Эвапориты

Химические осадки из ионных растворов

- Остальная часть вещества в реках мигрирует в виде **истинных, или ионных, растворов**. Во многих реках общая ***масса вещества, переносимого в виде коллоидных и истинных растворов, значительно превышает массу обломочных зерен.***
- В виде истинных растворов переносятся ***ионы всех легко растворимых веществ – нитратов, хлоридов, карбонатов, сульфатов, в меньшей мере кремнезема, органических веществ, соединений железа, марганца, фосфора.***
- Основными ионами в речных водах являются следующие:

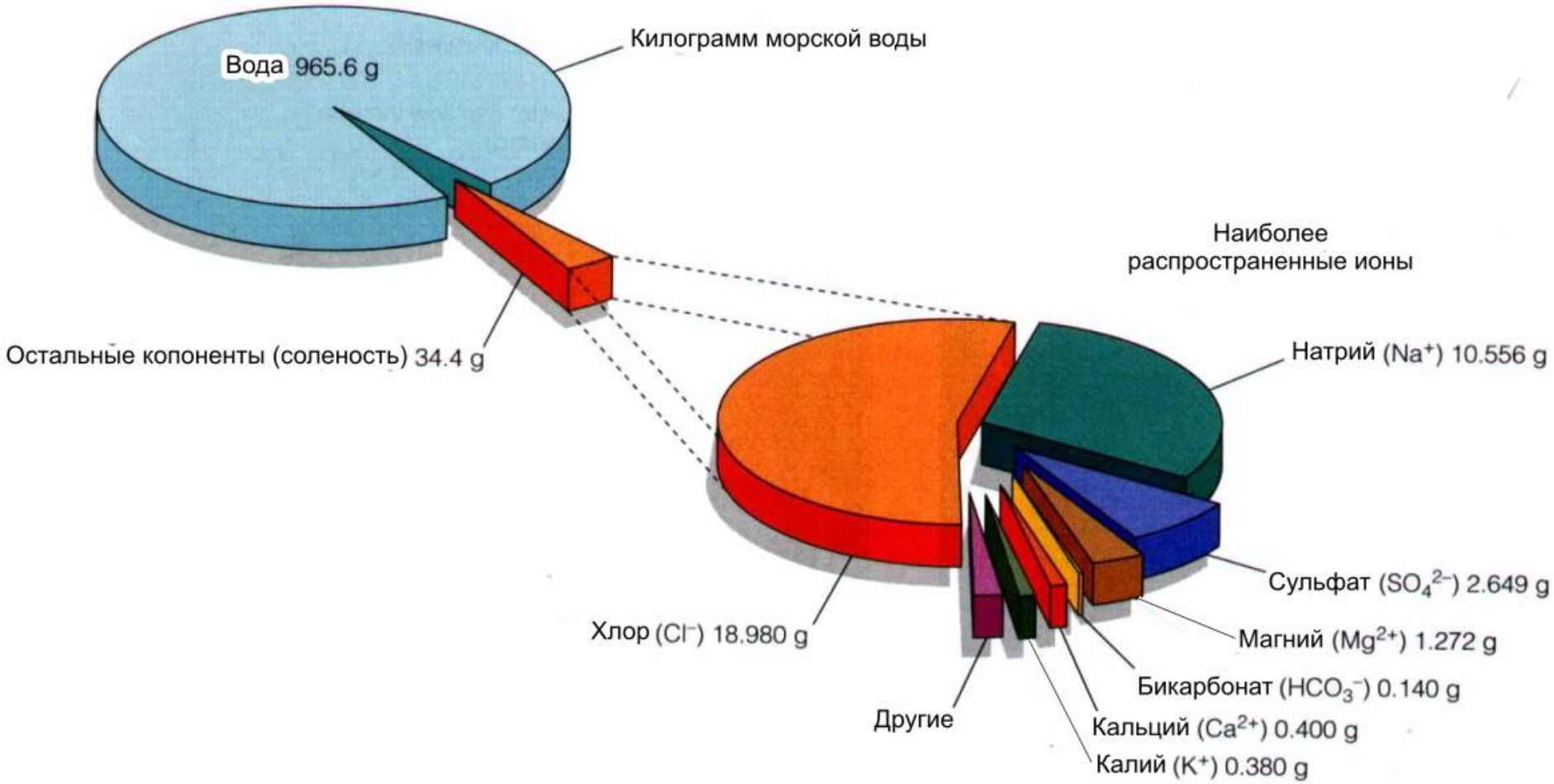
  а) катионы: **Na^+, K^+, Ca^{++}, Mg^{++};**

  б) анионы: **Cl^-, SO_4^{--}, CO_3^{--}, NO_3 -, HCO_3^-.**
- Осаждение вещества из истинных растворов происходит по следующим причинам:

  - в результате пересыщения раствора данным веществом,

  - в процессе химических реакций.

  Необходимым условием для образования пересыщенной среды является интенсивное испарение воды, что достигается в изолированных водоемах (озера, лагуны) в жарком сухом климате.


Килограмм морской воды
Вода 965.6 g
Остальные копоненты (соленость) 34.4 g
Наиболее распространенные ионы
Натрий (Na^+) 10.556 g
Сульфат (SO_4^{2-}) 2.649 g
Магний (Mg^{2+}) 1.272 g
Бикарбонат (HCO_3^-) 0.140 g
Кальций (Ca^{2+}) 0.400 g
Калий (K^+) 0.380 g
Хлор (Cl^-) 18.980 g
Другие

Последовательность выпадения солей

- Процесс образования солей из истинных растворов А.Е. Ферсман предложил назвать ***галогенезом.*** Образованные при этом осадки В.М.Гольдшмидт назвал ***эвапоритами.***
- Наиболее обычный порядок выпадения соединений из истинных растворов в лагунах и озерах определяется степенью растворимости их в воде.
- 1) На начальных стадиях при солености среды до **15‰ выпадают наименее растворимые в воде карбонаты (причем сначала кальцит, затем доломит).**
- 2) При более высоком осолонении среды (**соленость 15-27‰) осаждаются сульфаты – гипс, ангидрит, глауберит, мирабилит, тенардит.**
- 3) Наконец, при солености среды **свыше 27‰ отлагаются хлориды – галит, сильвин, карналлит.**

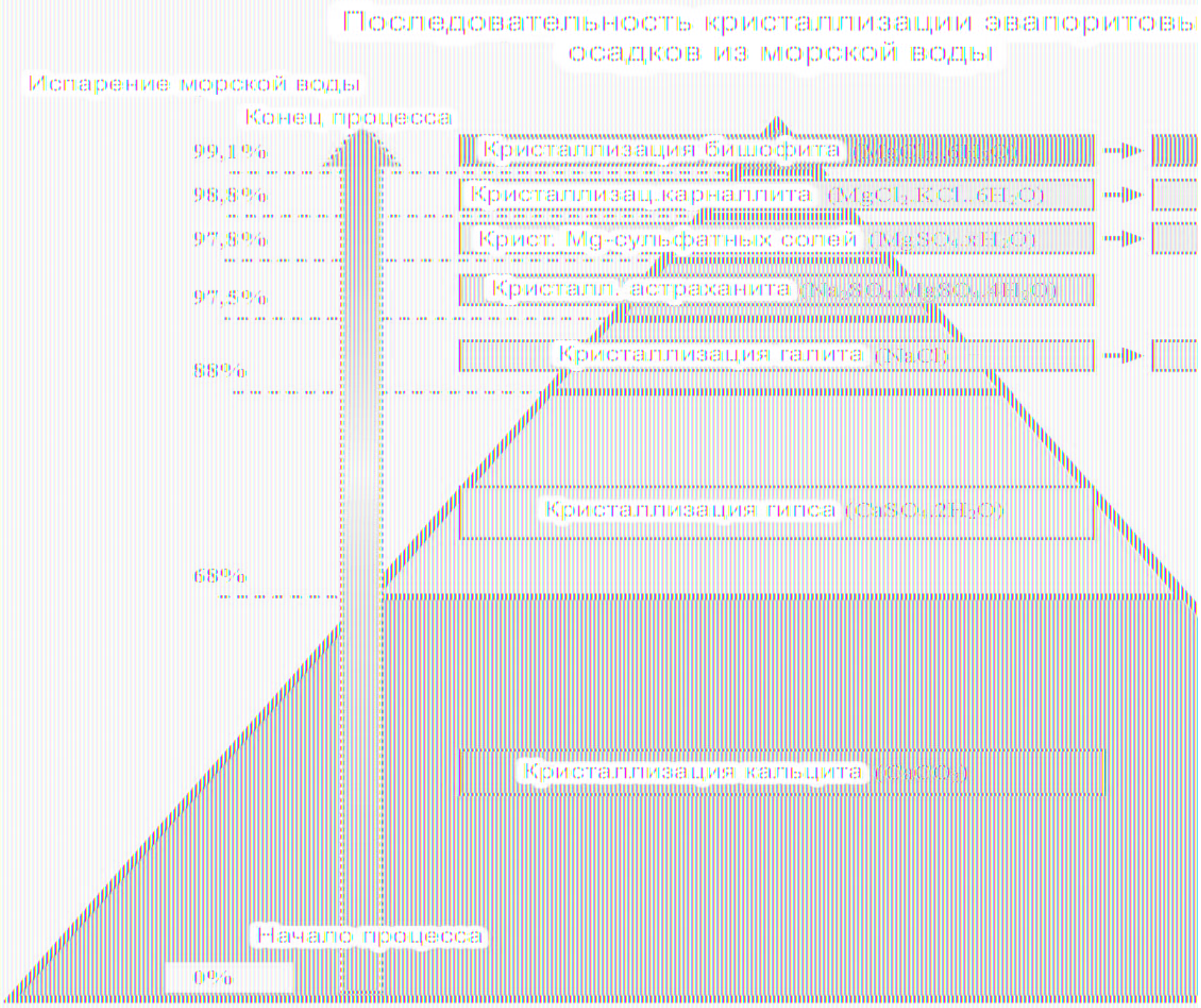

Последовательность кристаллизации эвапоритовых осадков из морской воды
Испарение морской воды
Конец процесса
99,1%
98,8%
97,8%
97,5%
88%
68%
0%
Кристаллизация бишофита ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$)
Кристаллизац.карналлита ($MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$)
Крист. Mg-сульфатных солей ($MgSO_4 \cdot nH_2O$)
Кристаллиз. астраханита ($Na_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 4H_2O$)
Кристаллизация галита ($NaCl$)
Кристаллизация гипса ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)
Кристаллизация кальцита ($CaCO_3$)
Начало процесса

Таблица 8.3. Обычные минералы эвапоритов [1039]

Ангидрит	$CaSO_4$
Антарктикит	$CaCl_2 \cdot 6H_2O$
Арагонит	$CaCO_3$
Афтиталмит	$K_2SO_4 \cdot (Na, K)SO_4$
Бассанит	$CaSO_4 \cdot {}^1/_2H_2O$
Беркит	$Na_2SO_4 \cdot 2Na_2CO_3$
Бишофит	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$
Блёдит (астраханит)	$Na_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 4H_2O$
Вантгоффит	$MgSO_4 \cdot 3Na_2SO_4$
Галит	$NaCl$
Ганксит	$9Na_2SO_4 \cdot 2Na_2CO_3 \cdot KCl$
Гейлюссит	$CaCO_3 \cdot Na_2CO_3 \cdot 5H_2O$
Гексагидрит	$MgSO_4 \cdot 6H_2O$
Гипс	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
Глауберит	$CaSO_4 \cdot Na_2SO_4$
Доломит	$CaCO_3 \cdot MgCO_3$
Зандерит	$MgSO_4 \cdot 2H_2O$
Каинит	$MgSO_4 \cdot KCl \cdot {}^{11}/_4H_2O$
Кальцит	$CaCO_3$
Карналлит	$MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$
Кизерит	$MgSO_4 \cdot H_2O$
Лангбейнит	$2MgSO_4 \cdot K_2SO_4$
Лёвеит	$2MgSO_4 \cdot 2Na_2SO_4 \cdot 5H_2O$
Леонгардит	$MgSO_4 \cdot 4H_2O$
Леонит	$MgSO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot 4H_2O$
Магнезиальный кальцит	$(Mg_xCa_{1-x})CO_3$
Мирабилит	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$
Натрон (сода)	$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$
Нахколит	$NaHCO_3$
Пентагидрит	$MgSO_4 \cdot 5H_2O$
Пирссонит	$CaCO_3 \cdot Na_2CO_3 \cdot 2H_2O$
Полигалит	$2CaSO_4 \cdot MgSO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot 2H_2O$
Риннеит	$FeCl_2 \cdot NaCl \cdot 3KCl$
Сильвин	KCl
Сингенит	$CaSO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot H_2O$
Тахигидрит	$CaCl_2 \cdot 2MgCl_2 12 \cdot H_2O$
Тенардит	Na_2SO_4
Термонатрит	$Na_2CO_3 \cdot H_2O$
Трона	$NaHCO_3 \cdot Na_2CO_3 \cdot 2H_2O$
Шенит (пикромерит)	$MgSO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot 6H_2O$
Шортит	$2CaCO_3 \cdot Na_2CO_3$
Эпсомит	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$

