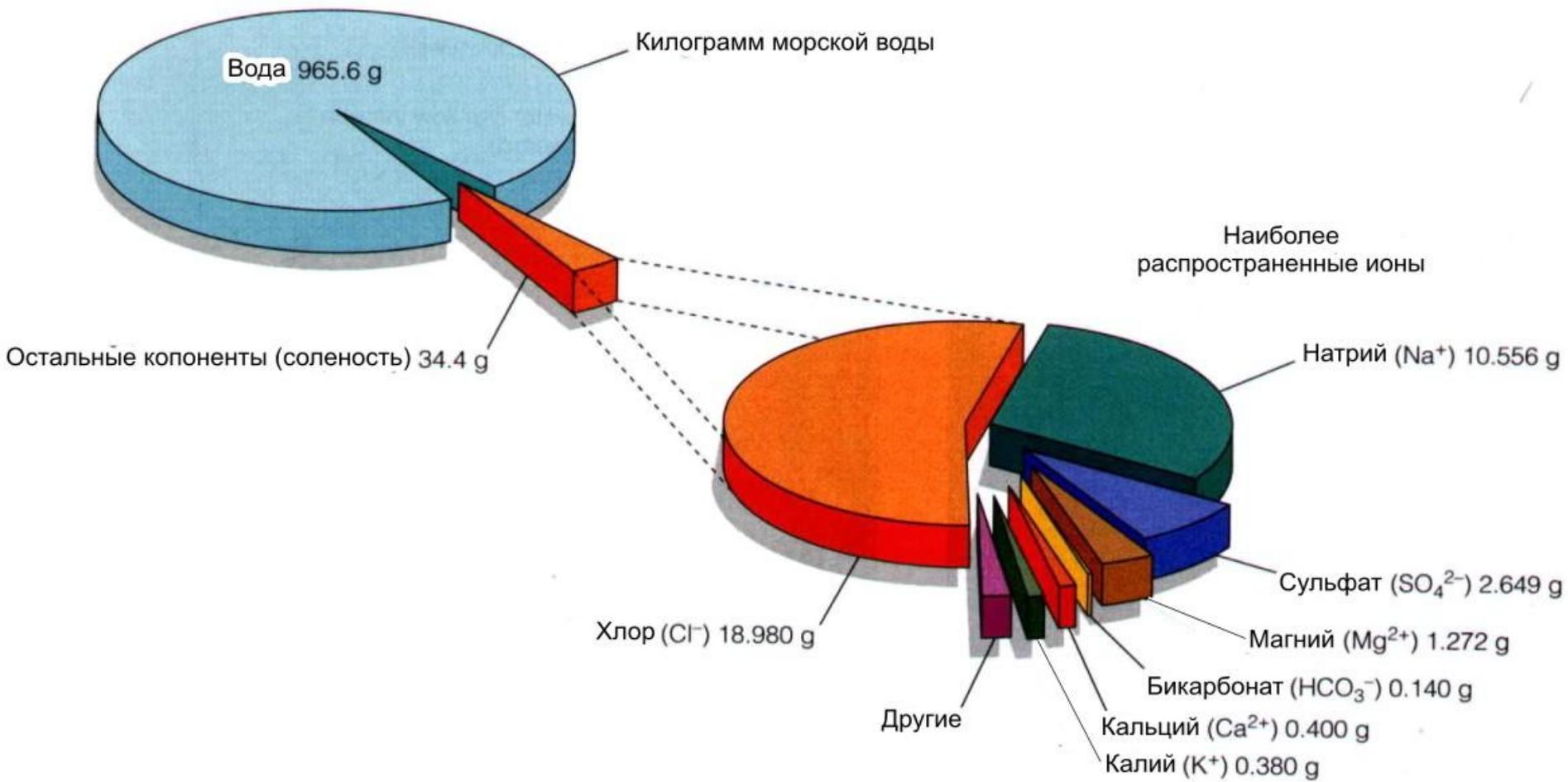


Эвапорит  
ы

# 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:  **$\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$** ;
  - б) анионы:  **$\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{CO}_3^{--}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$** .
- 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.**



# Последовательность выпадения солей

- Процесс образования солей из истинных растворов А.Е. Ферсман предложил назвать **галогеenezом**. 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

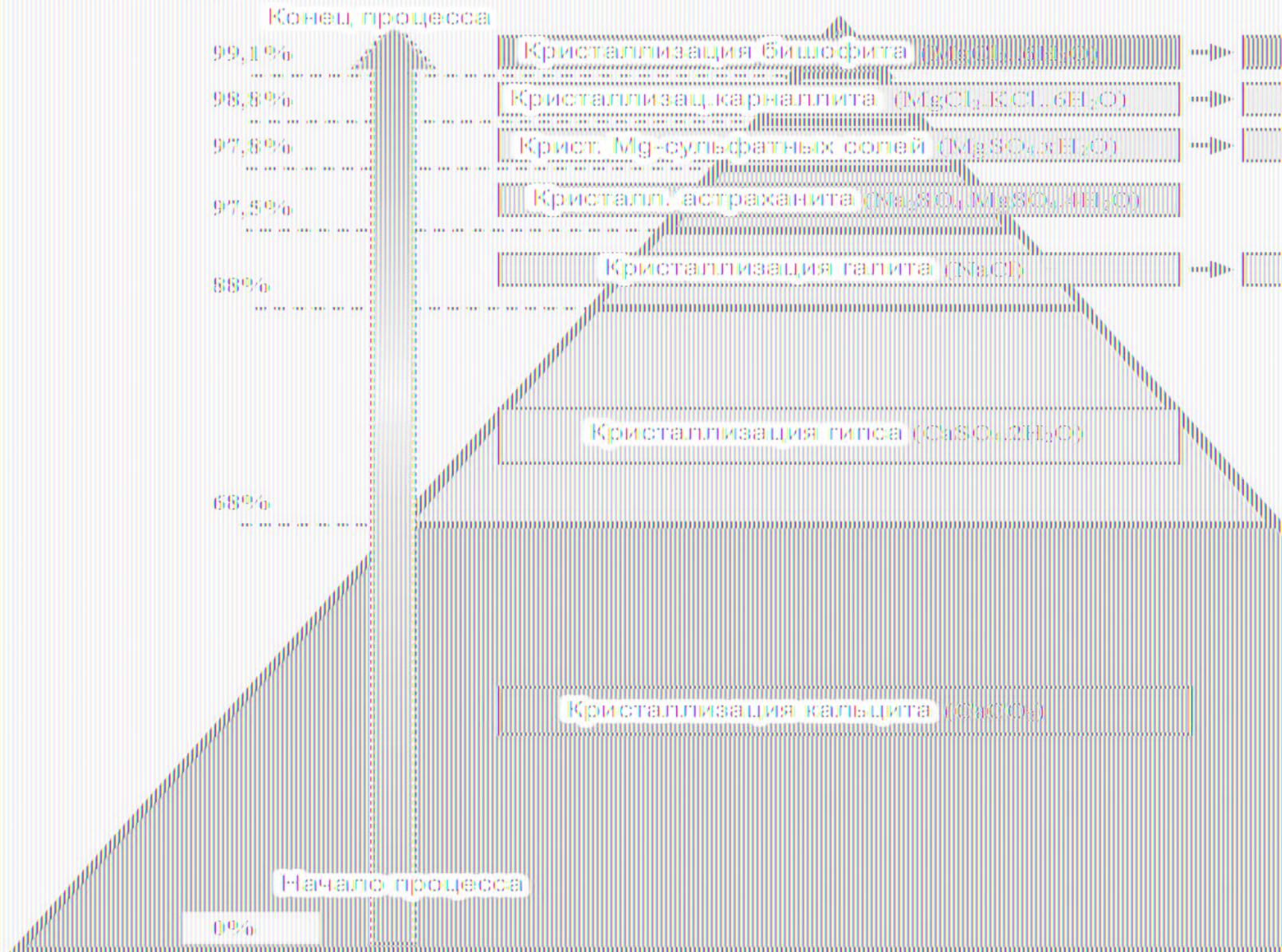


Таблица 8.3. Обычные минералы эвапоритов [1039]

