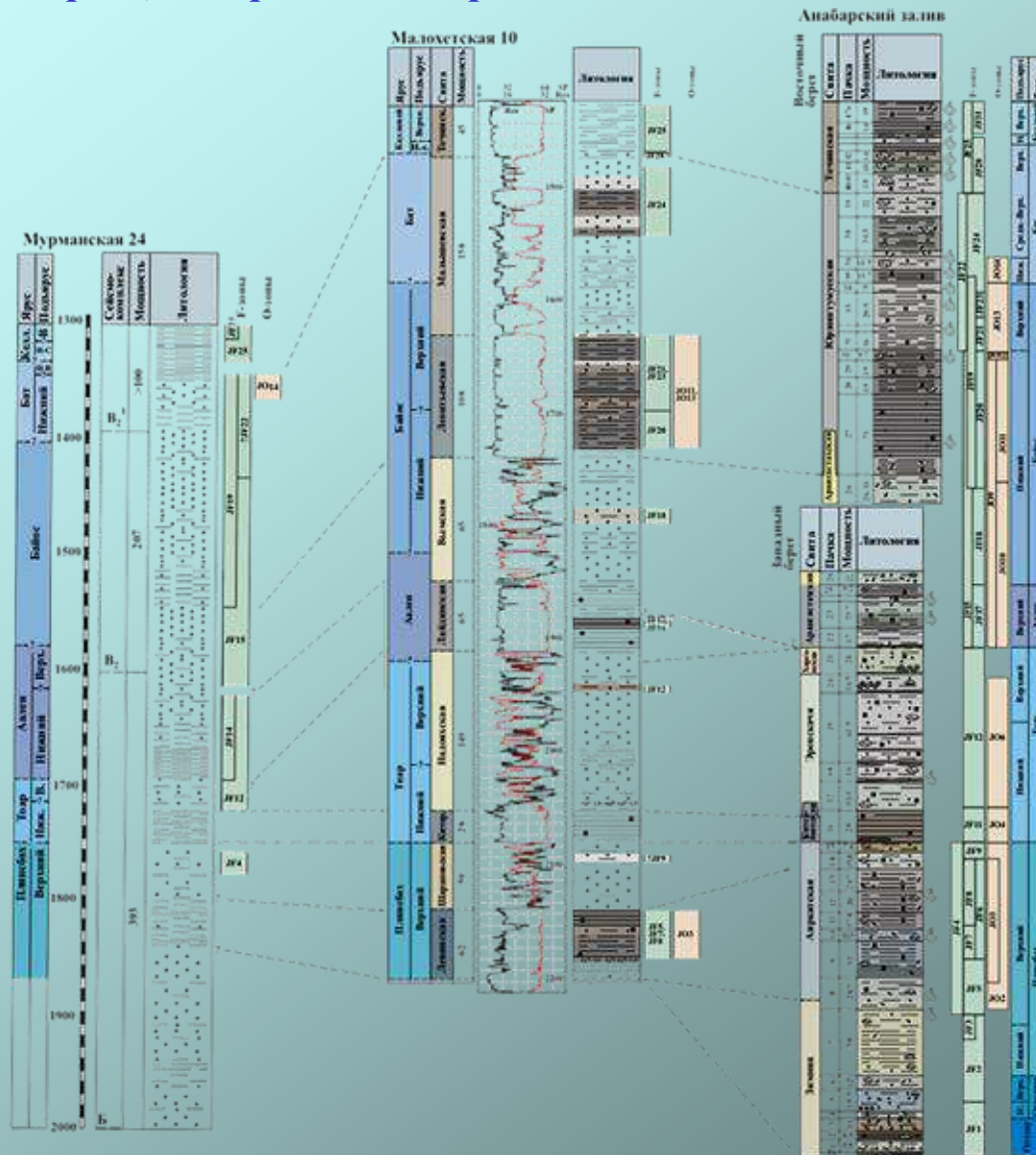
Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

Корреляционная стратиграфическая схема нижней-средней юры Баренцевоморского шельфа и севера Сибири

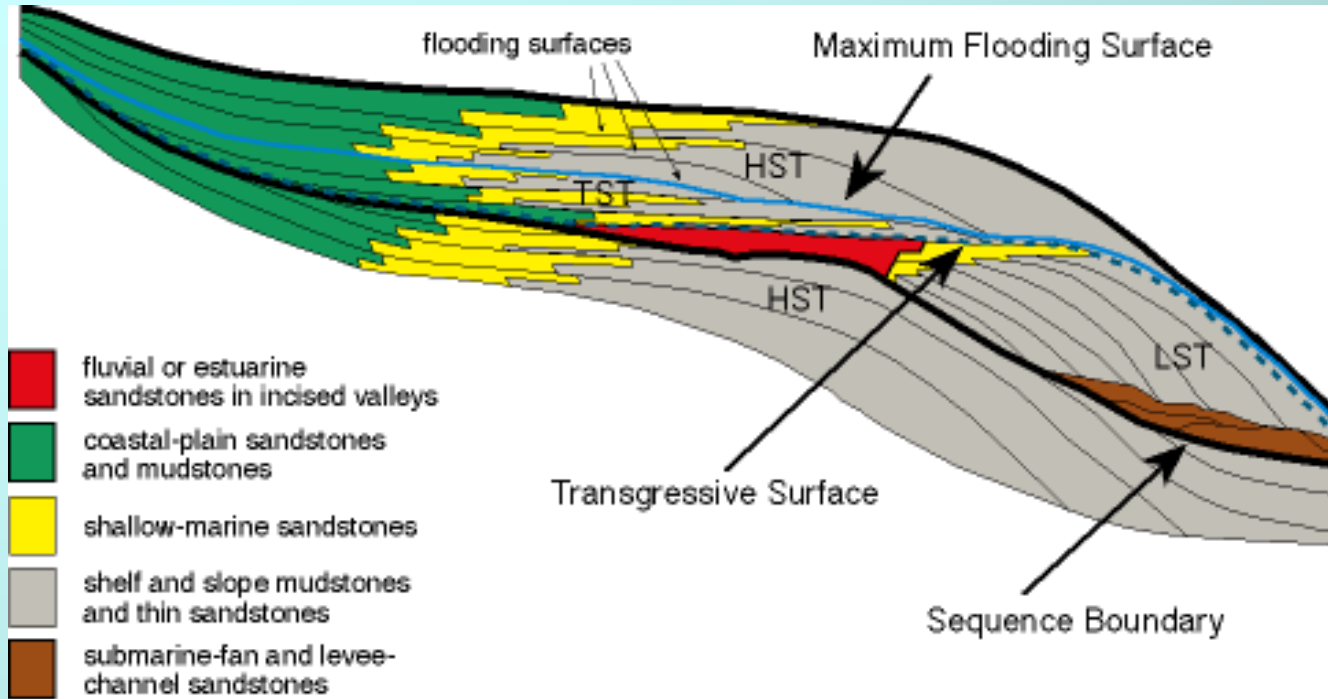


Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

Биостратиграфия и расчленение эталонных разрезов нижней и средней юры Баренцевоморского шельфа, Западной и Восточной Сибири.

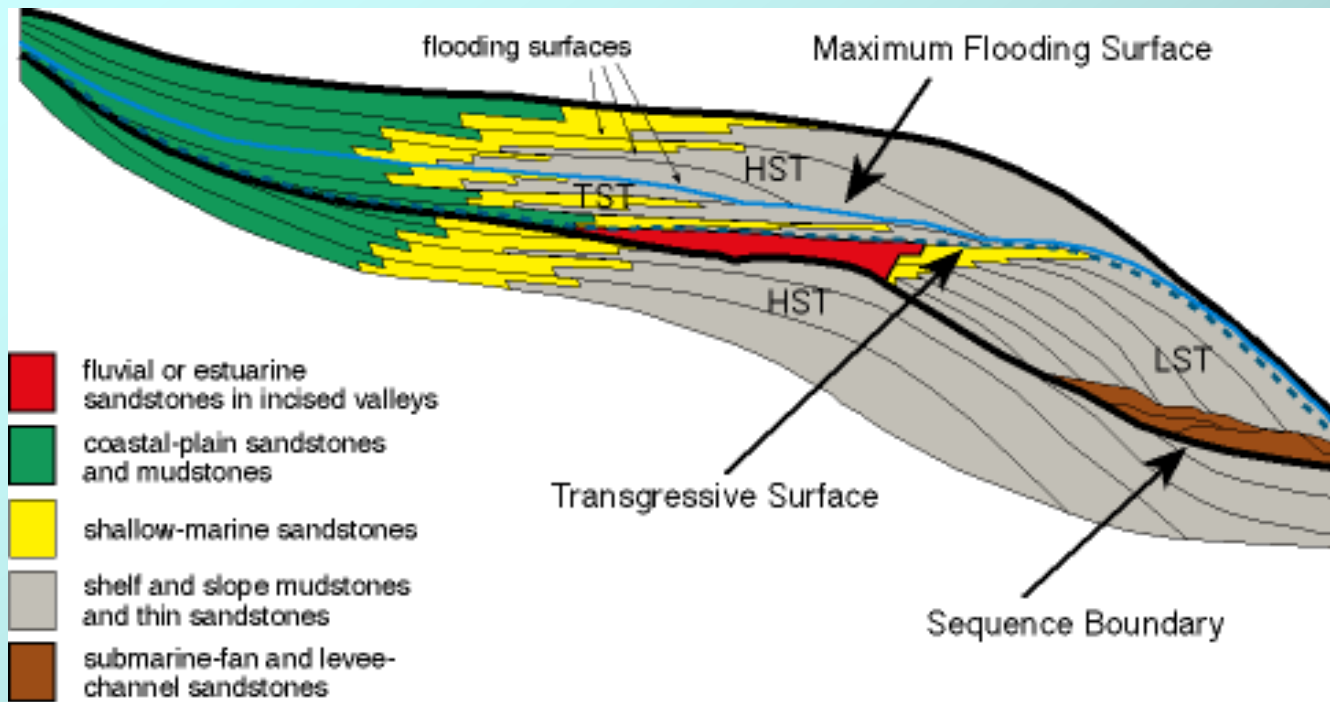


Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири



Седиментационная модель секвенции первого типа (Van Wagoner et al. (1990),
Условные обозначения: 1 – флювиальные или эстуарные песчаники во
врезанных долинах; 2 - песчаники и мадстоуны прибрежной равнины; 3 -
мелководно-морские песчаники; 4 - шельфовые или склоновые мадстоуны и
тонкие песчаники; 5 – песчаники подводного конуса выноса и намывного
(берегового) канала. **Сокращения:** ТНС – тракты низкого стояния; ТВС –
тракты высокого стояния; ТСТ – трансрессивная система трактов, СГ –
секвентные границы.

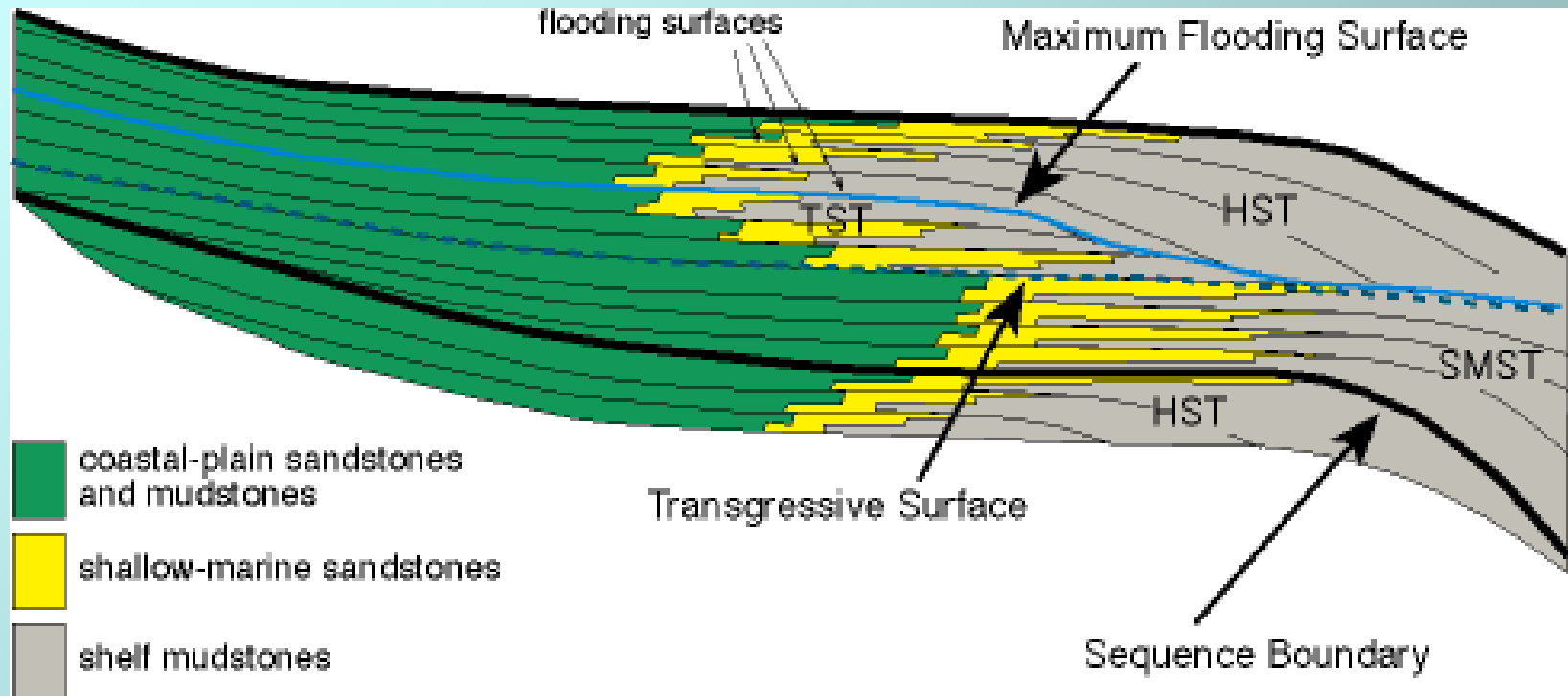
Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири



Границей секвенций 1ого типа (Type 1 sequence boundary) называется несогласие, представленное подошвенным налеганием и характеризующееся следами субаэральной экспозиции, эрозионным рельефом и смещением фаций в сторону бассейна. Предполагается, что граница секвенций 1ого типа образуется в том случае, когда скорость относительного падения уровня моря значительно превышает скорость погружения дна бассейна

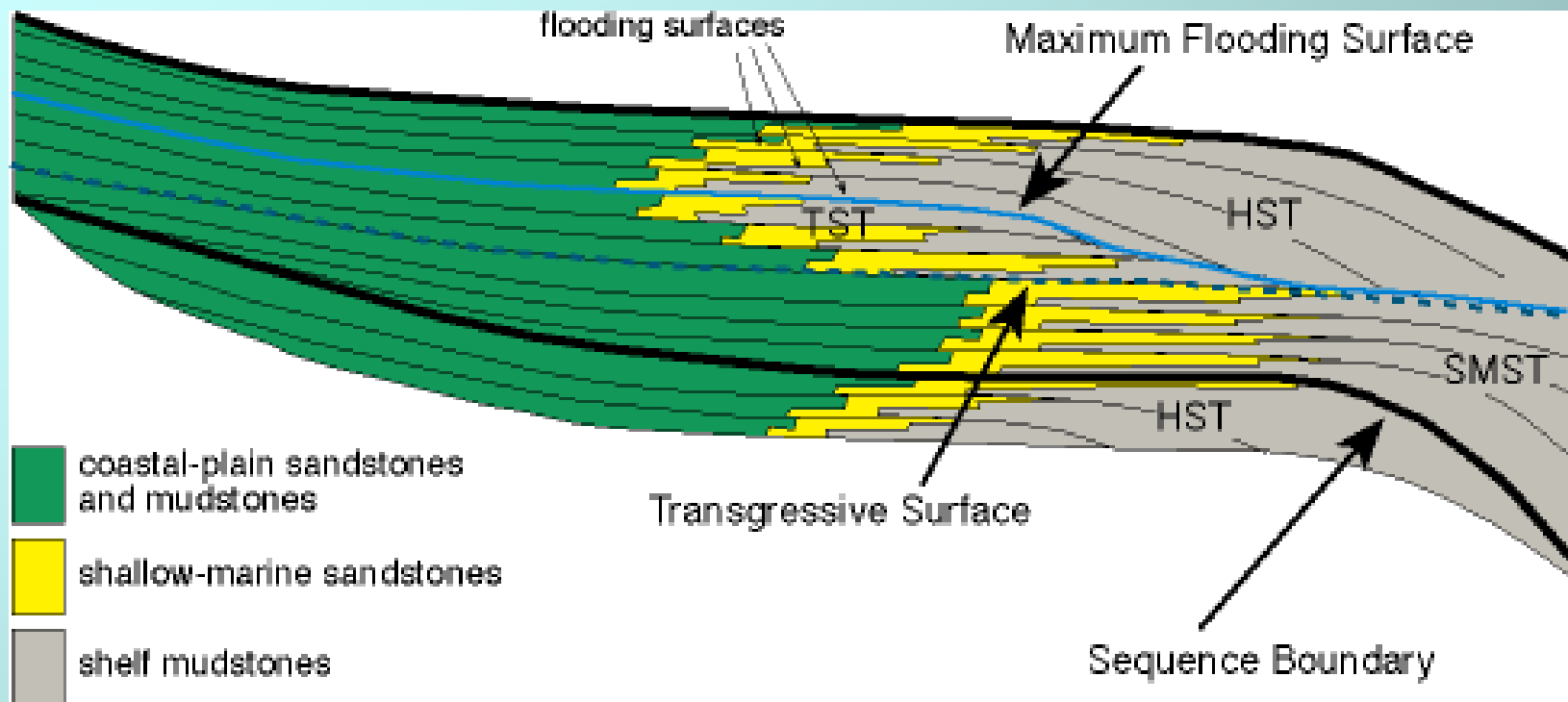
Налегание или подошвенное налегание (onlap) - прилегание (прислонение) толщи горизонтально лежащих слоев к наклоненной поверхности. Эта поверхность называется *поверхностью прилегания или прислонения*. Может встречаться, например, прилегание к склоновой поверхности, прилегание к бортам эрозионных систем, налегание на интрузивное тело и так далее.

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

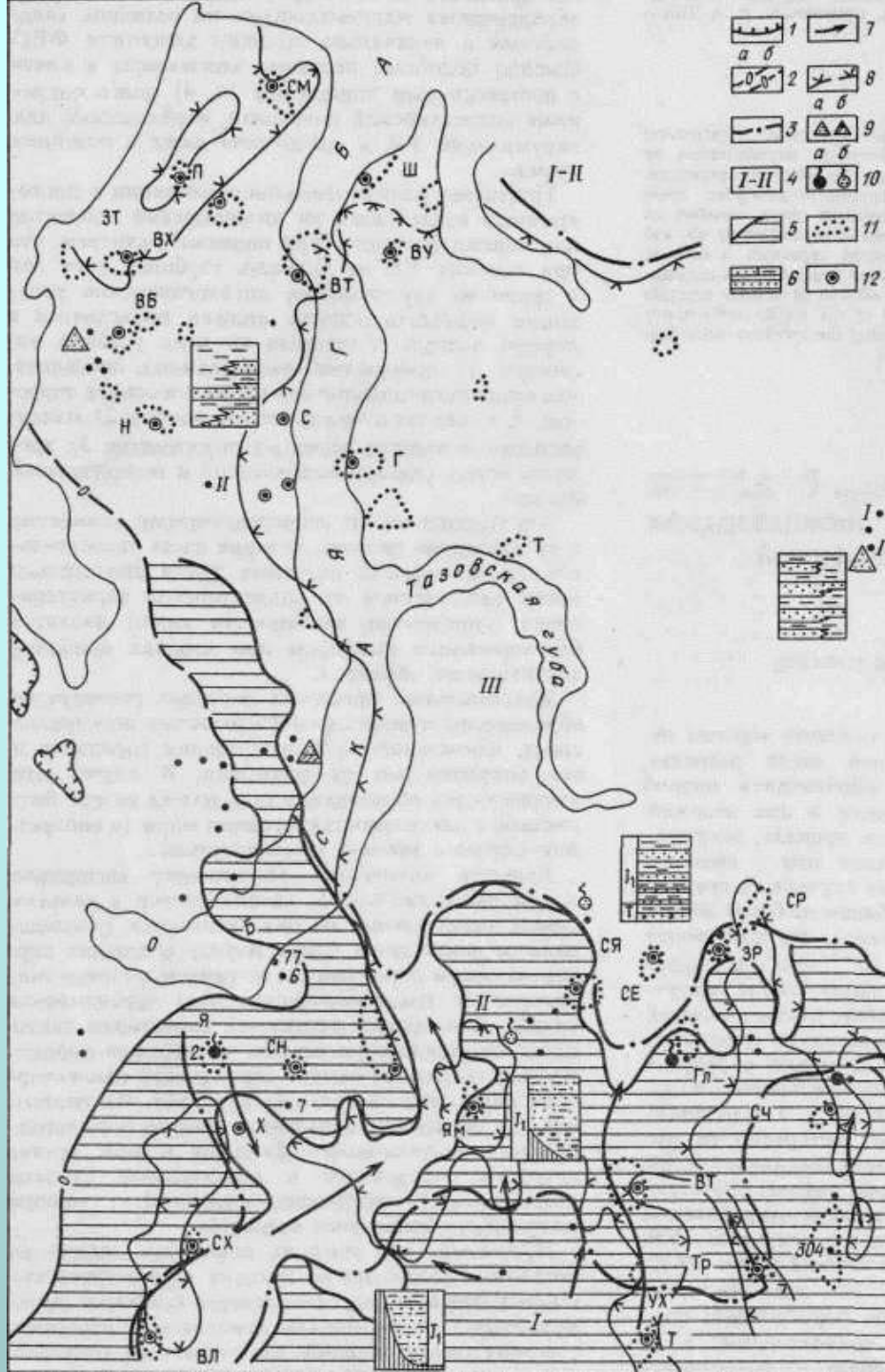


Седиментационная модель секвенции второго типа (Van Wagoner et al. (1990), .
Условные обозначения: 1 - песчаники и мадстоуны прибрежной равнины; 2 - мелководно-морские песчаники; 3 - шельфовые или склоновые мадстоуны и тонкие песчаники.

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири



Границей секвенций 2ого типа (Type 2 sequence boundary) также характеризуется подошвенным налеганием в прибрежных областях и маркируется субаэральной экспозицией. Однако здесь не наблюдается столь явно выраженного смещения фаций в сторону бассейна. Предполагается, что граница второго типа формируется в тех случаях, когда скорость относительного падения уровня моря примерно соответствует скорости погружения дна бассейна



СТРОЕНИЕ НИЖНЕЮРСКО-ТРИАСОВОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО ПОДКОМПЛЕКСА СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ:

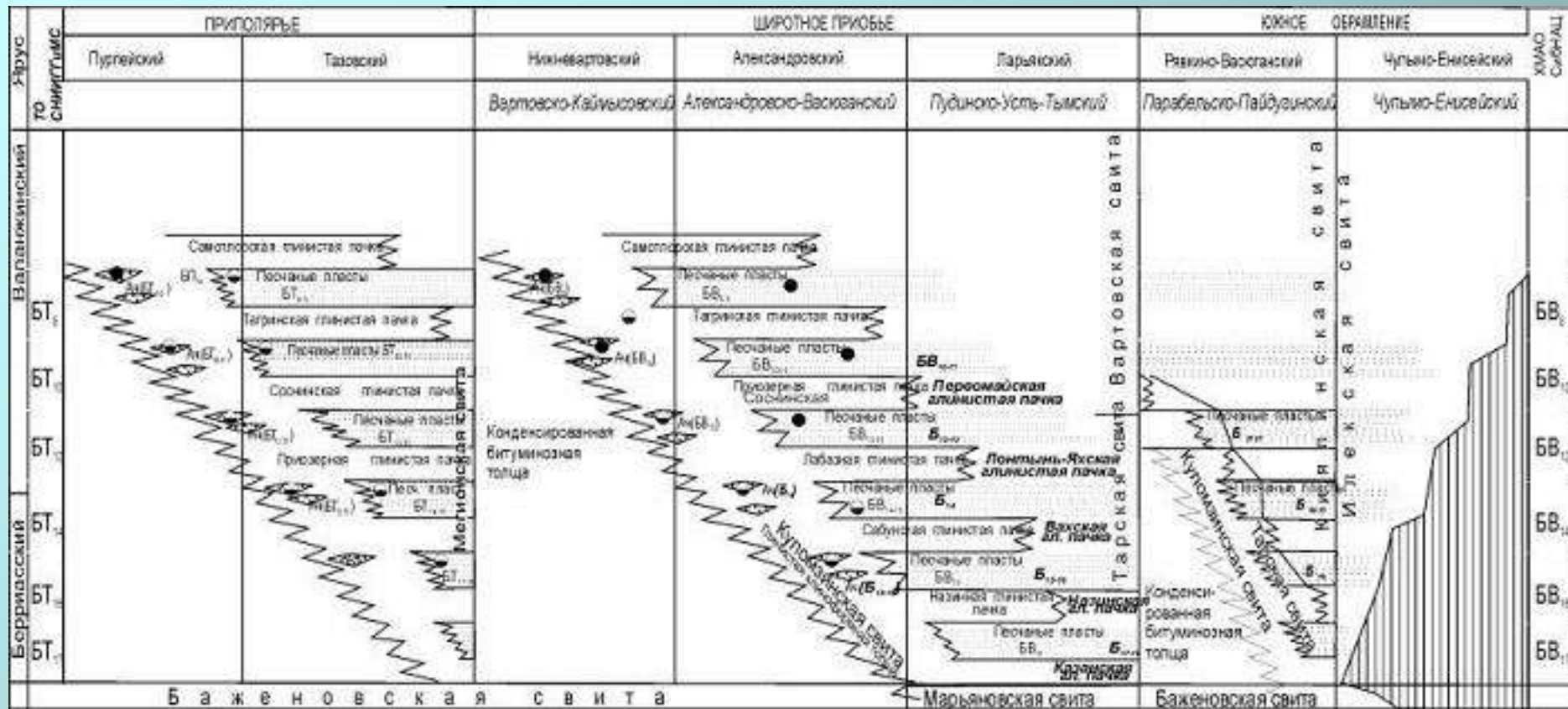
1 – палеозойское обрамление; 2 – западная граница распространения нижнеюрского подкомплекса (тоарской покрывки): а – достоверная, б – предполагаемая; 3 – граница типов обстановок (типов разрезов); 4 – типы палеогеоморфологических обстановок: I – денудационно-аккумулятивно всхолмленная, II – прибрежно-морская, дельтовая, III – мелководно-морская; 5 – область мало-мощных плинсбахских и нижележащих отложений или невыдержанных глинистых покрывок в этой части разреза (отсутствие высокоамплитудного ОГ Т₄¹); 6 – типовые разрезы подкомплекса; 7 – направления регионального и дополнительного перемещения обломочного материала (направления уклонов основных палеодепрессий); 8 – граница значительного наращивания разреза за счет осадков низов J₁ и Т₃ на севере; 9 – залежи с промышленным притоком: а – газа, б – газоконденсата; 10 – непромышленные притоки: а – нефти, б – газа, газоконденсата; 11 – контуры ловушек в сеноманский век; 12 – палеоподнятия, рекомендуемые под параметрическое и поисковое бурение.

Палеоподнятия: ВВ – Восточно-Бованенковское, ВХ – Восточно-Харасавейское, Н – Нейтинское, ЗТ – Западно-Тамбейское, П – Пяседайское, СМ – Северо-Малыгинское, Ш – Штормовое, ВУ – Восточно-Утреннее, ВТ – Восточно-Тамбейское, С – Сеяхинское, Г – Геофизическое, Т – Тотояхинское, Я – Ярудейское, СН – Северо-Надымское, Х – Хейгинское, СХ – Среднехулымское, ВЛ – Верхнелунгортское, Ям – Ямсовейское, СЯ – Северо-Ярояхинское, СЕ – Северо-Есетинское, СР – Северо-Русское, ЗР – Западно-Русское, Гл – Геологическое, СЧ – Северо-Часельское, ВТ – Восточно-Таркосалинское, Тр – Тэрельское, УХ – Усть-Харампурское, Т – Таркосалинское

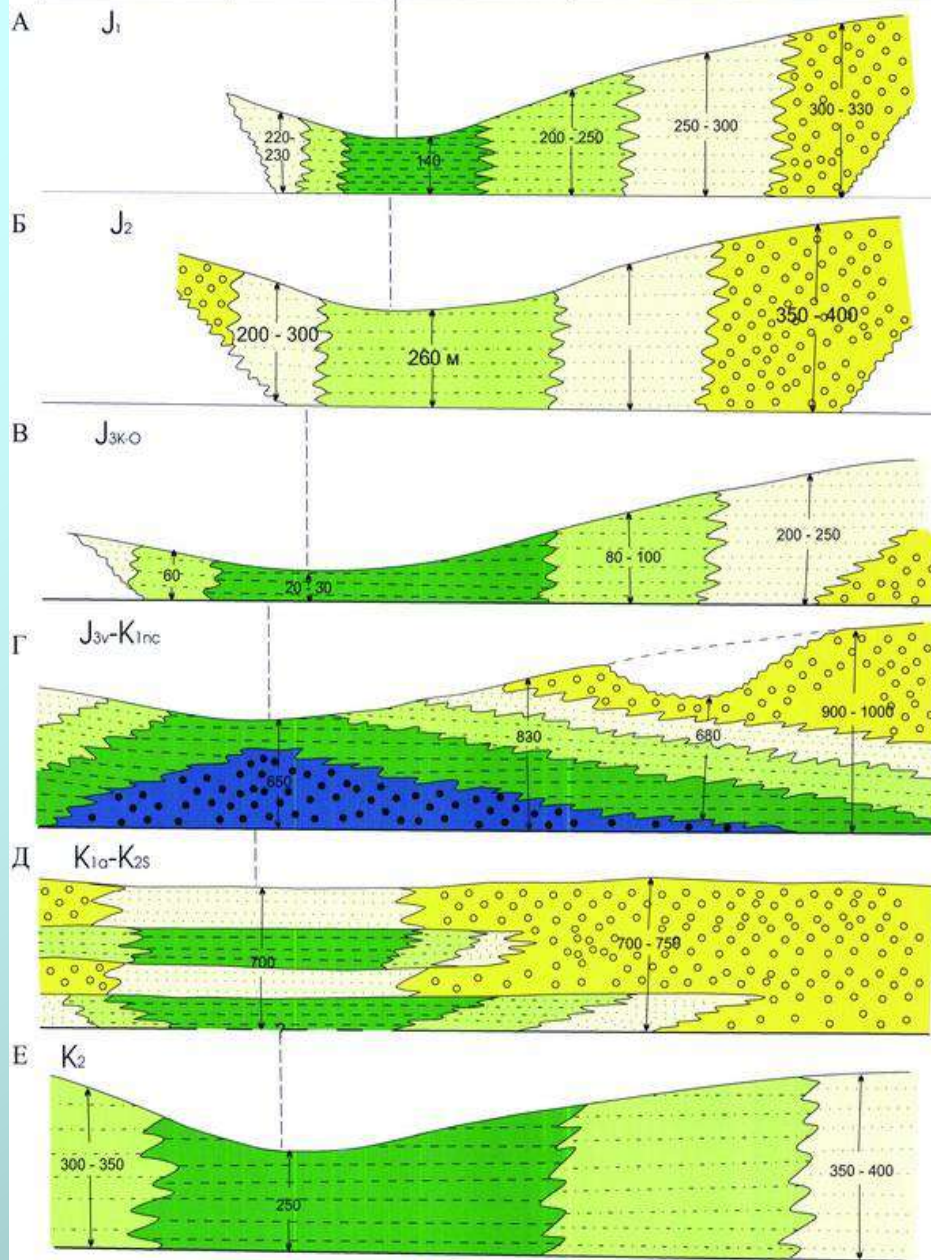
МЕТОДИКА ОСВОЕНИЯ НИЖНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (На примере глубокозалегающего нижнеюрского нефтегазоносного подкомплекса.) Т.Д. ВЕРЕНИНОВА, Т.Л. АРЧЕГОВА(ВНИГРИ), В.С. СОСЕДКОВ(Ямалгеофизика
<http://geolib.narod.ru/Journals/OilGasGeo/1990/06/Stat/04/stat04.html>)

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

Хроностратиграфическая схема берриаса-валанжина



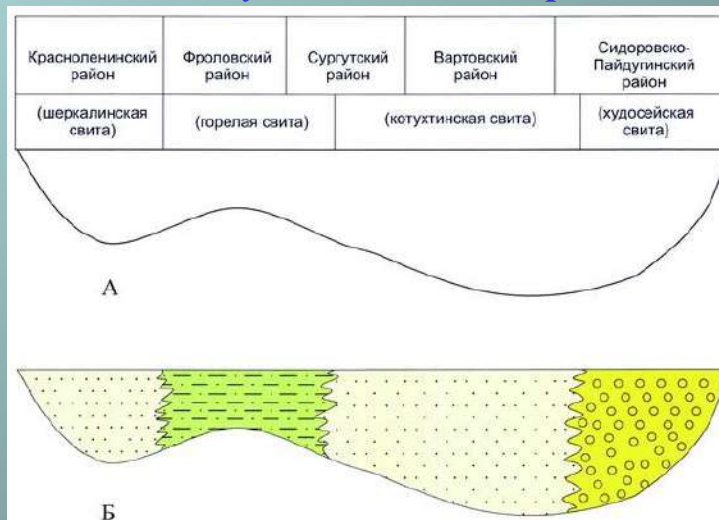
Шаимский район	Фроловский район	Сургутский район	Вартовский район	Восточный район
----------------	------------------	------------------	------------------	-----------------



Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

Принципиальное литолого-фациальное строение основных седиментационных комплексов Западной Сибири

Нижнеюрский комплекс в региональном плане представляет собой клиноформно построенную толщу, во многом тождественную по строению васюганскому трансгрессивно-регрессивному циклу, регионально клиноформное строение которого является установленным фактом.