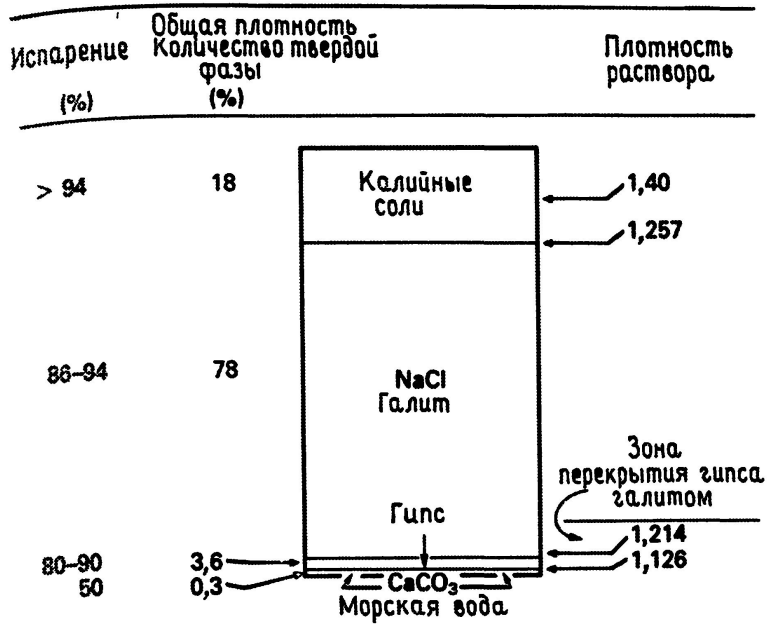
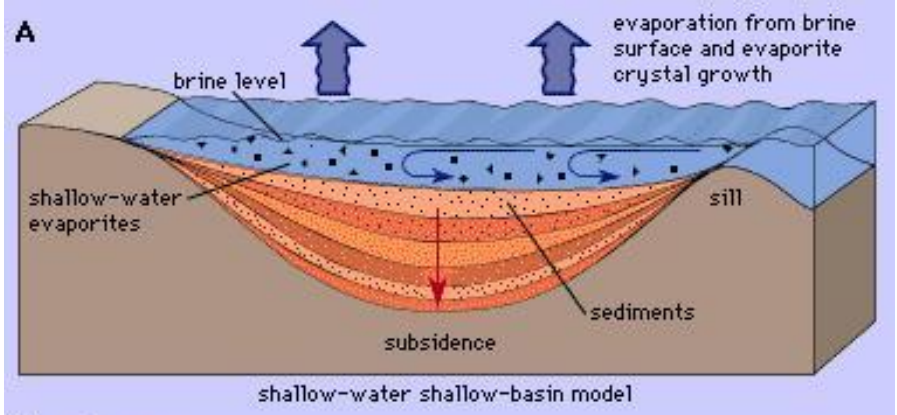


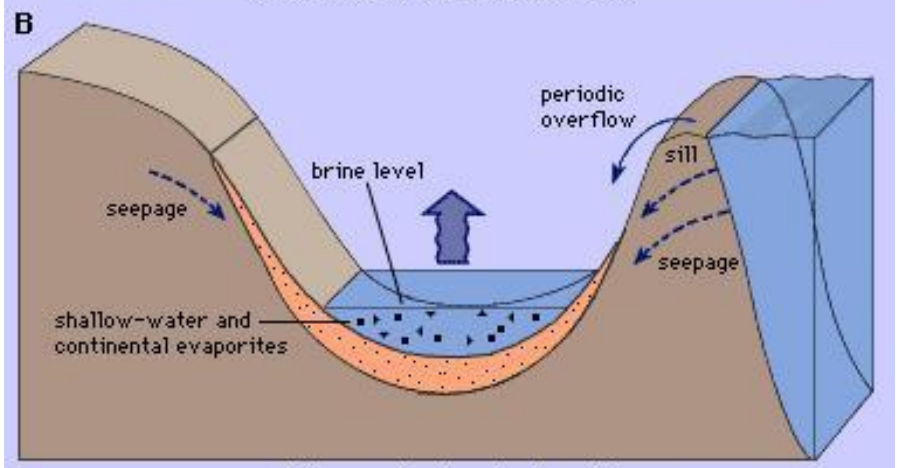
Рис.8.3. Относительные содержания эвапоритовых компонентов в морской воде. «Высокие» соли являются результатом взаимодействия твердых фаз и остаточных флюидов ([281], с изменениями).

Таблица 8.4. Скорости осаждения из морской воды [2142]

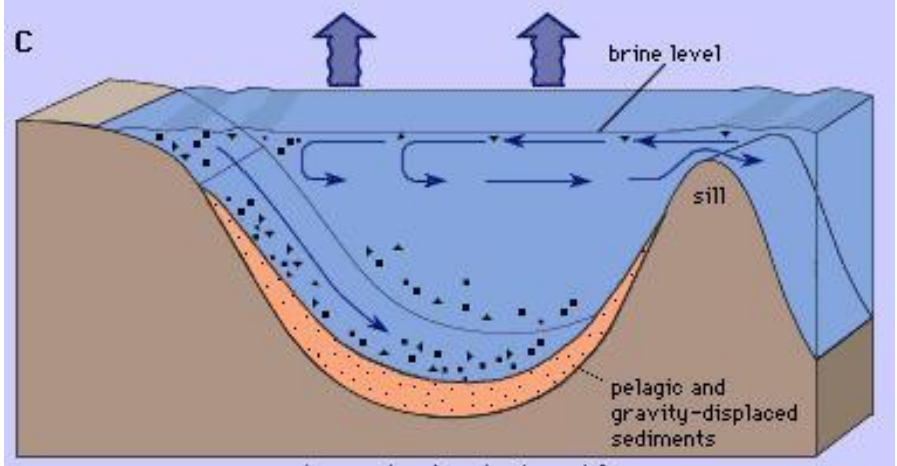
Тип осадка	Обстановка образования	Наблюдаемые скорости отложения
Сульфаты Карбонаты	Себха	Откладывается слой толщиной 1 м/1000 лет, проградация 1—2 км за 1000 лет
Сульфаты (обычно гипс)	Субаквальная (наблюдается в самосадных прудах)	1—40 см/1000 лет по всей площади бассейна
Галит	Субаквальная (самосадные пруды)	10—100 м/1000 лет по всей площади бассейна