Ангидрит	CaSO <sub>4</sub>
Антарктикит	CaCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O
Арагонит	CaCO <sub>3</sub>
Афтиталмит	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·(Na, K)SO <sub>4</sub>
Бассанит	CaSO <sub>4</sub> ·1/2H <sub>2</sub> O
Беркит	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·2Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Бишофит	MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O
Блэдит (астраханит)	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·MgSO <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O
Вантгоффит	MgSO <sub>4</sub> ·3Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Галит	NaCl
Ганксит	9Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·2Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ·KCl
Гейлюссит	CaCO <sub>3</sub> ·Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O
Гексагидрит	MgSO <sub>4</sub> ·6H <sub>2</sub> O
Гипс	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O
Глауберит	CaSO <sub>4</sub> ·Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Доломит	CaCO <sub>3</sub> ·MgCO <sub>3</sub>
Зандерит	MgSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O
Каинит	MgSO <sub>4</sub> ·KCl·11/4H <sub>2</sub> O
Кальцит	CaCO <sub>3</sub>
Карналлит	MgCl <sub>2</sub> ·KCl·6H <sub>2</sub> O
Кизерит	MgSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O
Лангбейнит	2MgSO <sub>4</sub> ·K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Лёвеит	2MgSO <sub>4</sub> ·2Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O
Леонардит	MgSO <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O
Леонит	MgSO <sub>4</sub> ·K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O
Магнезиальный кальцит	(Mg <sub>x</sub> Ca <sub>1-x</sub> )CO <sub>3</sub>
Мирабилит	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·10H <sub>2</sub> O
Натрон (сода)	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ·10H <sub>2</sub> O
Нахколит	NaHCO <sub>3</sub>
Пентагидрит	MgSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O
Пирсонит	CaCO <sub>3</sub> ·Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ·2H <sub>2</sub> O
Полигалит	2CaSO <sub>4</sub> ·MgSO <sub>4</sub> ·K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O
Риннеит	FeCl <sub>2</sub> ·NaCl·3KCl
Сильвин	KCl
Сингенит	CaSO <sub>4</sub> ·K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O
Тахигидрит	CaCl <sub>2</sub> ·2MgCl <sub>2</sub> ·12H <sub>2</sub> O
Тенардит	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Термонатрит	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ·H <sub>2</sub> O
Трона	NaHCO <sub>3</sub> ·Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ·2H <sub>2</sub> O
Шенит (пикромерит)	MgSO <sub>4</sub> ·K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·6H <sub>2</sub> O
Шортит	2CaCO <sub>3</sub> ·Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Эпсомит	MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O

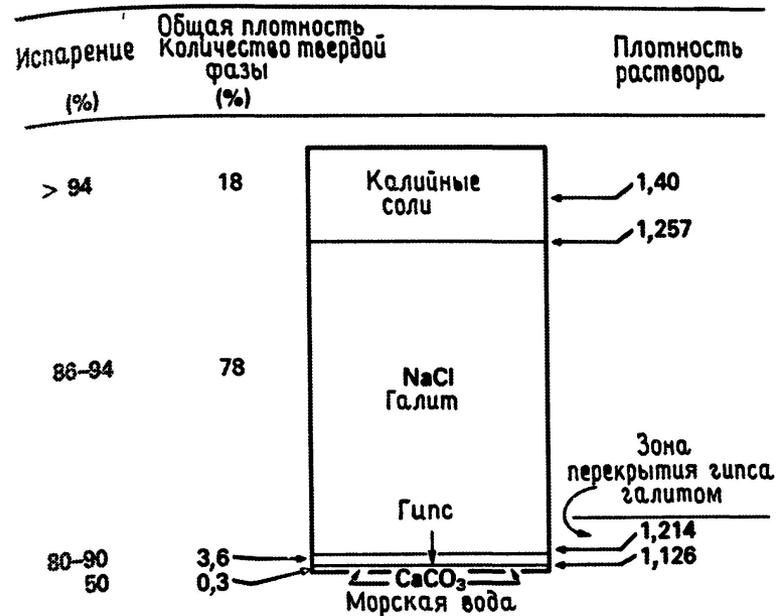
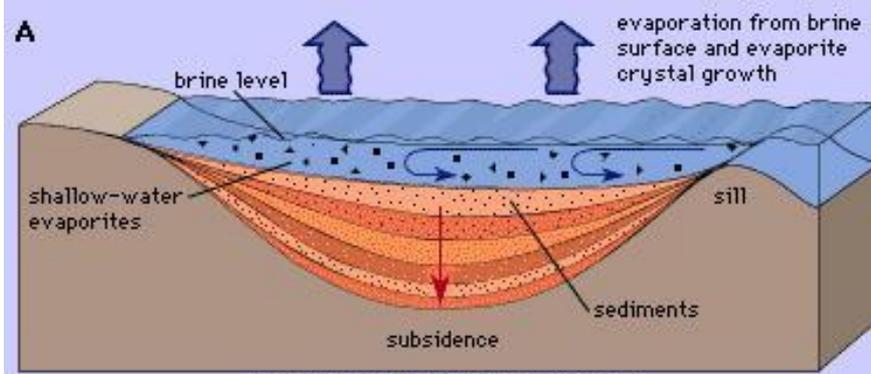


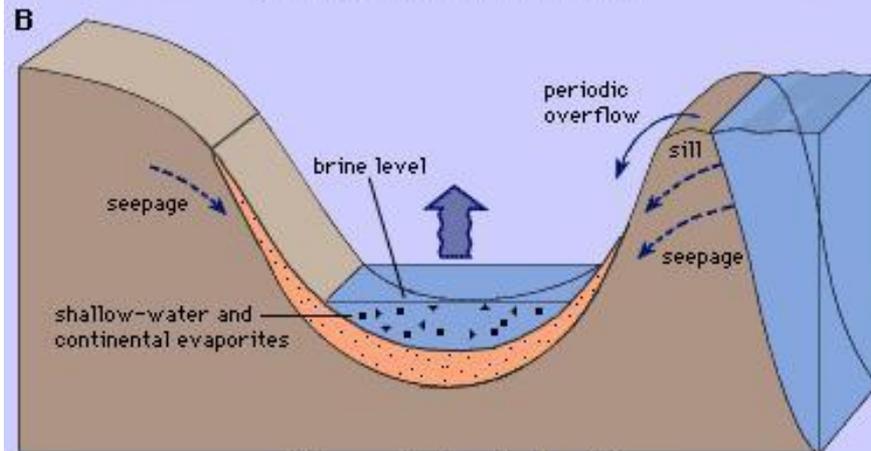
Рис.8.3. Относительные содержания эвапоритовых компонентов в морской воде. «Высокие» соли являются результатом взаимодействия твердых фаз и остаточных флюидов ([281], с изменениями).

Таблица 8.4. Скорости осаждения из морской воды [2142]

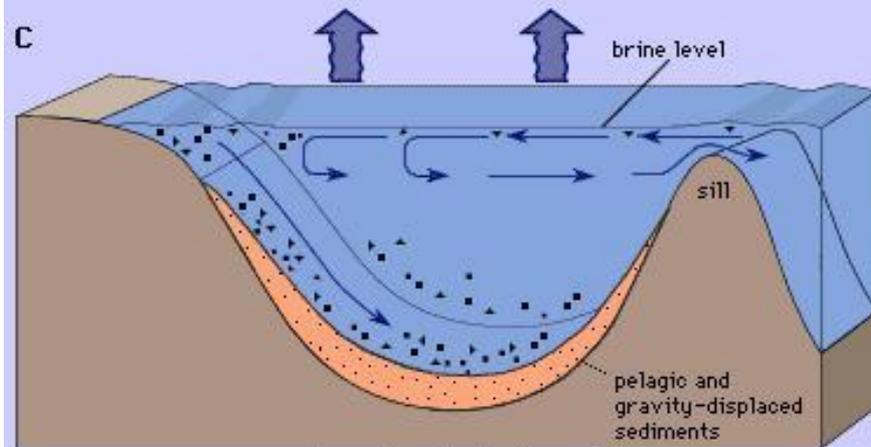
Тип осадка	Обстановка образования	Наблюдаемые скорости отложения
Сульфаты Карбонаты	Себха	Откадывается слой толщиной 1 м/1000 лет, проградация 1—2 км за 1000 лет
Сульфаты (обычно гипс)	Субаквальная (наблюдается в самосадных прудах)	1—40 см/1000 лет по всей площади бассейна
Галит	Субаквальная (самосадные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