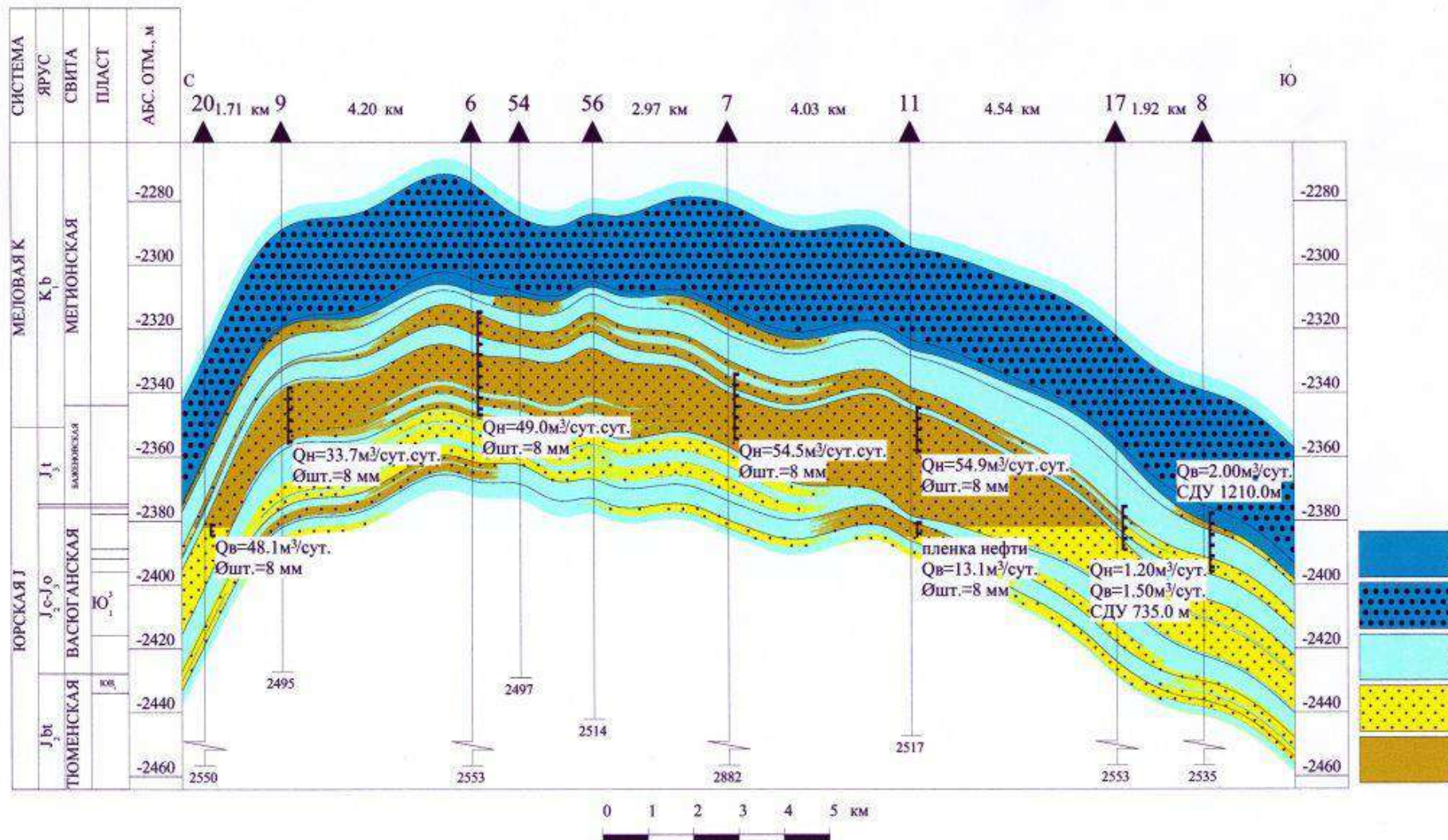
Схематический палеофациальный профиль нижнеюрских отложений Западной Сибири (широтное сечение)

Условные обозначения

- Континентальные фации
- Прибрежно-морские (переходные) фации
- Мелководно-морские фации
- Относительно глубоководно-морские фации
- Битуминозные аргиллиты

- К вопросу изучения мезозойской геодинамики Западно-Сибирского бассейна
- Филиппович Ю.В. (ЗАО ТННЦ) Вестник недропользователя #18/2007 Ханты-Мансийского автономного округа

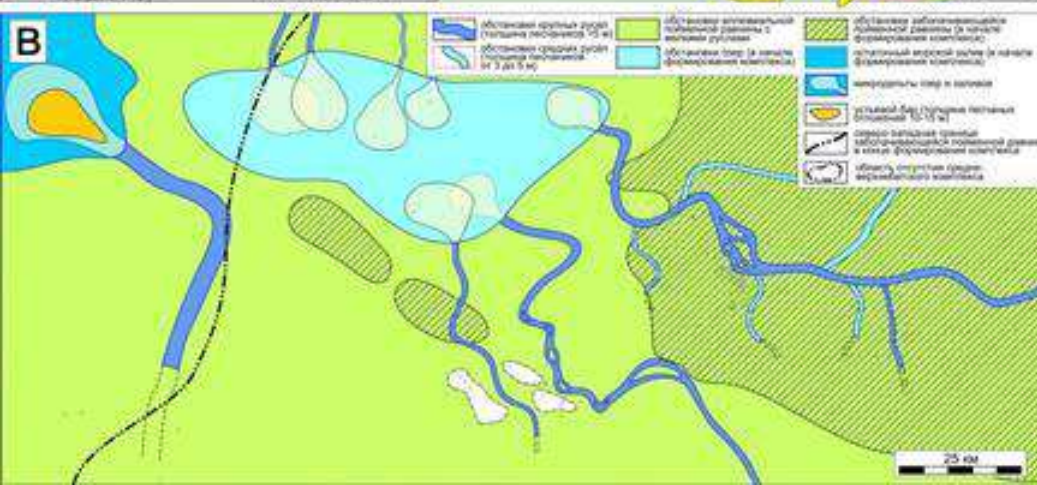
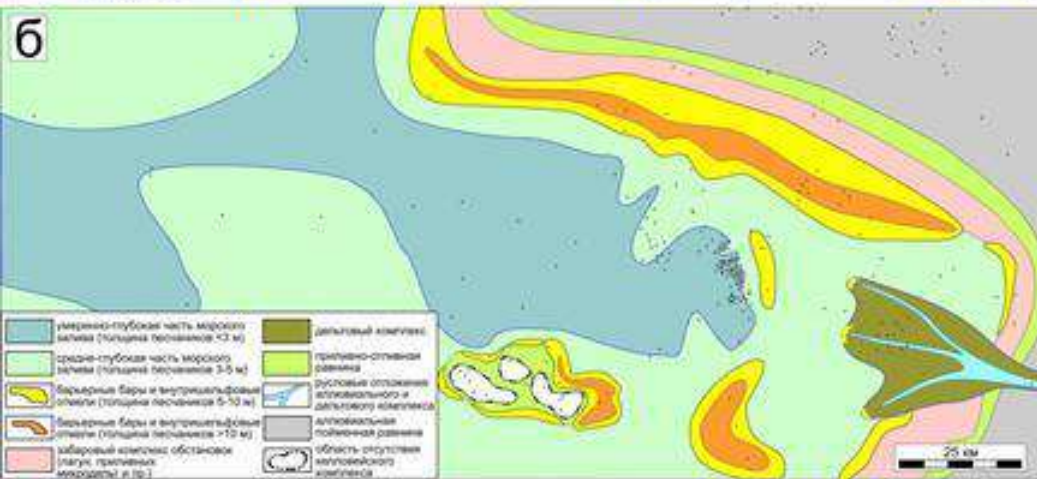
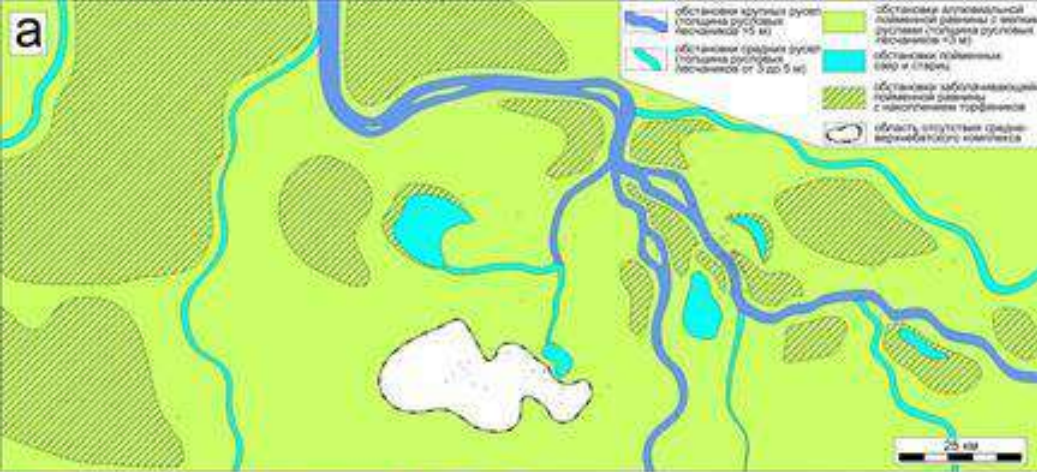
Лекция 8. Секвенции мезозоя (Западная Сибирь)



Типичный локальный геологический разрез территории Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области: 1 – тонкие аргиллиты, 2 – аргиллиты битуминозные, 3 - глины, 4 – песчаники, 5 – нефтяные залежи (<http://www.oilnews.ru/magazine/2003-12-14.html>).

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

Палеогеографические схемы юга Западно-Сибирского осадочного бассейна на время формирования средне-верхнебатского (а), келловейского (б) и нижнеоксфордского комплекса (в)



Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

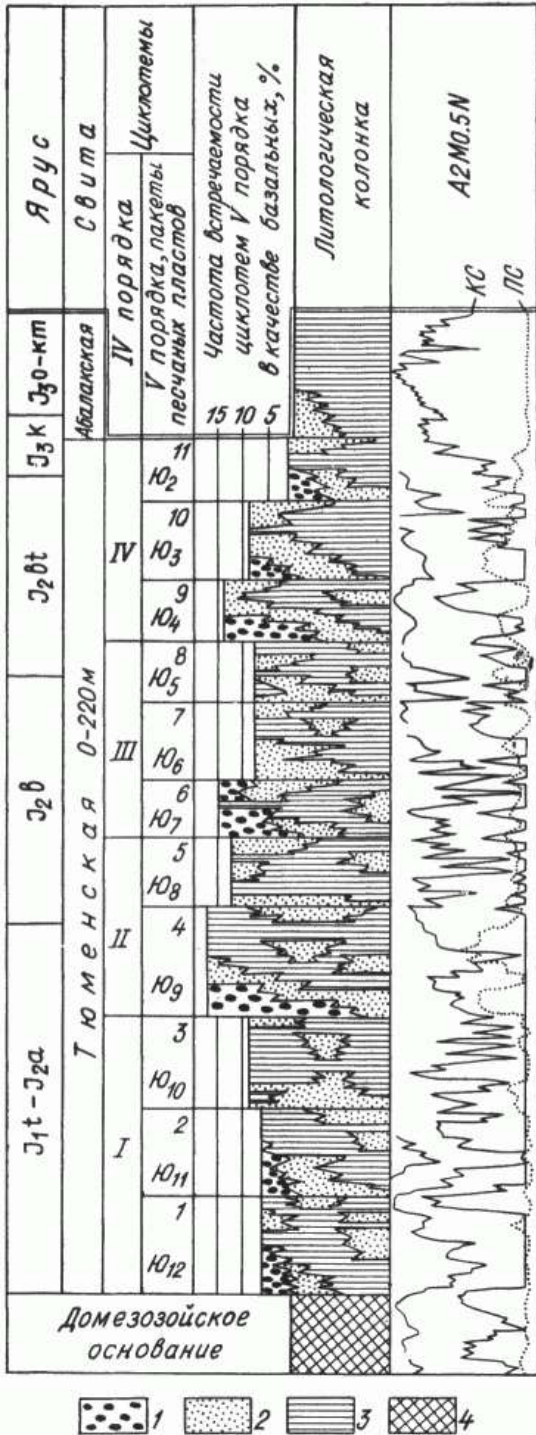
Отложения тюменской свиты (лейас-нижний келловей) Красноленинского свода - объект нефтеразведочных работ, начиная с 1962 г. В настоящее время установлено, что по этим породам и домезозойскому основанию территория свода представляет собой единую зону нефтегазонакопления.

Преимущественно континентальные отложения тюменской свиты характеризуются повторением в разрезе ограниченного набора генетических типов пород сходного облика, резкой фациальной изменчивостью, колебанием мощностей, что затрудняет выделение синхронных пачек, обладающих выдержанным литологическим составом. В наиболее полных разрезах тюменской свиты выделено 11 циклотем мощностью 20-60 м, являющихся наименьшими по объему из устойчивых. Они отвечают “основным ритмам”, “элементарным циклам”, “циклотемам I порядка”.

В основании циклотем залегают более грубообломочные по сравнению с вышележащими породы - от конгломератов до алевролитов, чаще - разномерные песчаники. В верхах циклотем развиты преимущественно аргиллиты, содержащие корни растений, обильный углистый детрит, прослои алевролитов и песчаников.

1 - гравелиты, конгломераты; 2 - песчаники; 3 - аргиллиты; 4 - магматические, метаморфические, осадочные образования протерозоя - карбона

Зоны повышенной продуктивности в отложениях тюменской свиты Красноленинского свода А.А. НЕЖДАНОВ, В.В. ОГИБЕНИН (ЗапСибНИГНИ), <http://www.geolib.ru/OilGasGeo/1982/09/Stat/stat03.html>



Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

При выделении и прослеживании циклотем за локальные маркирующие горизонты принимались терригенно-карбонатные и углистые породы, уверенно диагностируемые на диаграммах радиоактивного каротажа.

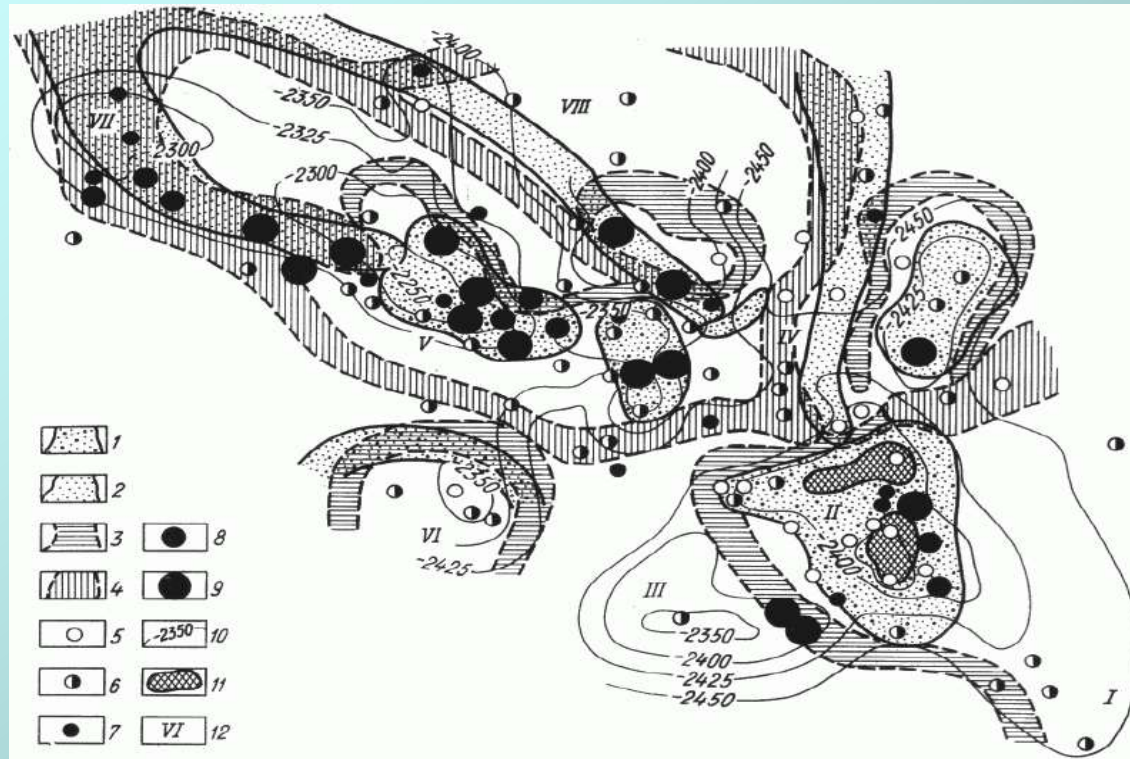
По частоте встречаемости описанных циклотем в качестве базальных они группируются в циклотемы более крупного порядка, отвечающие естественным рубежам тектонического развития седиментационного бассейна в тюменское время. Согласно общей иерархии рангов цикличности мезозойско-кайнозойского осадконакопления в Западной Сибири выделенные нами циклотемы отвечают циклам V и IV порядков соответственно (тектоностратиграфия).

Под пакетом песчаных пластов подразумевается группа сближенных песчаных тел, сложно построенных и представляющих единую гидродинамическую систему.

Покрышками для пакетов пластов служат центральные и верхние, более глинистые части циклотем, однако в циклотемах симметричного строения с опесчаненной верхней частью смежные пакеты объединяются. Индексируются пакеты как Ю₂-Ю₁₂, а отдельные пласты - Ю₂₋₁, Ю₂₋₂ и т. д.

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

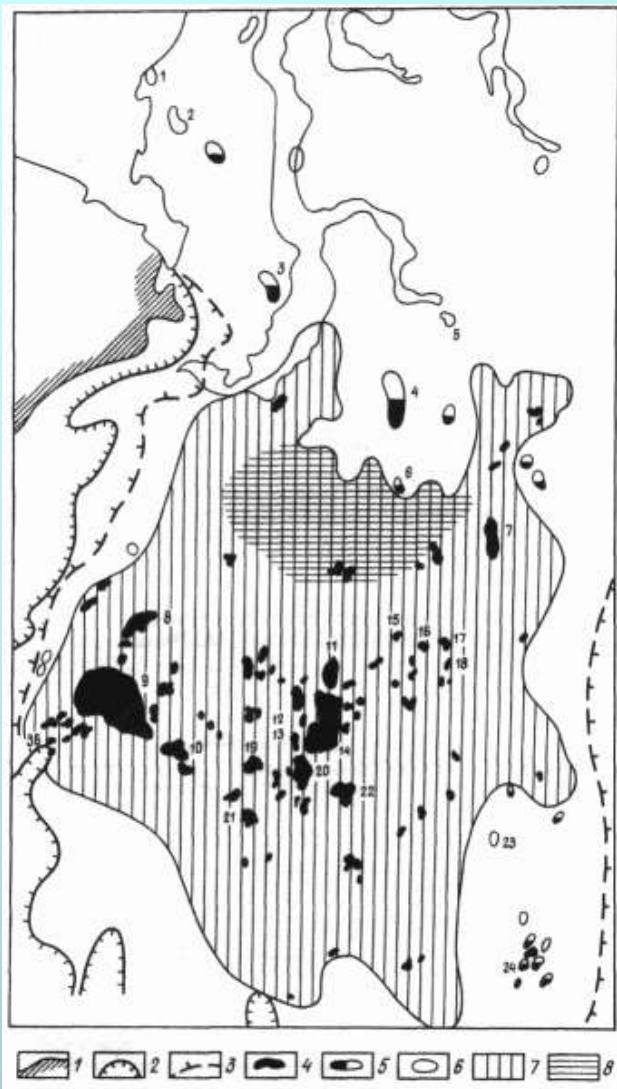
Схема распространения песчаных тел ($K_{\text{песч}}$ разрезов более 45 %) в отложениях тюменской свиты Красноленинского свода.



Зоны развития преимущественно песчаных осадков: 1 - озерные и прибрежно-морские (байос-бат-ранний келловей), 2 - русловые (верхний байос-бат), 3 - делювиально-пролювиальные (лейас-байос), 4 - русловые (лейас-нижний байос); скважины: 5 - сухие, 6-9 - с различными дебитами нефти (по возрастанию); 10 - изогипсы кровли тюменской свиты, м; 11 - зоны отсутствия отложений тюменской свиты; 12 - разведочные площади: I - Елизаровская, II - Каменная, III - Лорбинская, IV - Пальяновская, V - Ем-Еговская, VI - Ингинская, VII - Талинская, VIII - Сосновомысская

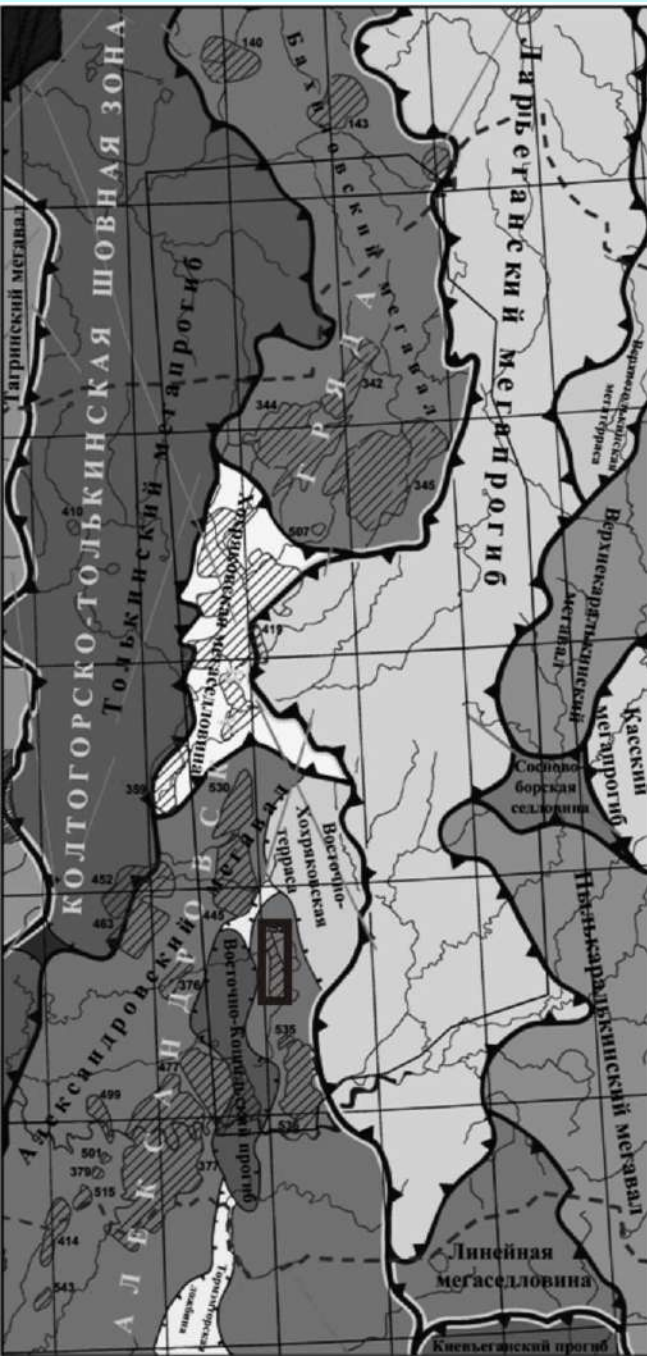
Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

Размещение залежей УВ в ниже-среднеюрском НГН Западной Сибири



Границы: 1 – горного обрамления, 2 – распространения ниже-среднеюрских отложений, 3 – раскрытия региональной покрывки над НГН залежи в ниже среднеюрском НГН 4 – нефтяные, 5 – нефтегазоконденсатные, 6 – газоконденсатные и газовые, 7 – зона распространения нефтяных залежей; 8 – перспективная территория для поиска высокодебитных залежей нефти. Месторождения: 1 – Харасавейское, 2 – Бованенковское, 3 – Новопортовское, 4 – Уренгойское, 5 – Тазовское, 6 – Северо-Губкинское 7 – Харампурское, 8 – Большое, 9 – Красноленинско-Талинское, 10 – Ханты-Мансийское, 11 – Сорымско-Русскинское, 12 – Быстринское, 13 – Усть-Балыкское, 14 – Федоровско-Восточно-Сургутское, 15 – Повховское, 16 – Западно-Варьеганское, 17 – Северо-Варьеганское, 18 – Варьеганское, 19 – Салымское, 20 – Мамонтовское, 21 – Верхнесалымское, 22 – Угутское, 23 – Северо-Васюганское, 24 – Нижнетабаганское

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири



Система	Отдел	Ярус	Свита	Пласт	ПС	ГК, НГК
юрская	верхний	оксфорд, кимеридж, титон	баженовская, георгиевская			
				ЮВ ¹		
	средний	бат, келловей	наунакская	ЮВ ²		
				ЮВ ³		
		тюменская		ЮВ ²		

 изучаемая площадь

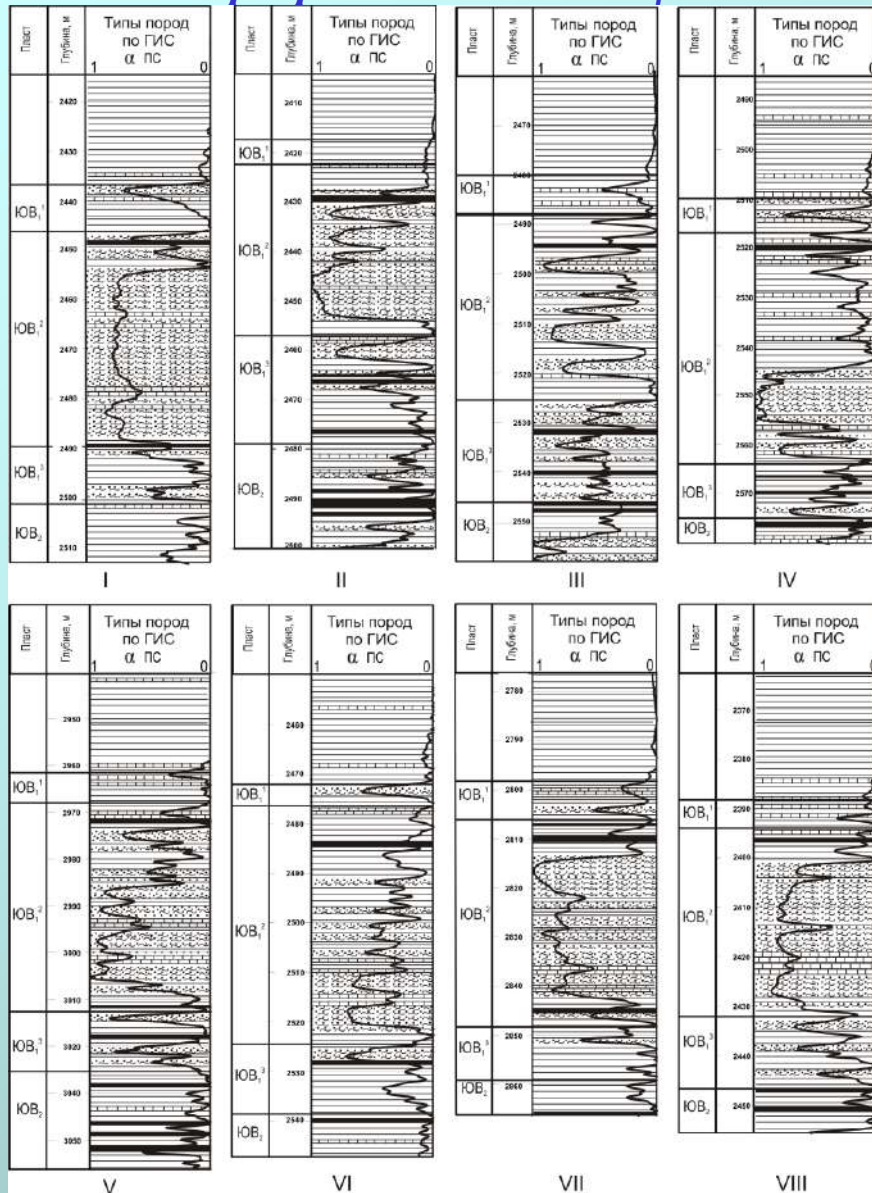
*Выкопировка из
Тектонической карты
центральной части
Западно-Сибирской
плиты*

В Западной Сибири *в конце средней - начале позднеюрской эпохи происходила крупная трансгрессия моря*, сменившаяся в раннем оксфорде обмелением морского бассейна. Для Пурпейско-Васюганского структурно-фациального района, в позднеюрскую эпоху существовали *обстановки прибрежно-аккумулятивной равнины с системой дельт, лагун и нижних частей аллювиальных равнин*. Александровский мегавал служил, по мнению специалистов Тюменского нефтяного научного центра, региональной границей между сушей и морем. Такое тектоническое положение определило разнообразие обстановок осадконакопления и значительную вертикальную и латеральную неоднородность отложений.

Аллювиально-дельтовая модель нефтеносного средне-верхнеюрского продуктивного горизонта ЮВ₁ на востоке Широтного Приобья
Г. Р. Василевская, А. В. Савельева // Вестник МГУ. Серия 4. Геология, 2011

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

Типы разреза пласта ЮВ₁².



Среди терригенных пород, вскрытых скважинами в интервале продуктивного горизонта ЮВ₁, в ходе интерпретации геофизических исследований скважин (ГИС) выделены следующие типы: алевро – песчаные коллекторы, глины, угли и плотные породы, под которыми авторами понимаются смешанные глинисто – алевро – песчаные разности пород с карбонатным цементом.

В интервале пласта ЮВ₁² выделено 8 типов разреза, для каждого из которых определялись параметры геолого-геофизической неоднородности: общие ($H_{общ}$) и эффективные толщины ($H_{эф}$), коэффициенты пористости (K_p), песчанистости ($K_{песч}$), расчлененности ($K_{расч}$); оценивались промысловые характеристики: первоначальные и средние дебиты нефти, накопленные отборы

Разрез пласта ЮВ₁² состоит из трех – пяти циклитов, являющихся двух или трехчленными. Некоторые циклиты представляют собой пачки более мелких циклитов.

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

Геолого-геофизическая характеристика пласта ЮВ₁² по типам разреза

Тип разреза	Количество скважин	$H_{общ}, м$	$H_{эф}, м$	$K_{песч}$ доли ед.	$K_{расч}$	$K_p, \%$ (ГИС)	Средний дебит нефти, м ³ /мес
I	51	<u>25,8 - 46,0</u>	<u>13,7- 34,2</u>	<u>0,42 - 0,77</u>	<u>1 - 12</u>	<u>14,1 - 17,1</u>	<u>9,2 - 3317,7</u>
		35,6 (34,9)	22,8 (22,0)	0,64 (0,65)	6	15,6 (15,7)	545,3 (442,6)
II	46	<u>22,0 - 44,6</u>	<u>10,9 - 31,4</u>	<u>0,38 - 0,78</u>	<u>2 - 15</u>	<u>14,3 - 17,0</u>	<u>0,3 - 2144,8</u>
		34,4 (34,6)	20,4 (19,8)	0,59 (0,59)	7	15,8 (15,7)	533,8 (351,5)
III	20	<u>26,2 - 42,7</u>	<u>10,1 - 28,2</u>	<u>0,31 - 0,66</u>	<u>1 - 8</u>	<u>14,5 - 17,2</u>	<u>46,9 - 1010,4</u>
		34,7 (34,8)	17,6 (17,3)	0,50 (0,52)	5	15,9 (16,1)	302,0 (203,8)
IV	50	<u>23,5 - 52,3</u>	<u>7,3 - 24,3</u>	<u>0,22 - 0,70</u>	<u>3 - 16</u>	<u>14,3 - 17,3</u>	<u>3,2 - 753,0</u>
		36,5 (36,8)	15,7 (15,4)	0,43 (0,43)	8	15,7 (15,7)	167,4 (92,8)
V	6	<u>37,6 - 45,4</u>	<u>11,4 - 23,2</u>	<u>0,28 - 0,53</u>	<u>6 - 12</u>	<u>15,1 - 16,7</u>	-
		41,0 (40,4)	17,4 (17,5)	0,43 (0,45)	9	15,8 (15,7)	-
VI	3	<u>27,8 - 44,9</u>	<u>8,3 - 11,8</u>	<u>0,24 - 0,36</u>	<u>6 - 7</u>	<u>14,0 - 15,5</u>	-
		35,7 (34,3)	10,0 (10,0)	0,29 (0,26)	6	14,9 (15,2)	-
VII	62	<u>26,2 - 47,9</u>	<u>13,5 - 31,7</u>	<u>0,37 - 0,75</u>	<u>3 - 14</u>	<u>13,7 - 18,0</u>	<u>35,2 - 3189,2</u>
		39,8 (40,4)	23,4 (24,0)	0,60 (0,60)	7	15,9 (16,0)	698,8 (503,2)
VIII	48	<u>23,7 - 51,0</u>	<u>12,6 - 34,5</u>	<u>0,40 - 0,74</u>	<u>1 - 19</u>	<u>14,1 - 17,3</u>	<u>62,3 - 1905,5</u>
		39,3 (39,9)	23,6 (23,4)	0,60 (0,60)	8	15,7 (15,9)	408,1 (273,7)

Примечание. Над чертой минимальное - максимальное значения, под чертой – среднее, в скобках - медианное.