shallow-water shallow-basin model



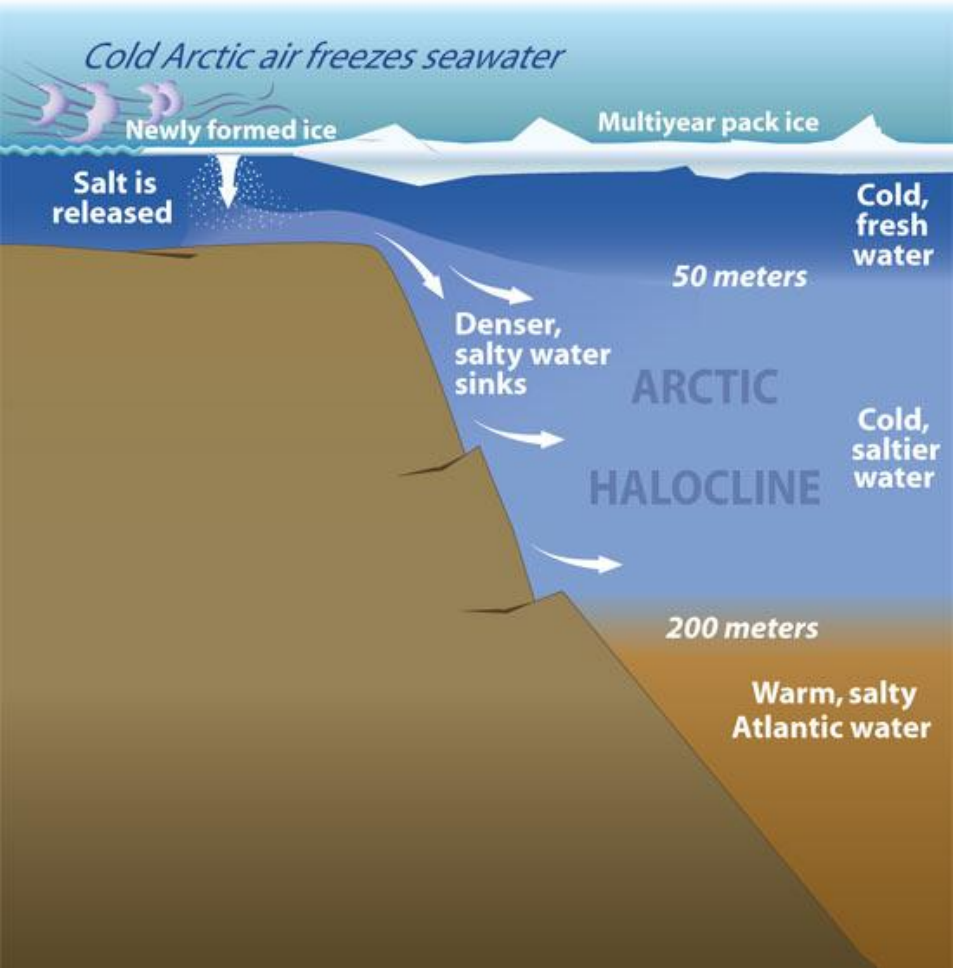
shallow-water deep-basin model

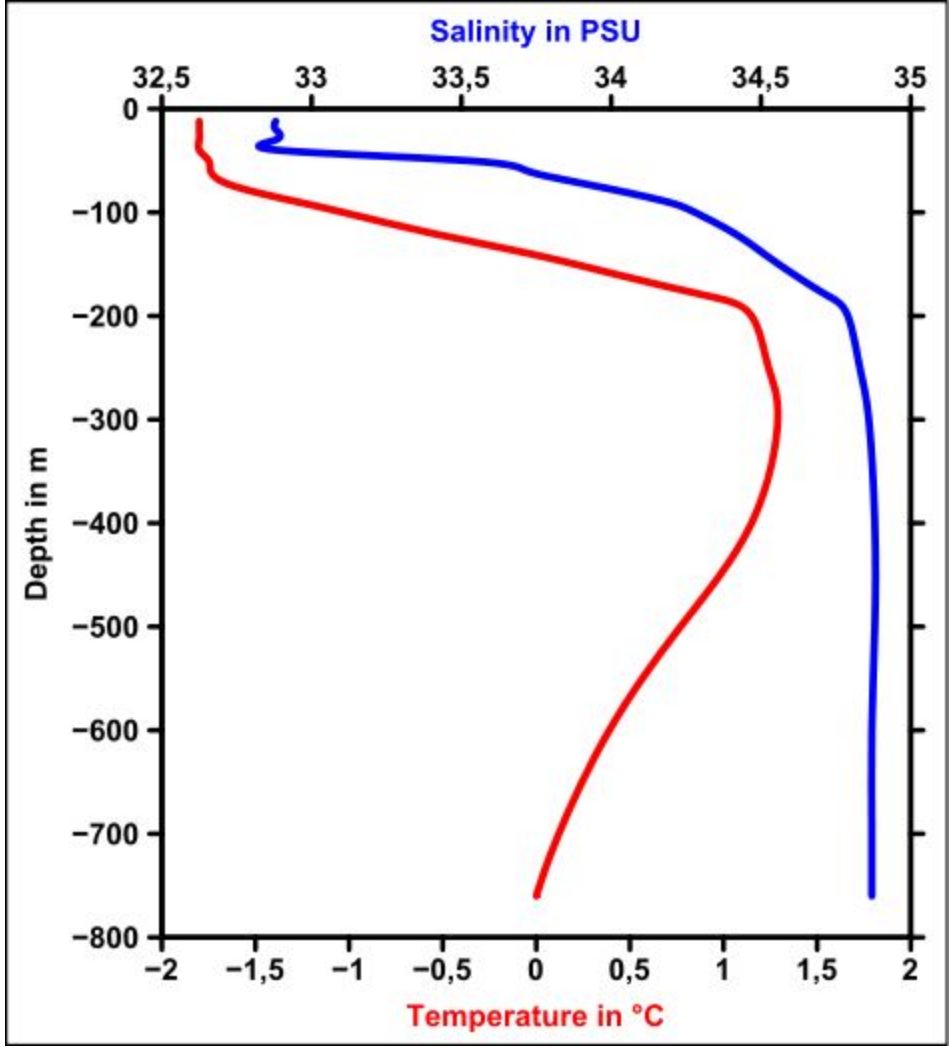


deep-water deep-basin model

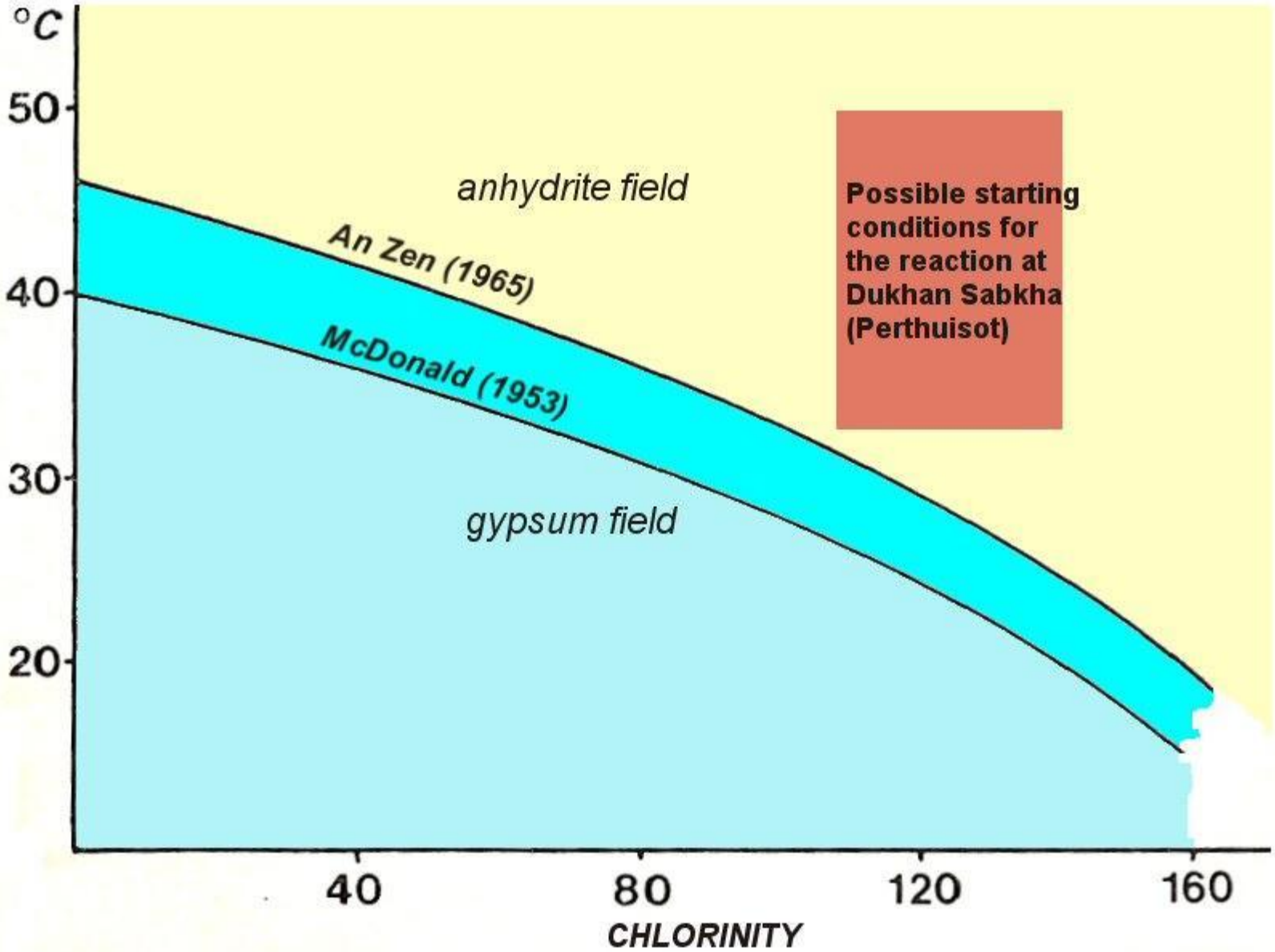
© 1998 Encyclopaedia Britannica, Inc.

Галоклин — слой воды, в котором солёность резко изменяется с глубиной

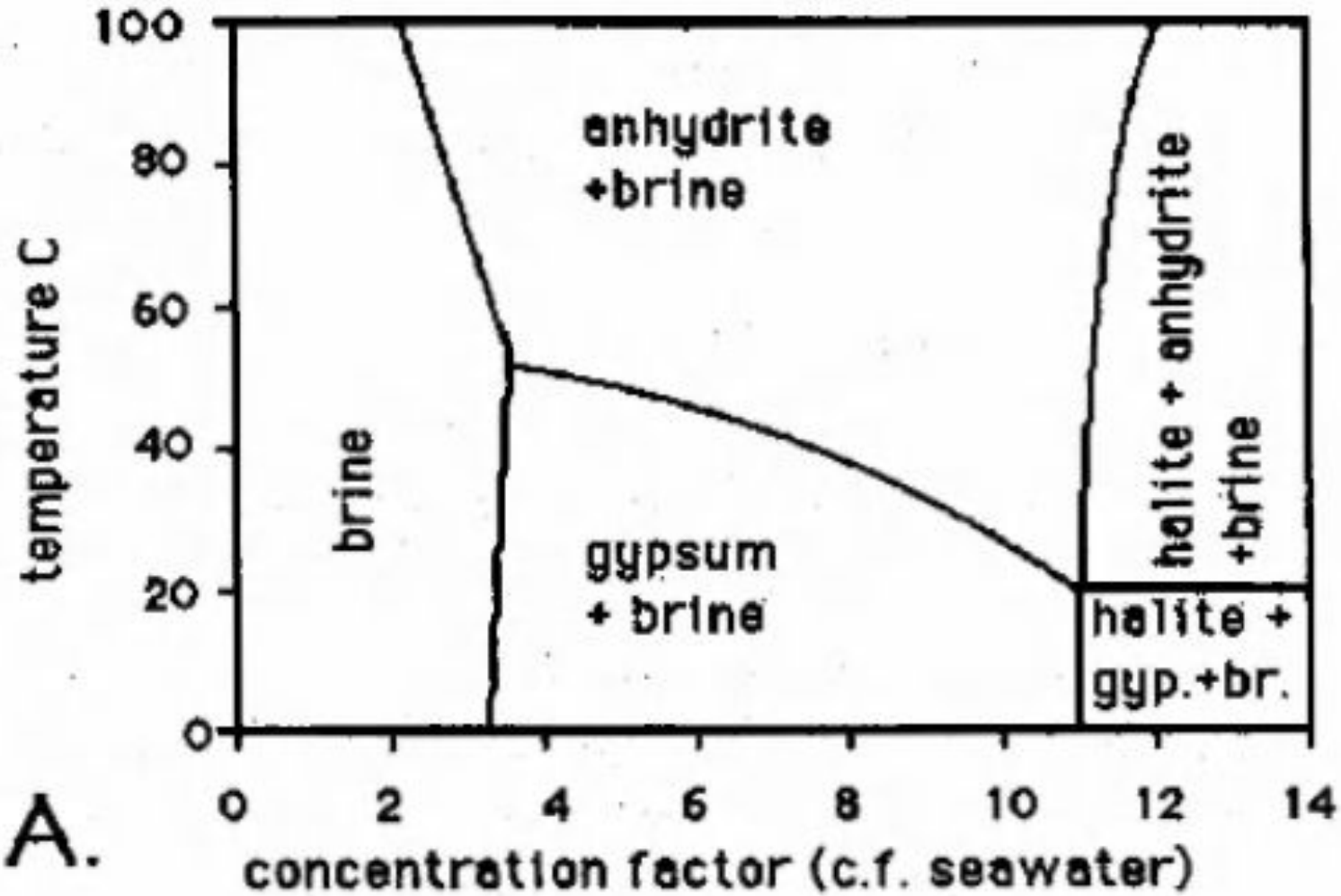




©2007 Veronica von Allwörden



Temperature against chlorinity for the gypsum-anhydrite transition in NaCl solutions, according to An Zen and to McDonald, with the possible starting conditions for the reaction at Dukhan Sabkha according to Perthuisot (1977). *Ian West & Tonya West (c) 2006.*


100
80
60
40
20
0
temperature C
anhydrite
+brine
brine
gypsum
+ brine
halite + anhydrite
+brine
halite +
gyp.+br.
0
2
4
6
8
10
12
14
concentration factor (c.f. seawater)

A.

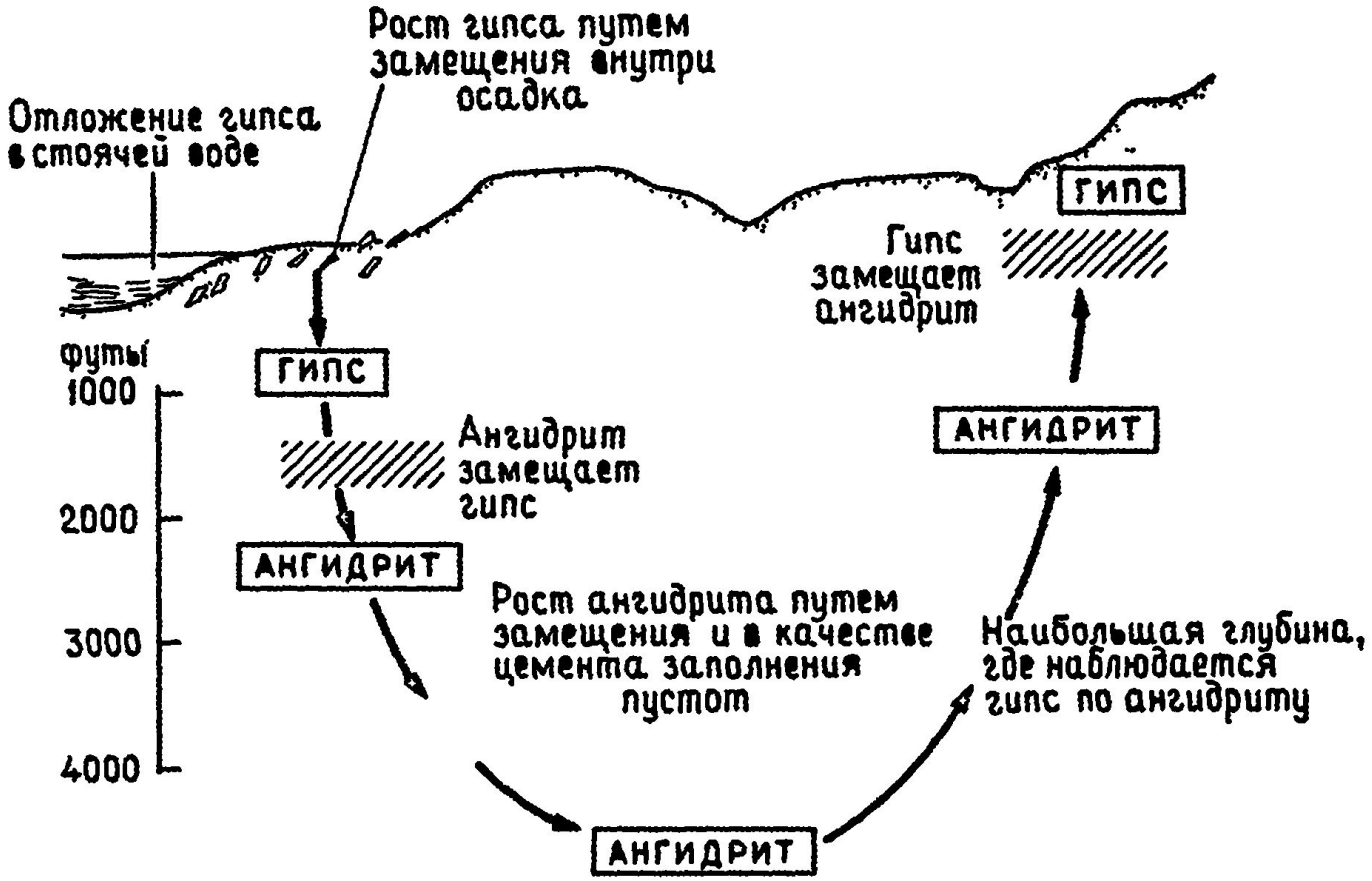
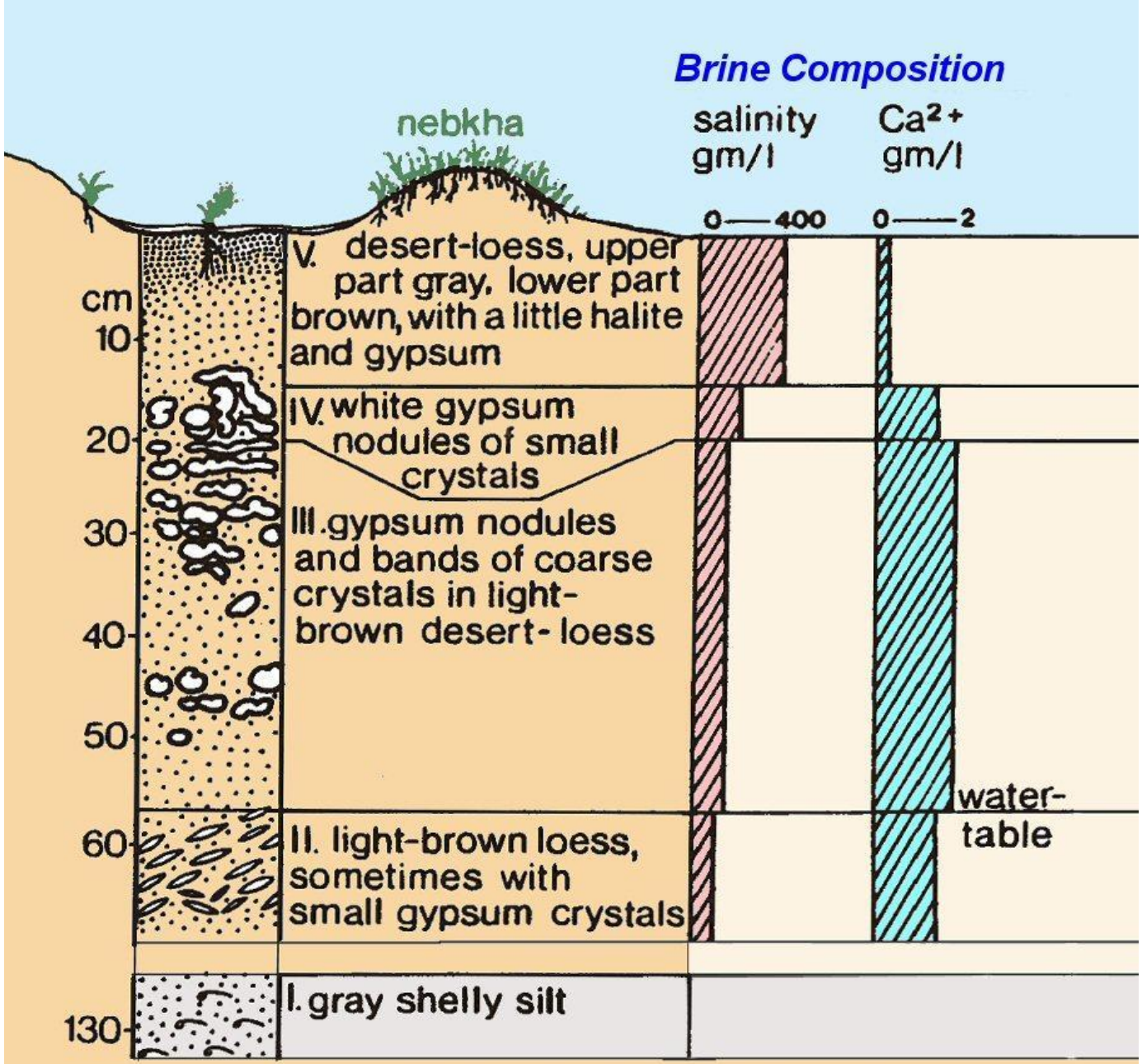


Рис.8.52. Схематическая диаграмма гипс-ангидритового диагенетического цикла [1744].