shallow-water shallow-basin model

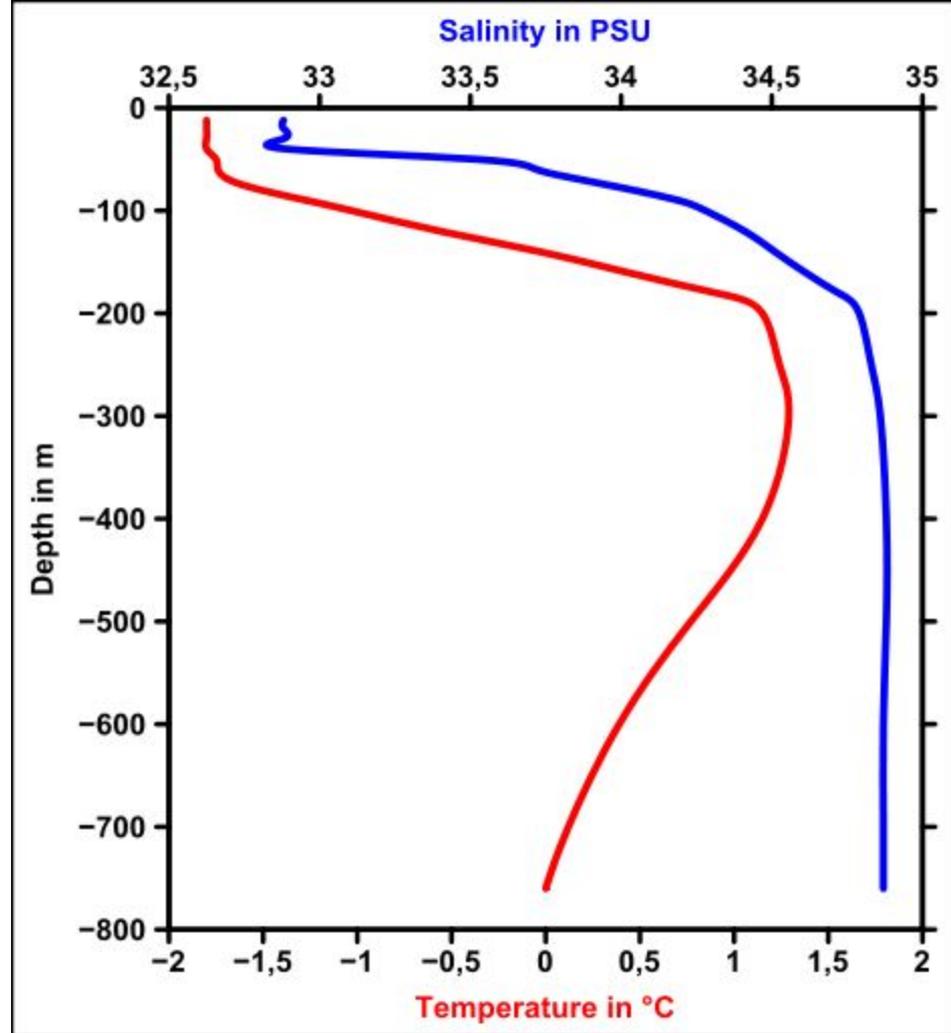
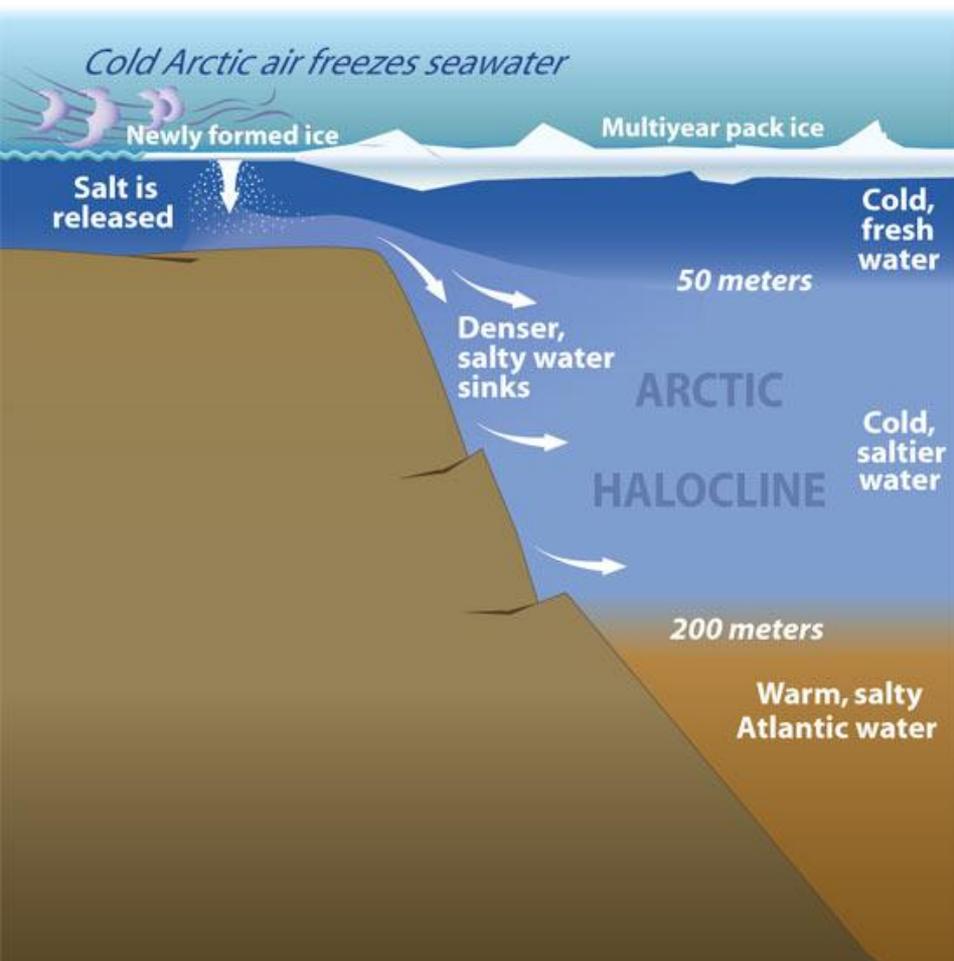