Аллювиально-дельтовая модель нефтеносного средне-верхнеюрского продуктивного горизонта ЮВ₁ на востоке Широкого Приобья

Г. Р. Василевская, А.В. Савельева // Вестник МГУ. Серия 4. Геология, 2011

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

***I тип разреза** образован **четырьмя – пятью** циклитами толщиной 10-20 м. Верхние элементы циклитов редуцированы. Нижние элементы образованы песчаниками светло-серыми, от среднезернистых в нижней части до мелкозернистых алевритистых в верхней, с прослоями углисто-слюдистого материала и растительного детрита.*

Текстуры косослоистостая, полого-наклонная, массивная. В верхней части циклитов появляются плотные песчаники с глинисто-карбонатным цементом.

Электрометрическая модель фации (форма кривой метода ГИС потенциала самопроизвольной поляризации – ПС): кровельная и подошвенная линия горизонтальная, боковая – волнистая, значения альфа ПС составляют 1 – 0,8.

Согласно классификации В.С. Муромцева [Муромцев, 1984], I тип разреза отвечает русловым отмелям реки, формирующим дельту. Авторы отнесли данные отложения к стрежневым частям длительно развивающихся дельтовых протоков. Этот тип разреза характеризуется наибольшей песчанистостью, высокими дебитами нефти

***II тип разреза** состоит из **трех** циклитов. Нижний циклит (15 – 20 м) представлен песчаниками полимиктовыми и олигомиктовыми, мелкозернистыми, слюдистыми, с вкраплениями пирита, с глинистым цементом, с редкой уплощенной галькой аргиллитов.*

Второй и третий циклиты (10 – 15 м) образованы пачками более мелких циклитов с тенденцией к уменьшению зернистости вверх по разрезу. Текстуры тонкослоистая, косослоистая, массивная. В верхнем циклите присутствуют маломощные (0,4 – 3 м) прослои углей.

Электрометрическая модель фации: подошвенная линия горизонтальная, боковая – волнистая, максимальные значения альфа ПС составляют 1 – 0,8.

Данный тип разреза относится к русловым отмелям равнинных меандрирующих рек [Муромцев, 1984], обладает высокими геолого-промысловыми характеристиками

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

III тип разреза керном не охарактеризован, состоит из **трех** циклитов, каждый из которых представлен пачкой более мелких циклитов с тенденцией к уменьшению значений альфа ПС вверх по разрезу. В верхнем циклите наблюдаются прослой углей (до первых метров). III тип разреза относится к фациям верхней надводной равнины дельтового комплекса, в обстановках аллювиальной равнины – к отложениям береговых валов и боковых русел [Муромцев, 1984]. В сравнении с предыдущим типом разреза, происходит увеличение толщины непроницаемых прослоев. Коллекторы III типа разреза характеризуются невысокими геолого-промысловыми параметрами.

IV тип разреза представлен **четырьмя** циклитами. Электрометрическая модель нижнего циклита (15-20 м): кровельная линия горизонтальная, подошвенная отсутствует, боковая волнистая, максимальные значения альфа ПС составляют 1-0,8. Верхние циклиты (5 –10 м) образованы пачками мелких циклитов, в которых наблюдается тенденция к уменьшению значений альфа ПС вниз по разрезу. В основании верхних циклитов встречаются прослой угля (от первых см до 1 – 3 м). IV тип разреза составной, нижняя часть его интерпретируется как фации дельтового комплекса, отложения верхней части (2 - 4-й циклиты) относятся к нижней надводной равнине дельтового комплекса, фациям приморских болот (маршей) [Муромцев, 1984]. Этот типа разреза имеет самые низкие показатели по добыче нефти и невысокие свойства резервуара.

V тип разреза состоит из **четырёх** циклитов. Нижний циклит (15-20 м) представлен преимущественно песчаниками, электрометрическая модель его схожа со II типом разреза. Верхние циклиты образованы тонкослоистым чередованием песчано – алевролитов – глинистых пород с включением маломощных (от первых см до 2 – 3 м) прослоев угля. В отличие от IV типа разреза для верхней части здесь наблюдается тенденция в увеличении значений альфа ПС вниз по разрезу. По керну отмечены горизонтальная, косослоистая, линзовидная слоистости. Песчаники светло-серые, мелко-среднезернистые, полимиктовые, с прослойками углисто-слюдистого материала. Аргиллиты темно-серые, алевритистые, плотные, массивные, слоистые за счет прослоек мелкозернистого песчаника.

В данном типе разреза наилучшими качествами резервуара обладает нижняя часть, которая интерпретируется как отложения меандрирующих русел [Муромцев, 1984]. Верхняя часть разреза авторами отнесена к фациям пойм (заболоченных участков, песков разлива, береговых валов). Из этих отложений добычи нефти не ведется.

VI тип разреза образован **пятью** циклитами, каждый из которых представляет собой пачку более мелких циклитов. Мелкие циклиты состоят из чередования песчано – алевролита – глинистых пород. Аргиллиты темно-серые до черного, слабоплитчатые, неяснослоистые, с отпечатками обуглившийся флоры. Алевролиты серые, крупнозернистые, песчанистые, полимиктовые, крепкие с тонкими волнисто-прерывистыми и линзовидными прослоями углисто-глинистого материала. Песчаники серые, мелкозернистые, полимиктовые, слюдистые, глинистые. Отмечается пиритизация пород. В отдельных интервалах углисто-глинистые прослои занимают до 50% объема керна. В керне отмечена волнисто-прерывистая, линзовидная слоистости.

Кровельная линия кривой ПС наклонная и зубчатая, боковая линия отсутствует, подошвенная линия горизонтальная, иногда зубчатая, значения α ПС уменьшаются вверх по разрезу. Согласно классификации В.С.Муромцева [Муромцев, 1984] данный тип разреза относится к отложениям вдольбереговых трансгрессивных баров и прибрежных валов прибрежно-морских фаций. Этот тип разреза обладает наилучшими свойствами резервуара

VII тип разреза состоит из **четырёх-пяти** циклитов. Верхний циклит (5 – 7 м) представлен аргиллитами темно-серыми, алевроитистыми с полого-наклонной слоистостью, с редкими включениями растительного детрита. Отмечены следы биотурбации в нижней части циклита. Нижние циклиты представлены преимущественно песчаниками светло-серыми с буроватым оттенком, мелкозернистыми, алевроитистыми, с карбонатно-глинистым цементом, с частыми прослоями и намывами глинисто-слюдистого и углисто-слюдистого материала и включениями зерен пирита, с мелкой уплощенной галькой аргиллитов. Слоистость косо – пологонаклонная, мелкая косая, линзовидно – волнистая. Встречается. Вниз по разрезу песчаник становится сидеритизированным. Кровельная линия кривой ПС горизонтальная и прямая, боковая линия вертикальная и волнистая, подошвенная линия наклонная волнистая, зубчатая или рассеченная, максимальные значения $\alpha_{ПС}$ равны 1,0-0,8, уменьшаются вниз по разрезу. В.С.Муромцев [Муромцев, 1984] отнес этот разрез к отложениям барьерных островов прибрежно-морских фаций. Авторы проинтерпретировали его как фации устьевого бара. VII тип разреза характеризуется одними из лучших качеств резервуара: высокими эффективными толщинами, коэффициентом песчаности, наибольшими дебитами нефти

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

Авторами выделен VIII тип разреза, который является составным: в нижней своей части имеет облик кривой ПС, свойственный VII типу разреза, в верхней своей части – II типу. Верхняя часть пласта образована аргиллитами, сменяющимися вниз по разрезу песчаниками. Аргиллиты темно-серого цвета, с косой, горизонтальной, волнистой слоистостью, обусловленной наличием песчаников серого цвета. Вниз по разрезу уменьшается интенсивность переслаивания с увеличением толщины прослоев песчаника. Песчаники серые с коричневатым оттенком, среднезернистые, полимиктовые, с хорошей сортировкой, с карбонатно-глинистым цементом. В керне отмечены слоистость, обусловленная прослоями углистого детрита, резкий контакт между верхней и нижней частями пласта, в низах верхней части разреза описана аргиллитовая галька (1 – 4 см). VIII тип разреза является характерным для дельт. [Обстановки..., 1990]. В нем прослеживается снизу – вверх вертикальный набор фаций, отмечающий фазы зарождения, развития и отмирания дельтовой системы: шельфовые, продельтовые, дистальной части бара, распределительных каналов и русел, отмелей и дюн, пойменные, внутридельтового залива.

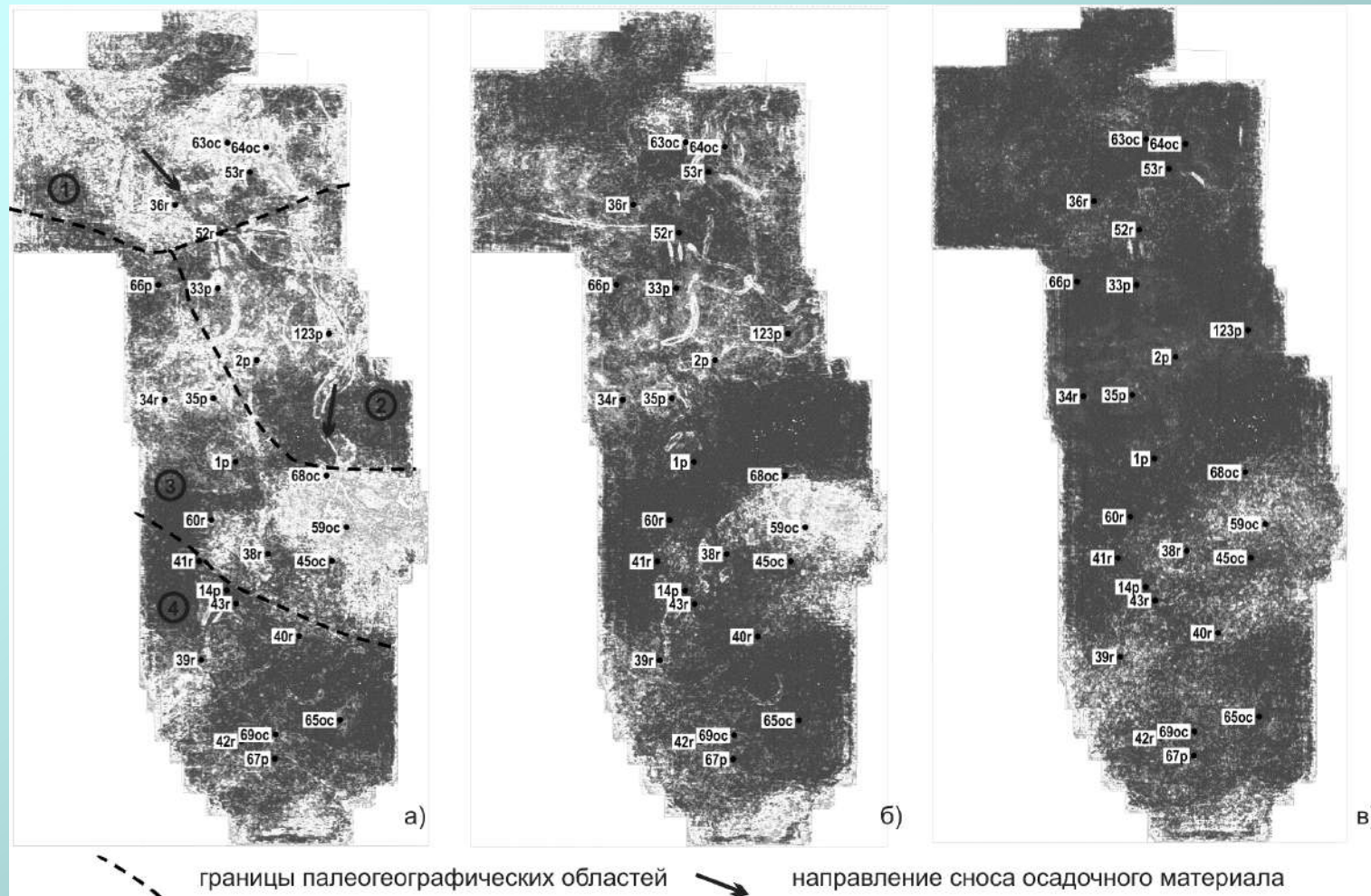
Таким образом, наилучшими геолого-промысловыми характеристиками обладают отложения устьевых баров и стрежневых частей дельтовых протоков, наихудшими – пойменные, лагунные образования и преимущественно алевролиты – глинистые образования мелководной части шельфа.

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

Для келловей-оксфордского интервала разреза в районе работ выделена следующая последовательность обстановок осадконакопления, убедительно иллюстрируемая стратиграфическими срезами когерентности: 1) интервал накопления пластов ЮВ₁³-ЮВ₁² – формирование, расцвет и отмирание дельтовой системы; 2) интервал накопления пласта ЮВ₁¹ – прибрежное мелководье; 3) интервал накопления баженовской свиты – морское глубоководье. Границы фациальных зон интервалов ЮВ₁²⁻³ и ЮВ₁¹ корректировались по картам изопахит между отражающими горизонтами (ОГ) “Т” (кровля тюменской свиты) и “Б” (кровля баженовской свиты), “ЮВ₁²” (кровля одноименного пласта) и “Б” соответственно.

Для восстановления обстановок осадконакопления, определения направления сноса осадочного материала использовались стратиграфические срезы сейсмического атрибута – когерентности. Когерентность – параметр, характеризующий меру похожести сейсмических трасс друг на друга, широко используется для трассирования разломов и выявления особенностей геологического строения.

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири



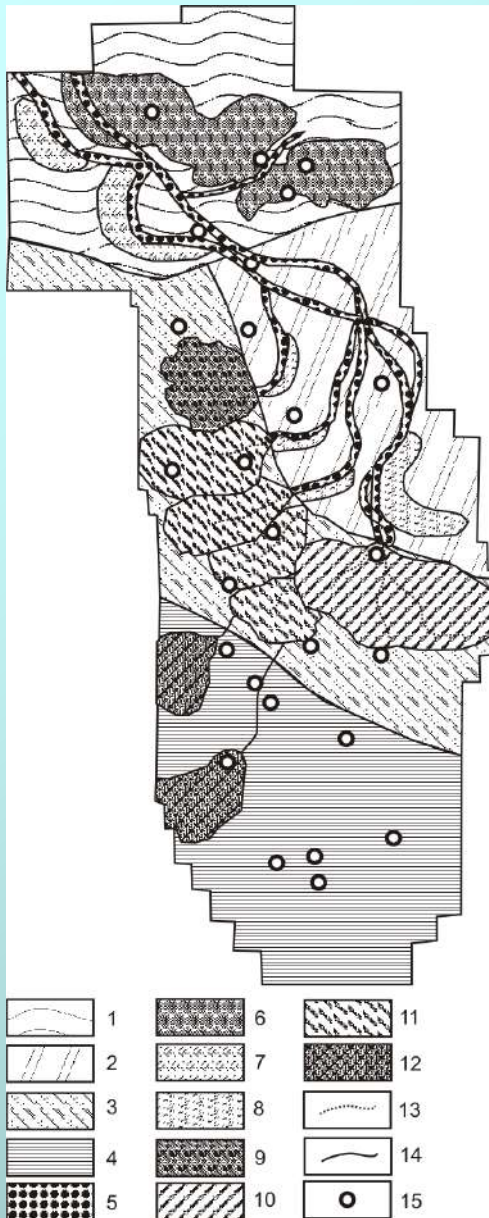
Стратиграфические срезы когерентности в интервале продуктивного горизонта ЮВ₁: а) уровень пластов ЮВ₁³ - ЮВ₁², б) уровень пласта ЮВ₁¹, в) уровень кровли баженовской свиты. Палеогеографические области: 1 - аллювиальная равнина, 2 – субаэральная дельтовая равнина, 3- субаквальная дельтовая равнина, 4 - шельфовая впадина.

Аллювиально-дельтовая модель нефтеносного средне-верхнеюрского продуктивного горизонта ЮВ₁ на востоке Широтного Приобья

Г. Р. Василевская, А.В. Савельева // Вестник МГУ. Серия 4. Геология, 2011

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

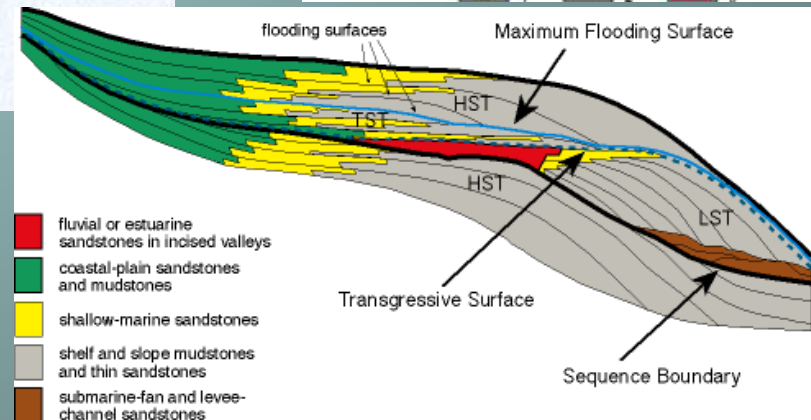
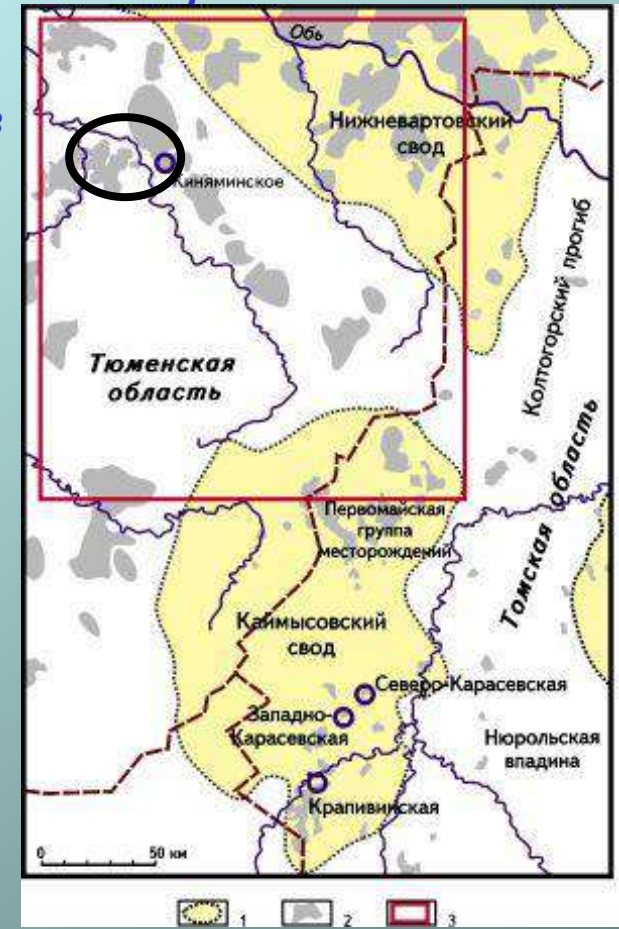
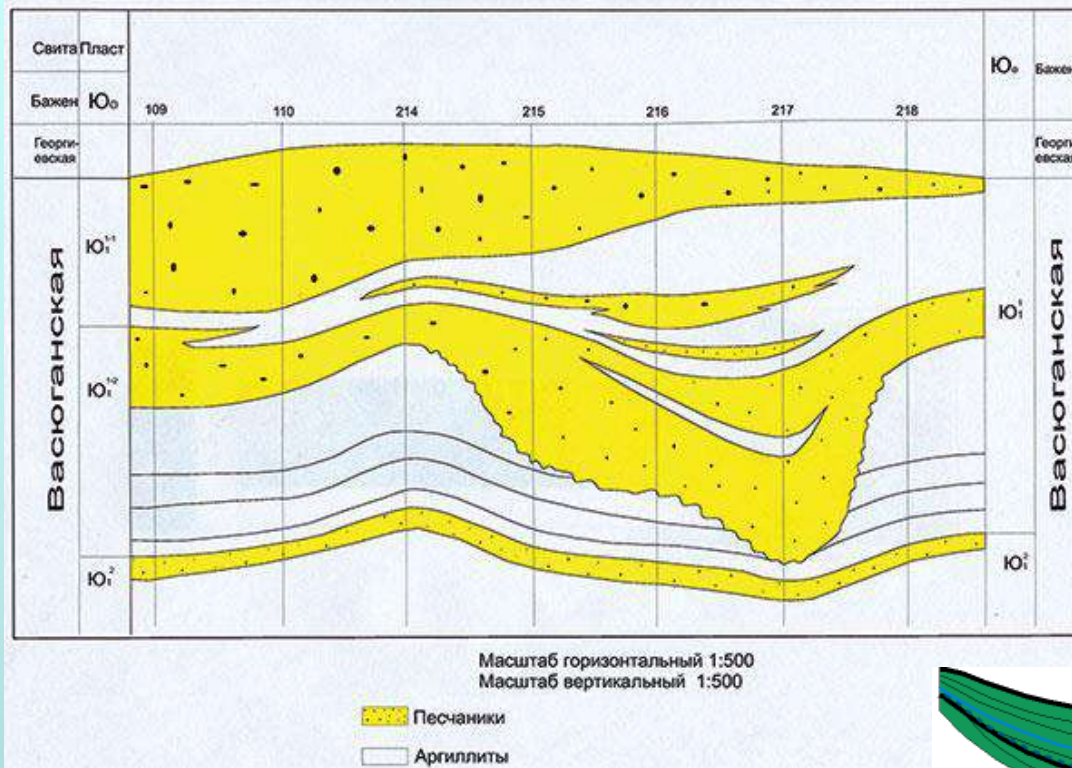
Согласно классификации Рейнека Г.-Э. и Сингха И.Б. [Рейнек, Сингх, 1981], для пласта ЮВ₁² выделены следующие палеогеографические области: 1) аллювиальная равнина с фациями русел спрямленного и меандрирующего типа (II, III типы разреза), прирусловых валов, заболоченных участков пойм (V тип); 2) субэральная дельтовая равнина с фациями русел ветвящегося типа (II, III типы), намывных валов (II, III типы), маршей (IV тип); 3) субаквальная дельтовая равнина с фациями дельтовых протоков (I тип разреза), намывных валов (II, III типы), устьевых баров (VII тип), основной дельты (VII, VIII типы), мелководно-морских отложений (VI тип); 4) погруженный участок шельфа с фациями распределительных каналов (I тип), конусов выноса, глинистых морских отложений (VI тип).



Распределение палеогеографических областей на время накопления пласта ЮВ₁¹⁻². 1 – аллювиальная равнина; 2 – субэральная дельтовая равнина, 3- субаквальная дельтовая равнина, 4 - шельфовая впадина; 5 – русла, 6 – заболоченные участки пойм; 7 – прирусловые валы; 8 – намывные валы; 9 – дельта прорыва; 10 – основная дельта; 11 – малые устьевые бары; 12 – конусы выноса; 13 – дельтовые протоки; 14 – подводящие каналы; 15 – поисковые и разведочные скважины.

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

Киняминское месторождение (Флоровская НГО, эксплуатационный участок). Палеогеологический разрез пласта Ю₁¹ васюганской свиты (выровнено по подошве баженовской свиты)



Врезанные долины (IV)

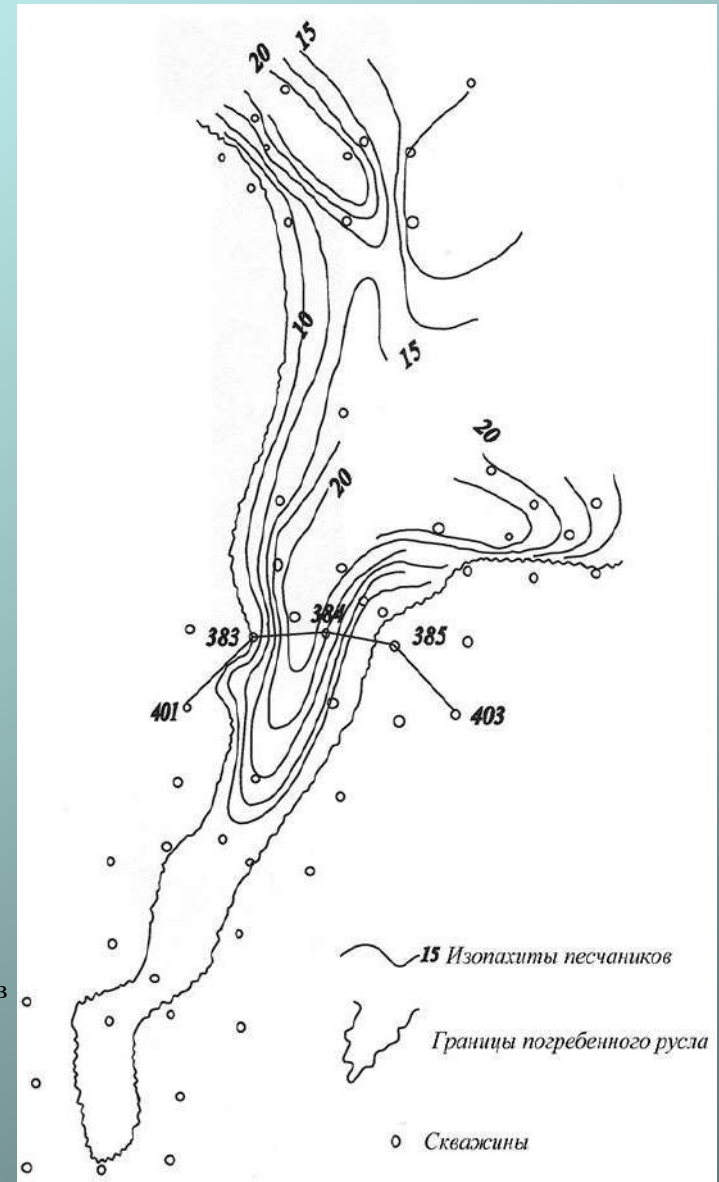
Вестник недропользователя
#15/2005 Ханты-Мансийского автономного округа// О некоторых седиментационных моделях продуктивных пластов верхнеюрского васюганского комплекса Западной Сибири
Мкртчян О.М. (ВНИГНИ)

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

Фаинское (Среднеасомкинское) месторождение (Фроловская НГО, Сургутский р-он). Карта мощности русловых песчаников Ю₁

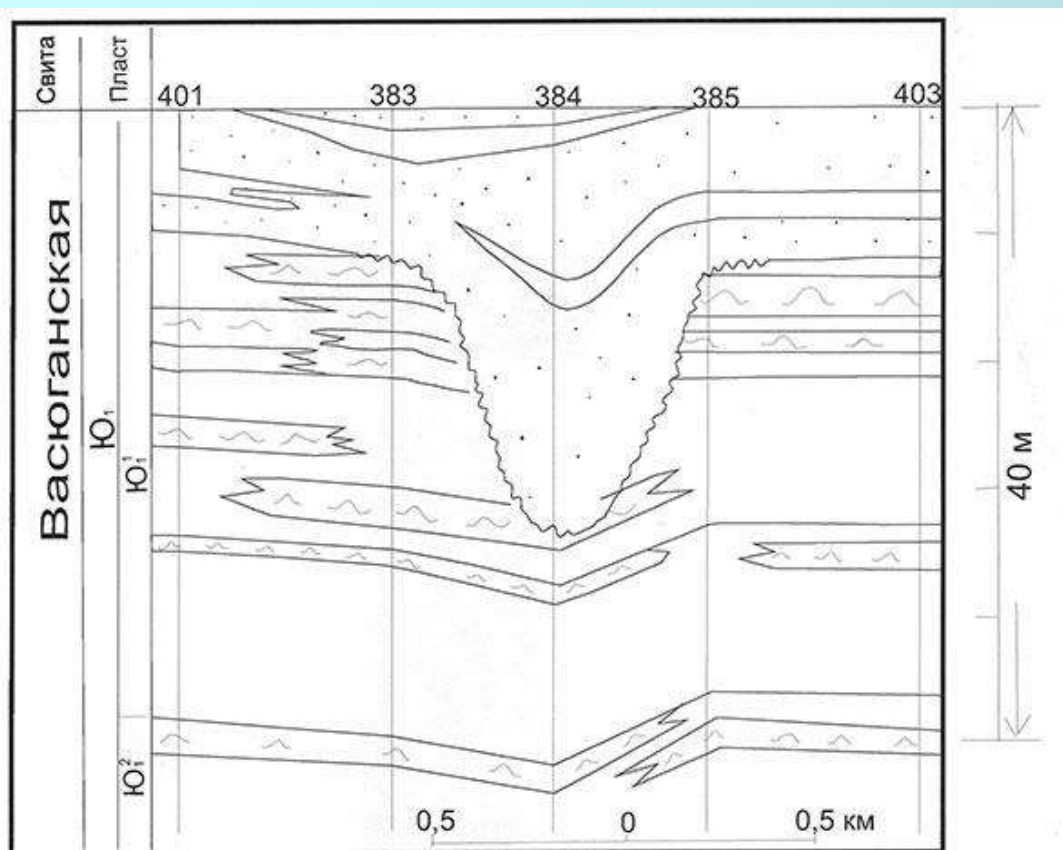
Ряд погребенных русел (каналов) закартирован по большому числу разрезов эксплуатационных скважин в пределах Фаинской группы залежей, одно из которых протягивается субмеридионально через Среднеасомкинскую площадь (рис.1). Оно прослежено с юга на север в направлении движения водного потока (увеличения мощности заполняющих его песчаников) более чем на 5 км, при ширине от 250 до 750 м. Русло глубиной около 20 м выполнено песчаниками верхнего пласта Ю₁, мощность которых возрастает от 4-6 м за пределами русла до 20-26 м в его осевой зоне.

- [Вестник недропользователя](#) #15/2005 Ханты-Мансийского автономного округа// О некоторых седиментационных моделях продуктивных пластов верхнеюрского васюганского комплекса Западной Сибири
- [Мкртчян О.М.](#) (ВНИГНИ)



Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

Фаинское (Среднеасомкинское) месторождение. Палеогеологический разрез руслового песчаного тела пласта Ю₁¹ васюганской свиты



Песчаники



Аргиллиты



Плотные карбонатизированные пласты («плотняки»)



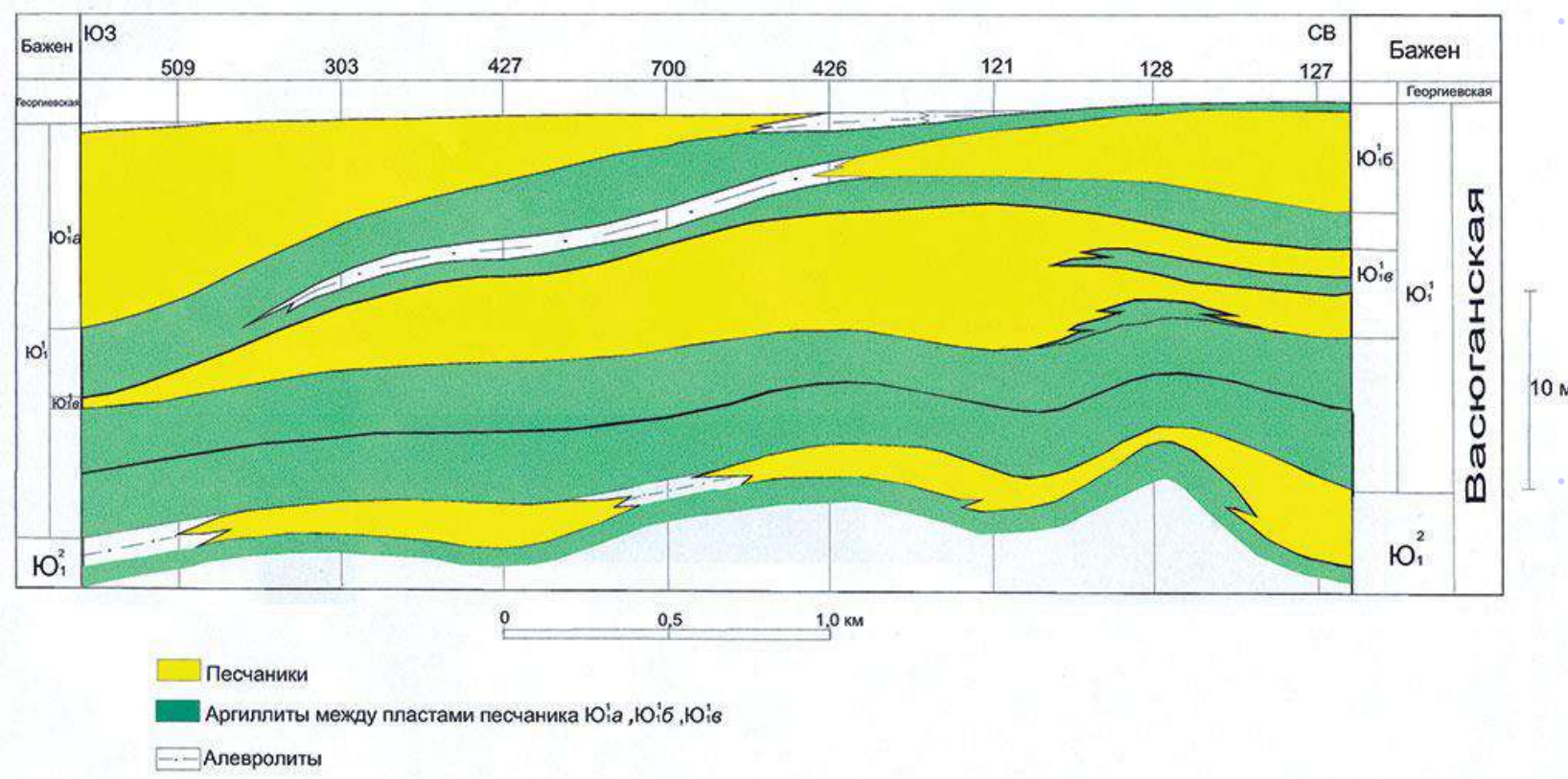
Русловый врез

- [Вестник недропользователя](#) #15/2005 Ханты-Мансийского автономного округа// О некоторых седиментационных моделях продуктивных пластов верхнеюрского васюганского комплекса Западной Сибири
- [Мкртчян О.М.](#) (ВНИГНИ)

На поперечном к простиранью русла профильном палеоразрезе (рис.2) видно, что anomальное песчаное тело имеет отчетливо выраженную выпуклую вниз форму, глубоко врезанную в подстилающие преимущественно глинистые отложения. Последние расслоены серией плотных карбонатизированных пластов, так называемых «плотняков», подчеркивающих параллельно слоистую структуру вмещающей толщи.