Себх, Себха, Себкха, (англ. Sabkha)
(от арабск. "себка") - название замкнутых бессточных понижений, покрытых солончаками. Дно себх покрыто засолёнными глинистыми отложениями. Во время дождей они превращаются в болота. Наиболее крупные из них заполнены водой круглый год.

Шотт — замкнутая бессточная впадина с дном, покрытым слоем соли или коркой.
Шотт — соляное болото.
Шотт — возвышенная краевая часть себхи, используемая под пастбища.



Precipitation of gypsum nodules in a modern sabkha profile of northern Egypt, between Alexandria and El-Alamein. See West et al. 1985 for details. *Ian West (c) 2005.*

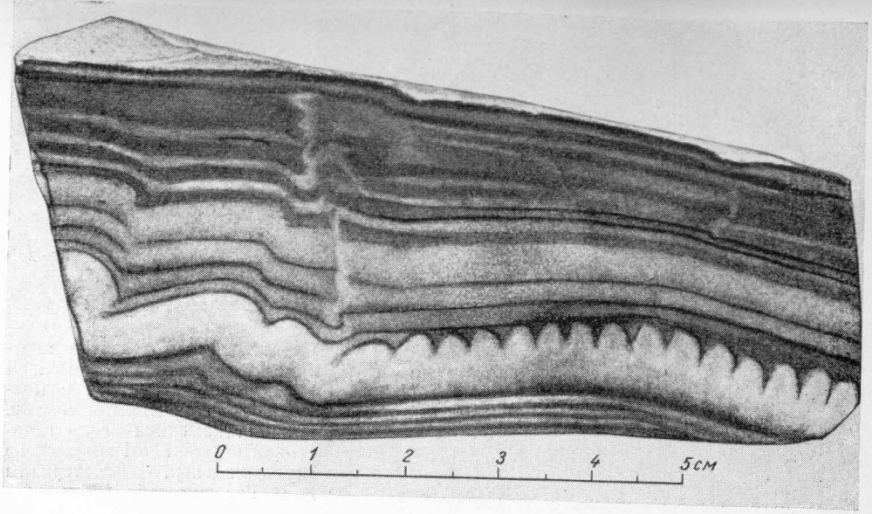
PRECIPITATION AND GROWTH OF HALITE CRYSTALS IN A SMALL SALINA OR SALT LAKE AT ZUWARAH, NORTHEAST LIBYA.
It is common to find black mud beneath halite crusts in salt lakes and sabkhas. This is because at high brine saturation levels very little oxygen can be dissolved in the water. Small groups of radiating crystals of anhydrite occur beneath the halite crust. The magnesium minerals, dolomite and huntite are also precipitated in or around this salt lake. The anhydrite here may be the northernmost recent precipitation of the mineral known. It is common in Arabian Gulf sabkhas but not in Mediterranean coastal environments. See Lashhab (1992) for more information. Ian West (c) 2012

Waste disposal in the Umm Said supratidal sabkha; gypsum crystals grow on a small plastic drinking cup. This is occurring in a pit in the sabkha where the sulphate-saturated brines are in contact with rubbish (garbage). Photo - 1997.

Ian West & Tonya West (c) 2008.

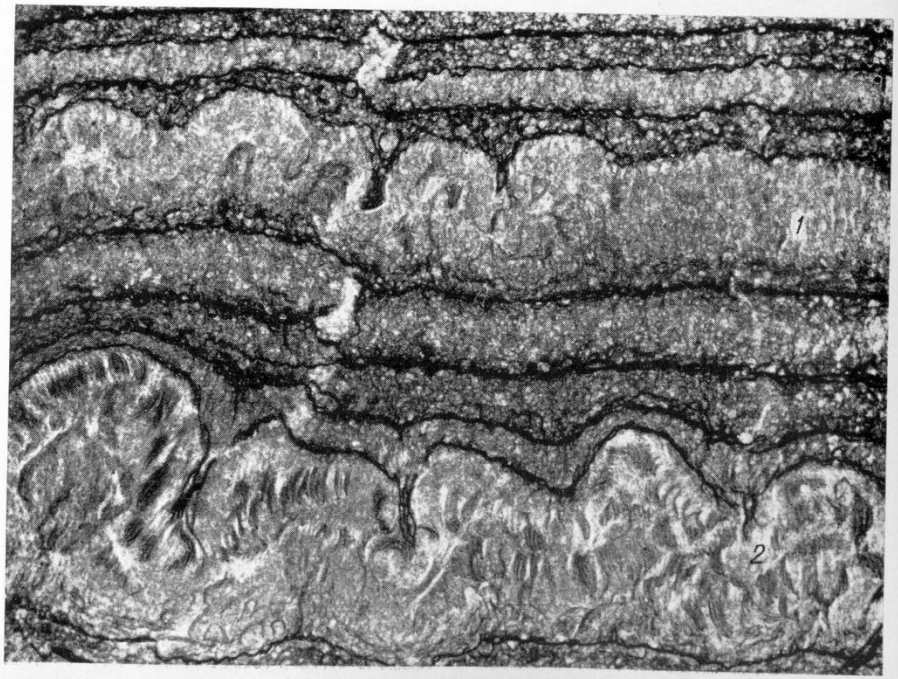
DISPLACIVE ENTEROLITHIC VEINS AND NODULES OF ANHYDRITE IN A RECENT, QUARTZ SAND SABKHA, DUKHAN SABKHA, QATAR.
This is a lump of muddy sand with anhydrite which has been dug out from just beneath the surface of this salt-encrusted sabkha. The curving character of the white veins and the thin internal sutures are almost identical in type with those in ancient sabkha deposits such as the Purbeck evaporites of Dorset, England. The brown muddy sand, however, may eventually become reddish by dehydration, burial and underground temperature increase. Thus, this may be a precursor of reddish clastics like those incorporating the Permo-Triassic, nodular, evaporites of southern England. Ian West © 2012.

Early fabric of displacive enterolithic veins now preserved in late, secondary, (post-anhydrite) porphyrotopic gypsum. Soft Cockle Mb, Purbeck Formation, Worbarrow Tout . Ian West (c) 2005



438

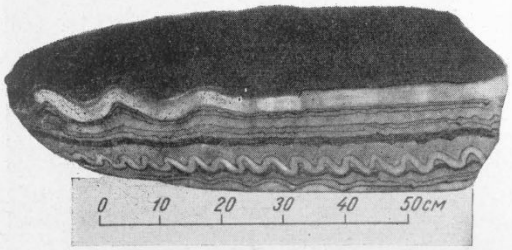
Общий вид сутурного шва, расположенного в плоскости слоистости пелитоморфной карбонатно-ангидритовой породы. Часть его зарисована на фиг. 437, представляющей собой приблизительное и несколько более увеличенное зеркальное отражение в шлифе левой части всего сутурного шва.



→

440

Сутурный шов, секущий слоистость карбонатно-ангидритовой породы.
×3,5. Яр-Бишкадакское месторождение, скв. 38, глуб. 978,8 м. Материалы К. В. Скворцовой, 1972, изученные Я. Я. Яржемским в 1972 г.

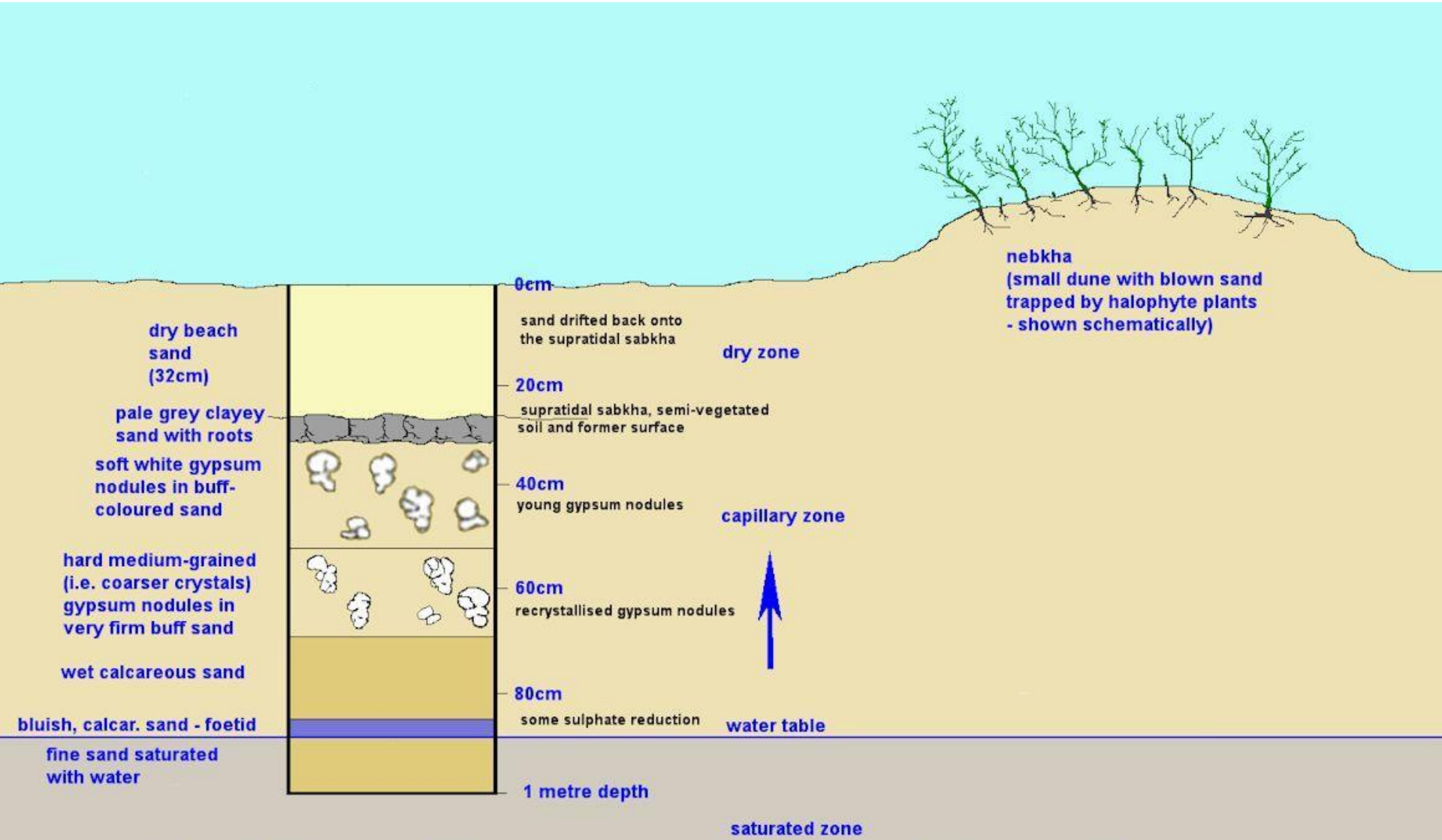


441

Сутурные швы (развитый внизу и полуразвитый вверху) в тонкослоистой галопелитсодержащей ангидритовой породе. Яр-Бишкадакское месторождение, верхняя (надсолевая) ангидритовая пачка кунгурской соленосной толщи. Материалы В. В. Герасимовой, 1951.

439

Начальная (*1*) и развитая (*2*) стадии образования сутурного шва по слоистости карбонатно-ангидритовой породы. В начальную стадию лишь намечается образование сутурного шва с мелкими, явно до конца не доформировавшимися зачаточными, несколькими его зубцами.
×4, николи +. Яр-Бишкадакское месторождение, скв. 38, глубина 978,8 м. Материалы К. В. Скворцовой, изученные Я. Я. Яржемским в 1972 г.



SEMI-ARID SABKHA AT ZUWARAH IN NORTHEAST LIBYA (MODIFIED AFTER LASHHAB).
This shows similar features to the semi-arid sabkhas of the Alexandria to El Alamein coast of northern Egypt. It is a typical southern Mediterranean sabkha, except that the soil level has been covered by some recent beach sand. Nodules of gypsum develop about half a metre above the water table (normally sulphate-saturated, but not halite saturated). There are halophyte plants in nebkhas, unlike drier Arabian Gulf sabkhas, and anhydrite is not usually found in the nodules. Field study by Lashhab (1992). Ian West and Mokhtar Lahhab © 2012.

Displacive nodules of anhydrite have formed in the muddy sand of the capillary zone a few centimetres beneath the thin, surface halite crust at the margin of the Duhkan Sabkha. These are modern analogues for the anhydrite nodules that are common in ancient evaporite deposits.

Ian West & Tonya West (c) 2006.