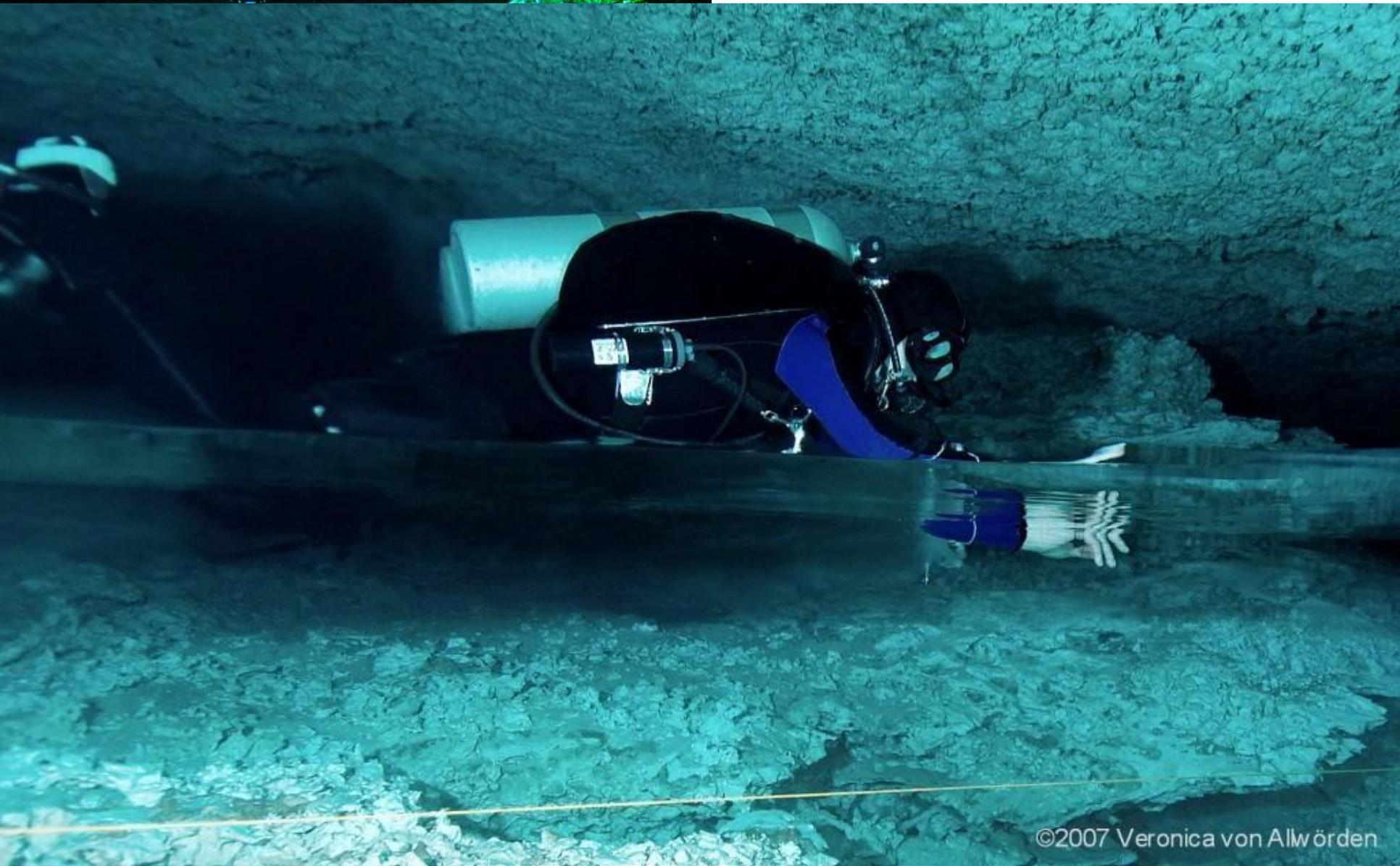
shallow-water deep-basin model



deep-water deep-basin model

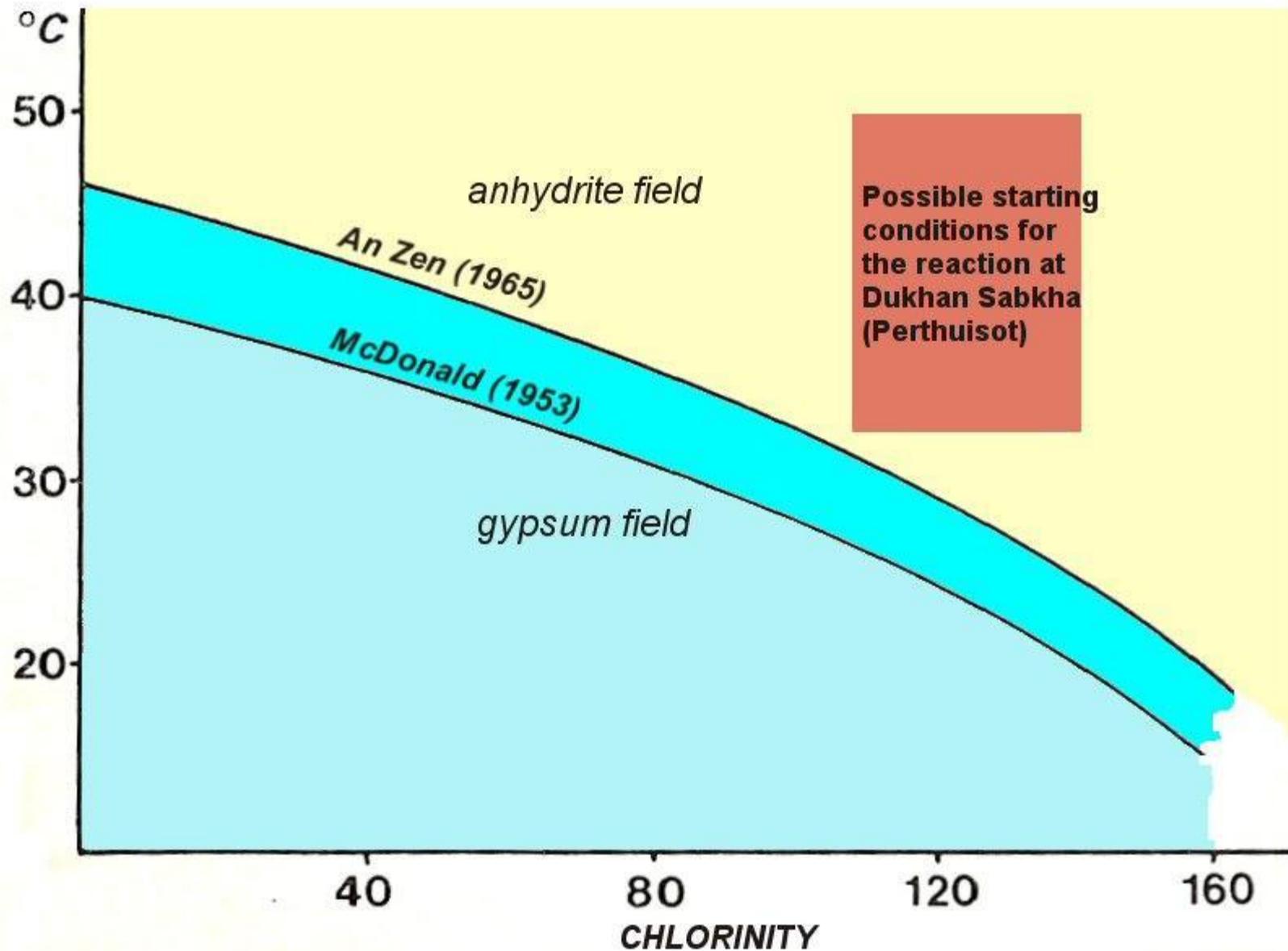
**Галоклин** — слой воды, в котором солёность резко изменяется с глубиной