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

Угутское месторождение (Сургутский НГР, Среднеобская НГО). Палеогеологический разрез отложений Ю₁¹ (эксплуатационный участок) (выровнено по основанию баженовской свиты)

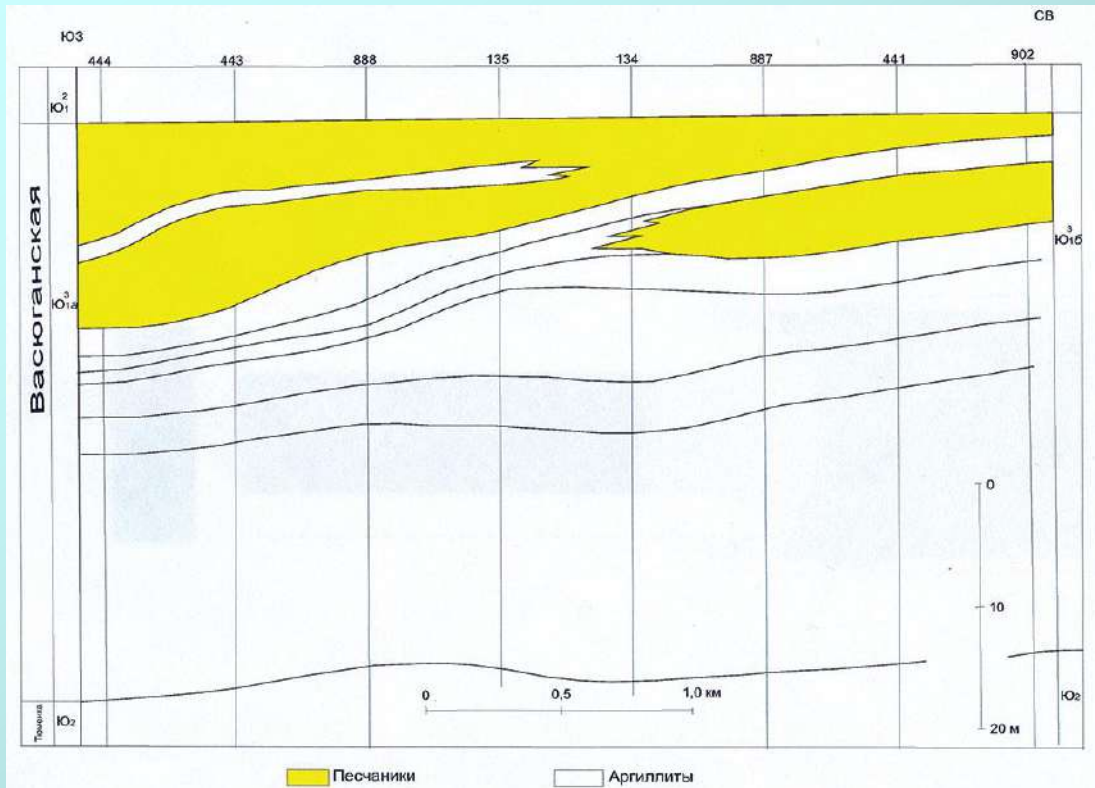


Вестник
недропользователя
#15/2005 Ханты-
Мансийского
автономного
округа// О
некоторых
седиментационных
моделях
продуктивных
пластов
верхнеюрского
васюганского
комплекса
Западной Сибири
Мкртчян О.М.
(ВНИГНИ)

В северной эксплуатационной зоне Угутского месторождения верхний цикл Ю₁¹ васюганской свиты четко литологически разделяется на нижнюю (достаточно выдержанную по мощности) трансгрессивную глинистую пачку и верхнюю, включающую ряд меняющихся по мощности (вплоть до выклинивания) песчаных слоев и разделяющих их прослоев глин. На палеогеологическом (выровненном по основанию баженовской свиты) профиле (рис.5) в верхней пачке на данном участке отчетливо выделяются три «разновозрастных» песчаных слоя, условно обозначенных (сверху вниз) Ю₁^{1а}, Ю₁^{1б} и Ю₁^{1в}. Даже в ограниченном фрагменте (юз-св) профиля длиной в 4 км четко устанавливается первичный седиментационный наклон слоев (косослоистый характер напластований), линзовидная их форма и встречное на разных уровнях выклинивание. В данном разрезе первичный наклон особенно резко выражен в основании самого молодого верхнего песчаного слоя Ю₁^{1а} и по кровле нижнего песчаного слоя Ю₁^{1в}. На перенос и накопление осадков среднего песчаного слоя, очевидно, оказывал влияние аккумулятивный рельеф, образованный поверхностью нижнего.

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

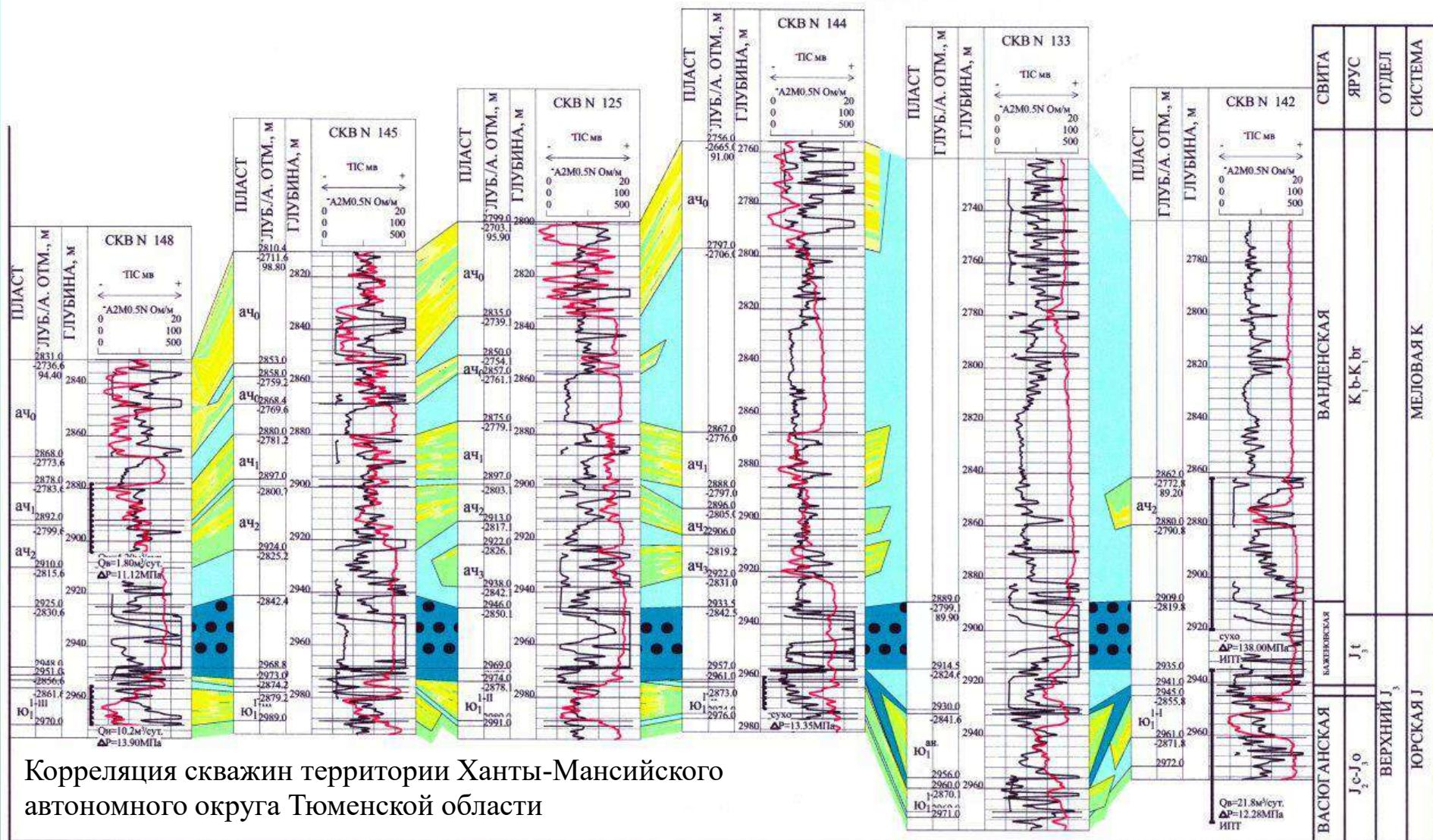
Угутское месторождение (эксплуатационный участок). Палеогеологический разрез отложений пласта Ю₁¹ васюганской свиты (выровнено по подошве глин Ю₁²)



- [Вестник недропользователя #15/2005](#) Ханты-Мансийского автономного округа// О некоторых седиментационных моделях продуктивных пластов верхнеюрского васюганского комплекса Западной Сибири
- [Мкртчян О.М.](#) (ВНИГНИ)

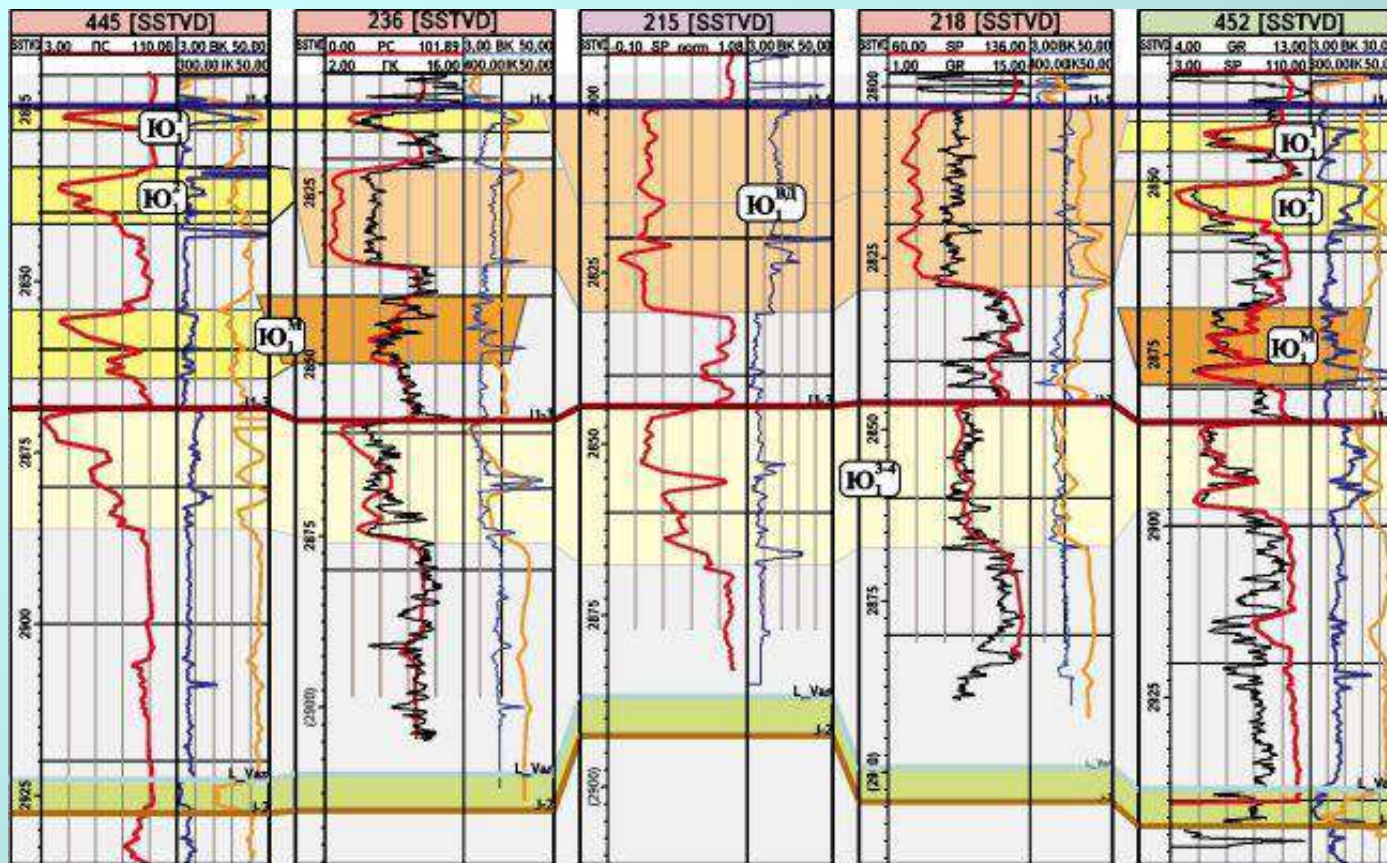
Отметим, что в условиях косослоистого типа строения в пачке Ю₁¹ получает то или иное развитие значительное число песчаных слоев, выделение, картирование и единая однозначная индексация которых являются достаточно сложной и трудоемкой задачей. Сходный тип строения обнаруживается и в нижнем циклите Ю₁³, отложения верхней регрессивной части которого также характеризуются косослоистыми напластованиями, демонстрируемыми на следующем палеогеологическом профиле юго-западного - северо-восточного простирания длиной около 3.5 км (рис.6). Здесь в разрезе выделяется два песчаных слоя: нижний, Ю₁^{3б}, распространенный в северо-восточной части профиля, плавно погружается, а затем выклинивается в юго-западном направлении; верхний, более мощный песчаный пласт Ю₁^{3а} выклинивается на северо-восток и резко возрастает в мощности на юго-запад. Подошва пласта и подстилающий его глинистый слой характеризуются значительным седиментационным наклоном, так же как и глинистый прослой, залегающий внутри песчаника (рис.6).

Лекция 8. Секвенции мезозоя (Западная Сибирь)



Корреляция скважин территории Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири



Ю_{1м} - морской;

Ю_{1вд} - врезанная
долина

Верхнеюрские песчаные пласты Ю₁ васюганской свиты являются одними из главных продуктивных объектов Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна. По объему геологических запасов они вторые (после неокомского интервала) по бассейну в целом и первые для юго-восточной части (Томская и Новосибирская области). В течение последних 5-7 лет в Западной Сибири происходил интенсивный ввод в разработку целого ряда месторождений, где основная продуктивность связана с пластами Ю₁. Одновременно активизировались поиск и разведка на территориях, где верхнеюрские песчаники могут быть перспективными объектами.

<http://www.vipstd.ru/gim/content/view/625/77/>

Условия осадконакопления песчаных пластов Ю₁ в центральных и юго-восточных районах Западной Сибири/ О.В.Пинус, М.И.Куренко (Шлюмберже DCS), Ю.В.Шульев, А.В.Билинчук (ОАО "Мегионнефтегаз") Геология нефти и газа. 2008. №2.

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

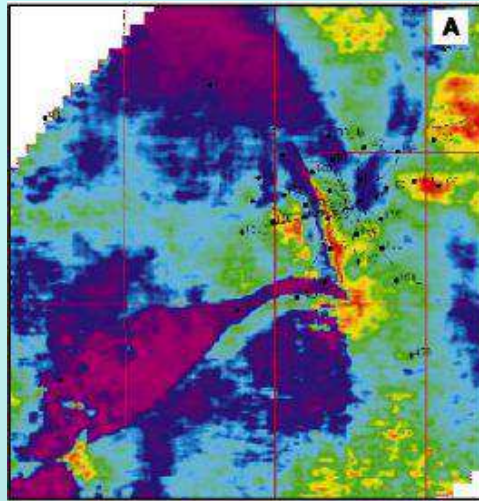
Традиционно считается, что основные песчаные пласты группы Ю₁ формировались преимущественно в мелководно-морских условиях, за исключением так называемой межугольной пачки МУ, разделяющей пласты Ю₁³ и Ю₁², которая распространена в разрезах Томской области и представлена континентальными осадками. Для центральной же части Западной Сибири, где межугольные отложения отсутствуют, положение о мелководно-морском генезисе осадков практически общепринято. Подобная трактовка, тем не менее, слабо согласуется с накопленными за последнее время данными по закономерностям площадного распространения пластов и распределению в них коллекторских свойств.

Несмотря на общие представления о преимущественно морском строении пластов васюганской свиты, свидетельства присутствия крупных песчаных тел флювиального происхождения в областях распространения классического васюганского разреза стали появляться еще в 90-х гг. В частности, на юго-западе Томской области скв. Северо-Карасевская-66 вскрыла монотонный песчаный пласт толщиной около 32 м. В.С.Славкин и др. предполагали его речное происхождение, тогда как Б.Н.Шурыгин и др. (1999), соглашаясь с этим положением, интерпретировали обстановку осадконакопления как *врезанную долину*.

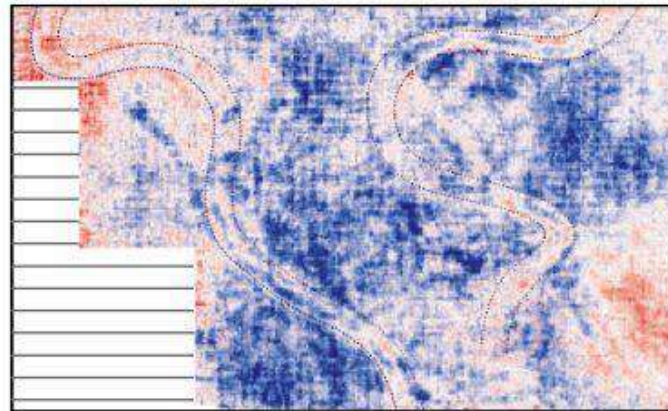
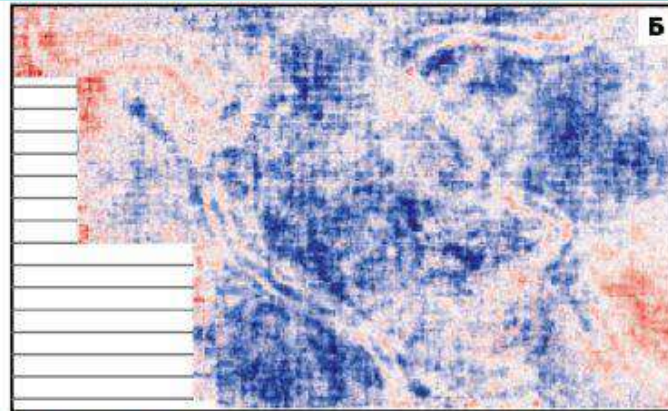
С развитием в Западной Сибири практики проведения сейсморазведки 3D все чаще стали приводиться примеры имиджей “речного типа” на сейсмических атрибутах и слайсах. В частности, А.А.Нежданов приводит пример “канальных” образований по месторождениям с Нижневартовского свода и Северо-Пуровскому месторождению. Типичные “речные” имиджи хорошо различаются на сейсмических атрибутах, рассчитанных в интервале пласта Ю₁¹ на месторождениях I и Киньяминском (рис.2). Примеры флювиальных врезов на уровне пластов Ю₁¹ и Ю₁^М описаны в разрезах Киньяминского и Двуреченского месторождений (Пинус С.В. и др., 2002; 2006). Детальный анализ стратиграфического строения васюганской свиты по четырем месторождениям центральной Западной Сибири, где аномальная изменчивость мощностей и вещественного строения пластов интерпретируется как результат русловых врезов, приведен О.М.Мкртчяном.

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

Пласты Ю₁ формировались в разнообразных фациальных условиях – как морских, так и континентальных (включая переходные). Этим, в первую очередь, и обусловлена сложность их геологического строения, которая неоднократно подчеркивалась в многочисленных публикациях и фондовых документах. Флювиальные процессы играли существенную роль (не менее значимую, чем морские) в образовании песчаников Ю₁, в результате чего на многих месторождениях центральных и юго-восточных частей бассейна пласты васюганской свиты представляют собой сложные полифациальные объекты.



**Рис. 2. ИМИДЖИ
ФЛЮВИАЛЬНЫХ
(РЕЧНЫХ) ЭЛЕМЕНТОВ
НА СЕЙСМИЧЕСКИХ
АТРИБУТАХ,
РАСЧИТАННЫХ В
ИНТЕРВАЛЕ ПЛАСТА Ю₁**

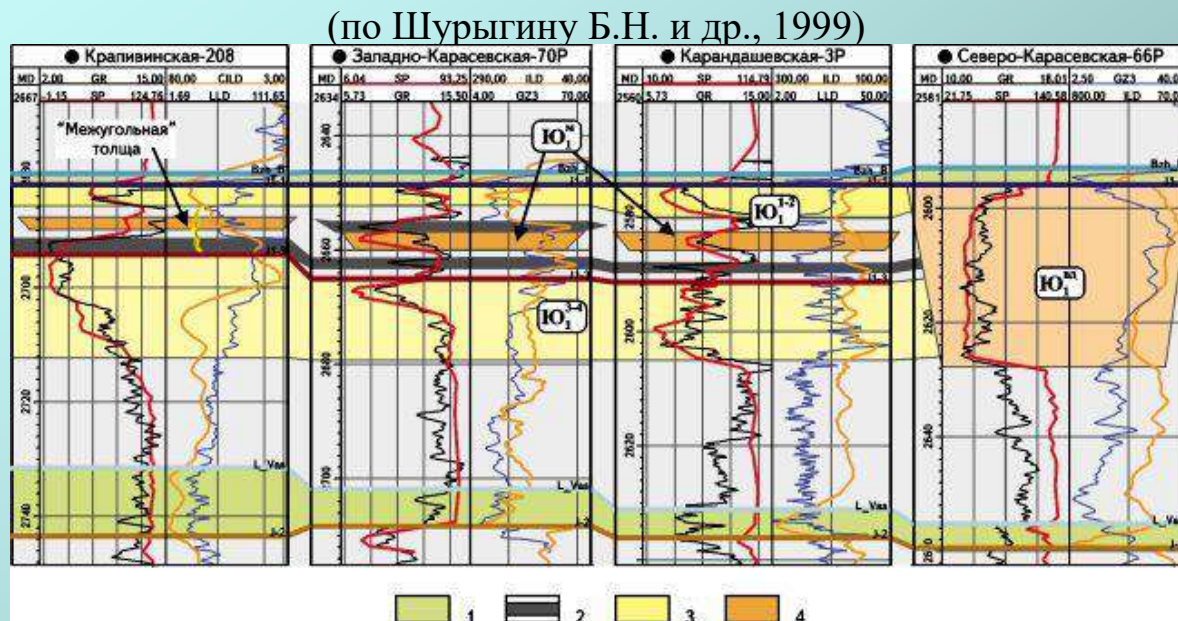


**Месторождения: А – I, Б –
Киньяминское (Барабошкин
Е.Ю., 2004)**

<http://www.vipstd.ru/gim/content/view/625/77/>

Условия осадконакопления песчаных пластов Ю₁ в центральных и юго-восточных районах Западной Сибири/ О.В.Пинус, М.И.Куренко (Шлюмберже DCS), Ю.В.Шульев, А.В.Билинчук (ОАО “Мегионнефтегаз”) Геология нефти и газа. 2008. №2.

ТИПИЧНЫЕ РАЗРЕЗЫ ВАСЮГАНСКОЙ СВИТЫ ПО СКВАЖИНАМ ЮЖНОЙ ЧАСТИ КАЙМЫСОВСКОГО СВОДА



1 – трансгрессивные отложения пахомовской и барабинской пачек (в основании и кровле свиты соответственно); пласты: 2 – угольные, 3 – песчаные мелководно-морского генезиса, 4 – тоже флювиального генезиса (IV)

Скважина Северо-Карасевская-66Р представлена аномальным разрезом, где весь интервал от кровли васюганских глин до подошвы барабинской пачки представлен единым массивным песчаным пластом мощностью около 32 м, обозначенным как Ю₁ВД (врезанная долина, см. рис.3).

Литологически данный объект характеризуется серыми преимущественно мелкозернистыми песчаниками с отдельными прослоями, содержащими гравелиты, глинистые интракласты и гальки. Контакт с нижележащими отложениями резкий, эрозионный. Все это свидетельствует о принципиально иной обстановке осадконакопления по сравнению с приведенными ранее “типичными разрезами”, которая может интерпретироваться как комплекс флювиальных русел.

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

Южная часть Каймысовского свода

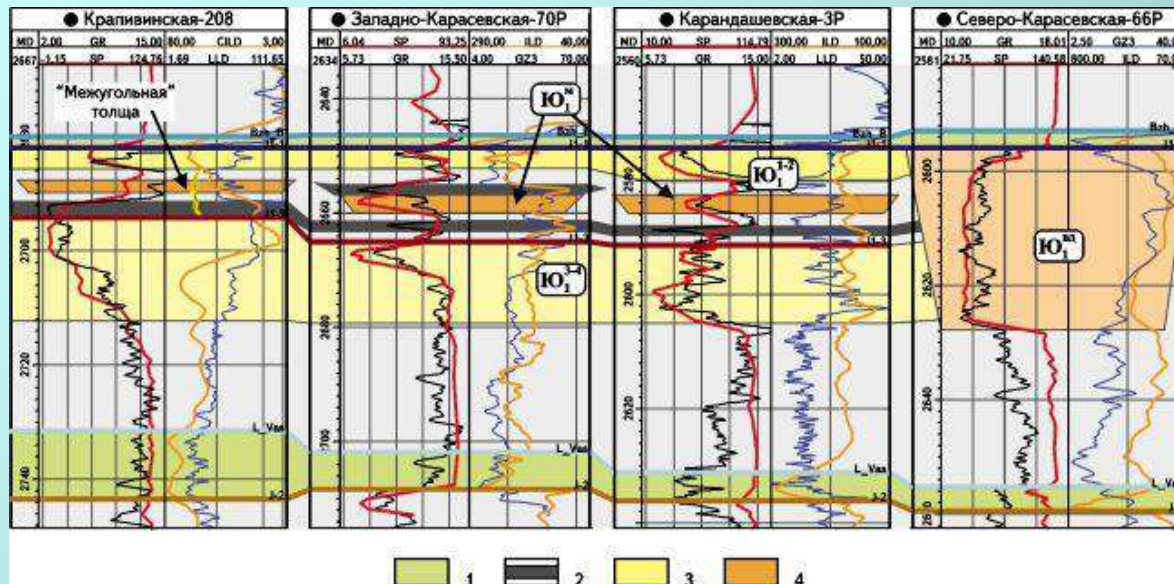
Разрезы васюганской свиты по скважинам представляют собой яркий пример неоднородности пластов Ю₁ за счет их полифациального строения (Шурыгин Б.Н. и др., 1999)]. В данном регионе присутствуют как классические разрезы свиты с песчаными пластами Ю₁^{3*} и Ю₁¹⁻², сформировавшихся в мелководно-морских условиях, так и аномальные (преимущественно континентальные) разрезы.

*** По данным региональной корреляции, он, однако, соответствует стратиграфическим уровням пластов Ю₁⁴ и Ю₁³, которые здесь не дифференцируются и представляют единый пласт, обозначенный на рис. 3 как Ю₁³⁻⁴.**

Высокая мощность песчаных разностей Ю₁ВД позволяет предположить, что пласт представляет собой наложение (амальгамация) нескольких русел. Такое наложение с формированием мощных пластов могло происходить либо в условиях крупной, долговременно существовавшей реки, либо во “врезанной долине”*. Последнее представляется более вероятным, учитывая палеогеографические особенности территории. Субэральная эрозия и врез долины могли происходить в период значительного снижения относительного уровня моря в регионе (Шурыгин Б.Н. и др., 1999). Заполнение долины флювиальными осадками происходило при дальнейших стабилизации и подъеме уровня моря. К сожалению, отсутствие данных сейсморазведки 3D и редкость сети скважин в данной зоне не позволяют однозначно сделать вывод в пользу одного из упомянутых альтернатив.

В терминологии сиквенс-стратиграфии врезанные долины (incised valleys) формируются на континенте как результат резкого регионального снижения уровня моря (Posamentier, Allen, 2002). Во многих случаях они бывают заполнены флювиальными отложениями и могут содержать мощные (до 100 м) песчаные тощи. Флювиальные тощи, которые формировались в результате нормальной регрессии (без резких снижений уровня моря), чаще именуются как пояса флювиального осадконакопления (channel belts). Данные образования могут быть распространены на больших площадях, и толщины песчаных пластов отдельно взятого руслового комплекса в них обычно не превышают 20 м.

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири



Южная часть Каймысовского свода

В качестве типичных разрезов могут служить скв. Крапивинская-208 и Западно-Карасевская-70Р (рис.3). Основным продуктивным горизонтом региона является песчаный пласт, залегающий над глинами нижневасюганской подсвиты и традиционно индексируемый как Ю₁³. Согласно общей конфигурации каротажных кривых и результатам седиментологических исследований, объект формировался преимущественно в мелководно-морских условиях. Выше залегают отложения межугольной толщи, сложенной континентальными образованиями и содержащей угольные пласты. В разрезе межугольной толщи часто присутствуют песчаные пласты индексируемые как Ю₁^M, которые сформировались в условиях флювиальных русел, о чем свидетельствуют седиментологические данные по многим площадям региона (Барабошкин Е.Ю., 2004). Континентальные разности “межугольного” разреза перекрыты маломощным песчаным пластом морского генезиса, который обозначен на разрезе (см. рис. 3 на цветной вкладке) как Ю₁¹⁻².