Close view of the anhydrite nodules of Dukhan Sabkha, Qatar, showing internal chicken wire or, more probably, enterolithic structure. They have been dug out and placed on the thin damp halite crust. *Ian West & Tonya West (c) 2006.*

Пещера Найка. Мексика

Пещера Найка. Мексика

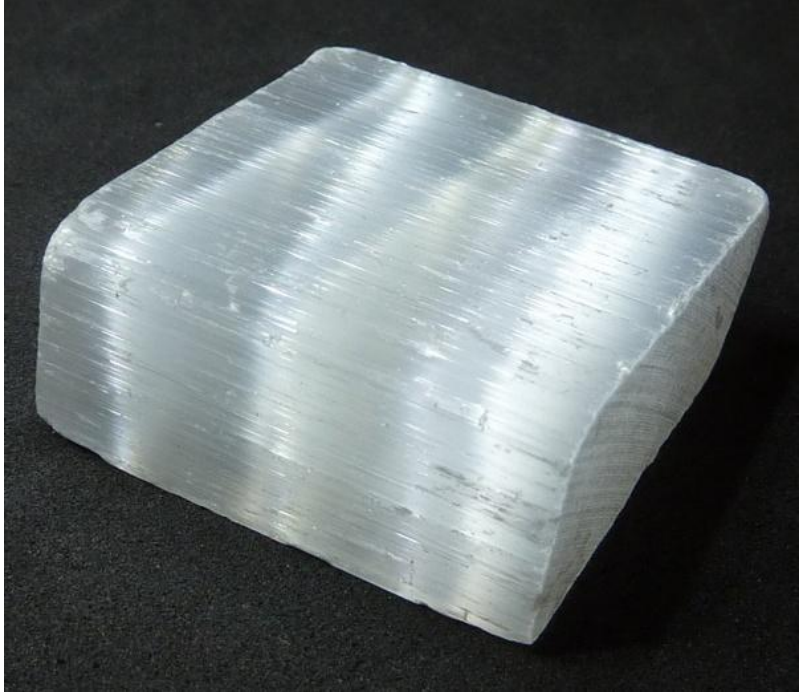
Двойник. Ласточкин хвост

Марьино стекло

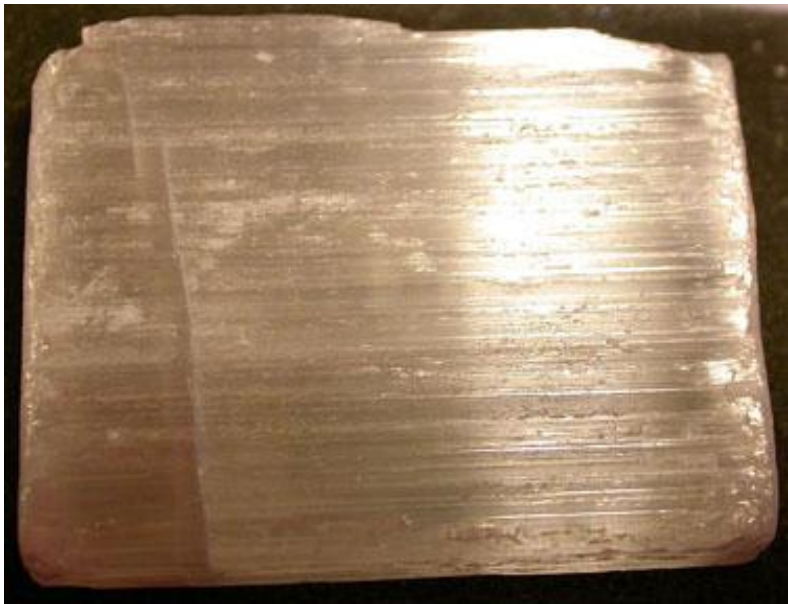
Алебастр

Гипсовые розы

Гипсовый цветок,
Антолит



Селенит



Ангидрит

Ангидрид

Галит

Галит

Галит

Сильвин

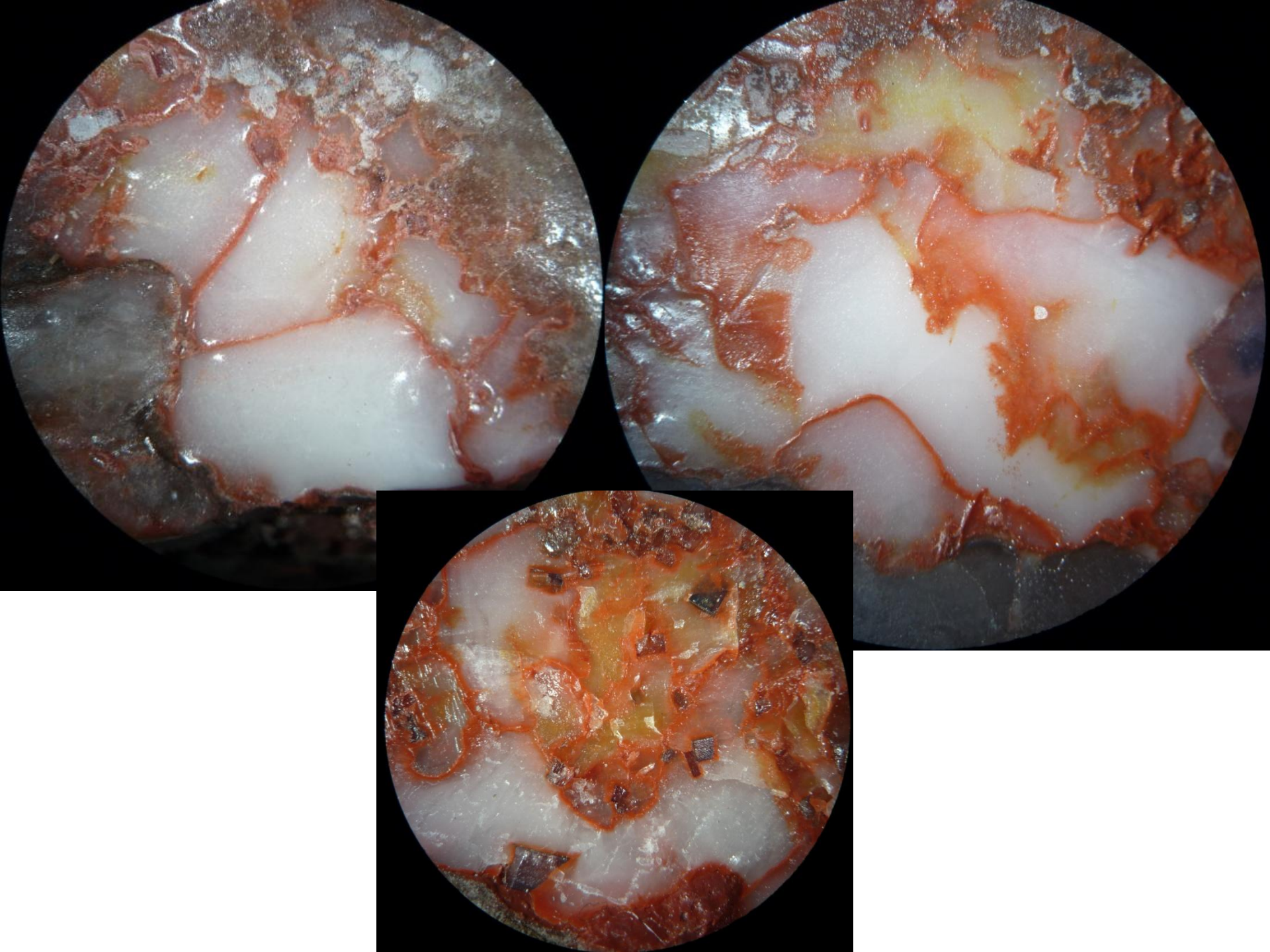
Сильвин

Сильвин
Sylvite
KCl

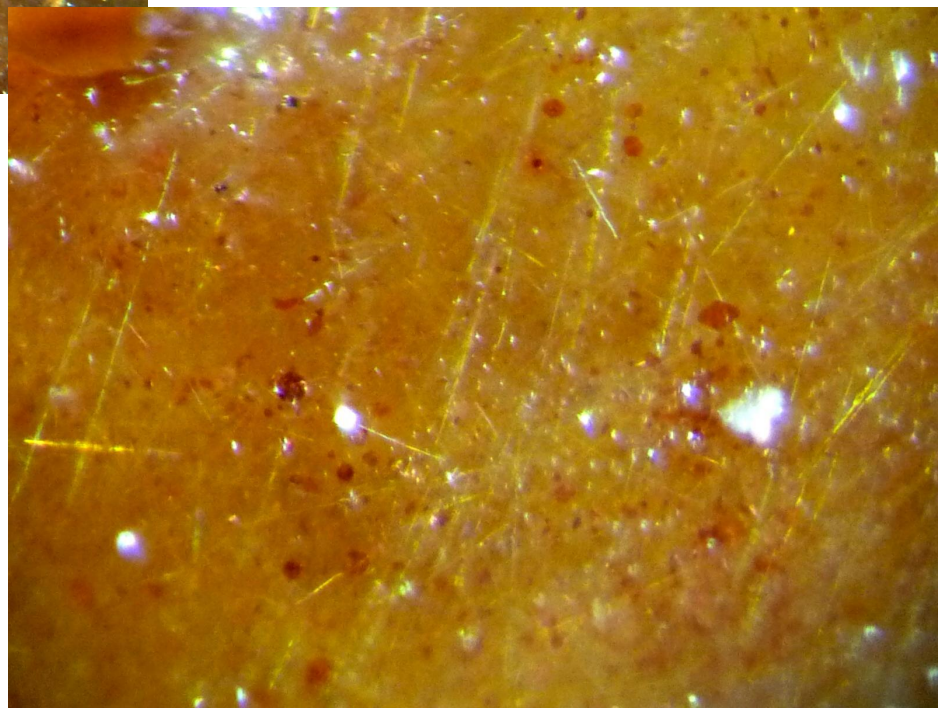
Сильвинит

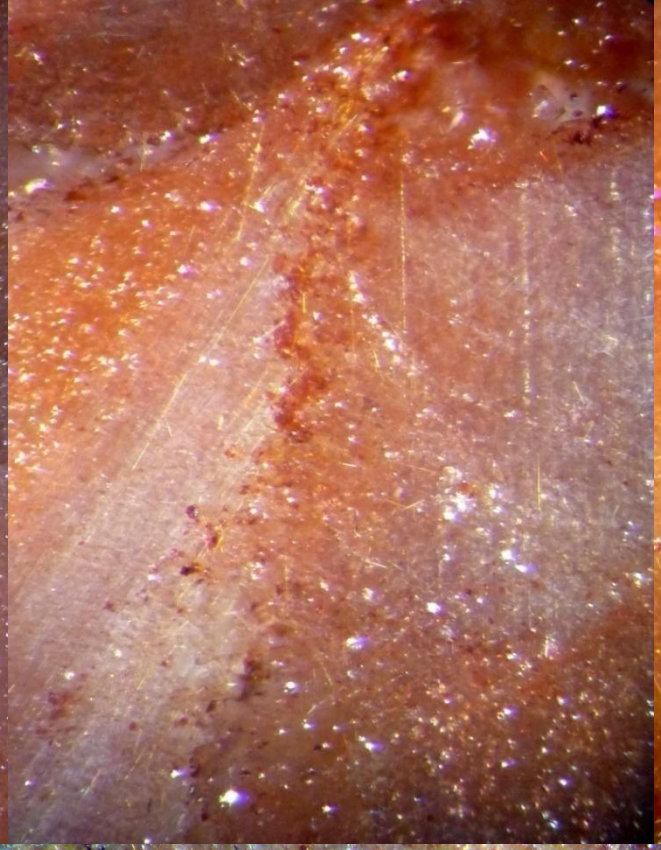
Сильвинитовая шахта

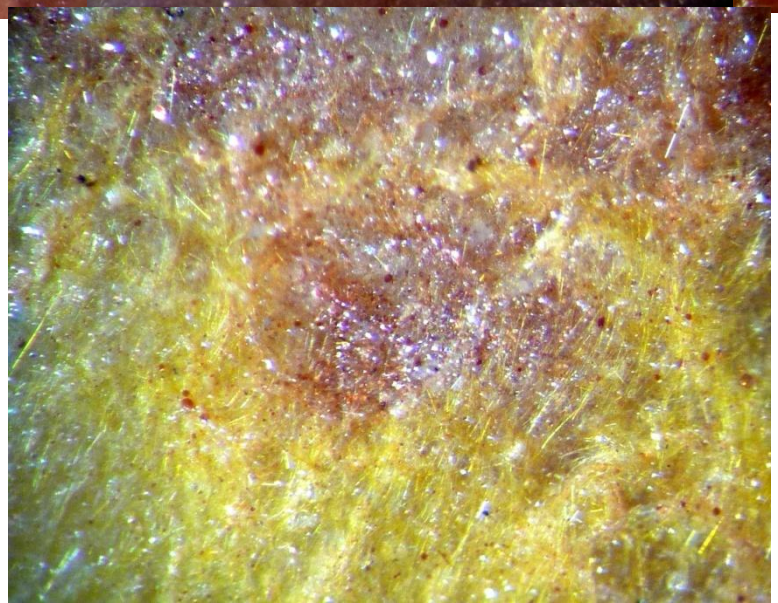
Сильвинит



Карналлит







Соляная тектоника

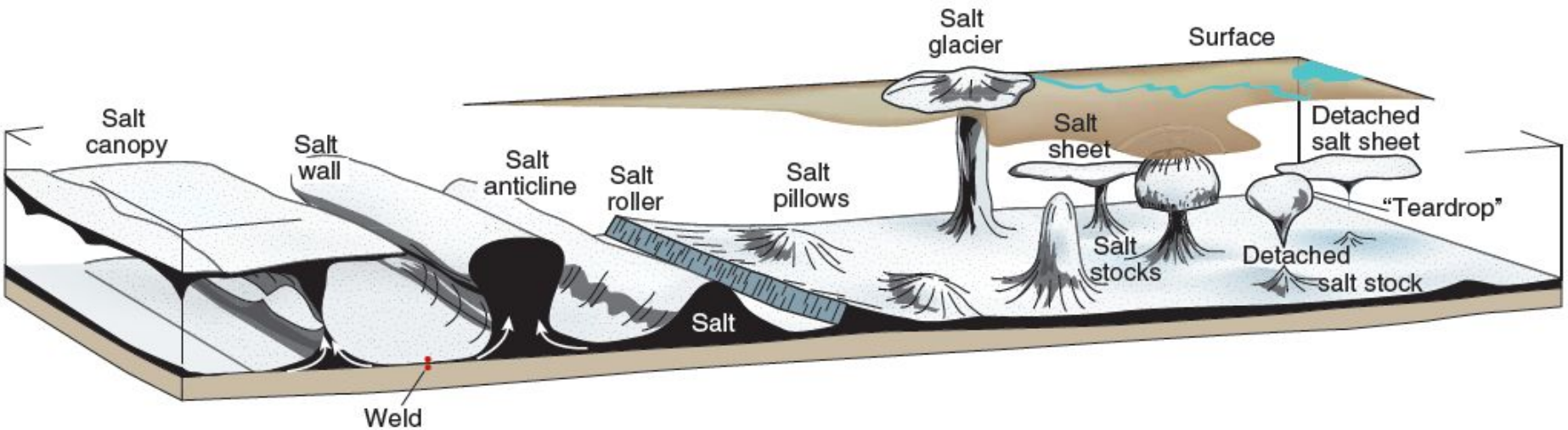