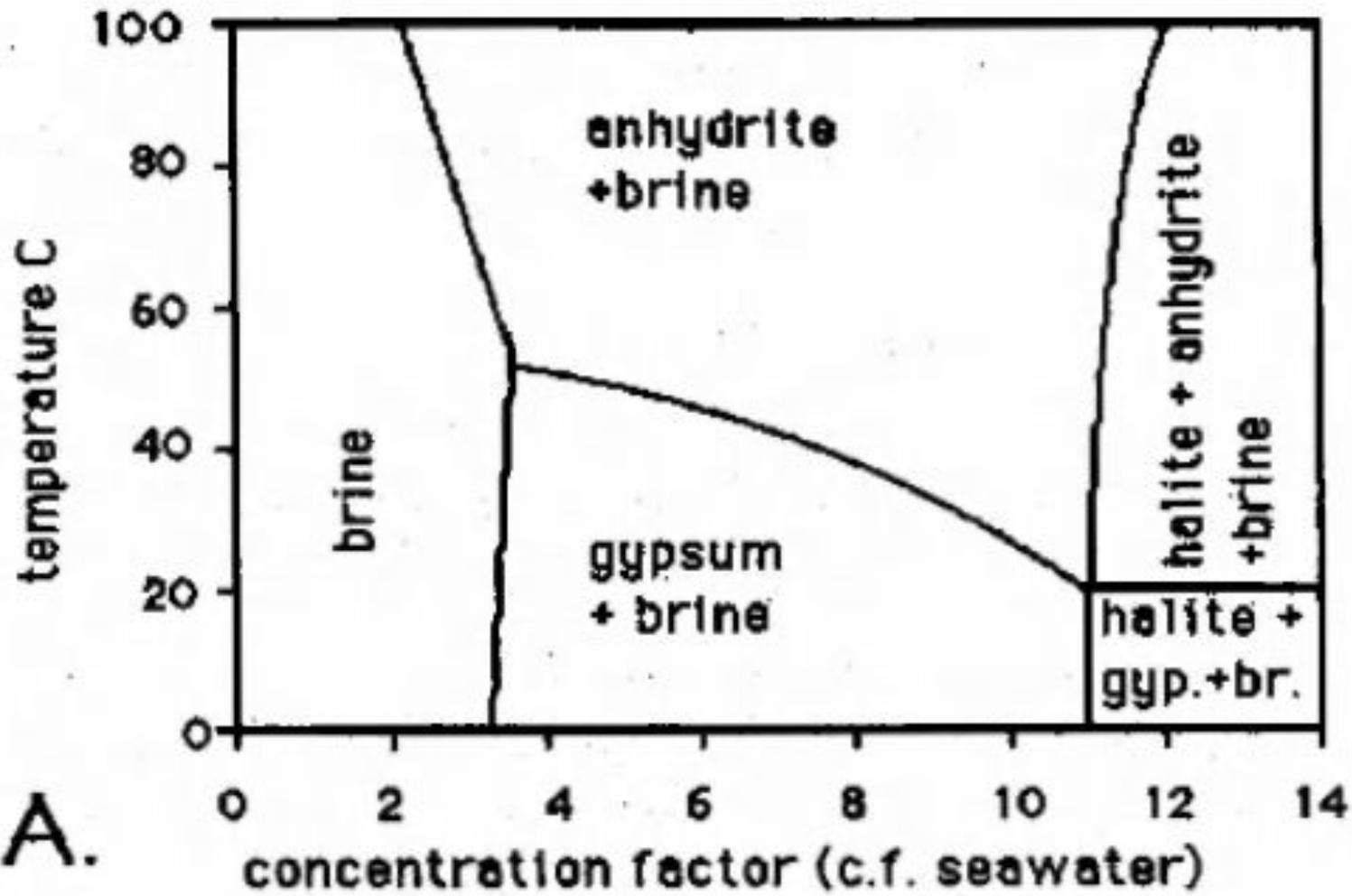


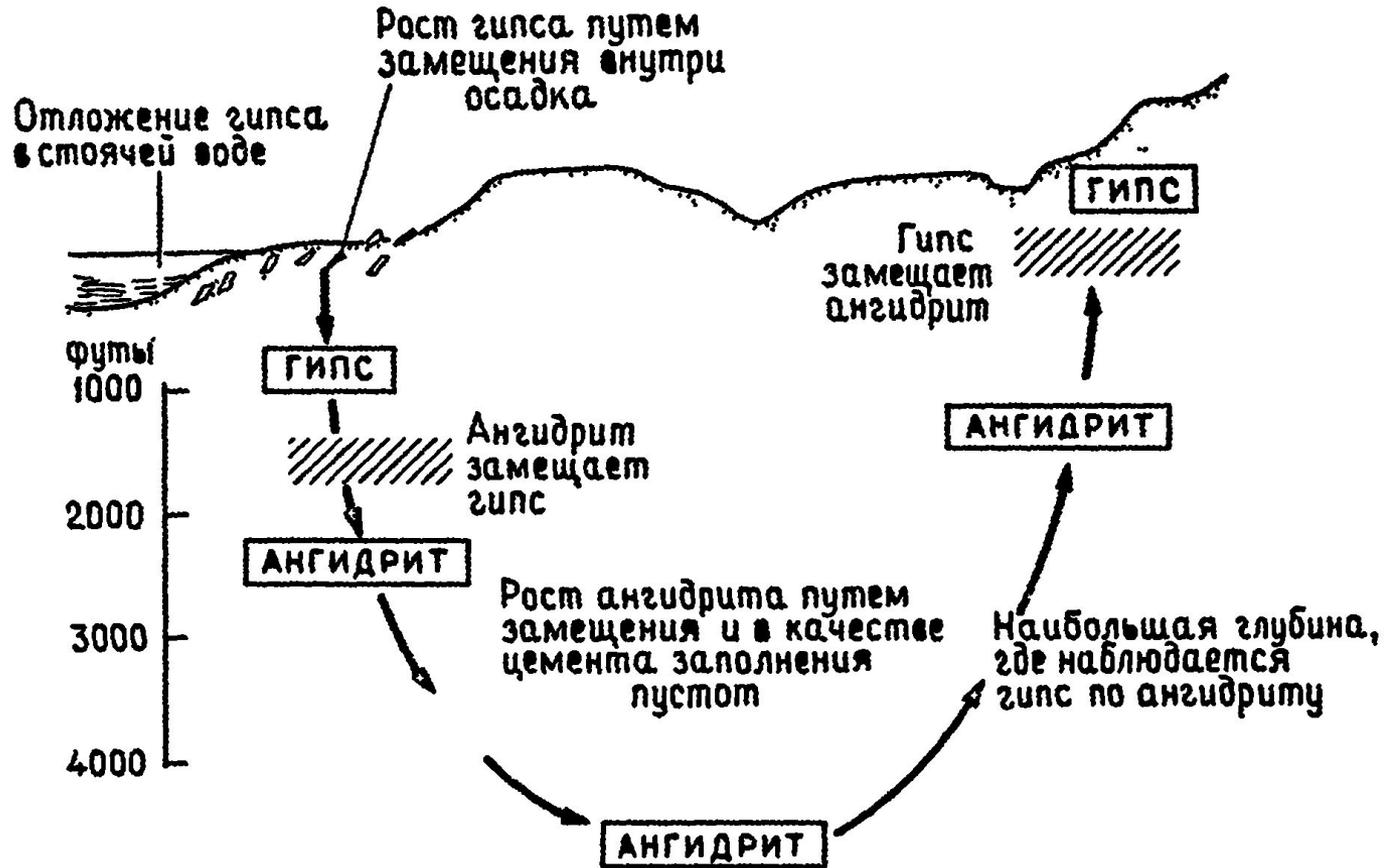
©2007 Veronica von Alwörden





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.





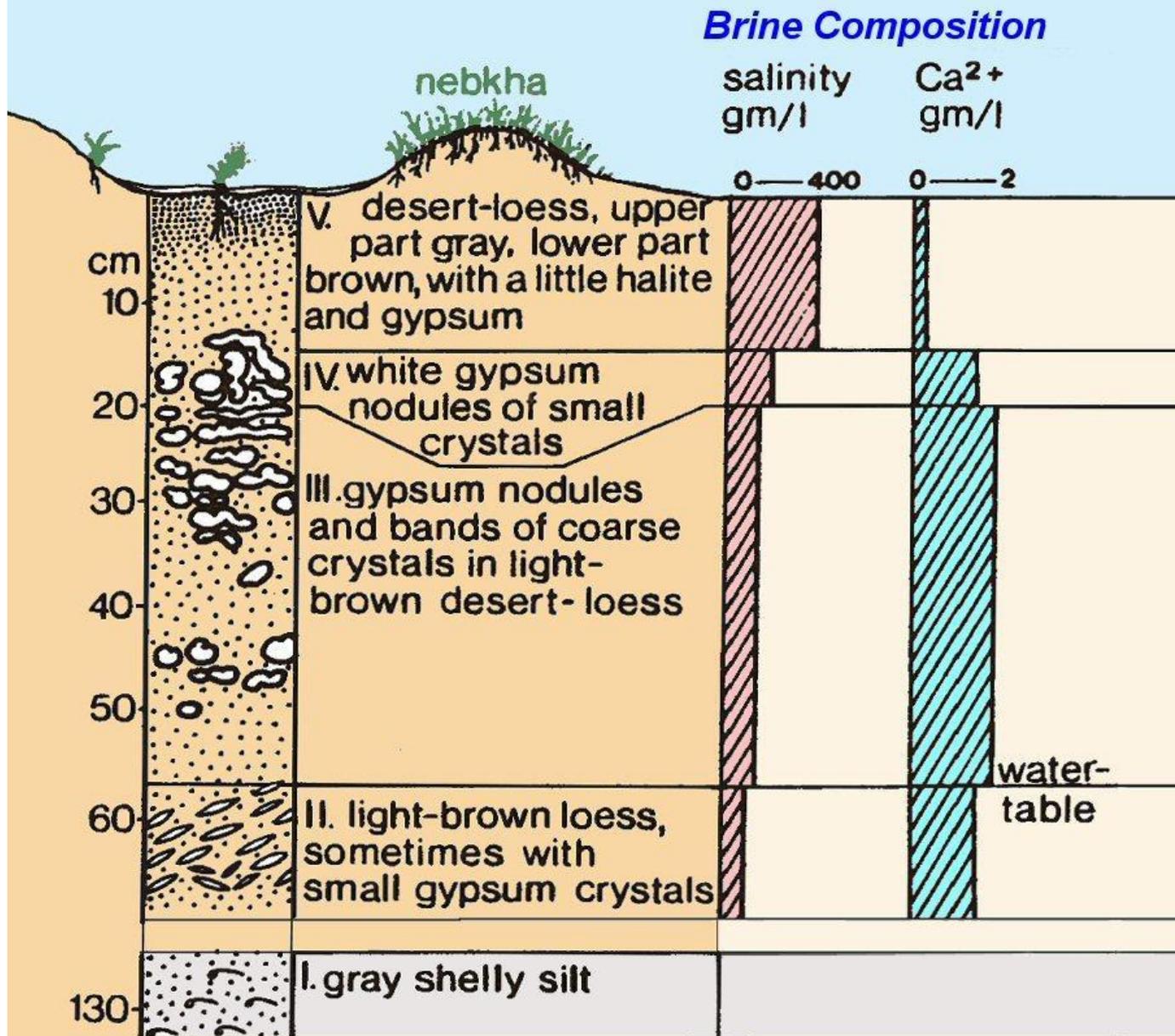
**Рис.8.52.** Схематическая диаграмма гипс-ангидритового диагенетического цикла [1744].