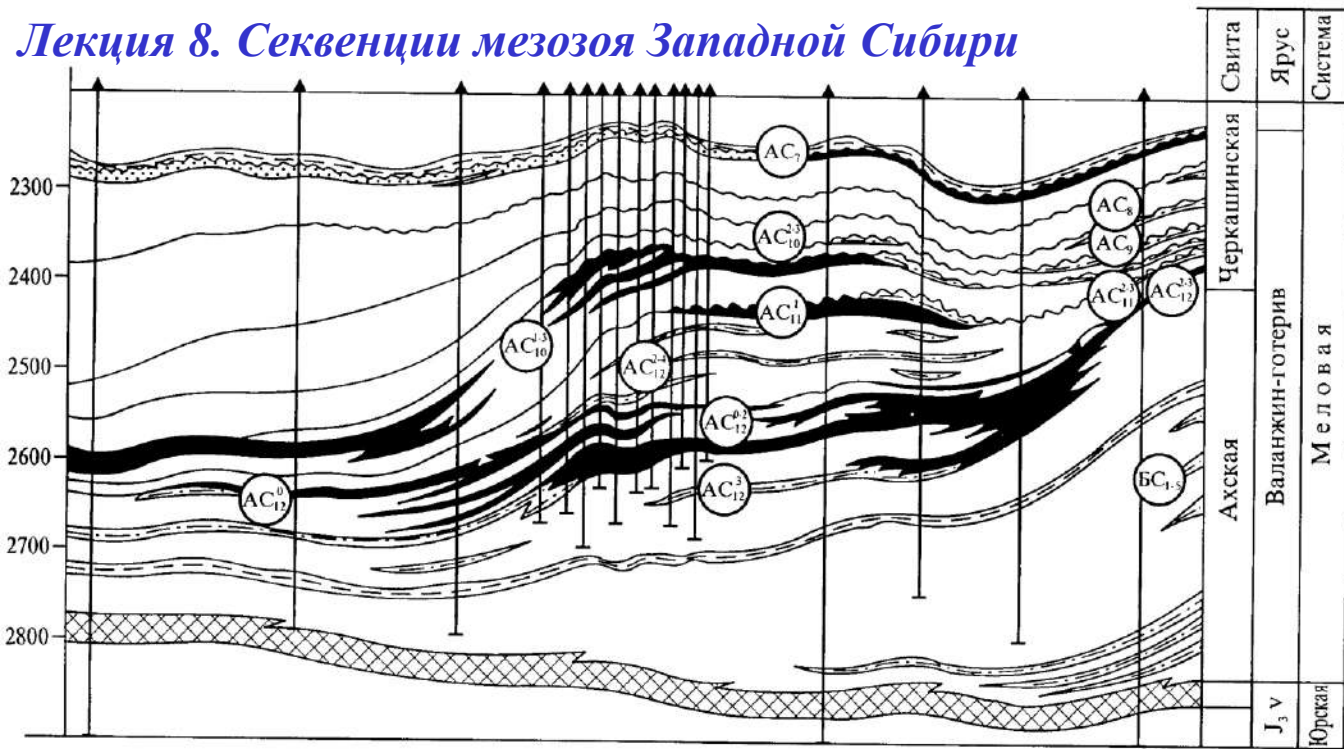
ПРИБСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ (ФРОЛОВСКАЯ НГО)

- Открыто в 1981 году
- Залежи выявлены в пластах AC_7 , A_9 , AC_{10} , AC_{11} , AC_{12} , последние три являются основными объектами разработки и входят в состав клиноформенного комплекса неокома – их сопоставляют с песчаниками ачимовской толщи

Разрез через Приобское месторождение



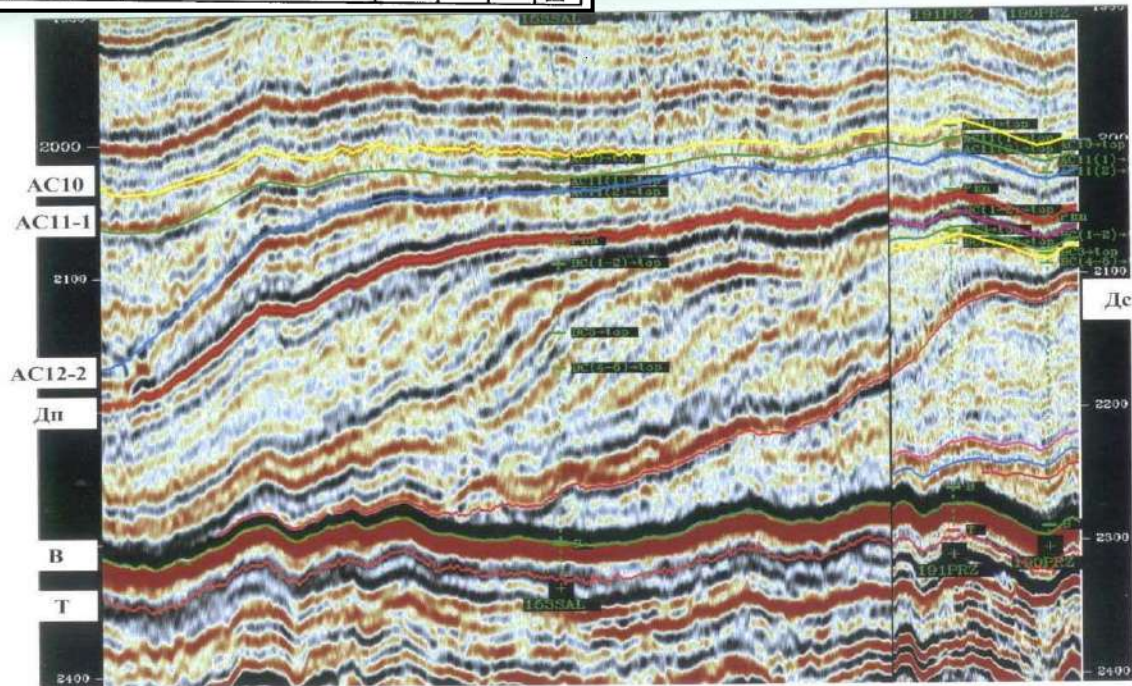
Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири



ПРИБСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

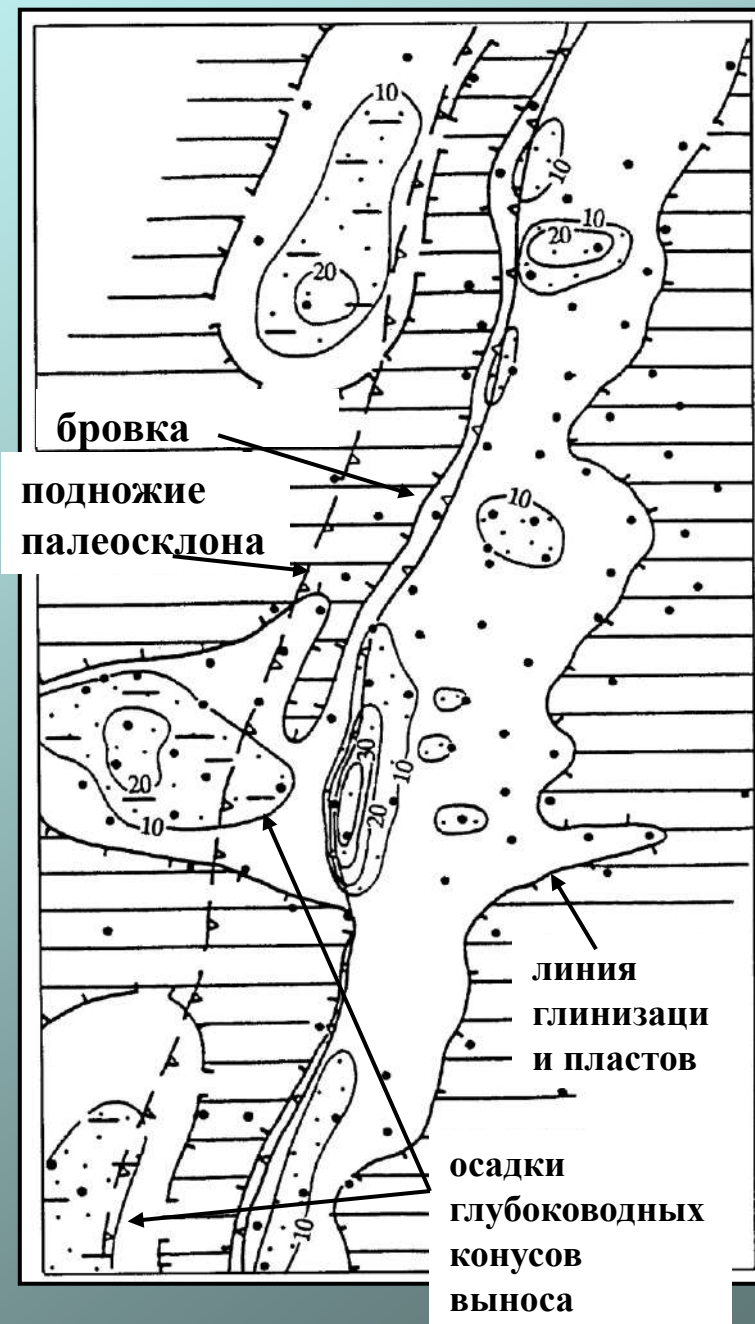
Геологический (вверху)
и сейсмический (внизу)
разрезы верхнеюрско-
неокомских отложений

Все залежи линзовидные, при этом линзы полностью насыщены нефтью. Наиболее крупной является залежь пласта AC₁₂¹⁻², размеры которой составляют 45x25 км, высота 176 м, нефтенасыщенные толщины до 40,6 м. Геологические запасы оцениваются более чем 1,5 млрд. т



ПРИБСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

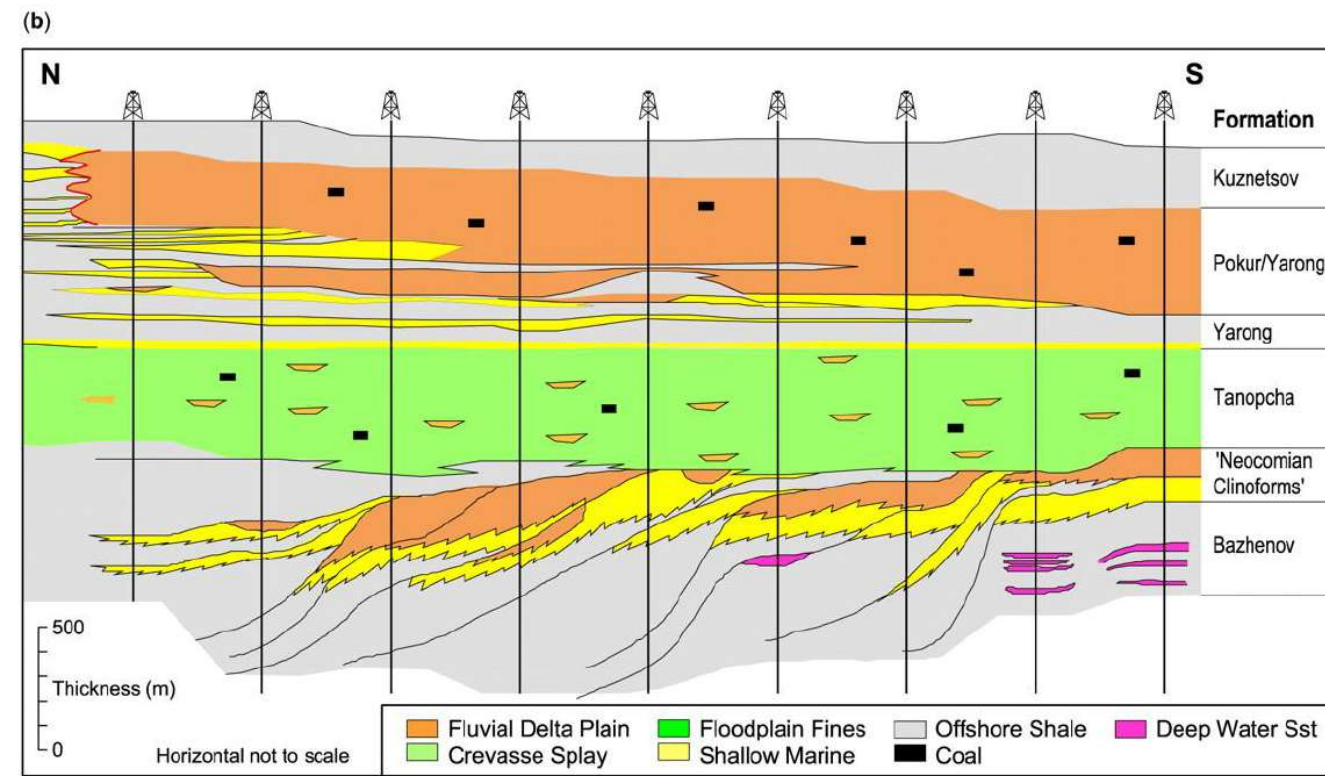
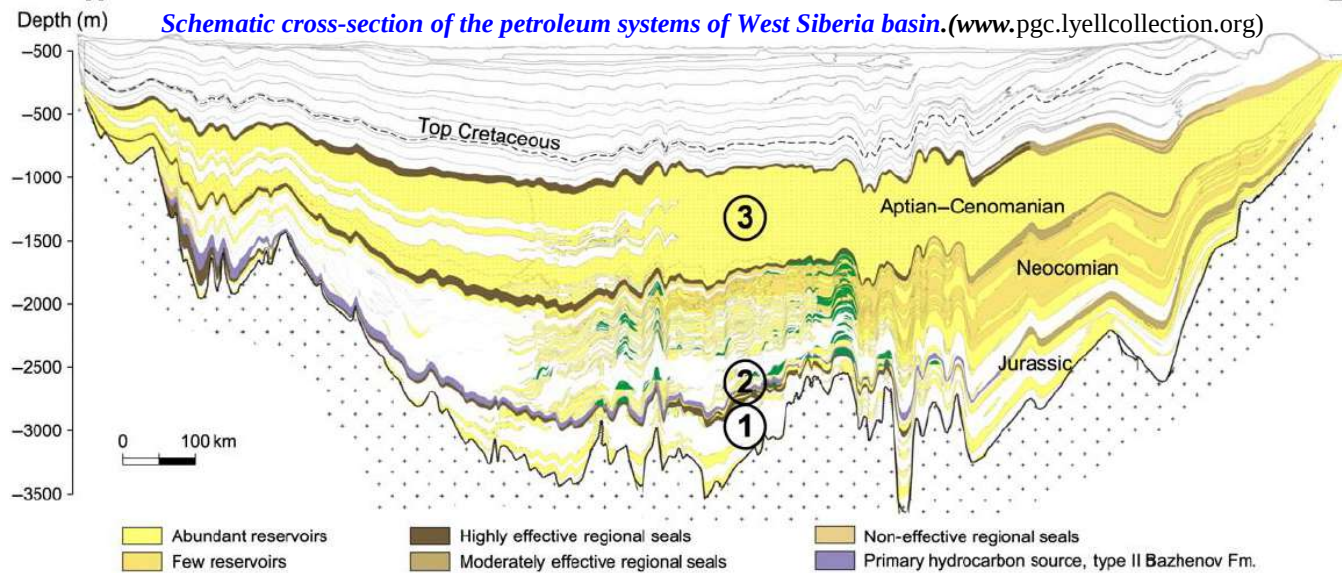
- В течение краткосрочного повышения относительного уровня моря сформировалась тонкая, глинистая трансгрессивная система трактов.
- Для верхней секвенции падение относительного уровня моря имело более низкую амплитуду, поэтому подводные конуса выноса низкого стояния не получили развития. Напротив, длительное повышение уровня моря высокой амплитуды привело к накоплению мощной трансгрессивной серии. Основные коллекторские горизонты здесь связываются с дельтовыми отложениями и турбидитами
- Разработка месторождения началась в 1988. Первоначальная схема основывалась на антиклинальной геологической модели. Позднее была принята линейная трехрядная система. В последние годы дебит по новым скважинам приблизился к нерентабельной величине (5,6 т/сут). Для повышения производительности скважин предлагается совместная эксплуатация 2-3 горизонтов и применение ГРП (увеличивает дебиты более чем в 4 раза)





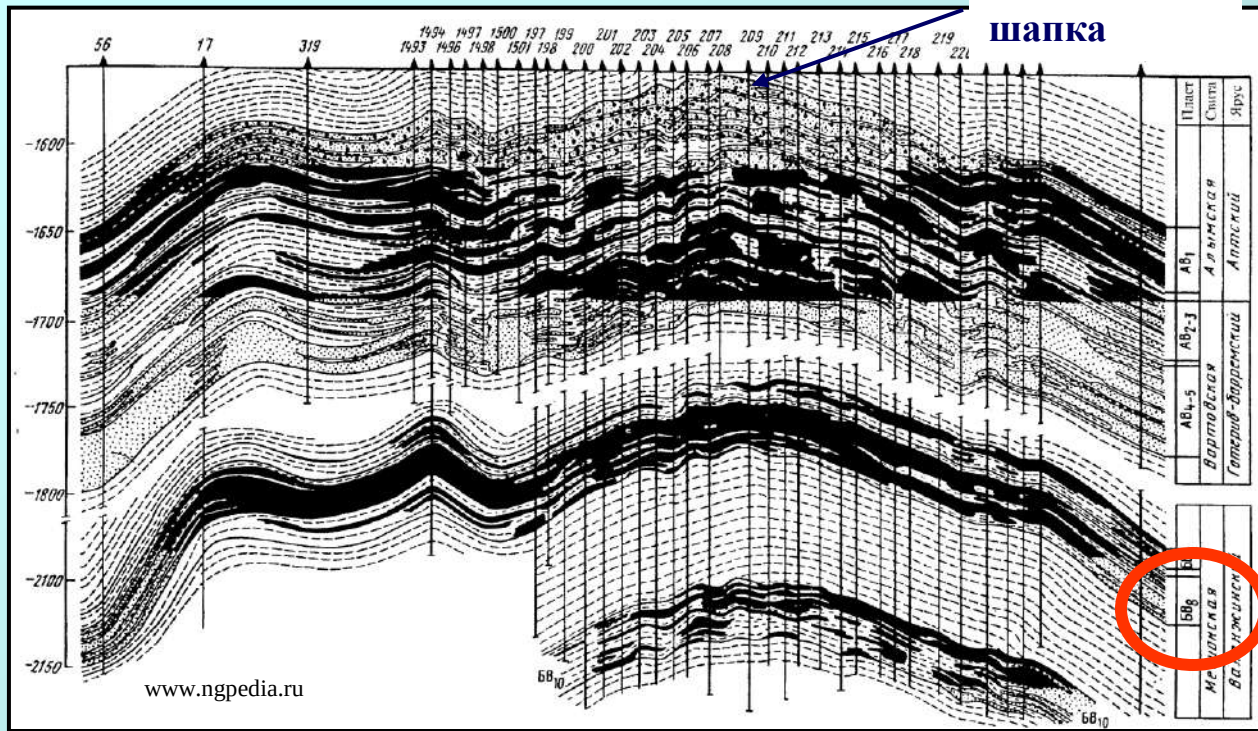
West-east-oriented cross section and sequence stratigraphic interpretation. The depths are relative to the base of the Koshaiskaya unit (1900–2100 m). The Koshaiskaya is a distinct shale unit that formed during the regional highstand in the Aptian and is conventionally used as a datum surface to hang Neocomian sections. PP = Pimskaya unit, BP = Bystrinskaya unit, NP = Nadpimskaya unit, LST = lowstand systems tract, lsf = lowstand fan, lpw = lowstand prograding wedge, TST = transgressive systems tract, HST = highstand systems tract, SB = sequence boundary, SB1 = type 1 sequence boundary, TS = transgressive surface, mfs = maximum flooding surface, CS = condensed section.

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири



К берриас-валанжинским отложениям мегионской свиты

приурочены многочисленные промышленные нефтяные и газоконденсатные залежи во всех нефтегазоносных районах Западной Сибири. Продуктивные пласты отличаются резко неоднородным строением, которое в значительной мере контролируется генезисом отложений. Алеврито-песчаные и глинистые породы были сформированы либо в зонах морского бассейна с активной гидродинамической средой (шельф, прибрежная полоса, приливно-отливная зона), либо на аккумулятивной аллювиально-дельтовой равнине. При этом главным регулятором осадконакопления были сама среда и неустойчивый процесс седиментации на фоне общего постепенного погружения бассейна. Этими быстродействующими факторами обусловлены частые фациальные переходы алеврито-песчаных пород в глинистые и линзовидно-прерывистое строение слоев, значительно усложняющие геологическую модель залежи.



Рассмотрим пласт БВ₈ **Самотлорского** нефтяного месторождения, где промысловые скважины расположены с наибольшей плотностью - по сетке с шагом до 200 м. Это месторождение находится в той же палеогеографической зоне, что и Уренгойское, вытянутой вдоль береговой линии морского палеобассейна (**SS**)

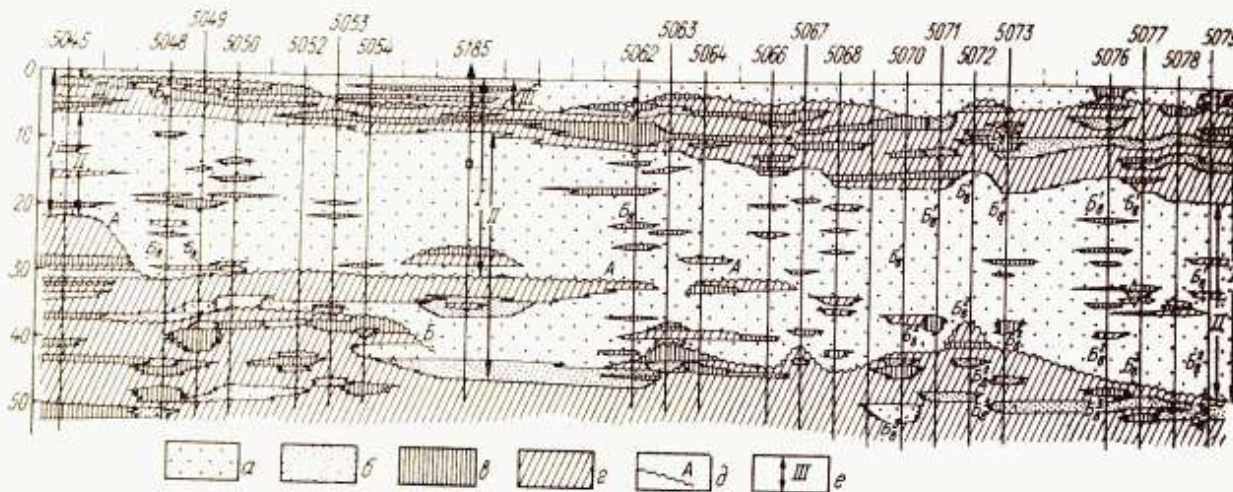
Геометрия пласта БВ₈ позволяет выявить следующие закономерности строения, подтверждающие его дельтовый генезис.

Южнобалыкская и чеускинская пачки составляют один крупный **трансгрессивный мезоцикл** отложений с дельтовым комплексом в основании (**LST**) и морским (**TST-HS**), в кровле. В составе мезоцикла выделяются три цикла: нижний - неполный, соответствующий пласту БВ₈³ (**LST**), средний - БВ₈¹⁻² (**TST**), и покрывающие их глины (**HS-1**), и верхний - БВ₈⁰ с чеускинскими морскими глинами в кровле (**HS-2**).

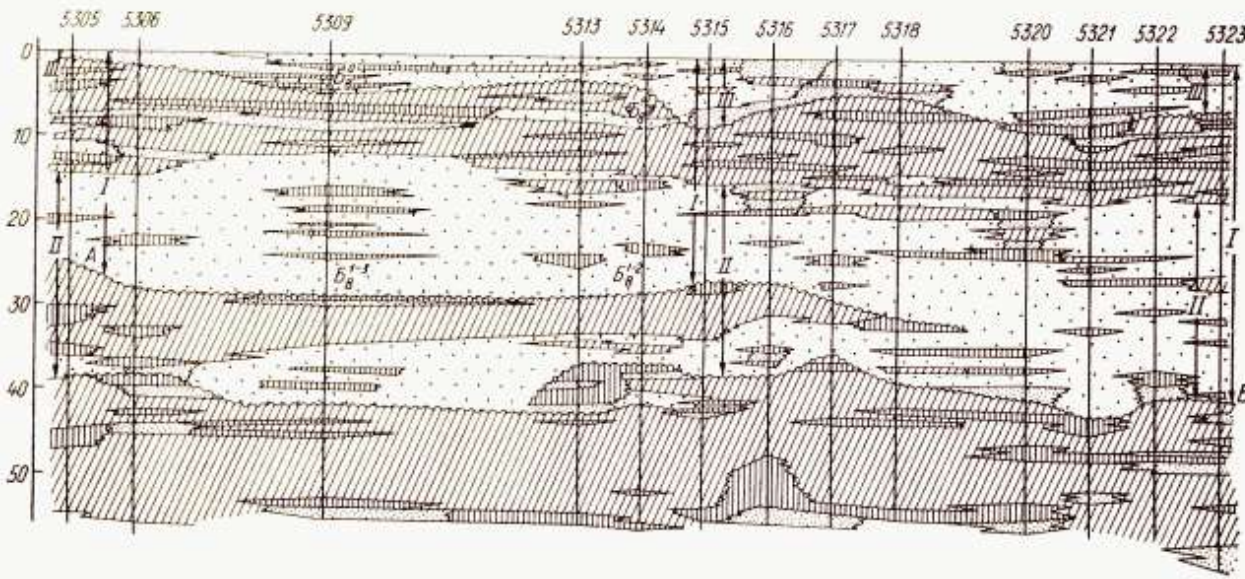
Базальные песчаные тела циклов имеют плоско-выпуклую форму с эрозионным основанием, характерным для русловых образований (**IV**).

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

Палеогеологический профильный разрез продуктивного пласта БВ₈ месторождения Самотлор



а - хорошо проницаемые
пески и песчаники;
б - проницаемые алеврито-
песчаные породы;
в - слабопроницаемые
глинисто-алевритовые
породы;
г - непроницаемые
глинистые породы;
д - поверхности внутри
формационных размывов;
е - объем песчаного тела, для которого
построена карта мощностей.

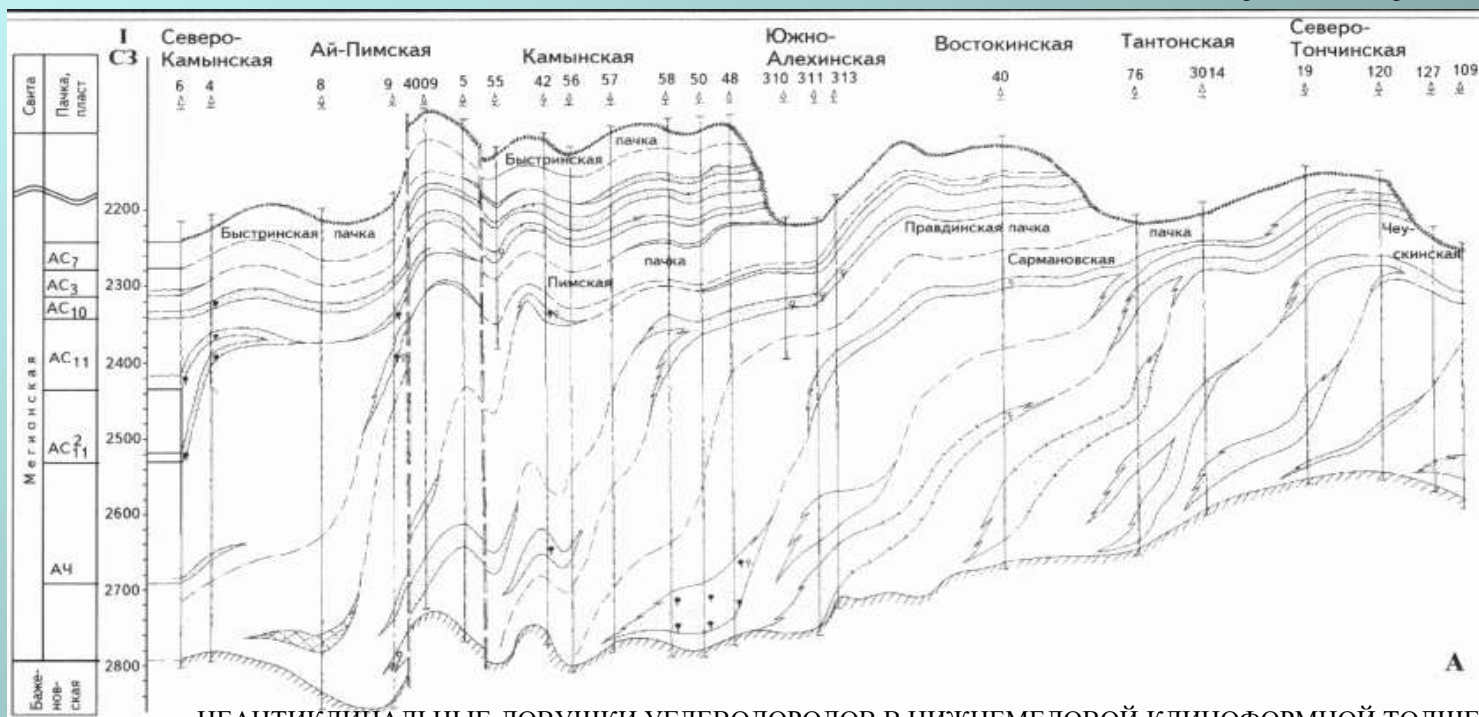


Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

В результате взаимодействия процессов постоянного прогибания дна бассейна, устойчивого сноса отложений с востока и юго-востока, а также повторяющихся циклов морской трансгрессии и регрессии **продвижение на запад песчаных морских клиноформ в ходе регрессивных фаз периодически сменялось трансгрессивным перекрытием этих клиноформ морскими сланцами**, иногда сопровождающимся формированием фаций материнских пород. В результате взаимопроникновения клиноформных резервуаров и морских сланцев, перекрывающих баженовскую материнскую породу, возникли условия формирования самой богатой углеводородной системы в бассейне и одной из богатейших систем в мире. Клиноформы также продвинулись, хотя и в значительно меньшей степени, к западной – уральской – границы бассейна.

<http://www.rogtecmagazine.com/ru-blog/blackbourn-reports-western-siberia-mesozoic-and-tertiary/>

Грехем Блэкберн Blackbourn Geoconsulting



НЕАНТИКЛИНАЛЬНЫЕ ЛОВУШКИ УГЛЕВОДОРОДОВ В НИЖНЕМЕЛОВОЙ КЛИНОФОРМНОЙ ТОЛЩЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А.М. Жарков (ВНИГРИ)

<http://www.geolib.ru/OilGasGeo/2001/01/Stat/stat03.html>

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

Распределение мощностей как циклов в целом, так и песчаных элементов не контролируется современным структурным планом. Изопахиты песчаных слоев вырисовываются в виде рукавообразных полос или потоков, по М.Ю. Эрвье, при общей клиновидной форме песчаного тела, мощность которого увеличивается на юго-восток. Каждый цикл представляет собой набор субаэральных и морских фаций одного периода дельтообразования, а мезоцикл - образование многократно повторяющейся дельтовой системы.

Продуктивный пласт BV_8^0 , входящий в трансгрессивную, более глинистую часть мезоцикла, изолирован и может содержать самостоятельную залежь данные на 1982 г.

Пласты BV_8^1 и BV_8^2 газогидродинамически связаны между собой, хотя на обширном северо-западном поле месторождения разделены глинистой перемычкой.

Нижний продуктивный пласт BV_8^3 представляет собой на отдельных участках структуры цепочку изолированных линз на других - прерывистый пласт, газогидродинамически связанный с BV_8^{1-2}

Короткие линзы и выклинивающиеся прослои алевроито-глинистых пород среди песчаных не влияют в целом на строение продуктивных пластов и тип залежи.

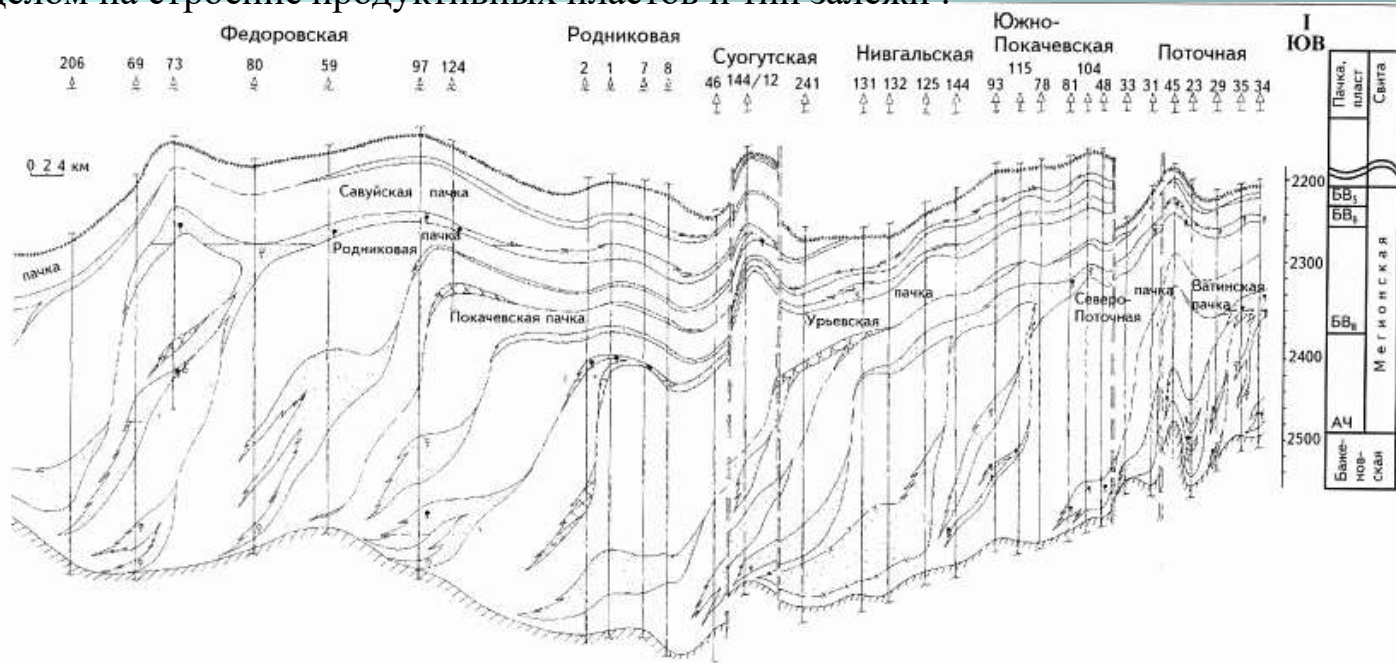
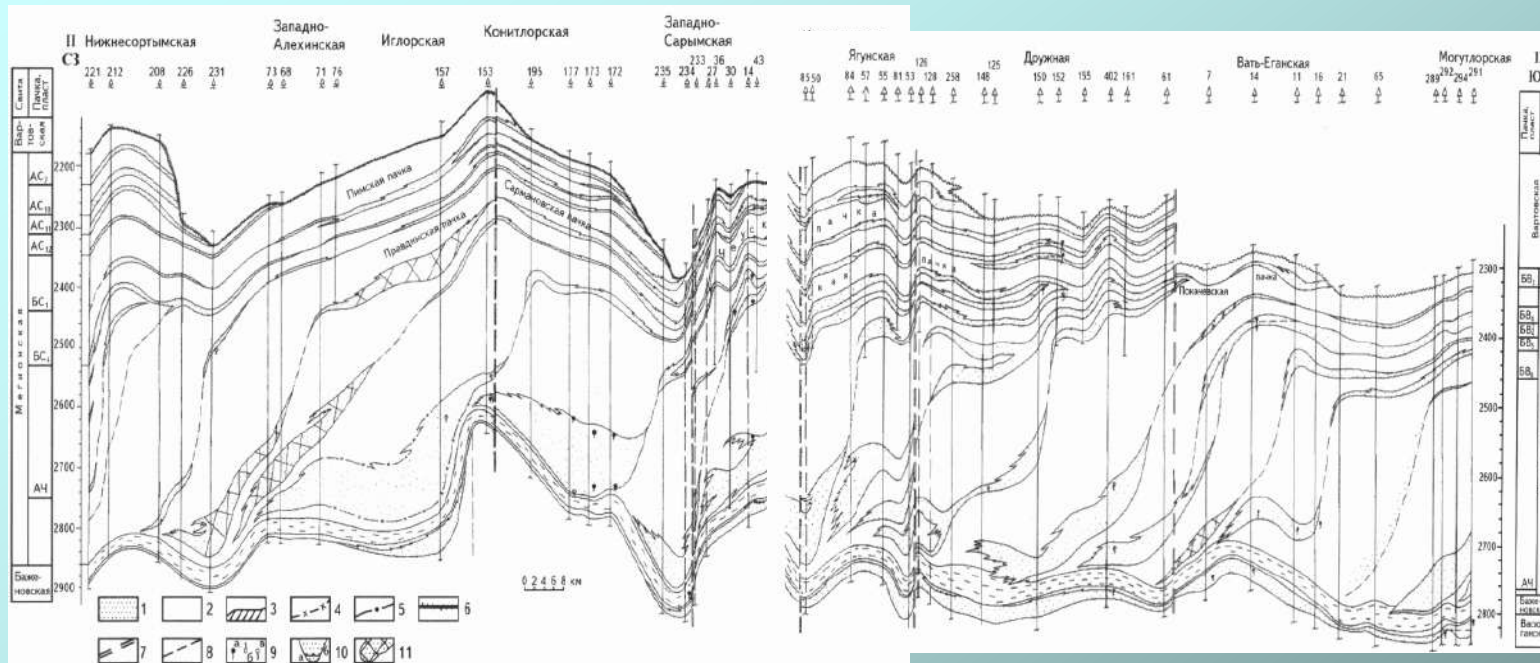