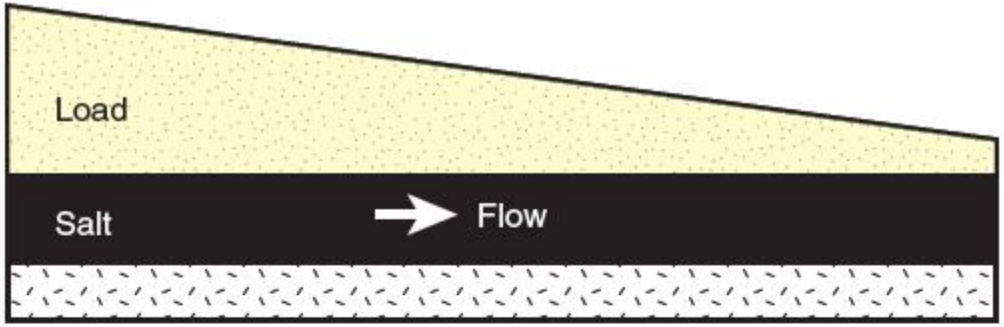
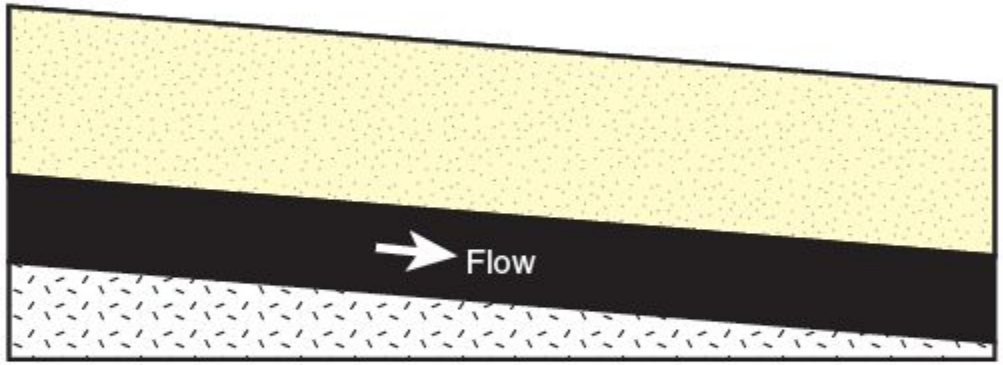


Figure 19.3 Different types of salt structures, their names and geometries. Maturity increases from the central part of the figure to the left and right.

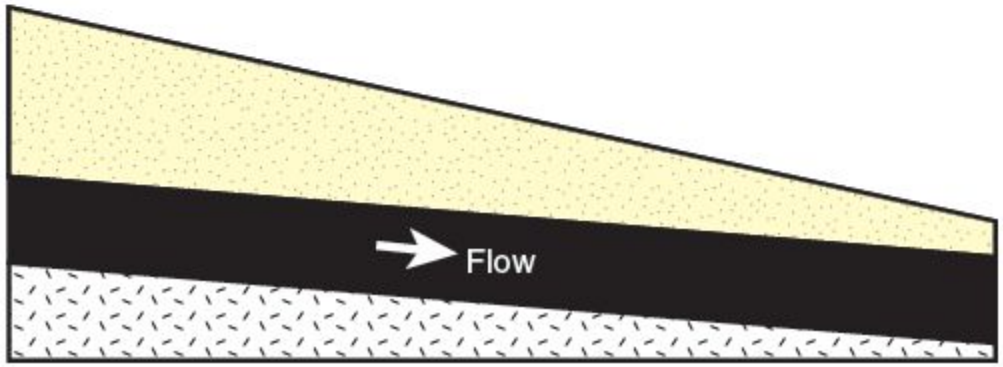
(a) Varying overburden thickness



(b) Dipping salt and overburden layers



(c) Combination of (a) and (b)



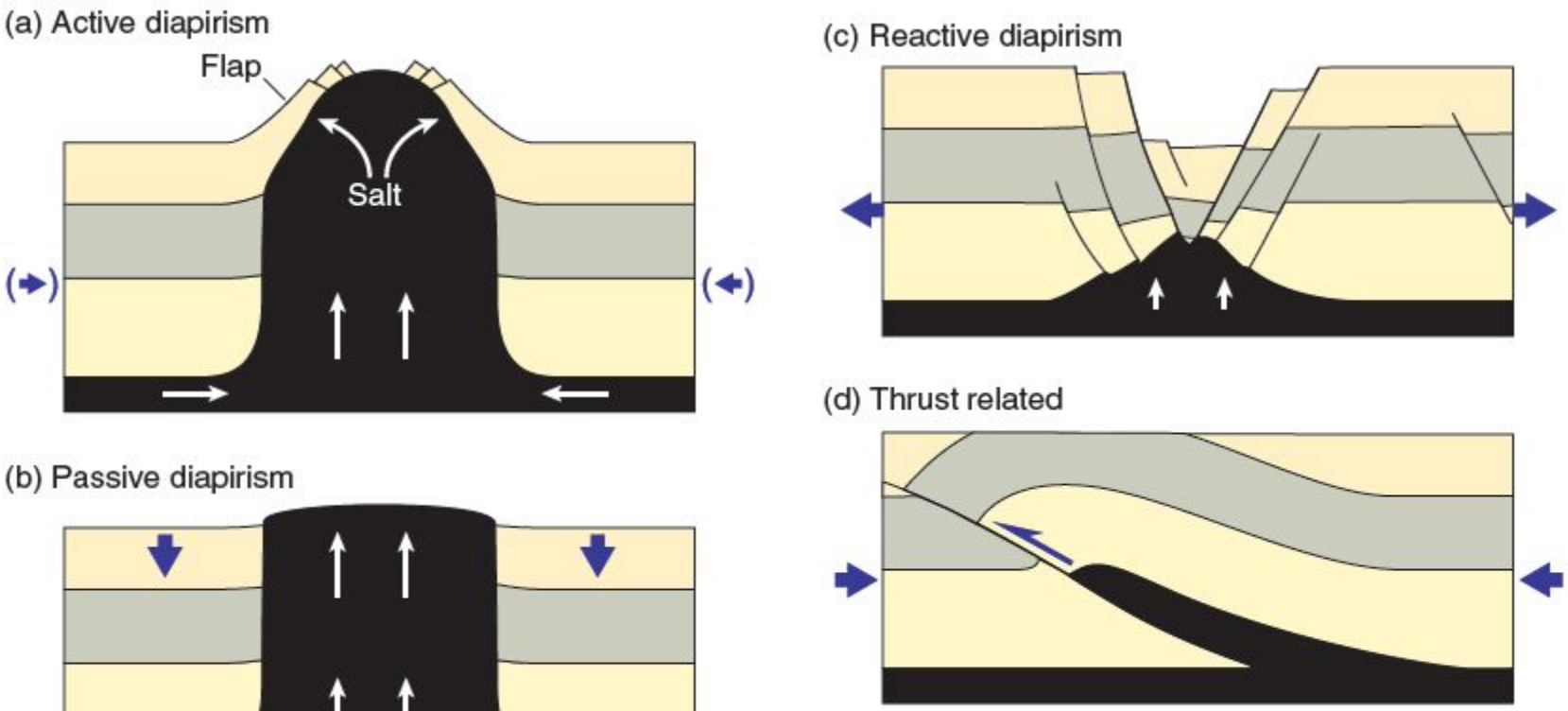
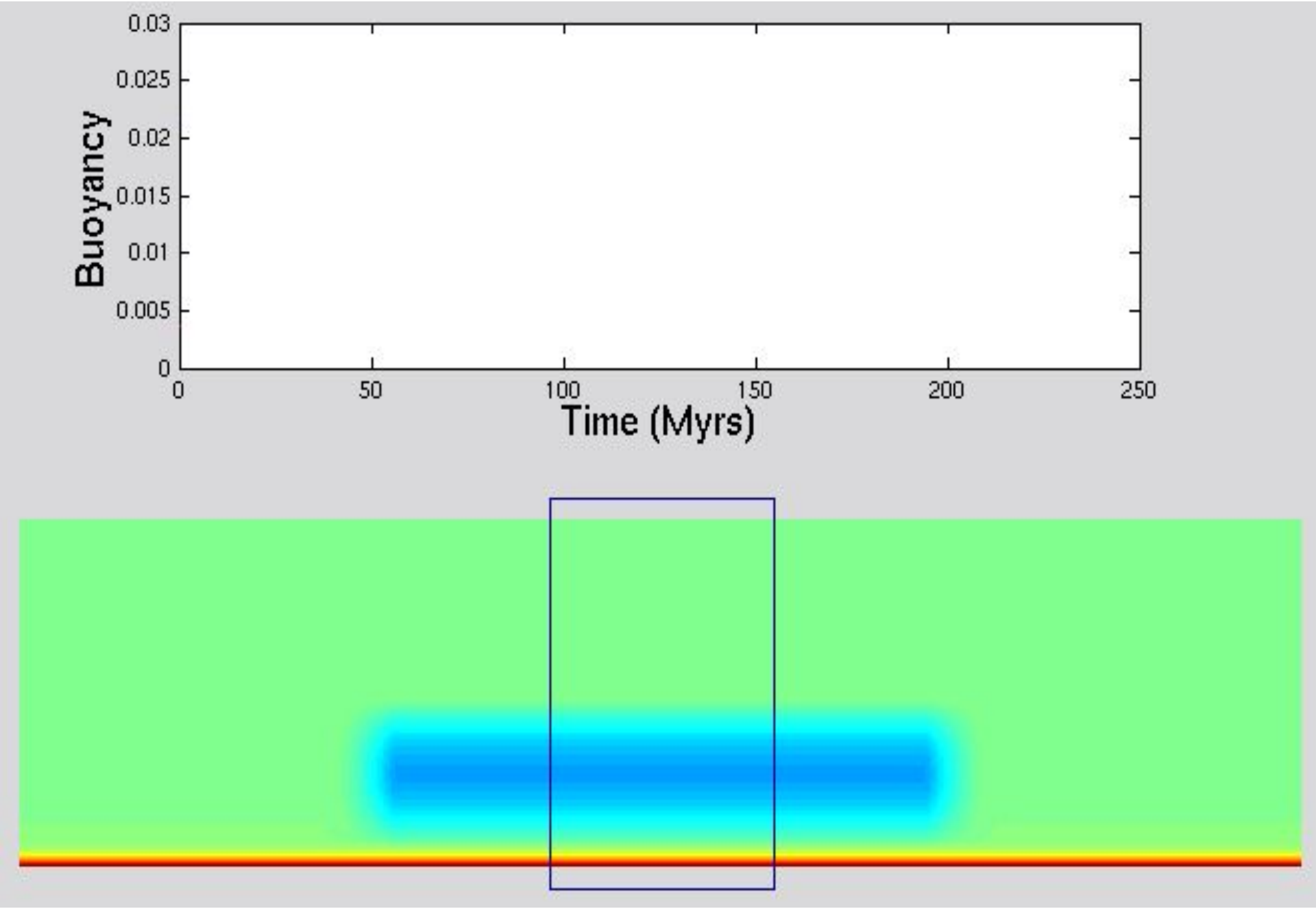


Figure 19.13 Main classes of diapirs and diapirism. (a) Active diapirism driven by density contrast and forceful ascent of salt (buoyancy), (b) passive evolution as sediments are deposited around the salt structure, (c) Reactive formation in response to extension, and (d) salt structuring during contraction (thrusting).