Себх, Себха, Себкха, (англ. Sabkha)  
(от арабск. "себка") - название замкнутых  
бессточных понижений, покрытых солончаками.  
Дно себх покрыто засоленными 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.**

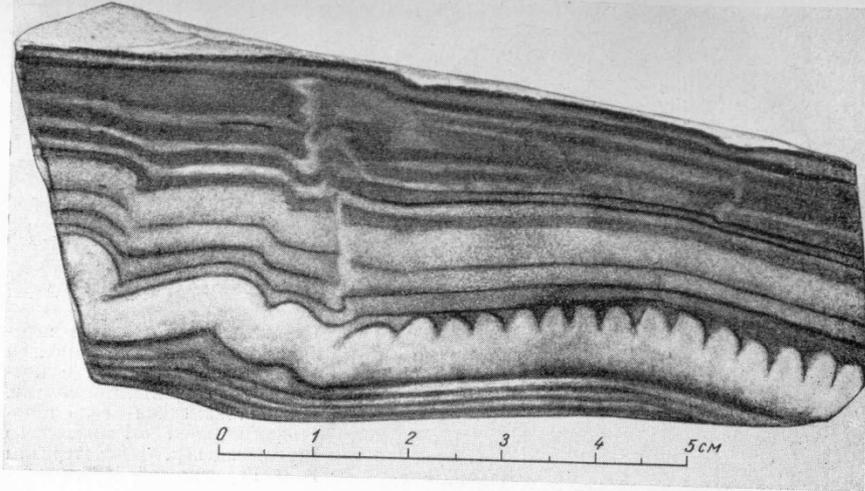
*Ian West & Tonya West (c) 2008.*



**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.

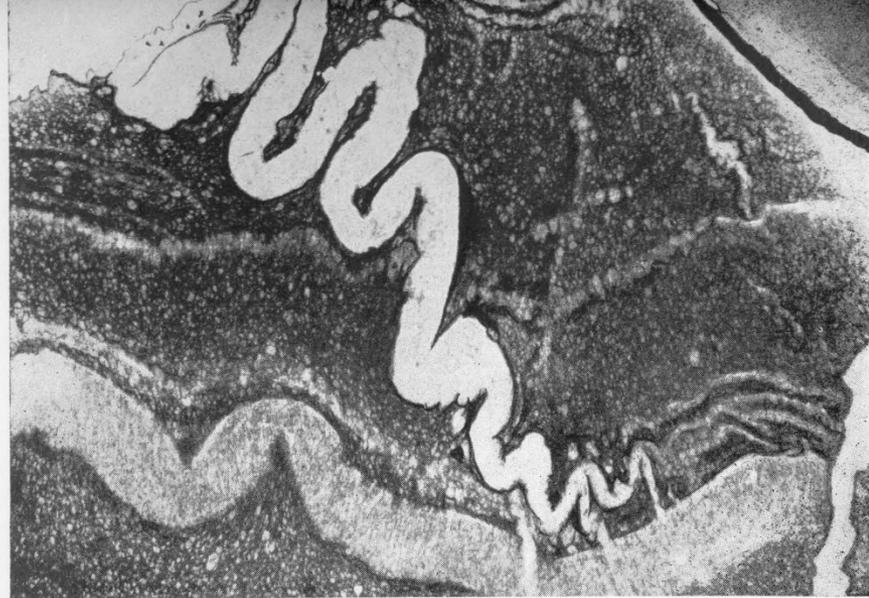


**Early fabric of displacive enterolithic veins now preserved in late, secondary, (post-anhydrite) porphyrotopic gypsum. Soft Cockle Mb, Purbeck Formation, Worbarrow Tout . Ian West (c) 2005**



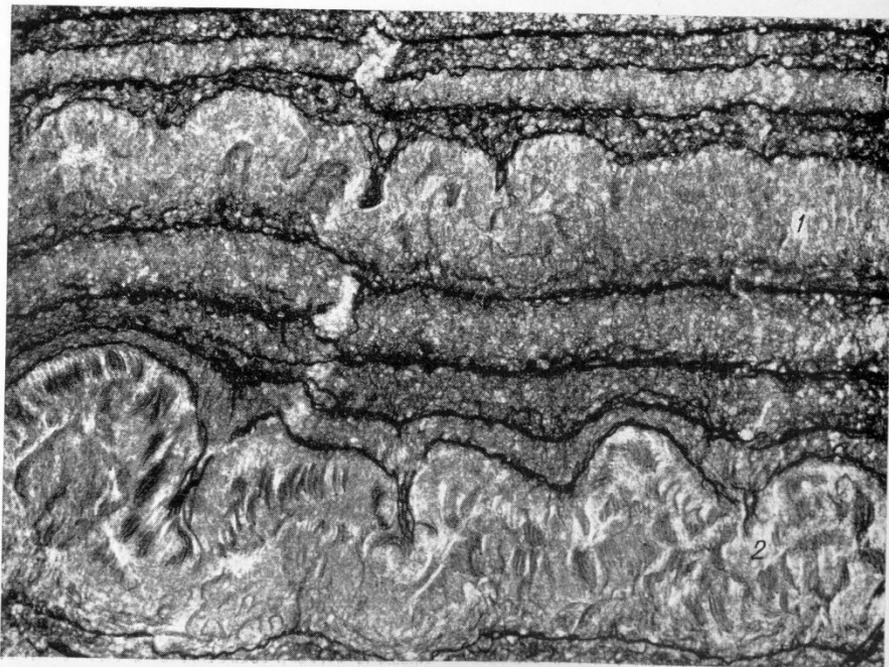
438

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



440

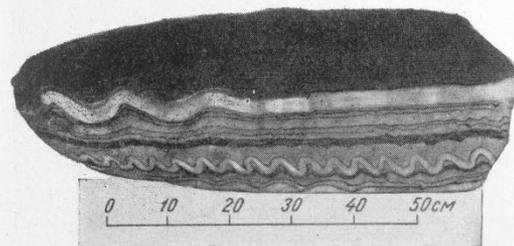
Сутурный шов, секущий слоистость карбонатно-ангидритовой породы.  $\times 3,5$ . Яр-Бишкадакское месторождение, скв. 38, глуб. 978,8 м. Материалы К. В. Скворцовой, 1972, изученные Я. Я. Яржемским в 1972 г.



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.