Рисунок:
НЕАНТИКЛИНАЛЬНЫЕ
ЛОВУШКИ УГЛЕВОДОРОДОВ
В НИЖНЕМЕЛОВОЙ
КЛИНОФОРМНОЙ ТОЛЩЕ
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ
А.М. Жарков (ВНИГРИ)
<http://www.geolib.ru/OilGasGeo/2001/01/Stat/stat03.html>

Текст:
Особенности строения
продуктивных пластов
мегионской свиты Западной
Сибири
В.И. ЕРМАКОВ, А.А. ШАЛЯ
(ВНИИГ аз) <http://www.geolib.ru/OilGasGeo/1982/05/Stat/stat05.html>

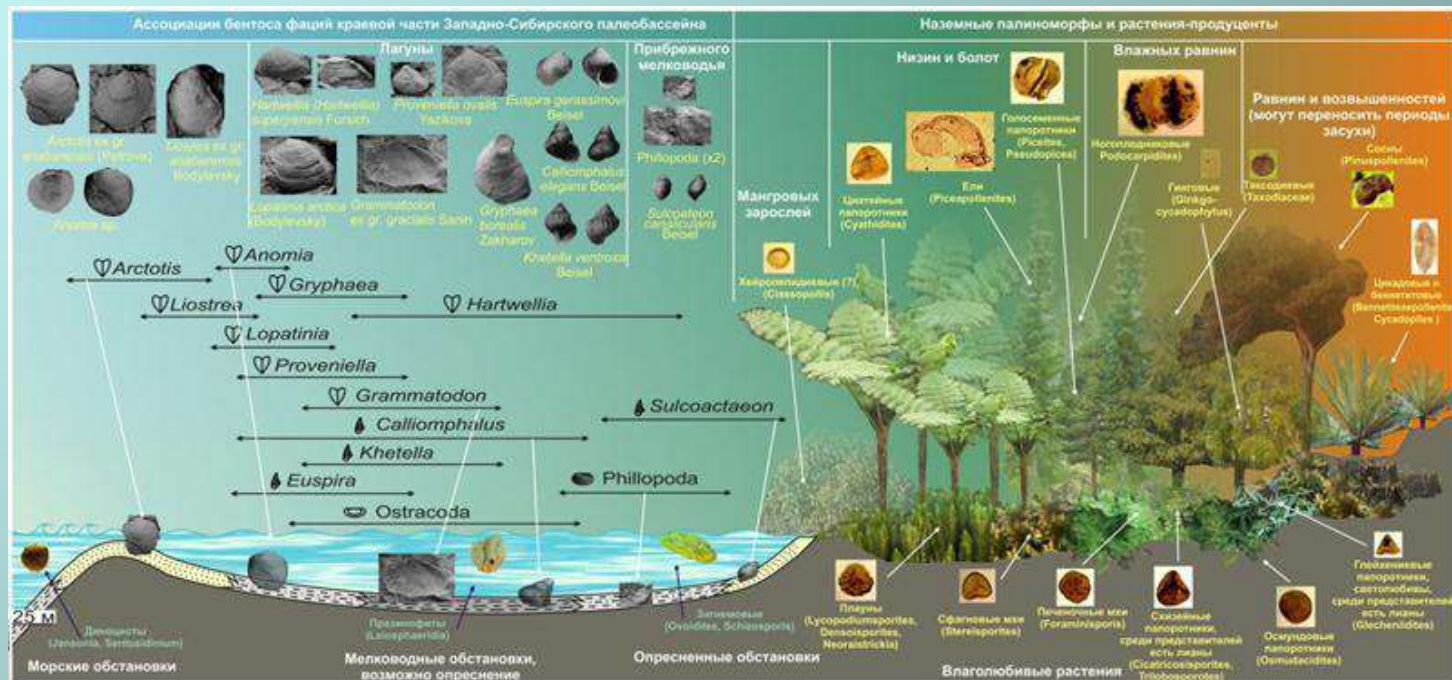
Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири



1- песчаники; 2 - аргиллиты; 3 - кровля баженовской свиты; 4 - контур участков неуверенной интерпретации; 5 - поверхность подошвы клиноформ; 6 - линия фациального перехода мегонской свиты в вартовскую; 7 - тектонические нарушения; 8 - контур прослеженных поверхностей; 9 - притоки: а - нефти, б - газа, в - воды; 10 - контур ВНК: а - установленный, б - предполагаемый; 11 - перспективные объекты

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

Комплексный палеоэкологический анализ морских и наземных палиноморф и моллюсков раннего валанжина юго-востока Западной Сибири (скв. Восток 4) и раннемеловых палеоландшафтов юго-восточных окраин Западной Сибири. Установлены особенности распределения бентоса и палеообстановок в краевой (юго-восточной) зоне палеобассейна, растительных ассоциаций и палеоландшафтов обрамляющих участков суши. Определено два этапа реккурирования палеообстановок: 1) чередования лагунных и прибрежных обстановок; 2) чередования лагунных и нормально-морских обстановок. Реконструирована специфика латерального распределения бентоса и фитофоссилий в трансгрессивные и регрессивные фазы каждого этапа.



Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири



Ванкорское месторождение расположено в пределах Пур-Тазовской нефтегазоносной области в составе Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. В тектоническом отношении месторождение приурочено к Ванкорскому поднятию в северной части Лодочного вала, осложняющего южную часть Большехетской структурной террасы Надым-Тазовской синеклизы. Его продуктивные горизонты имеют песчаный состав и приурочены к нижнемеловым отложениям нижнехетской (верхний берриас — нижний валанжин) и яковлевской (средний апт — средний альб) свит. В кровле долганской свиты (верхний альб — сеноман) установлены непромышленные скопления газа.

Ванкорское и Северо-Ванкорское месторождения расположены на севере Красноярского края, в Туруханском районе. Они входят в группу Ванкорских месторождений, к которой геологически относятся Лодочное, Сузунское и Тагульское месторождения. Лицензия на Ванкорское месторождение, с запасами нефти С 1— 20,2 млн. т и С— 2 105,1 млн. т; запасами газа С 1— 32,8 млрд. кубометров и С 2 — 44 млрд. кубометров принадлежит ЗАО «Ванкорнефть». Оператором Северо-Ванкорского месторождения, обладающего запасами нефти С 3 — 37,9 млн. т, является ООО «Таймырнефть» (100-процентная «дочка» ASOC). Обе компании контролируются «Роснефтью». www.rosneft.ru, www.wikipedia.ru

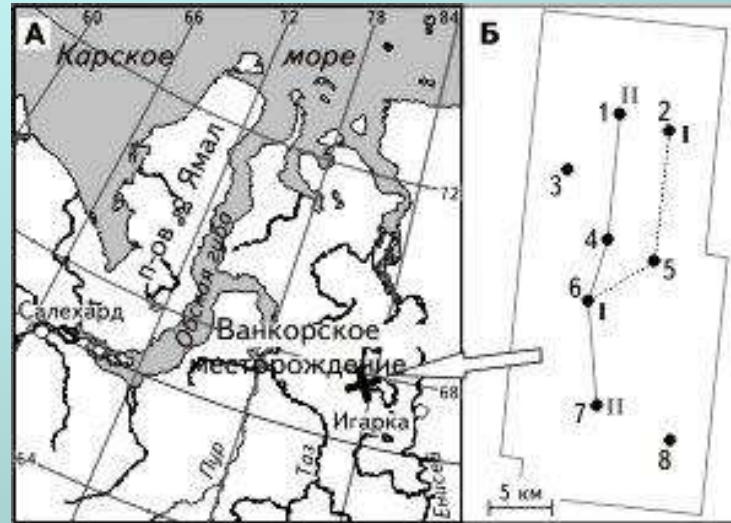
Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

Система	Отдел	Ярус	Подъярус	Свита	Состав
Меловая	Верхний	Сеноманский		Долганская	
	Нижний	Альбский	в	Яковлевская	
			с		
			н		
		Аптский	в	Малохетская	
			с		
			н		
		Барремский		Суходудинская	
		Готеривский	в		
		Готеривский	н		
		Баланжинский	в	Нижнехетская	
			с		
			н		
		Берриасский	в	Яновстанская	
			с		
			н		
Юрская	Верхний	Титонский			



СХЕМА СТРАТИГРАФИЧЕСКОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВАНКОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

1 – пески, песчаники; 2 – алевролиты; 3 – глины, аргиллиты



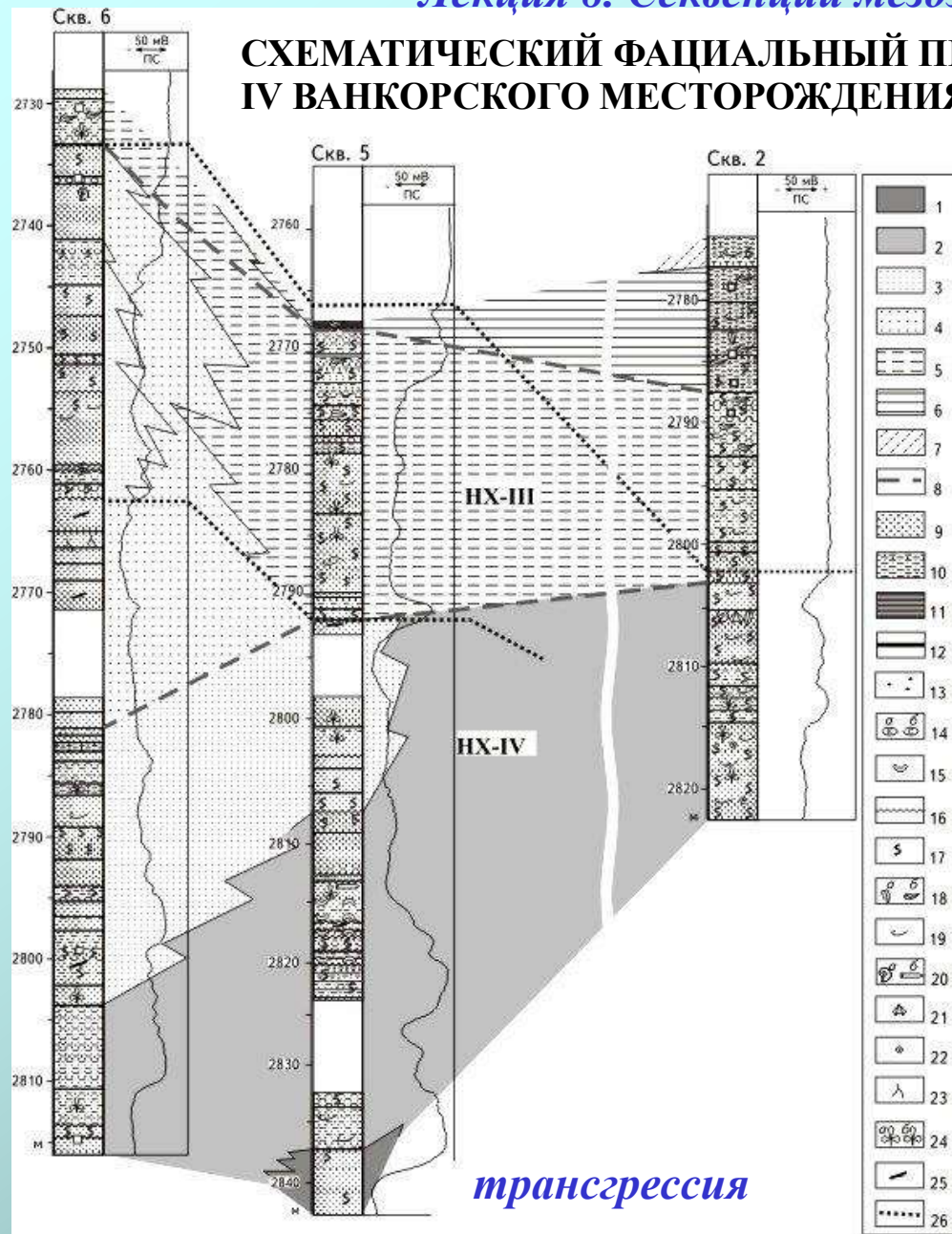
Нижнехетская свита. В пределах площади исследования нижнехетская свита представлена толщей алевроитоглинистых пород, согласно залегающей на глинистых отложениях яновстанской свиты и перекрывающейся преимущественно песчаными породами суходудинской свиты. Берриас-валанжинский возраст свиты определен по остаткам аммонитов и других морских беспозвоночных.

Состав и условия образования продуктивных толщ Нижнехетской и Яковлевской свит нижнего мела Ванкорского нефтегазового месторождения (северо-восток западной Сибири)

П.А.Фокин, В.Р.Демидова (МГУ), В.М.Яценко, П.В.Ставинский, О.В.Лисунова (Роснефть)

<http://www.vipstd.ru/gim/content/view/748/289/>

СХЕМАТИЧЕСКИЙ ФАЦИАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ ГОРИЗОНТОВ НХ-III, IV ВАНКОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

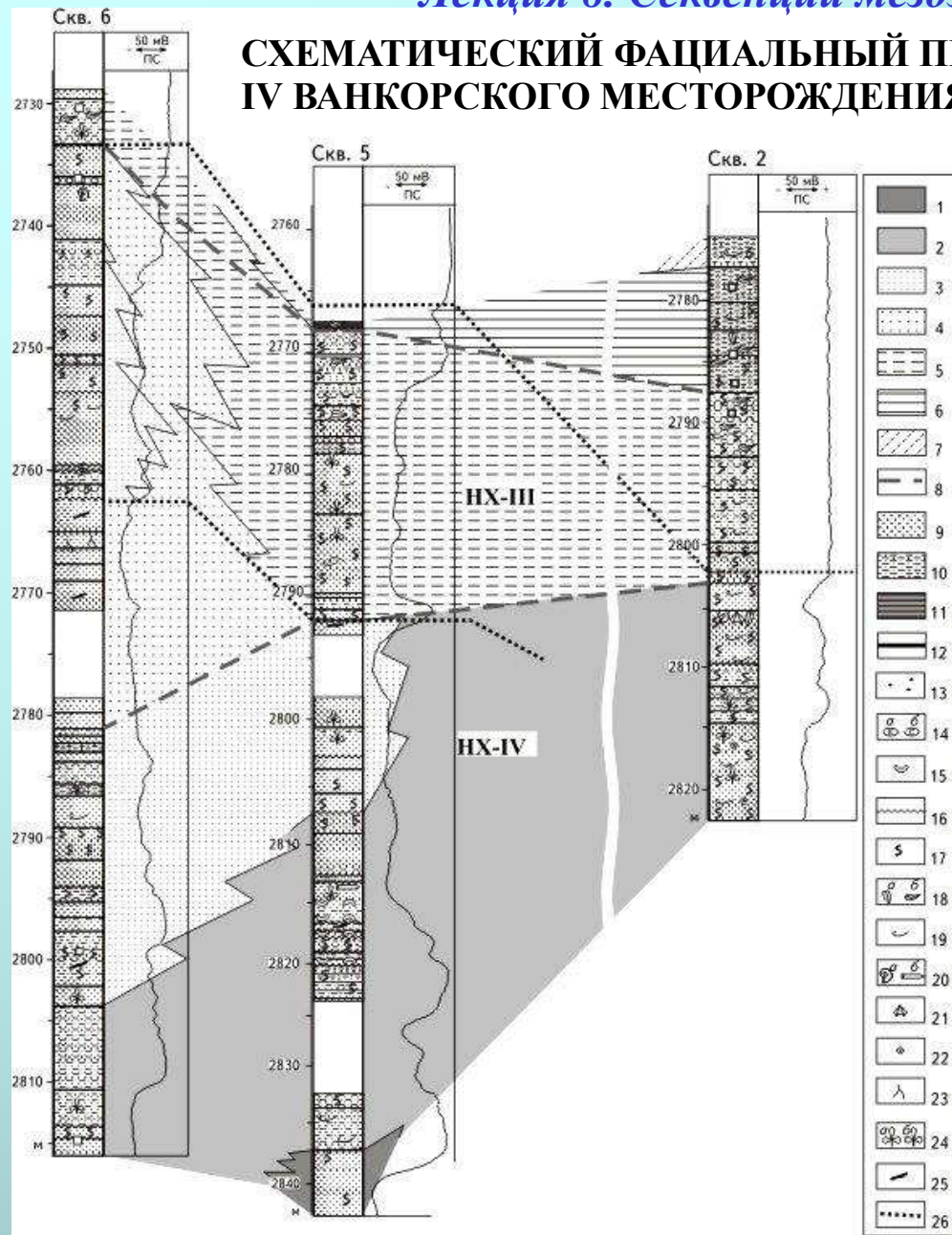


Отложения: 1 – дистальной зоны побережья, 2 – переходной зоны побережья, 3 – предфронтальной зоны пляжа, 4 – нижнего пляжа, 5 – внешней краевой зоны лагуны, 6 – внутренней зоны лагуны, 7 – стадии “затопления” лагуны; 8 – квазиизохронные поверхности; 9 – песчаники; 10 – алевролиты; 11 – глины, аргиллиты; 12 – угли; включения: 13 – гравия, 14 – конкреций: а – известковых, б – сидеритовых; 15 – глинистые окатыши; 16 – поверхности размывов; 17 – биотурбация; органические остатки: 18 – двустворки: а – ползающие и зарывающиеся, б – свободно лежащие, 19 – разрозненные створки двустворок, 20 – головоногие: а – аммониты, б – белемниты, 21 – брахиоподы, 22 – остатки криноидей, 23 – следы и углефицированные остатки корней, 24 – а – остатки листовой флоры, б – растительный детрит, 25 – остатки древесины; 26 – кровли горизонтов НХ-III и НХ-IV (по данным каротажа)

Смена баровых отложений пластов НХ-III, IV более мористыми образованиями вышележащей глинисто-алевритовой толщи происходит резко, с отчетливо выраженной поверхностью трансгрессивного несогласия.

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

СХЕМАТИЧЕСКИЙ ФАЦИАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ ГОРИЗОНТОВ НХ-III, IV ВАНКОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

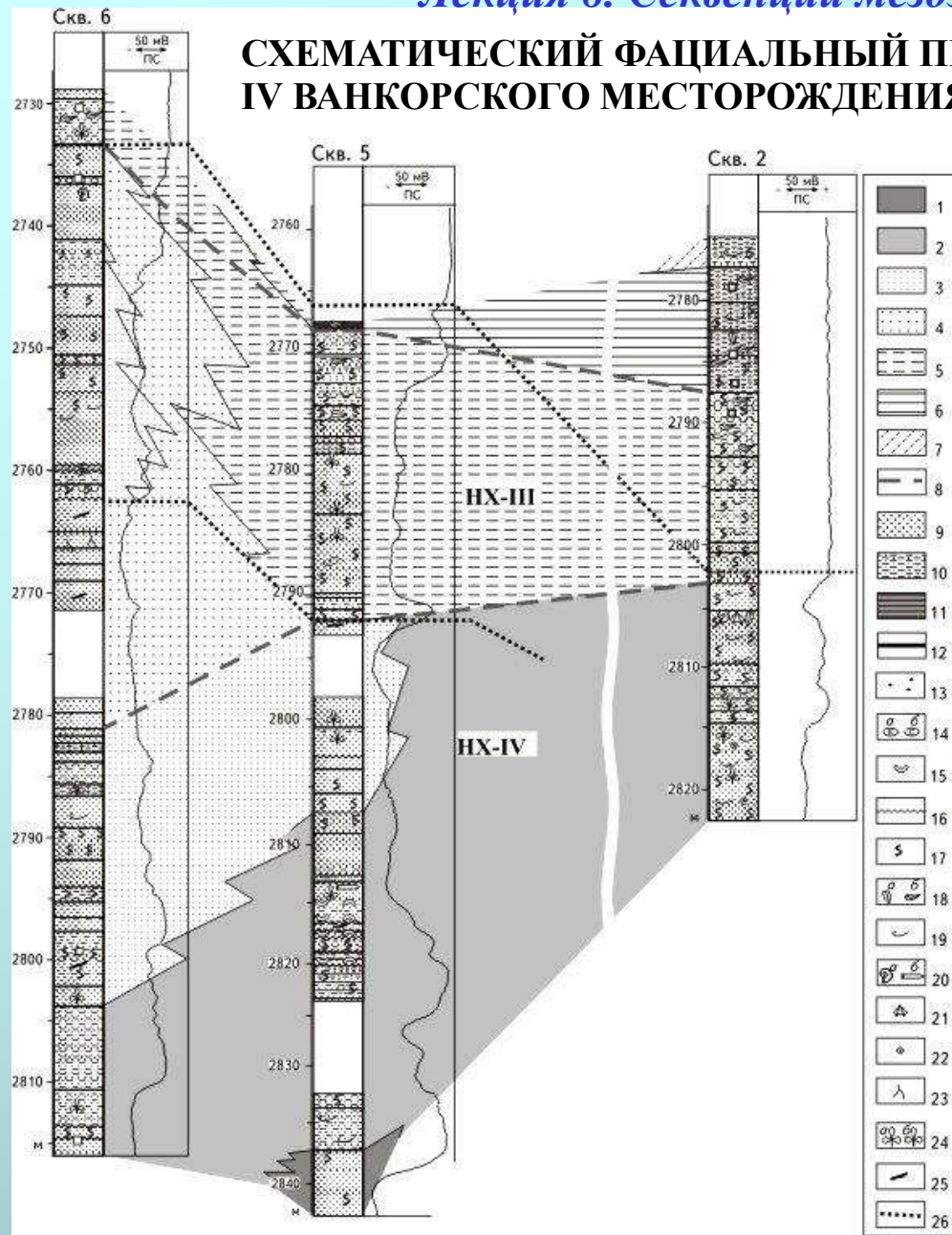


В разрезе нижнехетской свиты общей мощностью до 450 м выделяется от двух до четырех песчаных пачек, из которых основными продуктивными объектами являются пласты НХ-I, НХ-III и НХ-IV. Существенно песчаные породы пластов НХ-III, IV объединяются в единую пачку регрессивного строения мощностью 38,8-55,5 м. Песчаники в разрезе составляют до 70 %. Нижняя часть этой пачки сложена алевритопесчаными отложениями переходной зоны побережья – предфронтальной зоны пляжа, часто с хорошо выраженной ритмичностью строения, полой или косой слоистостью штормового и волнового типов. Они содержат детрит и обломки морских беспозвоночных, в нижней части обычно интенсивно биотурбированы ходами ихнофауны *Scolithos* и *Cruziana*.

Фациальная ассоциация отложений нижнехетской свиты по условиям образования соответствует обстановкам прибрежной части морского бассейна со штормовой гидродинамикой.

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

СХЕМАТИЧЕСКИЙ ФАЦИАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ ГОРИЗОНТОВ НХ-III, IV ВАНКОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ



К верхней части пласта НХ-IV нижнехетской свиты алевитопесчаные отложения постепенно сменяются хорошо отсортированными песчаниками, массивными и полого-косослоистыми, слабо биотурбированными, с немногочисленными включениями карбонатного детрита и разрозненных раковин двустворок, брахиопод, редко – с послойными скоплениями ориентированных трубочек скафопод. Эти песчаники интерпретируются как отложения вдольбереговых баров и, вероятно, барьерных островов, формирование которых происходило на **стадии низкого стояния уровня моря**. Слабопроницаемая перемычка между пластами НХ-III и НХ-IV, устанавливаемая в разрезах южной части месторождения, по сильной глинизации и биотурбированности отложений интерпретируется как **отложения кратковременного повышения уровня моря**.

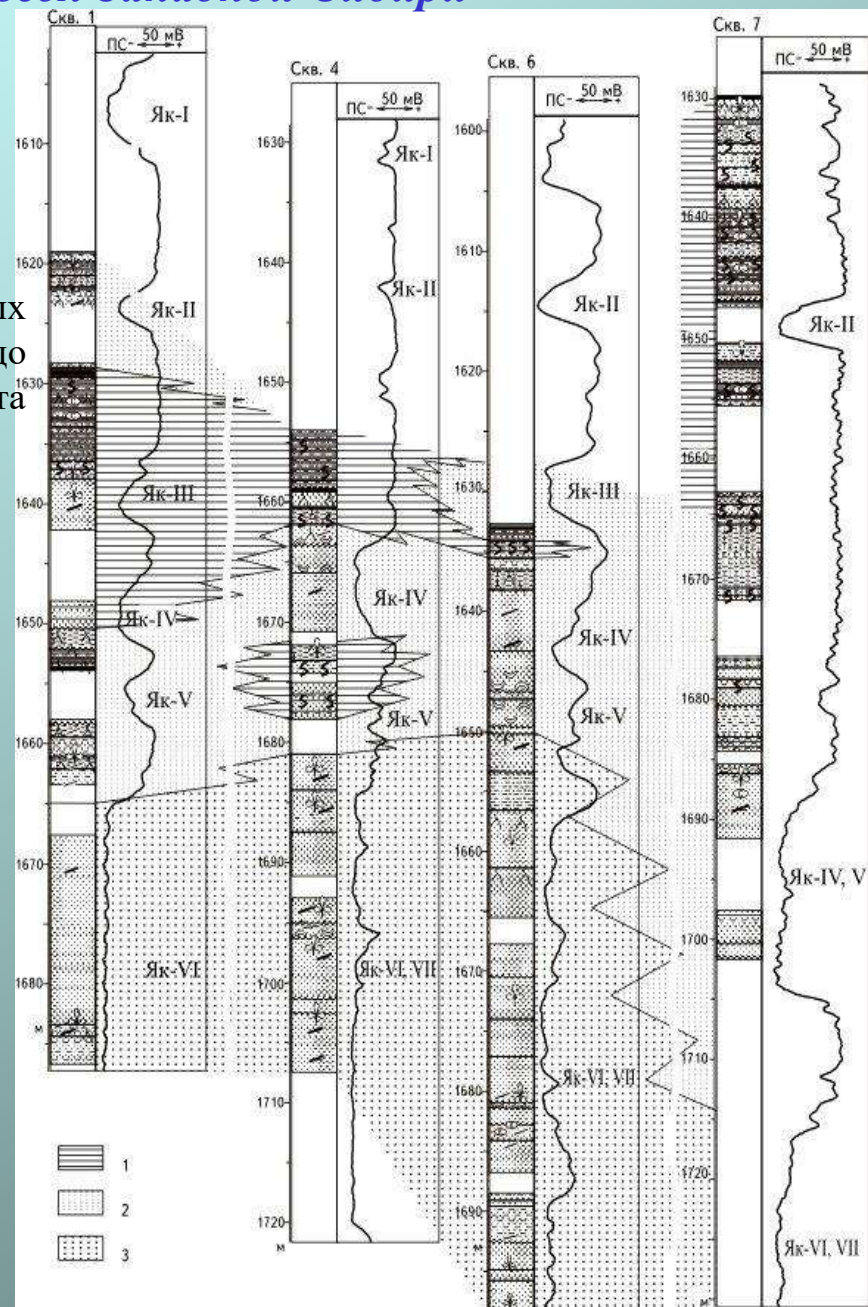
Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

СХЕМАТИЧЕСКИЙ ФАЦИАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ ЯКОВЛЕВСКОЙ СВИТЫ ВАНКОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Яковлевская свита. Разрез яковлевской свиты представлен глинами и алевролитами, в верхней части с прослоями и пачками песков и песчаников, пластами бурых углей до 2-4 м. В составе верхней части свиты выделяют до семи песчаных пластов. Мощность свиты – до 650 м. Свита согласно залегает на песчаниковой малохетской свите и согласно перекрывается долганской свитой, также сложенной в основном песками и песчаниками.

Продуктивные песчаные отложения верхней части яковлевской свиты накапливались в условиях становления дельтового комплекса, в развитии которого выделяются две стадии. Ранняя стадия – формирование преимущественно в субаквальных условиях комплекса устьевых баров, поздняя – конструктивной флювиальной дельты. Граница между отложениями стадий скользящая, омолаживается на запад.

Отложения: 1 – лагунные; 2 – дельты; 3 – устьевых баров



Состав и условия образования продуктивных толщ Нижнехетской и Яковлевской свит нижнего мела Ванкорского нефтегазового месторождения (северо-восток западной Сибири) П.А.Фокин, В.Р.Демидова (МГУ), В.М.Яценко, П.В.Ставинский, О.В.Лисунова (Роснефть) <http://www.vipstd.ru/gim/content/view/748/289/>

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

В составе нижних пластов (Як-IV – Як-VII) резко преобладают песчаные породы, со значительной ролью среднезернистых; песчаники умеренно отсортированные, массивные и косослоистые, часто с включениями углефицированных растительного детрита и остатков древесины. Образование этих отложений предполагается в условиях устьевых баров, при впадении рек в прибрежную зону моря. Накопление отложений происходило преимущественно в субаквальных условиях, и только на востоке и юге месторождения (скв. 8), среди аналогичных отложений, появляются песчаные и алевритоглинистые прослои со следами корневых систем растений (LST). В скв. 8, на уровнях пластов Як-IV и Як-V, диагностируются песчаные отложения вдольбереговых пляжевых валов, с обратной градацией обломков и пологой и косой слоистостью.

Вышележащая часть яковлевской свиты представлена глинисто-алевритовыми отложениями с прослоями песчаных пород (пласты Як-I – Як-III) и углей. Роль песчаных отложений возрастает в восточных частях площади (скв. 5, 8), на западе преобладающее значение имеют алевропелиты. Для строения слоев песчаников мощностью 2-13 м, интерпретируемых как русловые отложения меандрирующих дельтовых протоков, характерны различные типы косой слоистости и крупная ритмичность, с эрозионной поверхностью в основании ритма и уменьшением размерности обломков к его кровле. В песчаниках часто встречаются примесь углефицированного растительного детрита и включения обломков древесины.

Глинистые и глинисто-алевритовые отложения пойм, дельтовых и маршевых болот имеют окраску от темно-серой до черной, наиболее характерна параллельная и волнистая слоистость. В пойменных отложениях часто присутствуют маломощные прослои песчаников с мелкой косой слоистостью, горизонты палеопочв (LST), со следами и углефицированными остатками мелких корней растений, прослойки углей.

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

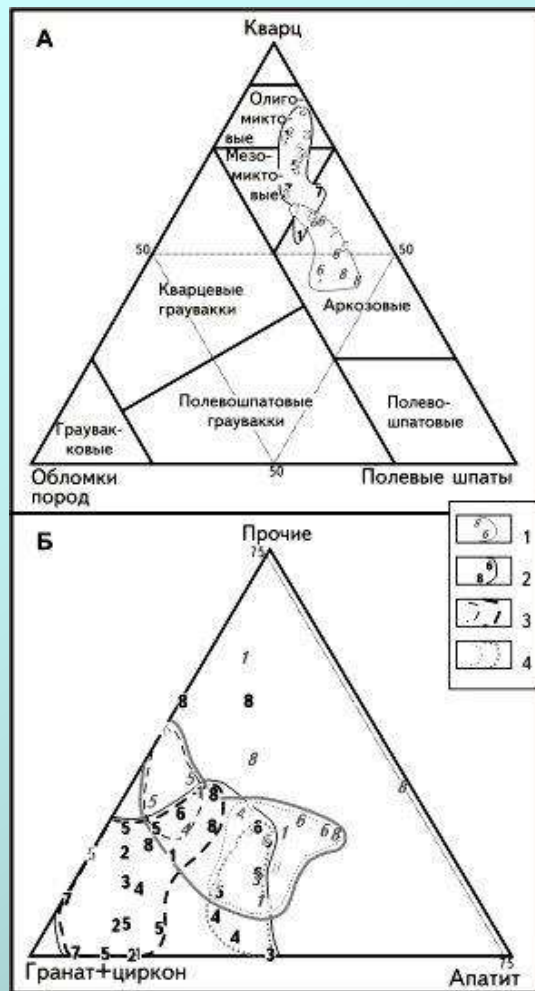
Для отложений стариц и отрезанных протоков характерны более высокие мощности, чем у пойменных, резкий контакт с подстилающими песчаниками сокращенной русловой серии, параллельная и волнистая, реже – мелкая косая слоистость. В отложениях отмерших дельтовых протоков иногда отмечается сидеритизация отложений.

В широко распространенных глинисто-алевритовых отложениях замкнутых и полузамкнутых солоноватоводных бассейнов отмечается тонкая и весьма тонкая слоистость, часто с ритмичным строением, встречаются следы слабой и умеренной биотурбации просто устроенными ходами, присутствуют конкреции сидерита. В отложениях краевых и прибрежных частей лагун появляются углефицированные остатки корней растений (интерпретируются как иловые отмели), прослой углей (отложения маршей), линзы и прослой до 1-2 м песчаников, с пологой косой слоистостью и следами корней (шеньеры) или шевронной слоистостью (прибрежное мелководье с волновой активностью). На уровнях, соответствующих интервалам пластов Як-II, -III (скв. 3), тип и степень биотурбации лагунных отложений приближаются по облику к типичным для мелководно-морских условий, что, вероятно, связано с незначительным опреснением вод.