Buoyancy
0.03
0.025
0.02
0.015
0.01
0.005
0
0
50
100
150
200
250
Time (Myrs)

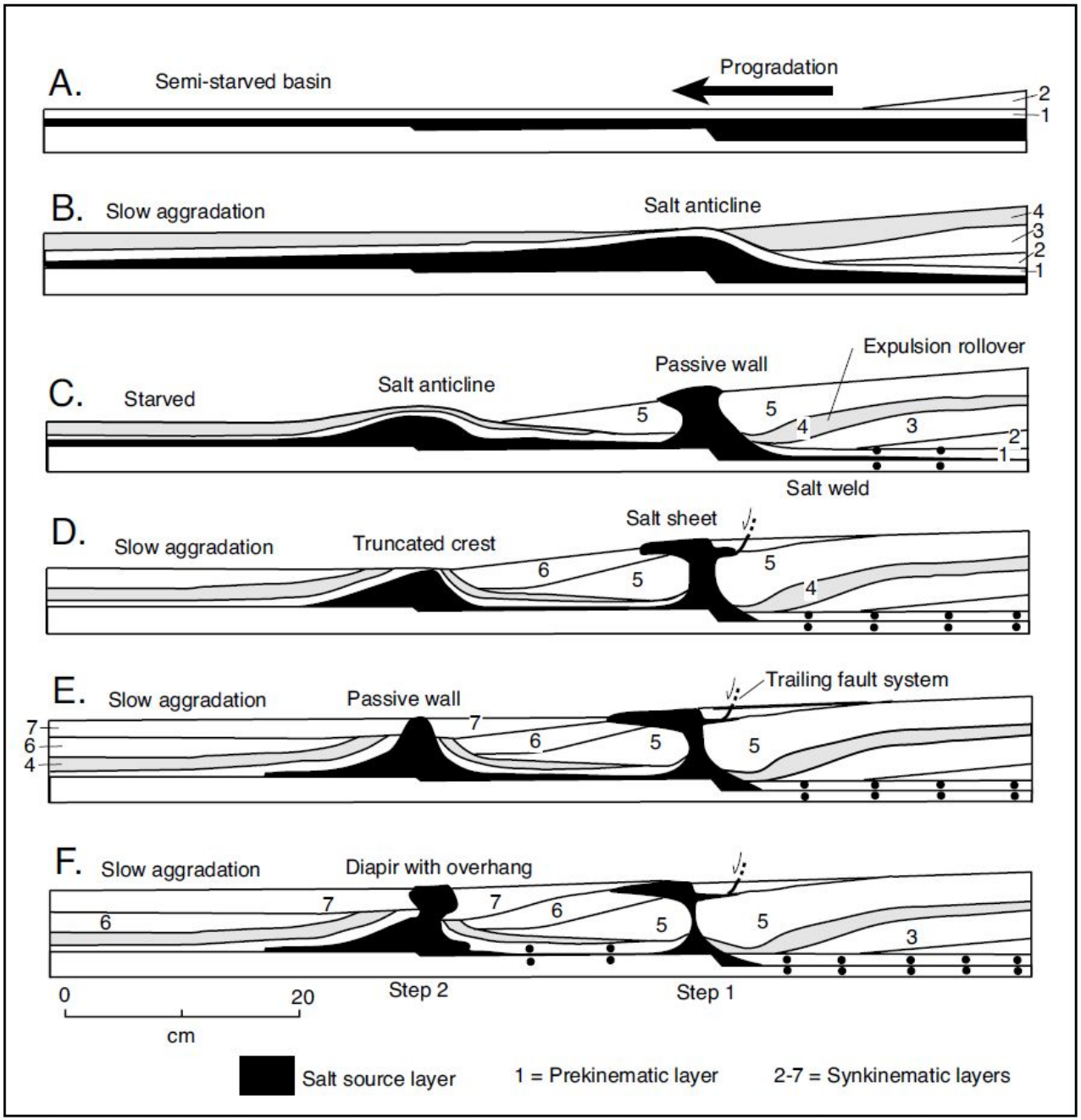


Figure 6.15. Evolution of salt structures during progradation atop a salt basin that is underlain by a stepped basement (modified from Ge et al., 1997).

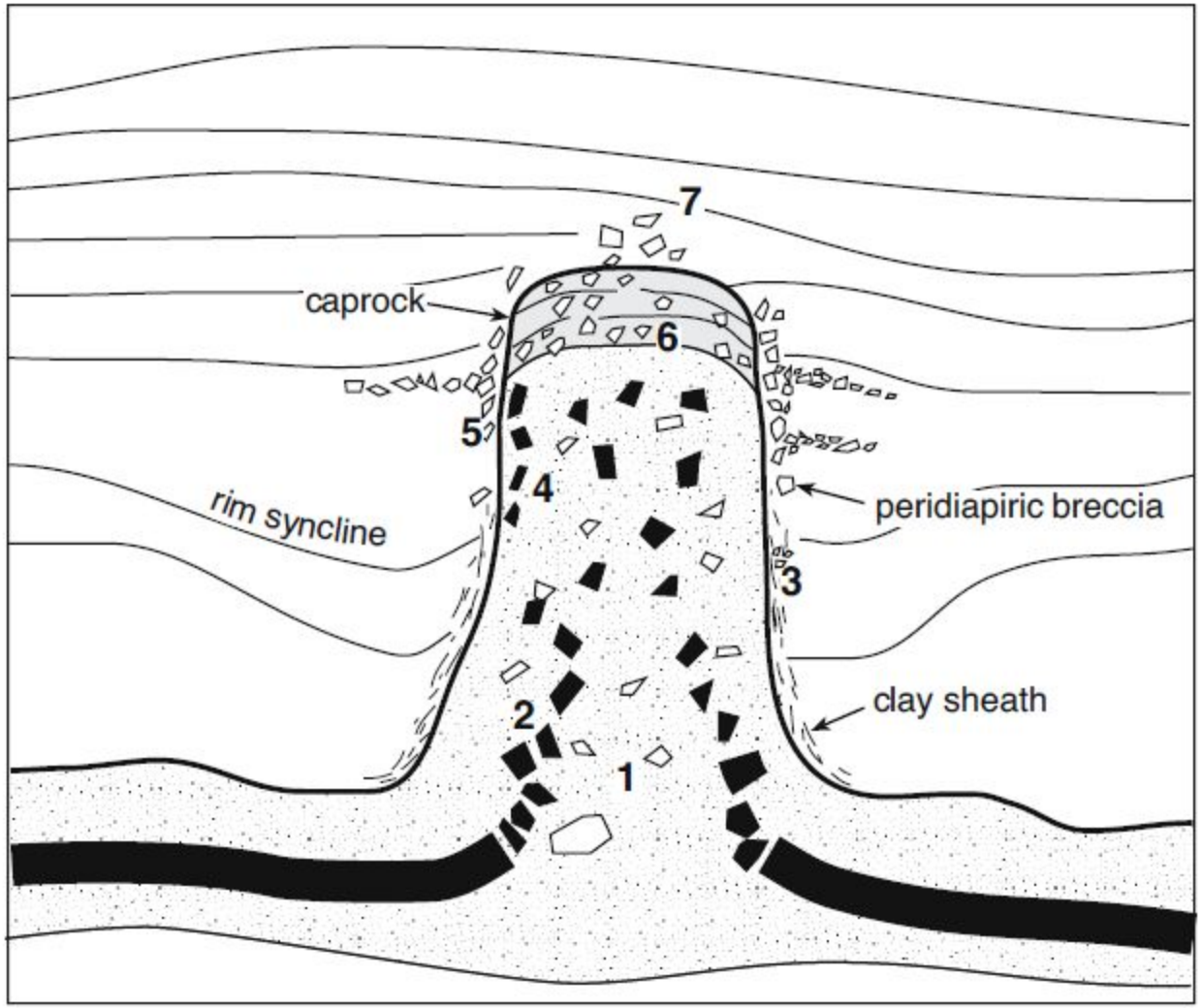
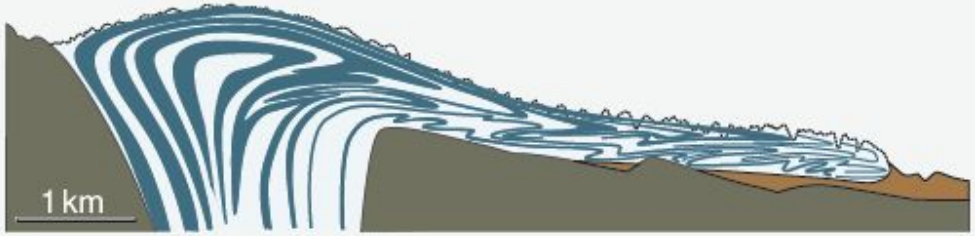


Figure 7.21. Distribution of diapir associated breccias. 1) Slabs of anhydrite in granular halite; 2) internal flowage breccia formed by dismemberment of competent internal beds; 3) breccia pockets in "clay sheath"; 4) transported flowage breccia of wallrock fragments incorporated into outer zones of stock; 5) peridiapiric ablation breccia, extent is greater in zones of former salt glaciers; 6) caprock breccia; 7) false caprock breccia, a dissolution breccia generated by salt collapse (after Laznicka, 1988).



Schematic profile through an Iranian salt glacier, based on work by Chris Talbot (1979).

The Anguru salt plug in southern Iran, where impure salt with elements of reddish-brown shales and greenish volcanic rocks flows out from the mountain in the central part of the picture, covering younger sedimentary strata (yellowish). Photo: Mahmoud Hajian.

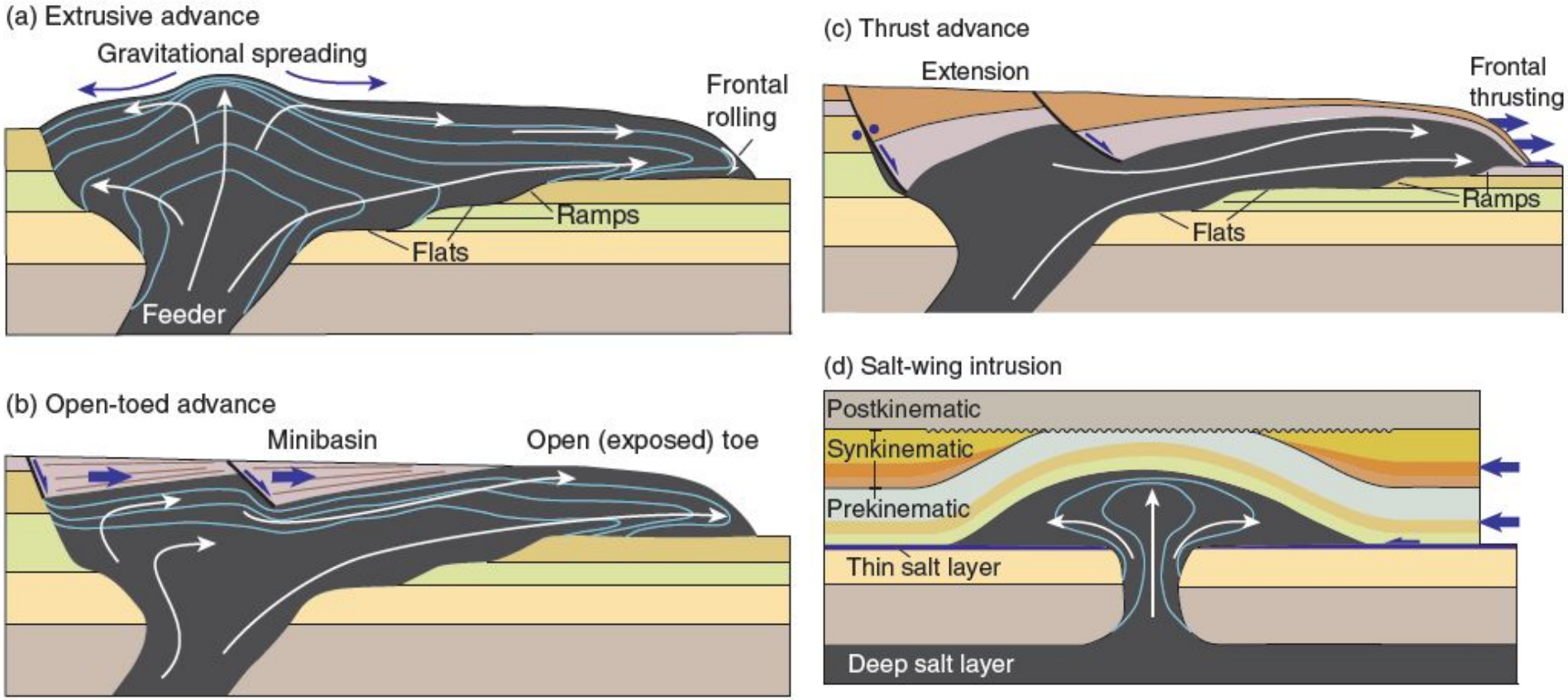


Figure 19.19 Schematic development of different allochthonous salt structures (salt sheets). Based on Hudec and Jackson (2006).