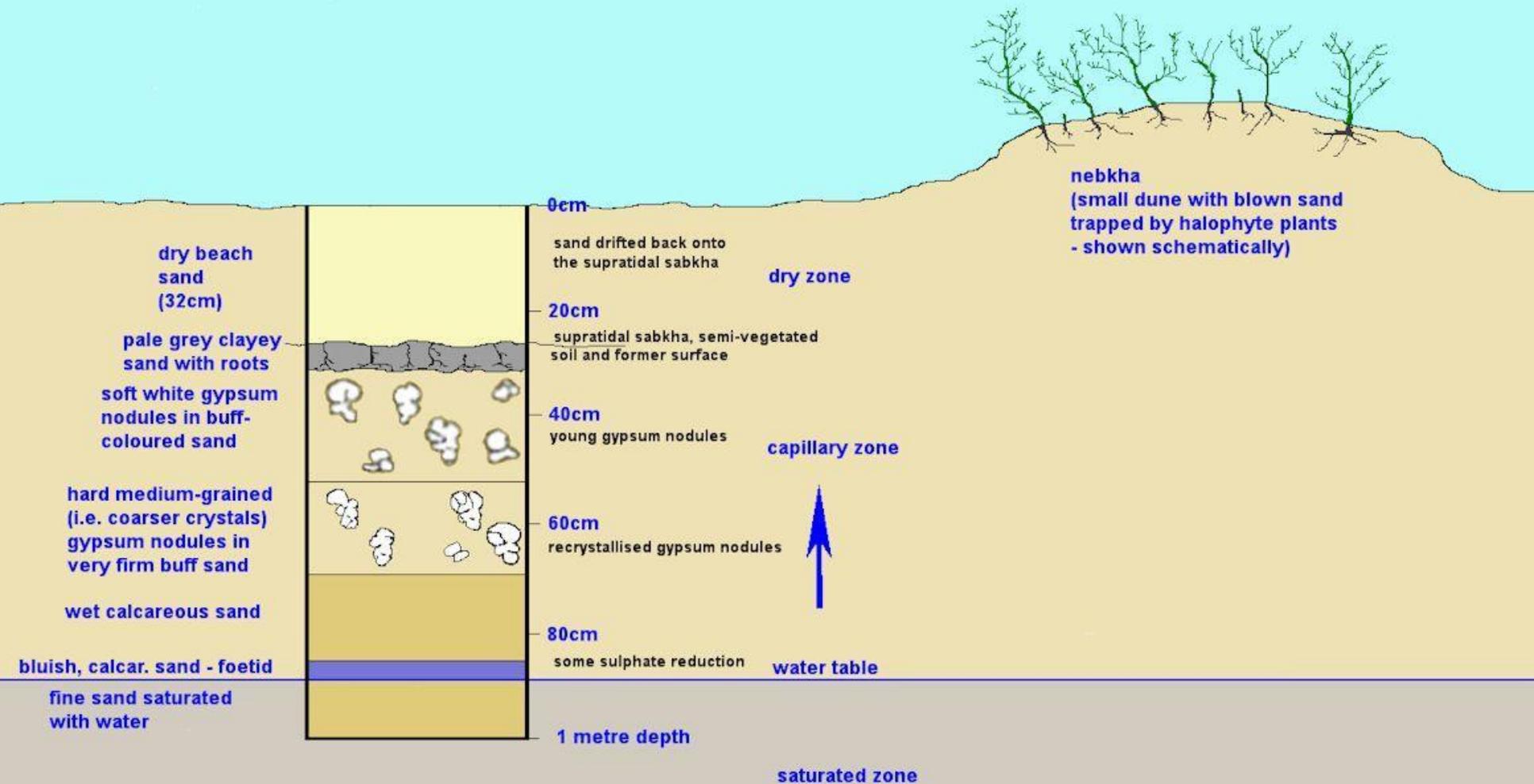
$\times 4$ , николи +. Яр-Бишкадакское месторождение, скв. 38, глубина 978,8 м. Материалы К. В. Скворцовой, изученные Я. Я. Яржемским в 1972 г.



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.