Сочетание описанных фациальных типов верхов свиты характерно для наземных участков конструктивных флювиальных дельт, с подчиненным влиянием гидродинамической активности принимающего бассейна. *Общая фациальная последовательность яковлевской свиты описывается моделью формирующейся и проградирующей дельтовой системы в условиях понижения уровня моря (нижняя часть свиты) и низкого стояния уровня моря (верхняя часть свиты).* Следует полагать, что расширение площади дельты в западном направлении происходило постепенно, в связи с чем комплекс устьевых баров в западных скважинах должен быть моложе, чем в восточных.

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЕСЧАНИКОВ НИЖНЕХЕТСКОЙ И ЯКОВЛЕВСКОЙ СВИТ



Петрографический состав песчаников нижнехетской и яковлевской свит, их сравнение и происхождение

Песчаники нижнехетской свиты относятся к группе аркозовых (рис. А). Содержание в них кварцевых обломков составляет 32,7-56,2 % и кислых полевых шпатов (преимущественно калиевых) – 22,1-44,4 %. Среди группы обломков пород (11,3-22,3 %) наиболее многочисленны фрагменты метаморфических (углеродисто-сланцевые, кварцево-сланцевые, хлорит-серицитовые и другие сланцы, редко – железистые кварциты) и кислых магматических (гранитоиды) пород; в заметно меньшем количестве присутствуют обломки осадочных пород (яшмоиды, кремни, алевролиты, аргиллиты), вулканиты кислого (до 2 %), основного и среднего (до 3,8 %) составов. К последним также отнесены обломки средних и основных плагиоклазов и фрагменты радиально-лучистого эпидота и халцедона из миндалин основных эффузивов.

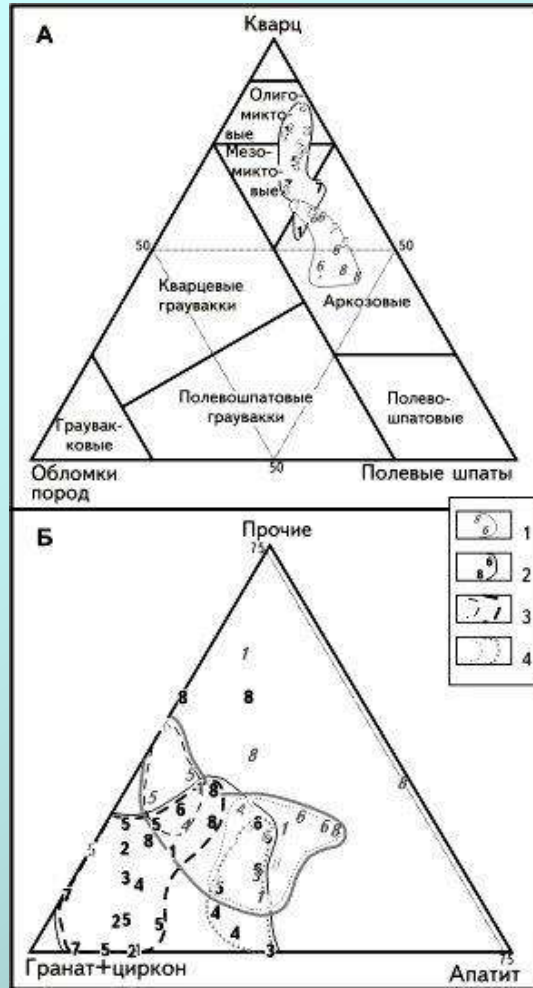
Состав: А – на классификационной диаграмме В.Н.Шванова, Б – тяжелой фракции песчаников; песчаники: 1 – нижнехетской свиты, 2 – яковлевской свиты; ассоциация песчаников: 3 – гранатовая, 4 – апатит-гранатовая

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

Суммарное количество минералов тяжелой фракции в песчаниках не превышает 1 %. Прозрачные акцессорные минералы в песчаных породах образуют две ассоциации. Первая, гранатовая, иногда имеет заметную примесь циркона и хлорита и содержит редкие, не во всех шлифах встречающиеся зерна апатита, монацита, турмалина, сфена, лейкоксена, эпидота, хромита. Вторая, апатит-гранатовая (апатита от 25 до 45 %), часто содержит примесь циркона и имеет большой набор минералов, встречающихся значительно реже (в примерном порядке убывания встречаемости, от редких до единичных): хлорит, сфен и лейкоксен, турмалин, эпидот, монацит, андалузит, силлиманит, ставролит, ксенотим, дистен, рутил. Песчаники с этими ассоциациями минералов тяжелой фракции без явной закономерности чередуются как по площади, так и в разрезах отдельных скважин (см.рис.Б). В пляжевых отложениях наблюдается концентрация минералов тяжелой фракции в отдельных тонких прослойках. Из аутигенных минералов в песчаниках встречается глауконит, обычно в виде рассеянных в породе зерен. Реже, над поверхностями трансгрессивных несогласий, зерна глауконита образуют скопления. Окатанность обломков неравномерная, преобладают полуугловатые и угловатые частицы. Окатанные и хорошо окатанные зерна встречаются в резко подчиненных количествах. Средний показатель окатанности незначительно возрастает к северу.

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЕСЧАНИКОВ НИЖНЕХЕТСКОЙ И ЯКОВЛЕВСКОЙ СВИТ



Петрографический состав песчаников нижнехетской и яковлевской свит, их сравнение и происхождение

Песчаники яковлевской свиты петрографически более зрелые, чем нижнехетской. На трехкомпонентной классификационной диаграмме большинство точек составов располагается в полях олиго- и мезомиктовых пород (см. рис. А). Содержание кварцевых зерен составляет 52,5-85,5%. Кислые полевые шпаты присутствуют в количестве 9,2-28,8%, из которых большинство (до 21,5 %) приходится на калиевые шпаты. Количественные соотношения между группами обломков пород в песчаниках близки к таковым нижнехетской свиты, однако в сумме лититовая компонента для яковлевской свиты составляет от 6,3 до 17,2 %.

Прозрачные акцессорные минералы, как и в нижнехетских песчаниках, образуют две ассоциации: гранатовую и апатит-гранатовую, причем, по сравнению с нижнехетской свитой, поля ассоциаций менее дифференцированы и в них уменьшается количество второстепенных минералов (см. рис. Б).

Состав: А – на классификационной диаграмме В.Н.Шванова, Б – тяжелой фракции песчаников;
песчаники: 1 – нижнехетской свиты,
2 – яковлевской свиты; ассоциация песчаников:
3 – гранатовая, 4 – апатит-гранатовая

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

Аутигенные минералы яковлевской свиты представлены сидеритом и каолинитом. Конкреционный сидерит больше тяготеет к слоям алевроитоглинистых пород, в песчаниках сидерит встречается редко и имеет ооидную структуру. Диагенетический каолинит имеет хорошо образованную кристаллоидную структуру и обычно заполняет поры в песчаниках. Его присутствие связано с разложением нестойких минералов (в основном полевых шпатов) гумусовыми кислотами. В песчаных породах нижней части свиты встречаются единичные неокисленные зерна глауконита. Обломки очень неравномерно окатаны, основную часть псаммитов, как и в нижнехетских песчаниках, составляют угловатые, полуугловатые и полукатанные частицы.

Аркозовый состав нижнехетских песчаников, в среднем низкая степень окатанности зерен, преобладание среди обломков пород фрагментов гранитоидов и метаморфических пород могут объясняться образованием песчаного материала за счет разрушения коренных пород складчато-метаморфического комплекса, прорванного гранитоидными интрузивами.

Наиболее вероятным источником такого материала могла служить близко расположенная область раннепротерозойского складчато-метаморфического пояса, окаймляющая Сибирский кратон с запада. В настоящее время выходы пород этого пояса из-под перекрывающих отложений чехла находятся в районе Игарки; в раннем мелу, вероятно, размеры кристаллического массива были значительнее.

Небольшая часть обломочного материала с обломками основных эффузивов триасового траппового комплекса и осадочных пород палеозоя могла поступать и из области западной окраины Сибирской платформы.

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

- 1. Песчаные тела коллекторов нижнехетской свиты имеют в основном прибрежно-морское, баровое происхождение. Нижние песчаные продуктивные пласты яковлевской свиты (Як-IV – ЯК-VII) образованы сливающимися телами устьевых баров рек, верхней части яковлевской свиты (Як-I – ЯК-III) – в основном меандрирующими дельтовыми протоками.*
- 2. Продуктивные песчаные отложения пластов НХ-I, III, IV нижнехетской свиты формировались в условиях прибрежной зоны моря атмосферной (волновой и штормовой) гидродинамики. Каждый из пластов имеет регрессивно-трансгрессивное строение. В строении первого цикла (соответствующего НХ-III, IV) обнаруживаются признаки колебаний уровня моря меньшего порядка.*
- 3. В аркозовых песчаниках нижнехетской и мезо- и олигомиктовых песчаниках яковлевской свит выделяются общие группы и типы обломков и общие комплексы акцессорных минералов, что свидетельствует об общности их основной области сноса: выхода метаморфических и магматических пород нижнего протерозоя вдоль западного края Сибирского кратона.*
- 4. Обломочный материал для нижнехетской свиты является продуктом первичного размыва коренных пород области сноса. Песчаные отложения яковлевской свиты сформировались за счет размыва и переотложения прибрежных обломочных накоплений предшествовавших трансгрессивных этапов раннемелового Западно-Сибирского бассейна.*
- 5. Вынос терригенного материала в прибрежную область моря (для нижнехетской свиты) или аллювиальной дельтовой системы (для яковлевской свиты) осуществлялся двумя аллювиальными системами.*

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

7. Качество коллекторов нижнехетской свиты быстро ухудшается в западном направлении, по мере замещения отложений баров накоплениями дистальной зоны побережья, и еще быстрее – на северо-восток, в сторону преобладающего распространения глинисто-алевритовых отложений забаровой лагуны.

8. Для нижних продуктивных пластов яковлевской свиты (Як-IV – Як-VII), образованных сливающимися телами песчаных устьевых баров, предполагаются сравнительно однородные коллекторские свойства. Качество коллекторов верхних продуктивных пластов свиты (Як-I – Як-III) ухудшается характерным для дельт частым чередованием по вертикали и латерали песчаных и алевритоглинистых пород. Уменьшение роли песчаных пород происходит в западном и северо-западном направлениях по мере увеличения роли отложений внутридельтовых озер и лагун.

9. Выявленные фациальные типы отложений и их петрографический состав свидетельствуют о потенциальной изменчивости петрофизических параметров нижнехетских и яковлевских коллекторов и необходимости использования данных сейсморазведки при распространении свойств в межскважинном пространстве при построении геологической модели месторождения.

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

Обобщенная стратиграфическая колонка, Сузунское месторождение, Западная Сибирь

ГРУППА	СИСТЕМА	ЯРУС	СВИТА	ЛИТОЛОГИЯ
Мезозойская	Меловая	Четвертичный		
		Маастрихтский	Танамская	
		Кампанский	Мессояхская	
		Туронский Сантонский	Насоновская	
			Дорожковская	
		Сеноманский	Долганская	
		Альбский- Аптский	Яковлевская	
	Неоком	Баремский	Малохетская	
		Готеривский	Суходудинская	
		Валанжинский		
		Берриасский	Нижнехетская	
	Юрский	Киммериджский- Волжский	Яновстанская	
				 ПЕСЧАНИКИ  ГЛИНЫ

Сузунское и Тагульское месторождения расположены в Большехетской впадине на севере Красноярского края за Полярным кругом на расстоянии 1,7 тыс. км. от Красноярска. Русско-Реченское месторождение находится на территории ЯНАО. Роспан Интернеишл, дочернее предприятие ТНК-ВР, в первом полугодии 2010 года инвестировало в разработку Сузунского, Тагульского и Русско-Реченского месторождений более 2,4 млрд рублей. В настоящее время начата опытно-промышленная эксплуатация Сузунского месторождения, объем добычи нефти за шесть месяцев 2010 года составил 531 тонну.



<http://www.vsluh.ru/news/oilgas/206939.html>



Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ТЕРРИТОРИИ ТАЙМЫРСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

На территории Таймыра сосредоточены значительные запасы полезных ископаемых. Практически вся территория округа состоит из нефтегазоносных площадей. Общие геологические запасы нефти на территории Таймырского автономного округа оцениваются не менее чем в 27 млрд. тонн (200 млрд. баррелей).

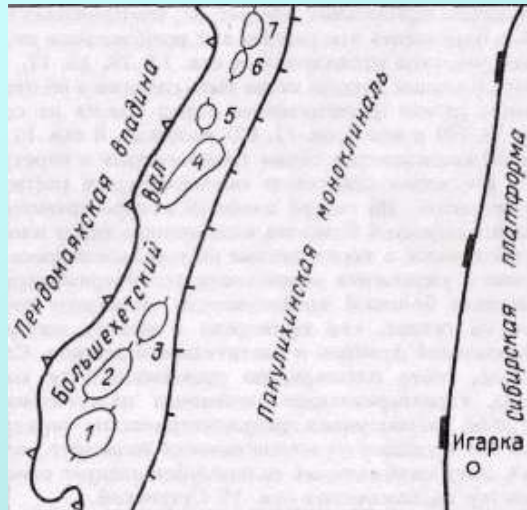
В настоящее время на территории Таймыра открыто 46 месторождений нефти, газа и газоконденсата, из которых на 12 месторождений выданы лицензии, и только на одном газовом месторождении ведется промышленная эксплуатация с использованием локального газопровода до г. Норильск, частично обеспечивающая потребности РАО "Норильский Никель". Несколько месторождений, на территории которых проведены геолого-разведочные работы и произведен подсчет извлекаемых запасов, утвержденный Государственным Комитетом по запасам, находятся в стадии подготовки к проведению опытно-промышленной эксплуатации. Исследования качественного состава нефти на месторождениях Таймыра подтвердили, что она соответствует характеристикам марки "Brent" - малосернистая, с низким содержанием смол, с высоким содержанием легких фракций. Цена такой нефти на мировом рынке на 5-10 % выше средневзвешенной рыночной цены на сырую нефть.

Залежи газа в нефтегазовых и газовых месторождениях Таймыра в среднем на 80 % состоят из метана.



Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

СХЕМА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ



Локальные поднятия: 1 – Тагульское, 2 – Лодочное, 3 – Ванкорское, 4 – Сузунское, 5 – Токачинское, 6 – Южно-Тайкинское, 7 – Тайкинское

Основная нефтяная залежь Сузунской площади заключена в пласте Нх-I, располагающемся в верхней части нижнехетской свиты.

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ. В.Б. ХМЕЛЕВСКИЙ, Е.С. ШЛЯХТЕР, О.Х. ПОПОВА (СНИИГГиМС), А.Н. АЗАРНОВ (Енисейнефтегазгеология),

<http://geolib.narod.ru/Journals/OilGasGeo/1990/06/Stat/09/stat09.html>

СТРУКТУРНО-ТЕКСТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД ПЛАСТА Нх-I.

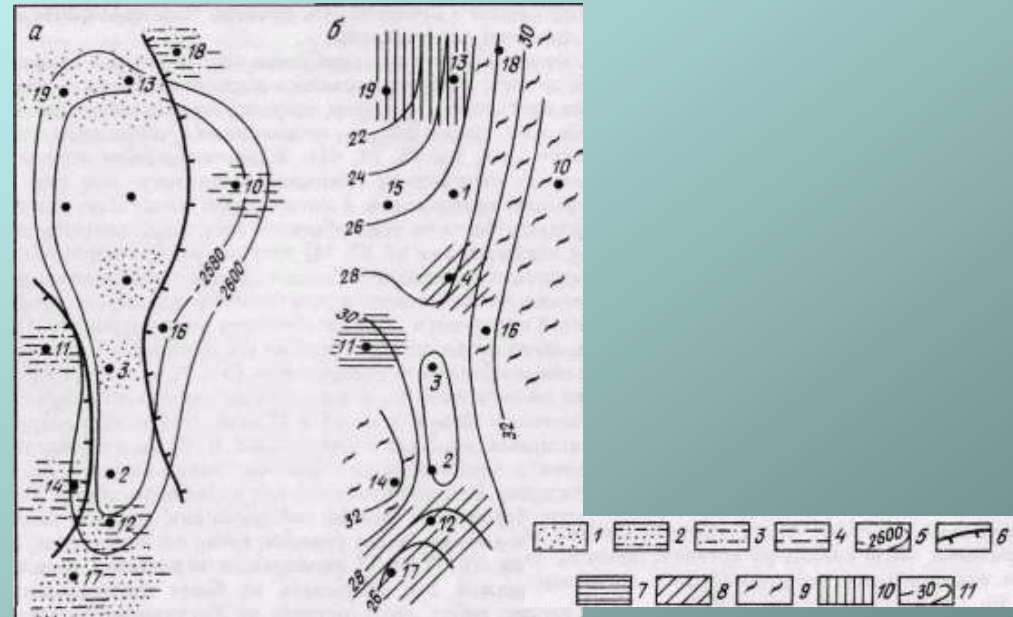
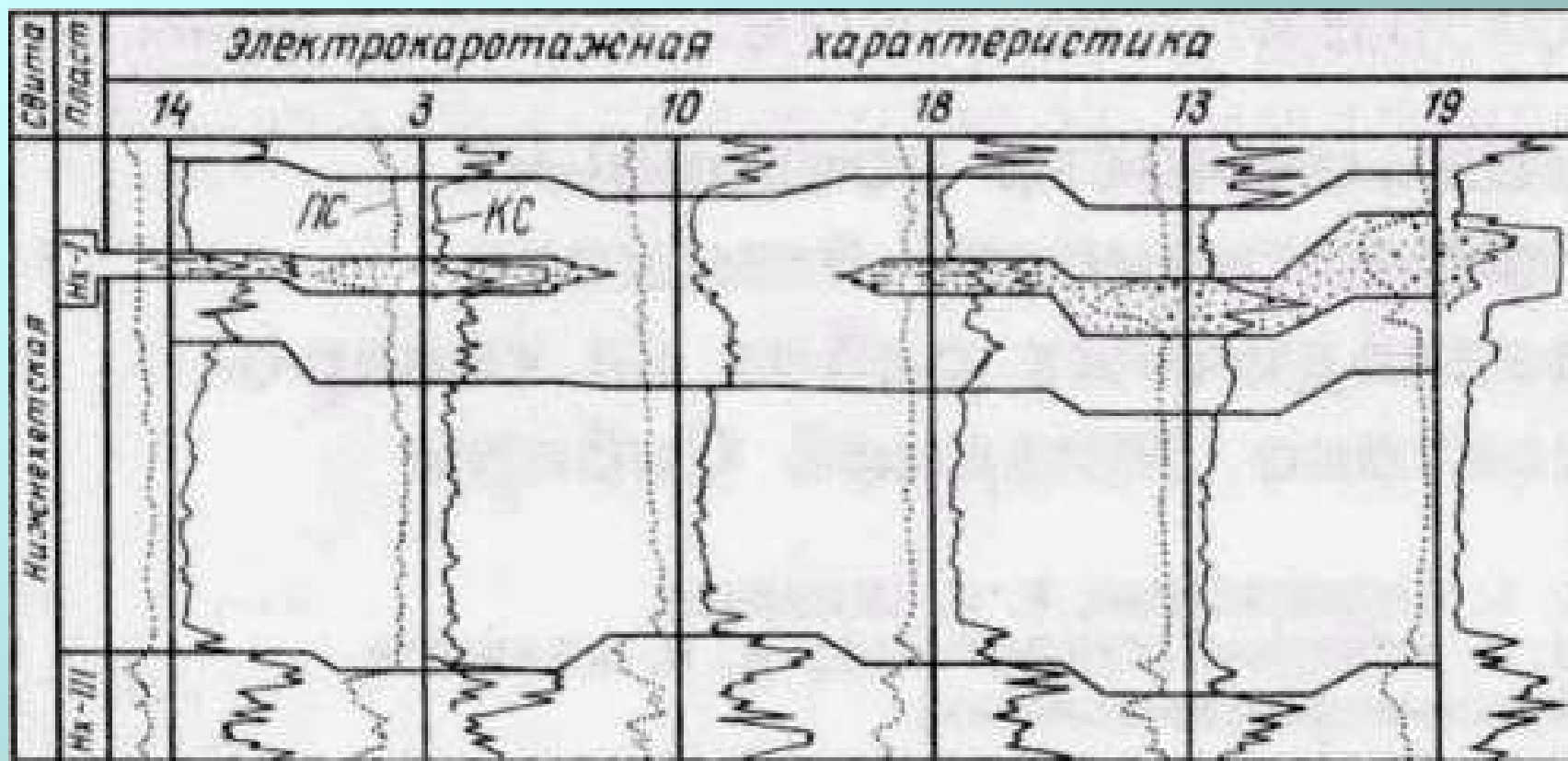


Схема распределения: а – литологических типов пород, б – преобладающих типов текстур. 1 – песчаники мелкозернистые с примесью алевролитов; 2 – алевролиты мелкозернистые с прослоями песчаников мелкозернистых; 3 – алевролиты мелкозернистые; 4 – аргиллиты с прослоями алевролитов; 5 – изолинии кровли пласта, м; 6 – граница глинизации пласта (по материалам бурения); преобладающие типы текстур: 7 – параллельно-слоистые, 8 – косослоистые, 9 – оползания, пластичного скольжения и течения, 10 – массивные биотурбированные; 11 – изопакиты перекрывающей пласт глинистой пачки, м

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

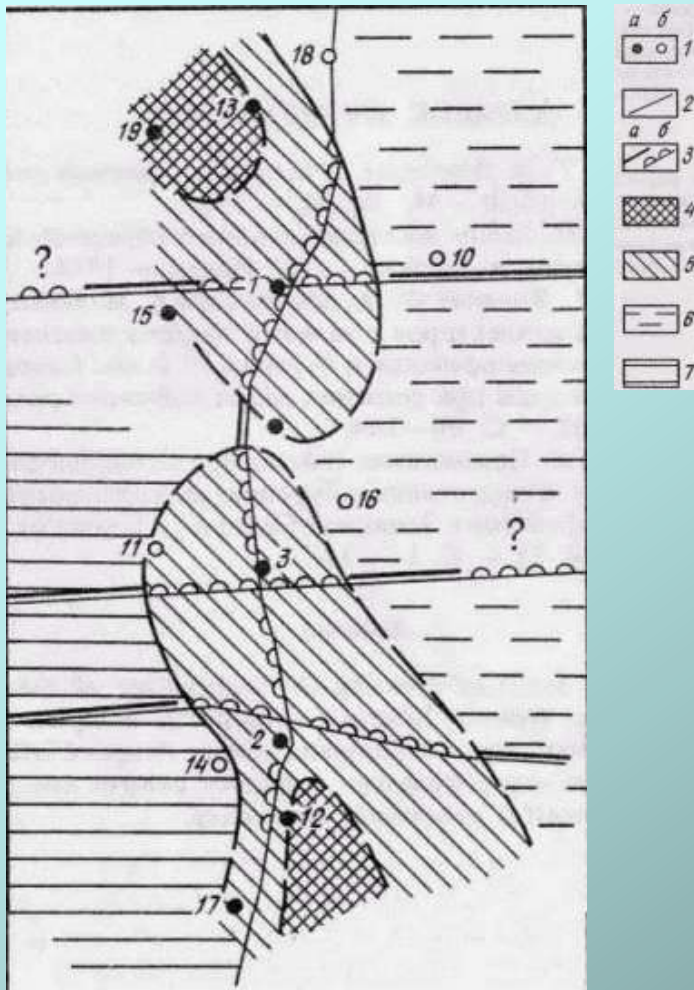
СХЕМА СОПОСТАВЛЕНИЯ РАЗРЕЗОВ СКВАЖИН СУЗУНСКОЙ ПЛОЩАДИ НА УРОВНЕ РАЗВИТИЯ ПЛАСТОВ Нх-I – Нх-III



В осевой зоне Сузунской площади (скв. 3, 12, 13, 17, 19) развиты мелкозернистые песчаники, составляющие пласт либо почти полностью (скв. 3, 13, 19), либо чередующиеся с алевролитами (скв. 12, 17). В западном и восточном направлениях от осевой зоны происходит резкое замещение песчаников алевролитами (скв. 11, 14, 16, 18) вплоть до аргиллитов (скв. 10).

Лекция 8. Секвенции мезозоя Западной Сибири

ПАЛЕОГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА СУЗУНСКОЙ ПЛОЩАДИ НА ПЕРИОД ФОРМИРОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ПЛАСТА Нх-I.



1 – скважина: а – продуктивная, б – непродуктивная; 2 – сейсмический профиль; 3 – характеристика сейсмической границы в кровле горизонта Нх-I: а – сплошная, б – прерывистая; палеогеоморфологические элементы: 4 – приподнятая часть бара; 5 – погруженная часть бара, 6 – забаровая лагуна, 7 – предбаровый бассейн

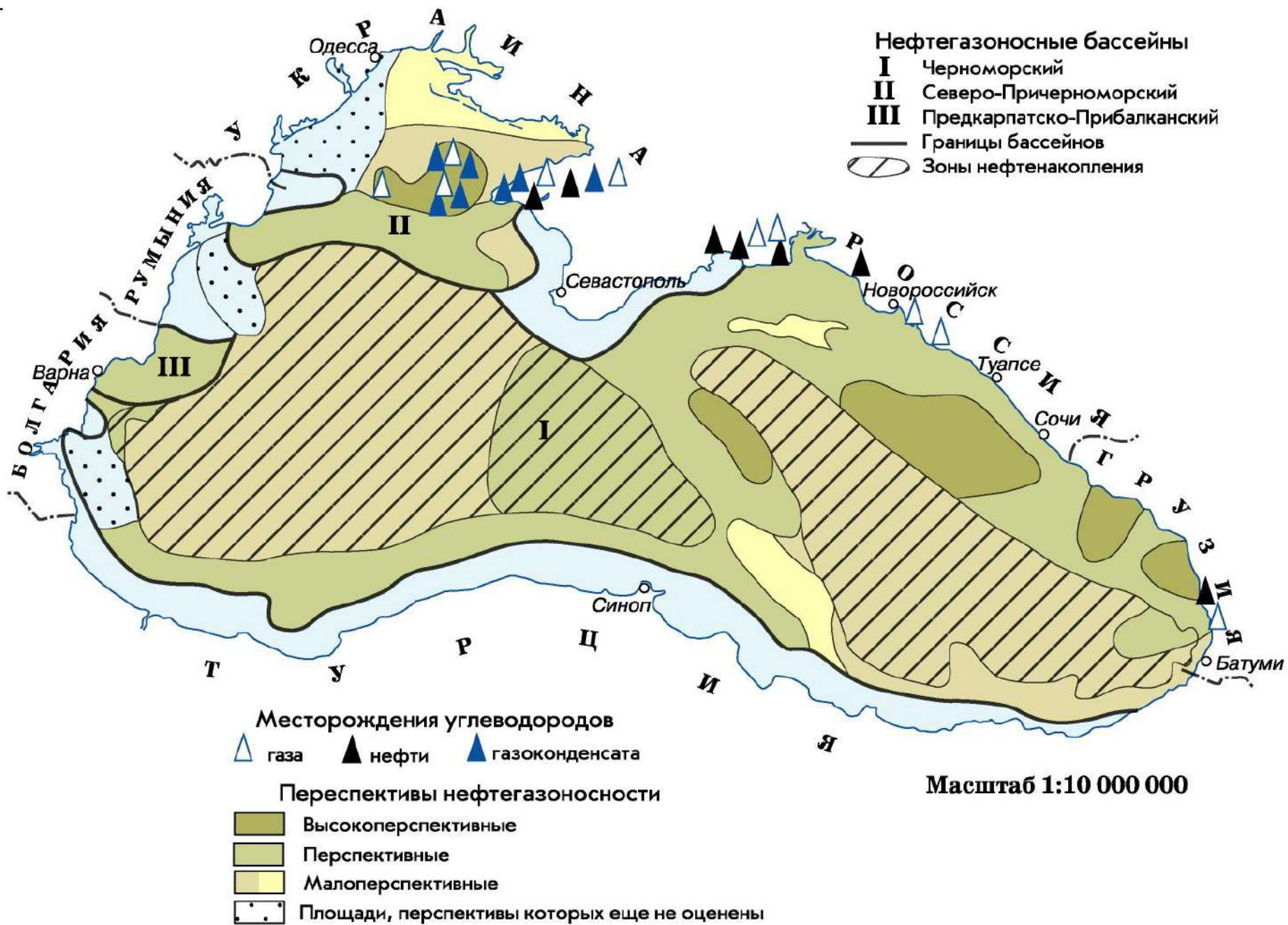






Рисунок 1. Лицензионные участки в глубоководной части Черного моря, на которых ведутся или планируются поисковые работы на нефть и газ в 2014–2016 годах. Красными кружками показаны скважины, бурение которых запланировано

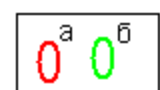




Месторождения нефти (а), газа (б), конденсата (в)



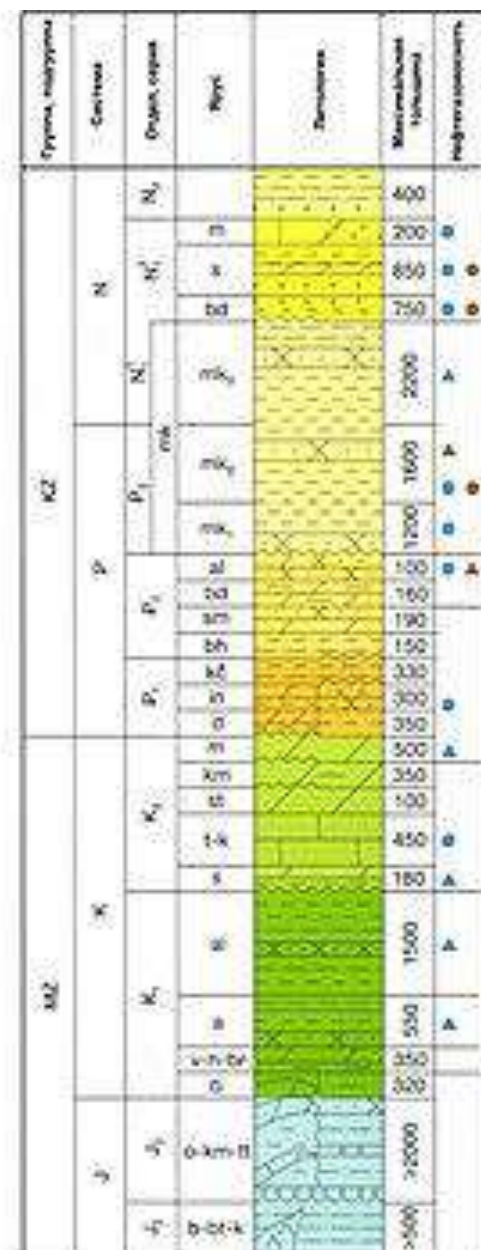
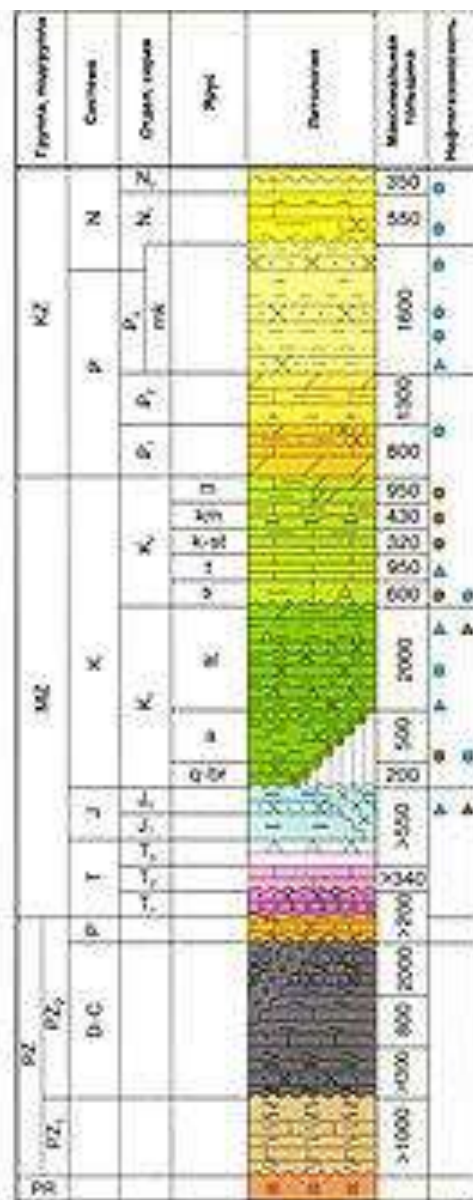
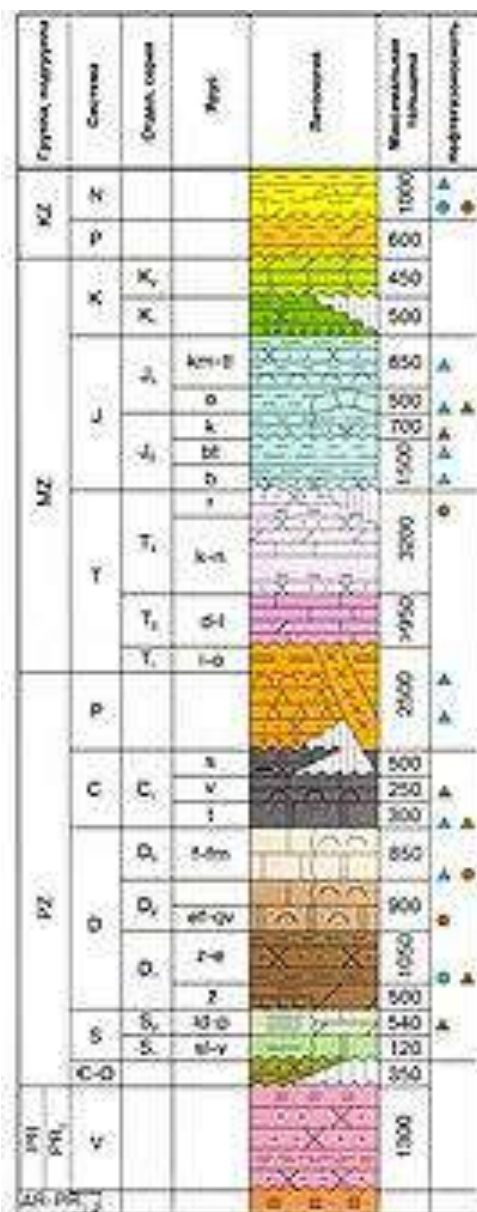
Структуры верхнего (а) и нижнего (б) этажа