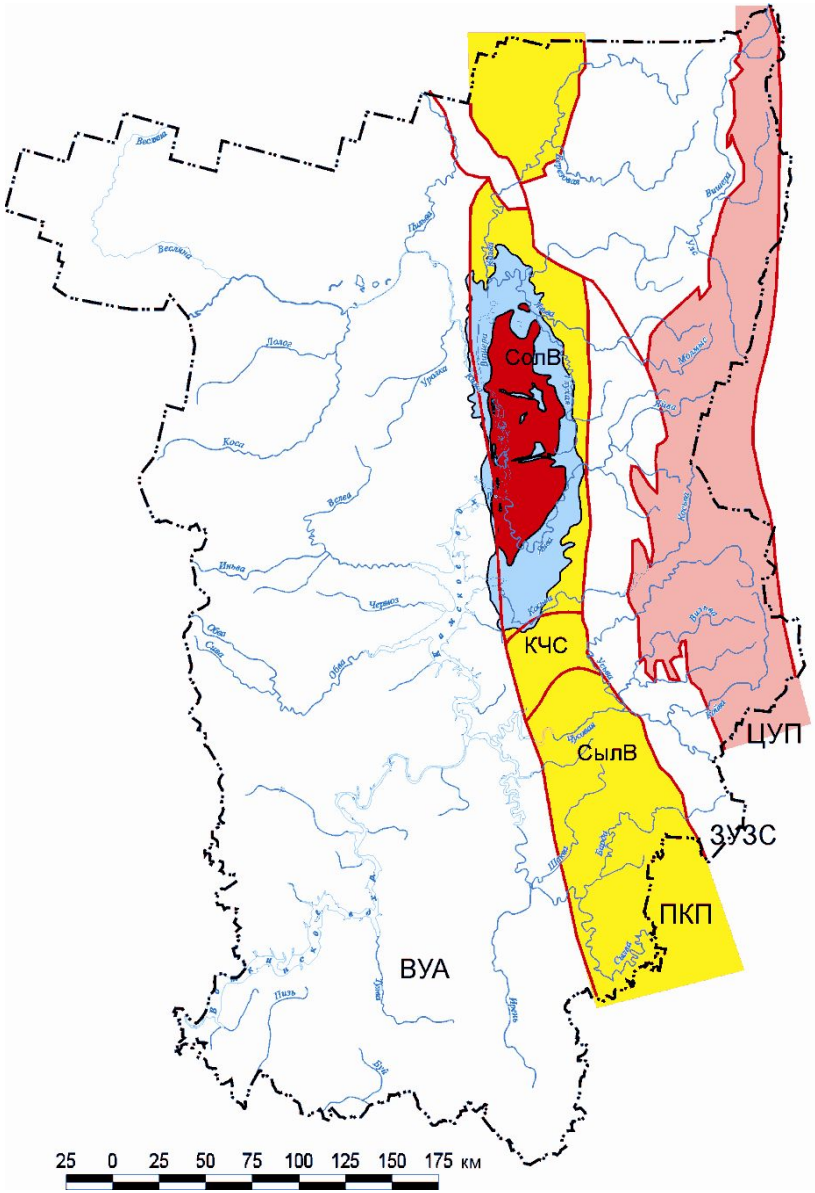
Геологическое строение ВКМС

Эонотема	Эратема	Система	Отдел	Ярус
Фанерозойская	Мезозойская	Юрская	Верхний	Волжский
				Кимериджский
				Оксфордский
			Средний	Келловейский
				Батский
				Байосский
				Ааленский
			Нижний	Тоарский
				Плинсбахский
				Синемюрский
				Геттангский
		Триасовая	Верхний	Рэтский
				Норийский
				Карнийский
			Средний	Ладинский
				Анизийский
			Нижний	Оленёкский
				Индский
	Палеозойская	Пермская	Татарский	Вятский
				Северодвинский
			Биармийский	Уржумский
				Казанский
			Приуральский	Уфимский
				Кунгурский
				Артинский
				Сакмарский
				Ассельский
		Каменноугольная	Верхний	Гжельский
				Касимовский
			Средний	Московский
				Башкирский
			Нижний	Серпуховский
				Визейский
				Турнейский

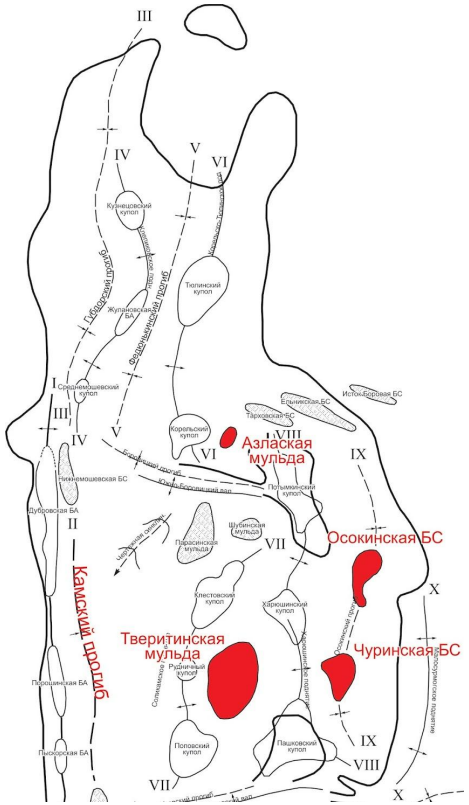
270,6

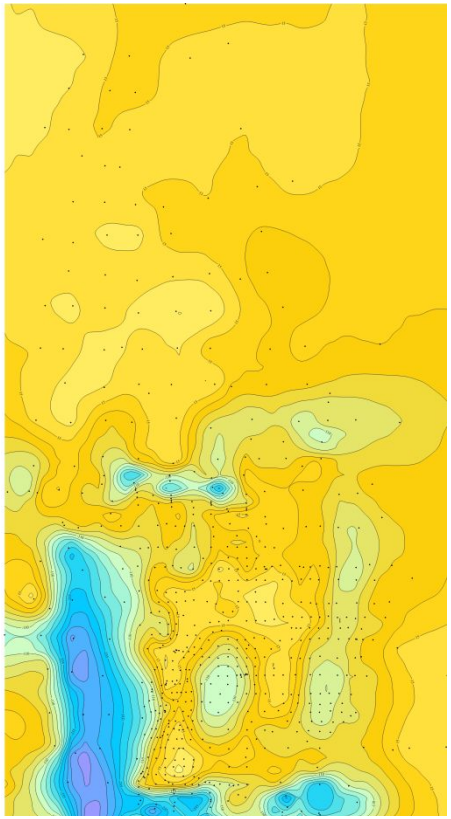
283,5

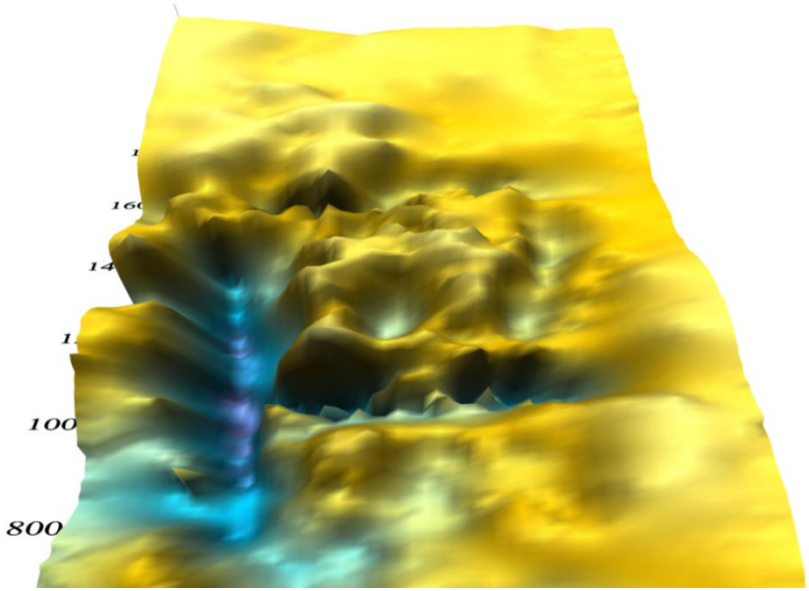
Ярус	Горизонт	Свита	Толща
Уфимский	Шешминский	Шешминская	Пестроцветная
	Соликамский	Соликамская	Терригенно-карбонатная
			Соляно-мергельная
Кунгурский	Иренский	Березниковская	Соляная толща (залежь)
			Глинисто-ангидритовая толща (ГАТ)
	Филипповский	Карнауховская	
Артинский			

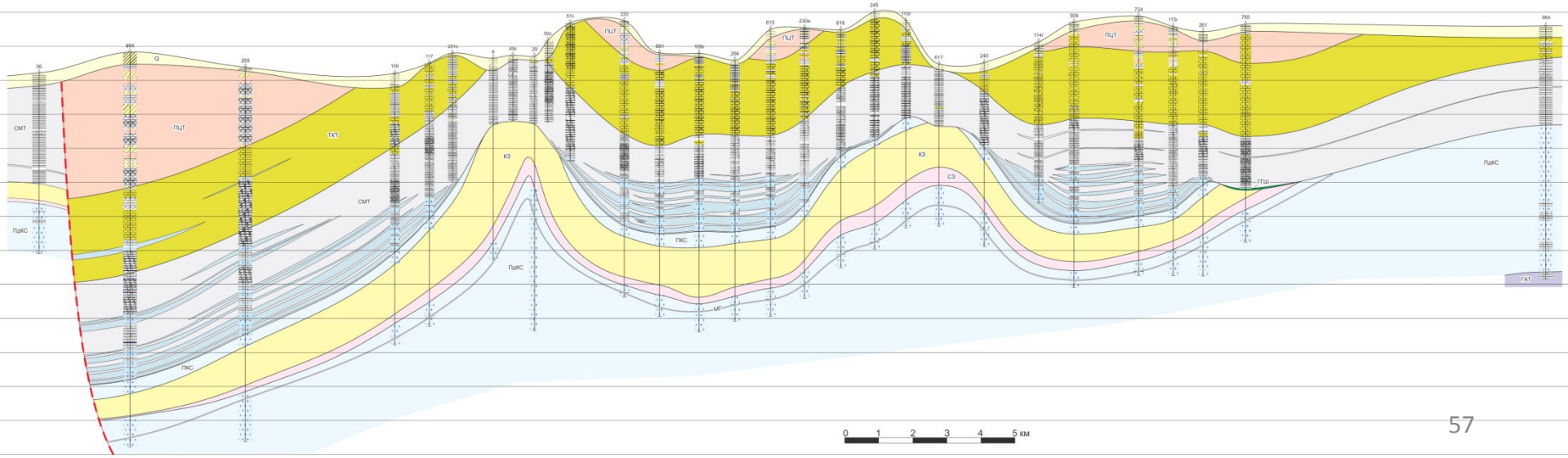


Кровля соляной залежи

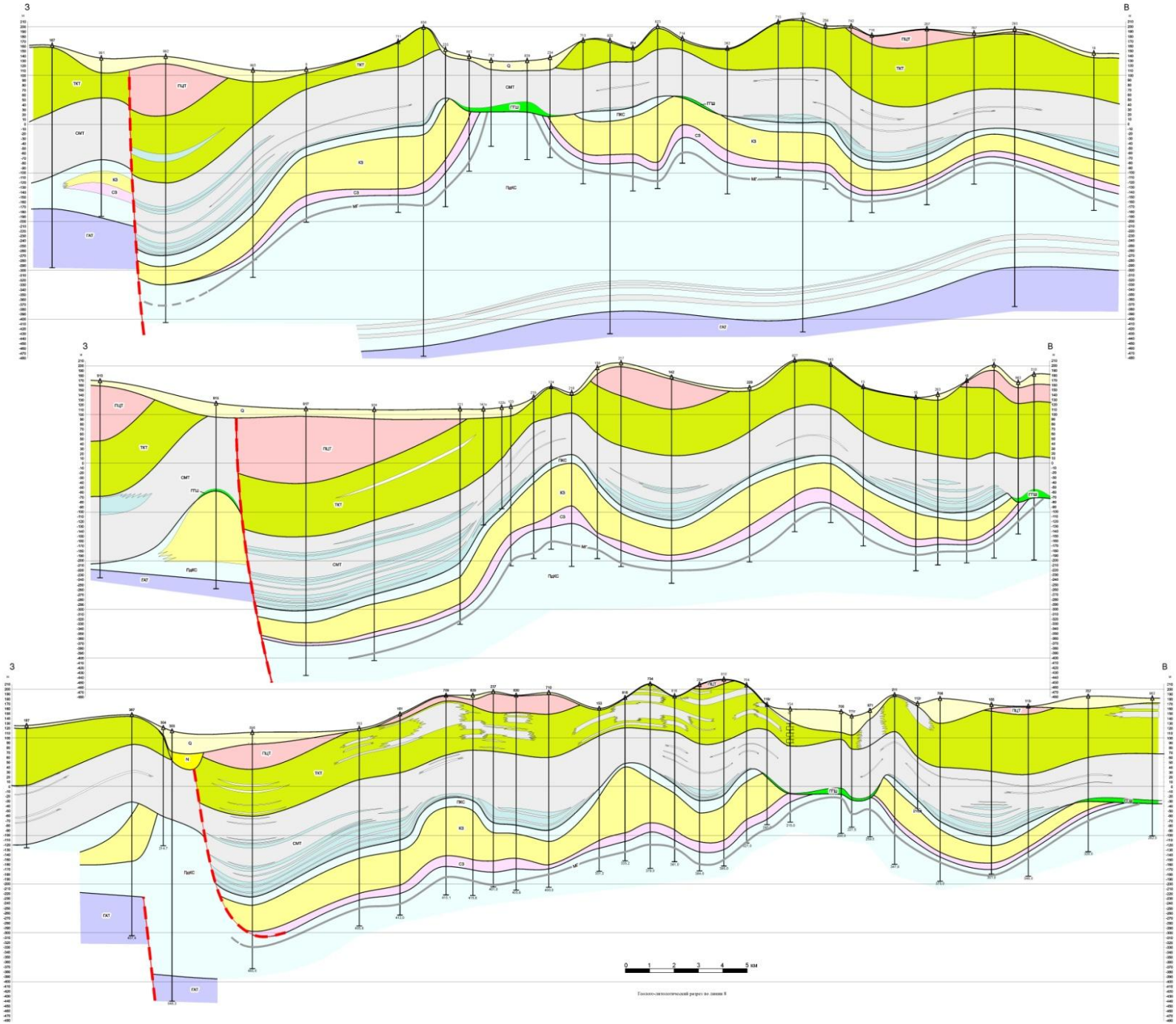








Геолого-литологический разрез по линии 11


З
В
ПЦТ
ТКТ
СМТ
ПвС
КЗ
СЗ
МГ
ПрКС
ГАТ
ГПЗ
Q
N
0 1 2 3 4 5 км