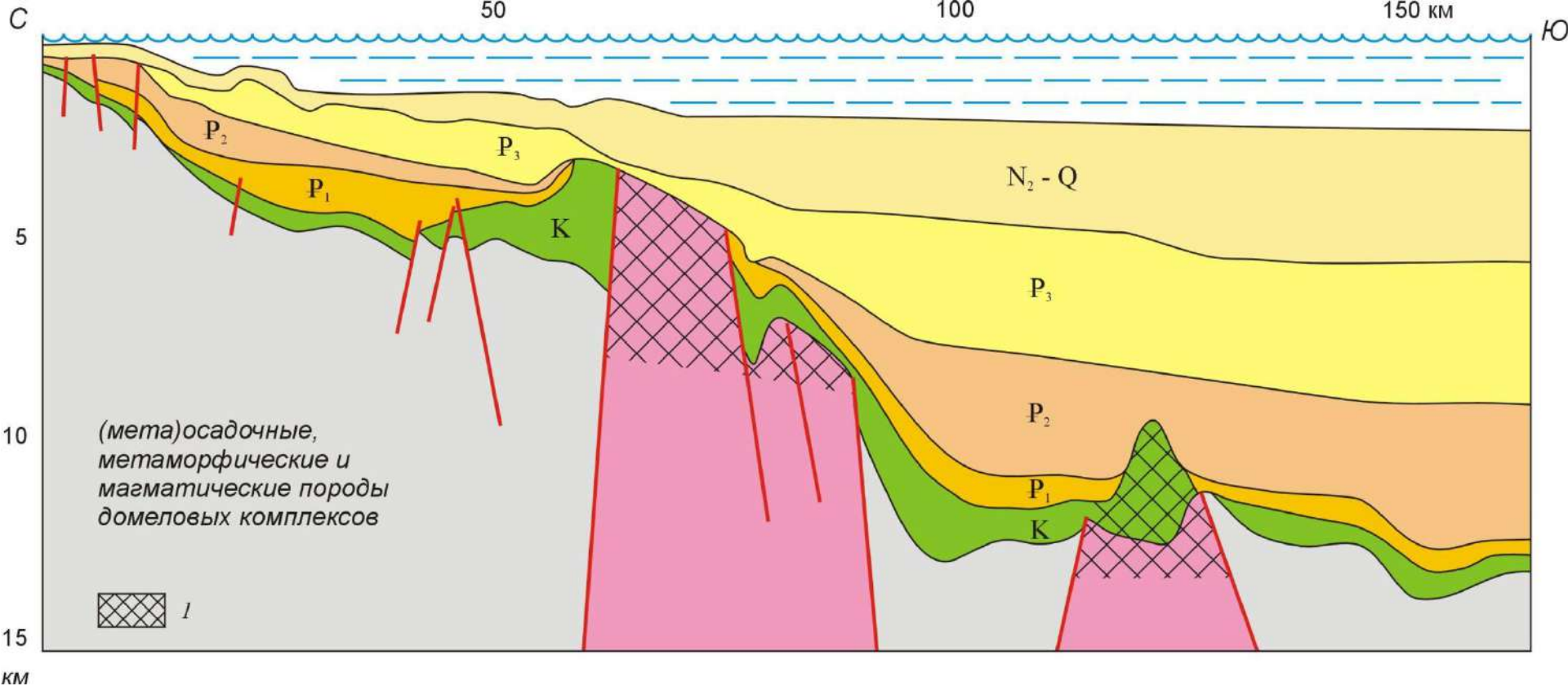
Проявления газа (а), нефти (б)



Лицензионный участок



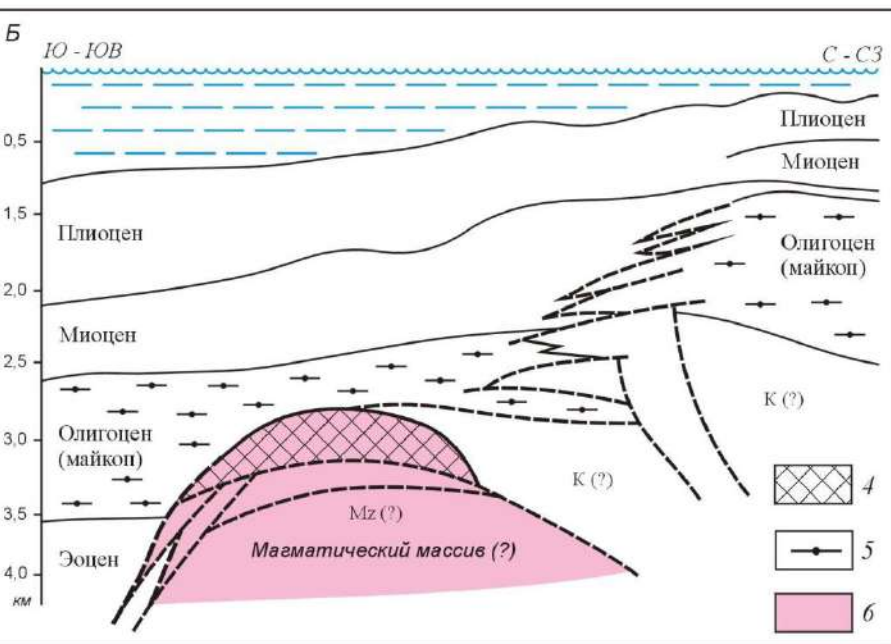
Литостратиграфические разрезы Переддобрудской, Причерноморско-Крымской и Индоло-Кубанской нефтегазоносных областей (слева на право)

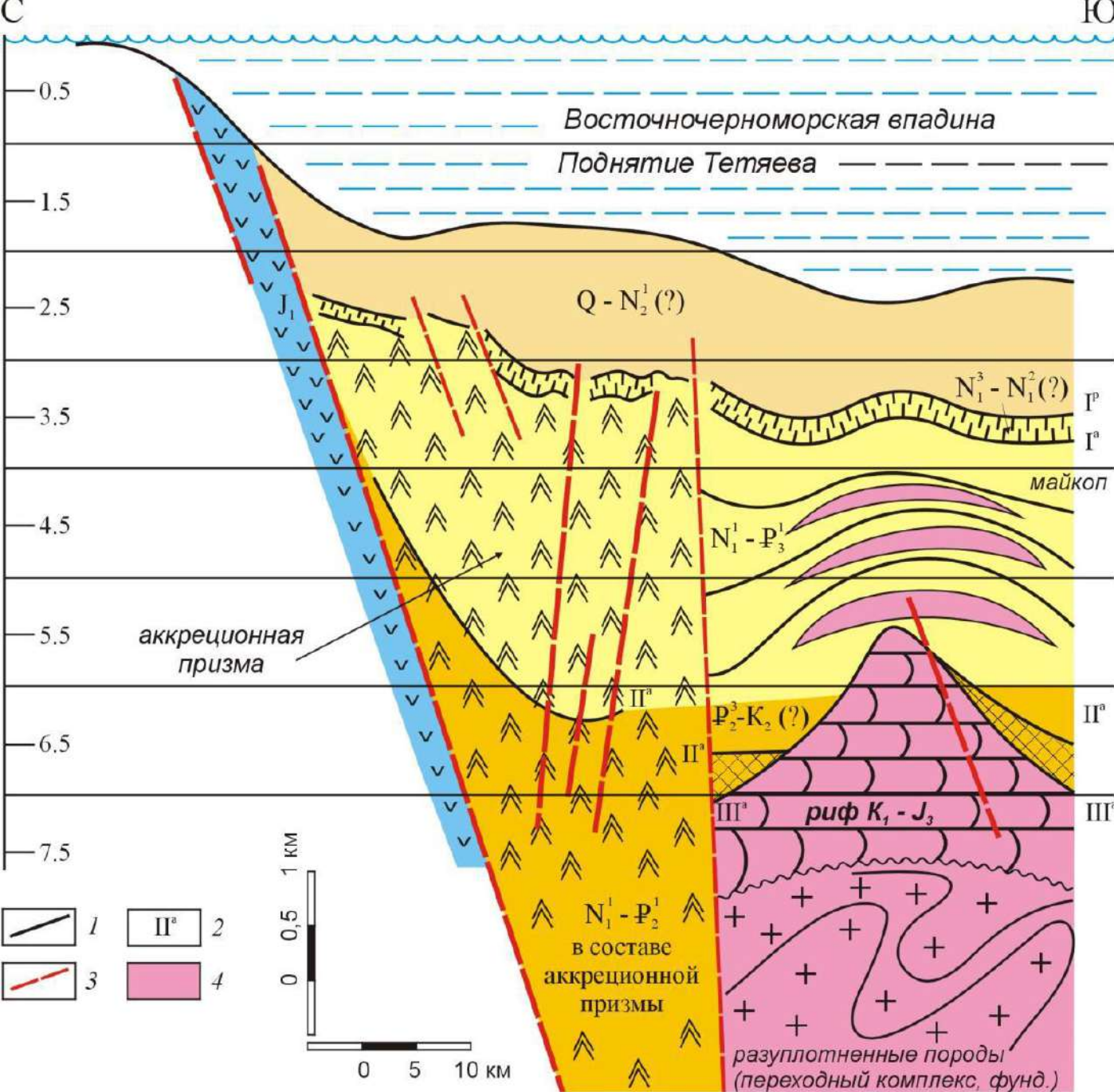


1 - Массивные залежи УВ в разуплотненных породах (Лукин, 2007)

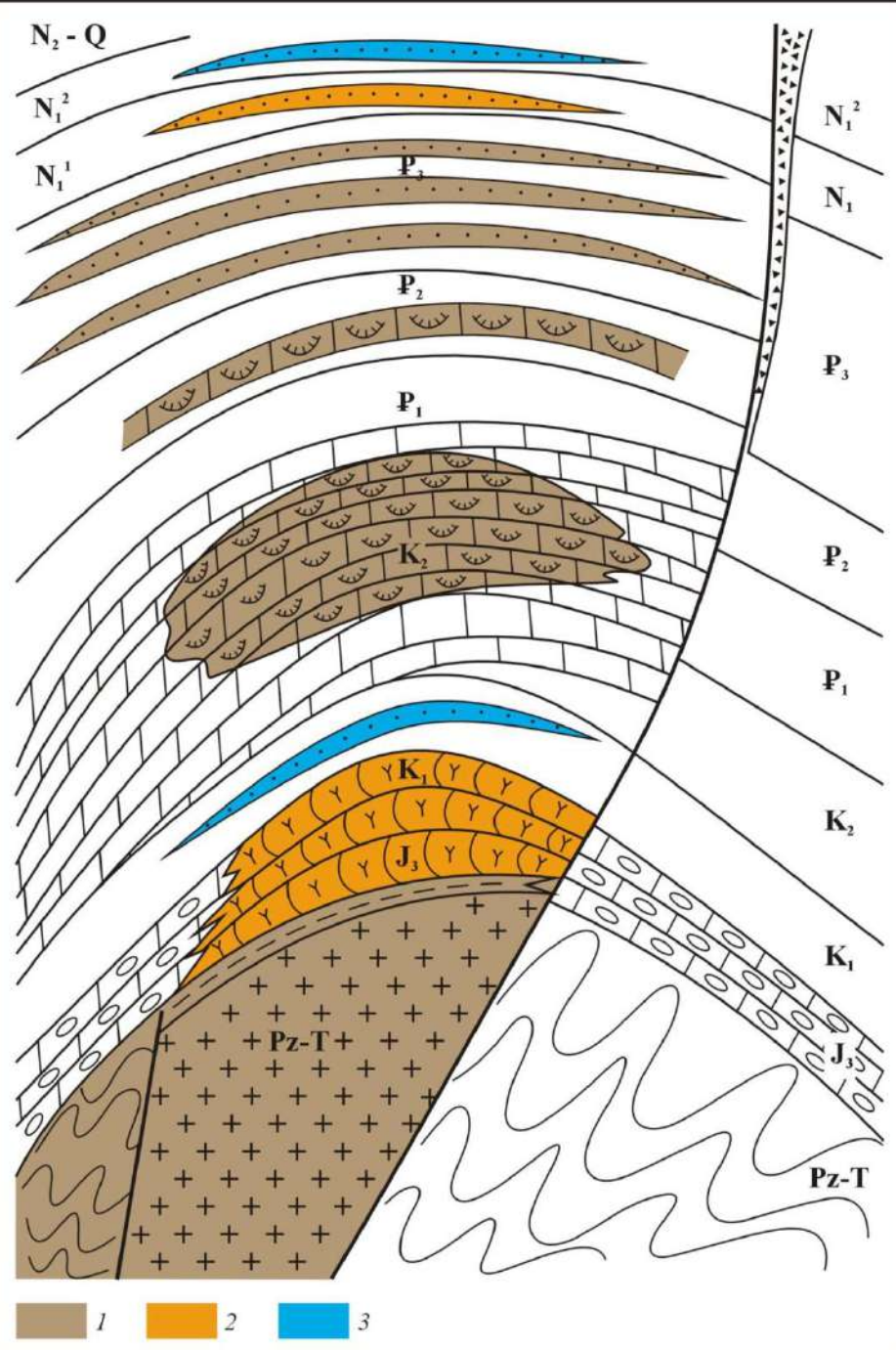


1 – контуры Поднятия Палласа с зоной фронтального надвига; 2 – изобаты; 3 – линия сейсмического профиля; 4 – рифогенные карбонаты; 5 – глинистые с высокими содержанием органического вещества отложения; 6 – разуплотненные породы с прогнозной массивной углеводородной залежью (Лукин, 2007)

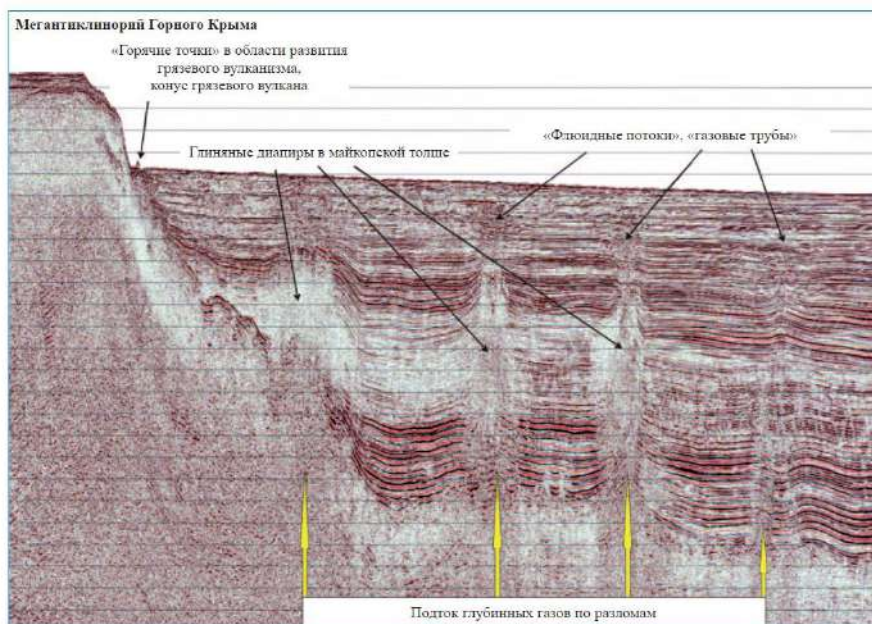




1 – отражающие горизонты; 2 – поверхности (доплиоценовая эрозионная поверхность; кровля майкопских отложений; подошва майкопских отложений; кровля мезозойских отложений; 3 – разрывные нарушения; 4 – прогнозные залежи углеводородов (Лукин, 2007)



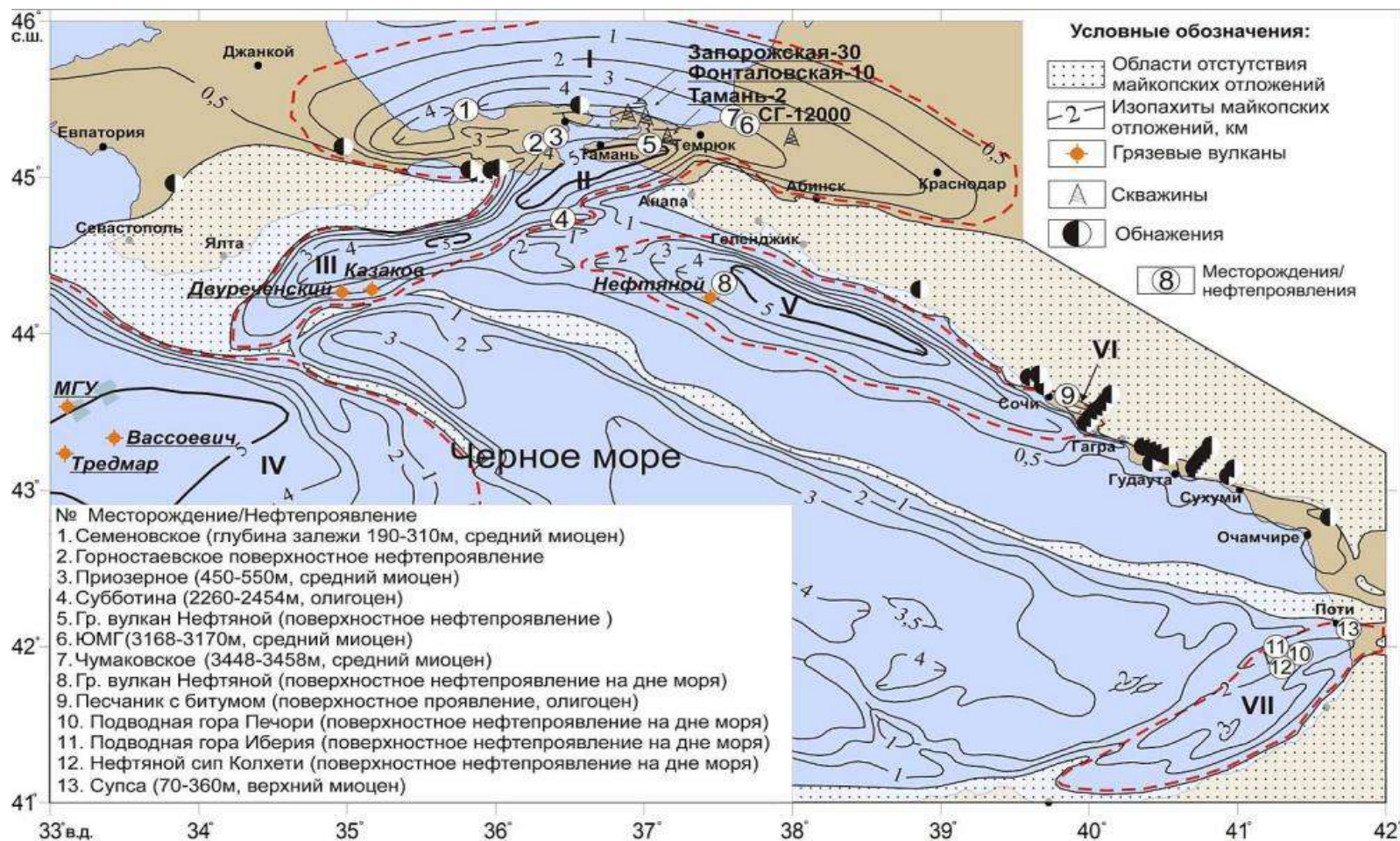
Прогнозная ассоциация ловушек – залежей углеводородов в Черном море (принципиальная схема): 1 – нефть; 2 – газоконденсат; 3 – газ (Лукин, 2007)



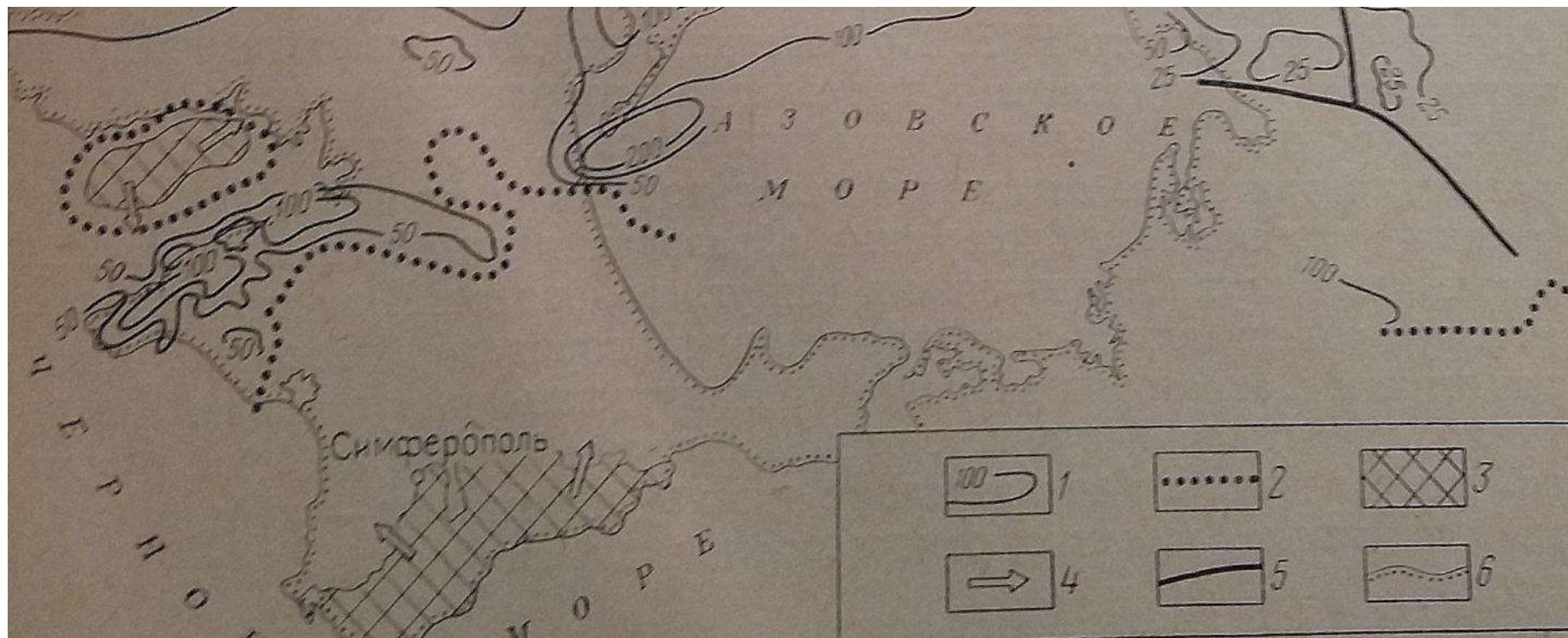
Фрагмент временного разреза, показывающий проявления разгрузки углеводородных потоков в осадочных комплексах Западно-Черноморского бассейна, смежная территория [Леончик, Сенин, Хортов, 2015]

Анализ последних результатов геолого-геофизических исследований в акватории Черного моря указывает на то, что осадочные комплексы кайнозоя характеризуются сильной газонасыщенностью. Этот процесс, судя по особенностям волновой картины и геологической истории развития Черноморского региона, регулируется двумя факторами:

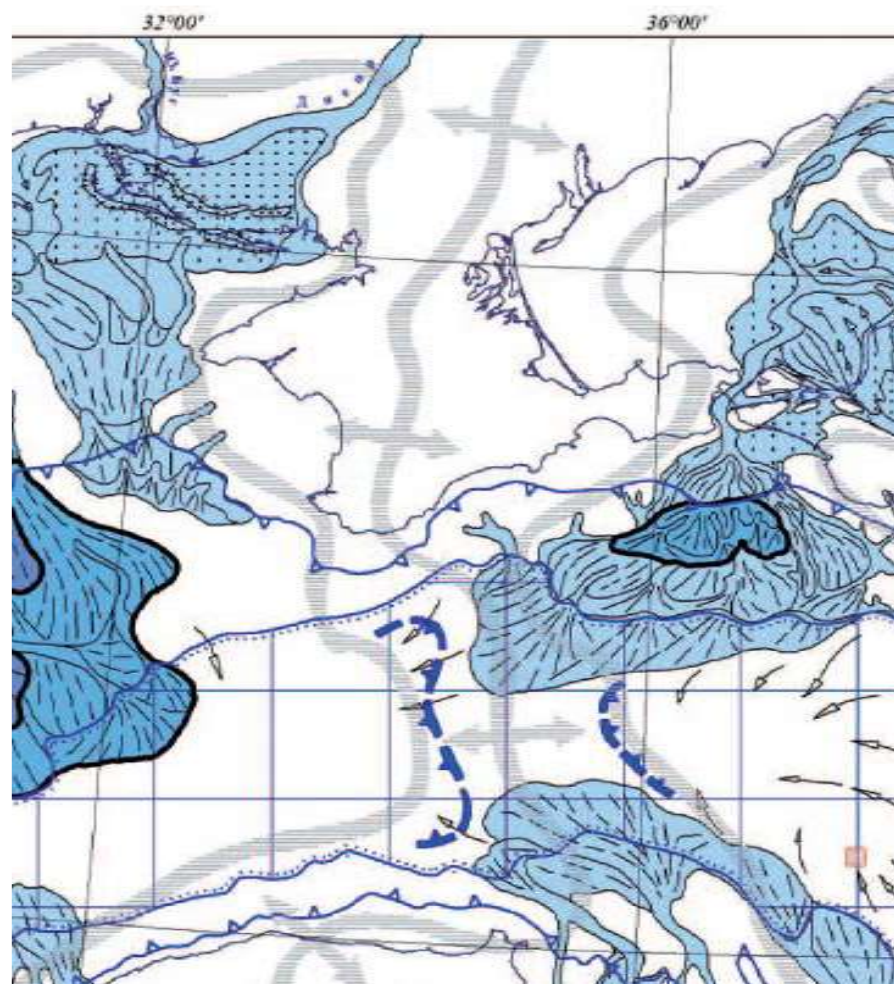
- 1) поступлением в осадочный разрез глубинного (мантийного) газа по системе глубинных разломов, затрагивающих поверхность фундамента (рис. 5.23). Аномалии содержания углекислого газа и метана в разрезе донных осадков и в водной толще могут объясняться отчасти дегазацией глубоких недр, в том числе в результате фумарольной деятельности погребенных вулканов [Леончик, Сенин, Хортов, 2015];
- 2) генерацией органического газа майкопскими или вышележащими отложениями в процессе их литификации [Леончик, Сенин, Хортов, 2015].



Тектоническое районирование Восточно-Черноморского субрегиона. Римскими цифрами показаны: I - Индоло-Кубанский прогиб, II - Керченско-Таманский прогиб, III - прогиб Сорокина, IV - Западно-Черноморский бассейн, V - Туапсинский прогиб, VI - Сочи-Адлерская депрессия, VII - Гурийский прогиб [Надежкин, 2011].



Карта распространения пород-коллекторов базальной пачки
 верхнеальбского подъяруса: 1 - изопакиты пород-коллекторов в м; 2 -
 границы распространения пород-коллекторов; 3 - области сноса в
 позднеальбское время; 4 - направление сноса обломочного материала;
 5 - разрывные нарушения; 6 – береговая линия [Геология и ..., 1979]



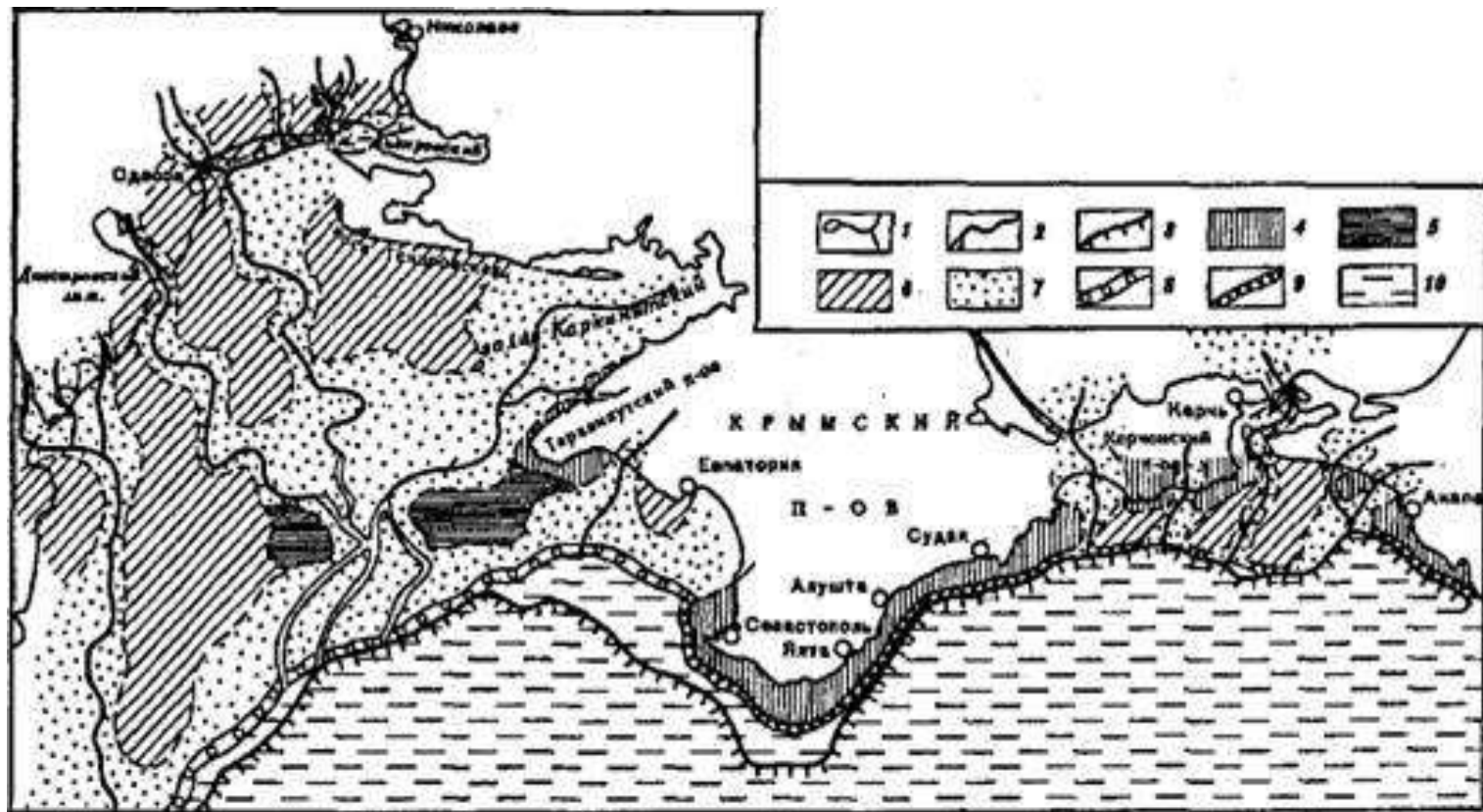
Основные каналы транспортировки и зоны разгрузки
терригенного материала

-  наземные и подводные долины, каньоны и ложбины стока
-  плиоценовые средиземноморско-черноморские каналы
-  области наземных дельт, действующих в голоцене
-  области частично или полностью отмерших дельт, моделируемых современными экосистемами: пролеосам и в юпитентальной зоне (а), в зонах подтопления (лимано-плавневая зона) и мелководья (б)
-  риджеты крупных береговых валов
-  генерация подводных дельт и конусов выноса
-  зоны развития клиноформ (по Д.А. Тутулову и др.)

Мощности отложений зернового плиоцена-антропогена в основных районах
транспортировки (долины и ложбины стока):

-  более 3 км (по Д.А. Тутулову)
-  более 2,5 км (по Д.А. Тутулову)
-  менее 2,5 км, неустановленные
-  границы областей повышенной мощности четвертичных отложений
-  направления переноса терригенного материала
-  границы главных геоморфологических элементов Черноморской впадины:
а – бровка шельфа, б – водораздел континентального склона,
в – предполагаемый седиментационный порог
-  трансрегиональные области разгрузки терригенного материала:
а – контуры областей, б – осевая линия зоны раздела между областями
(зоны оттоковых подпиток)
-  находки остатков современных наземных растений (дерево, веток)

Фрагмент схемы основных каналов транспортировки и зон разгрузки
терригенного материала Азово-Черноморского бассейна в позднем
плиоцене-плейстоцене [Леончик, Сенин, Хортов, 2015].



Литолого-палеогеографическая карта дна северной части Черного моря в позднем плейстоцене (время максимальной регрессии): 1 – современный берег; 2 – палеореки; 3 – край шельфа; 4 – различные доплиоценовые породы; 5 – глины предположительно плиоценового возраста; 6 – лессы плейстоцена; 7 – аллювий позднего плейстоцена; 8 – прибрежные песчано-раковинные отложения позднего плейстоцена; 9 – позднеплейстоценовая преимущественно абразионная береговая линия; 10 – позднеплейстоценовые глубоководные глинистые илы [Юаньцю, 2016]