### 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



Марьино стекло

Двойник. Ласточкин хвост





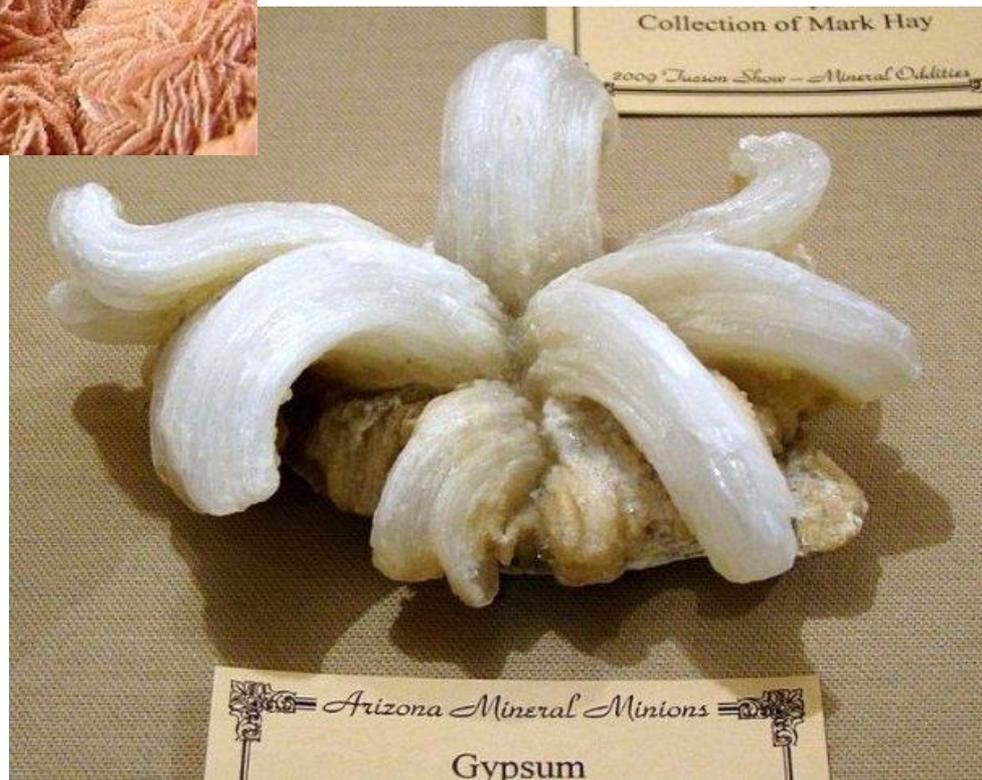
Алебастр





Гипсовые розы

Гипсовый цветок,  
Антолит

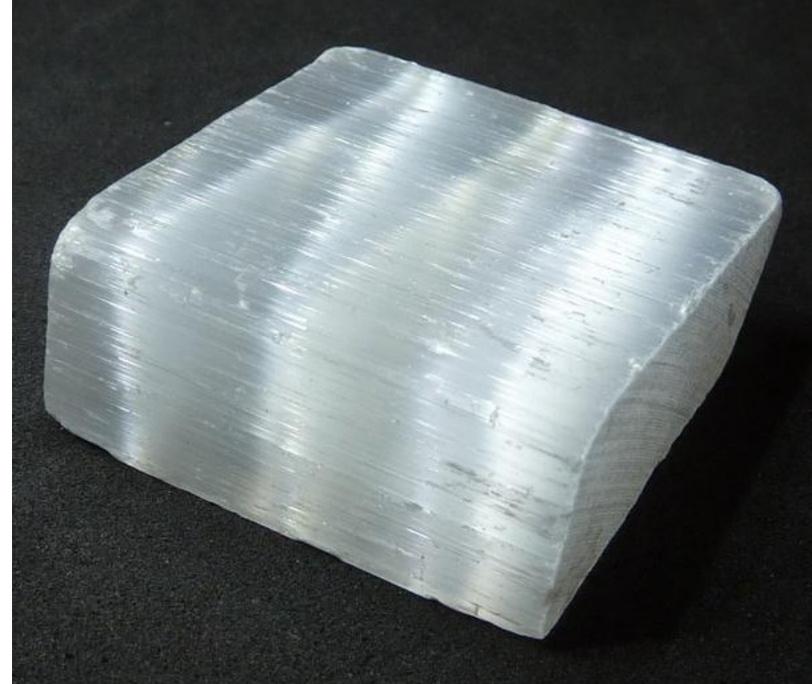


Collection of Mark Hay

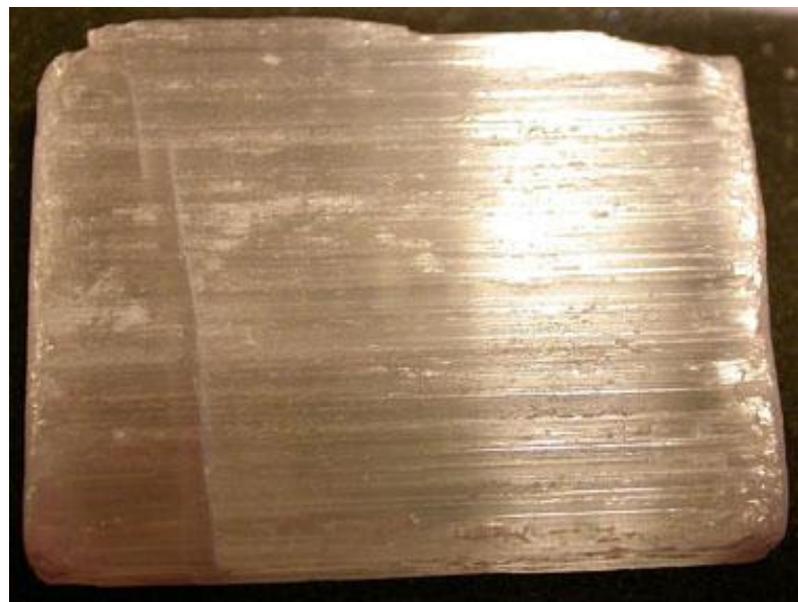
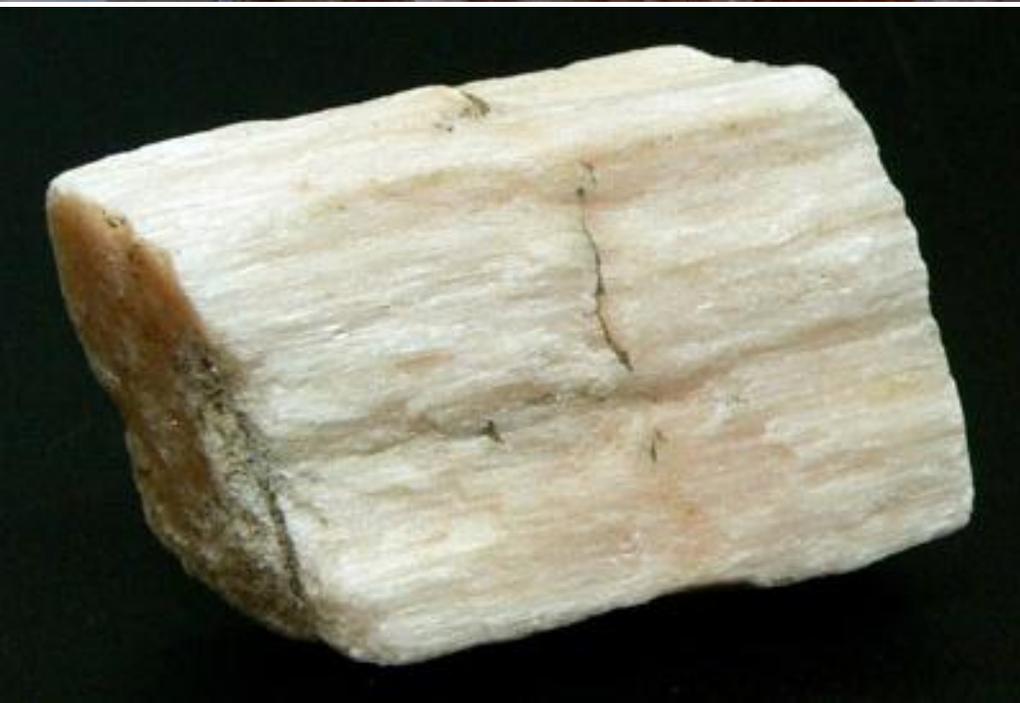
2009 Tucson Show - Mineral Oddities

Arizona Mineral Minions

Gypsum



Селенит





Ангидрит



Ангидрид



РУССКИЕ МИНЕРАЛЫ  
rusmineral.ru



Галит





Галит





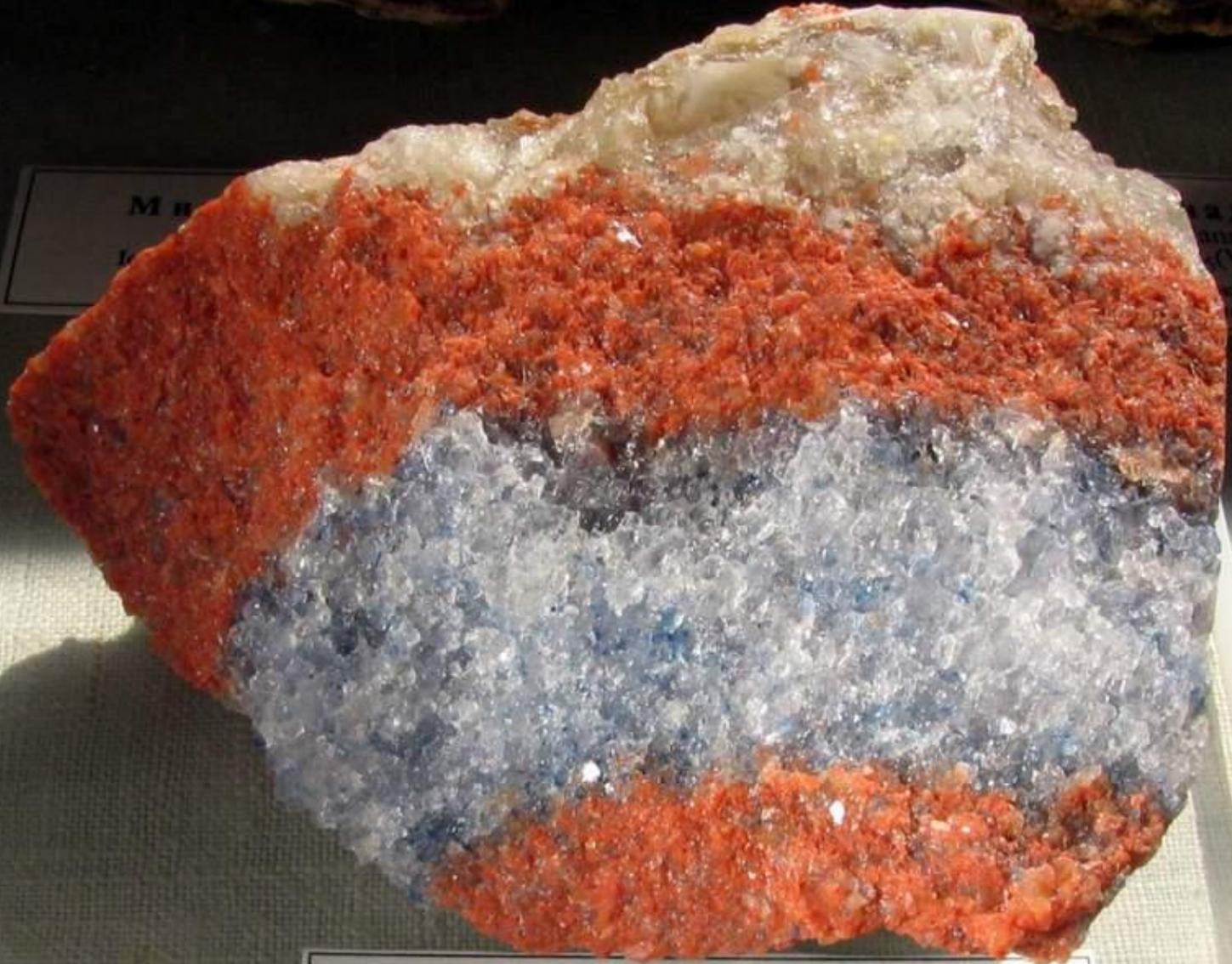
Галит

Сильвин





Сильвин



М и  
л

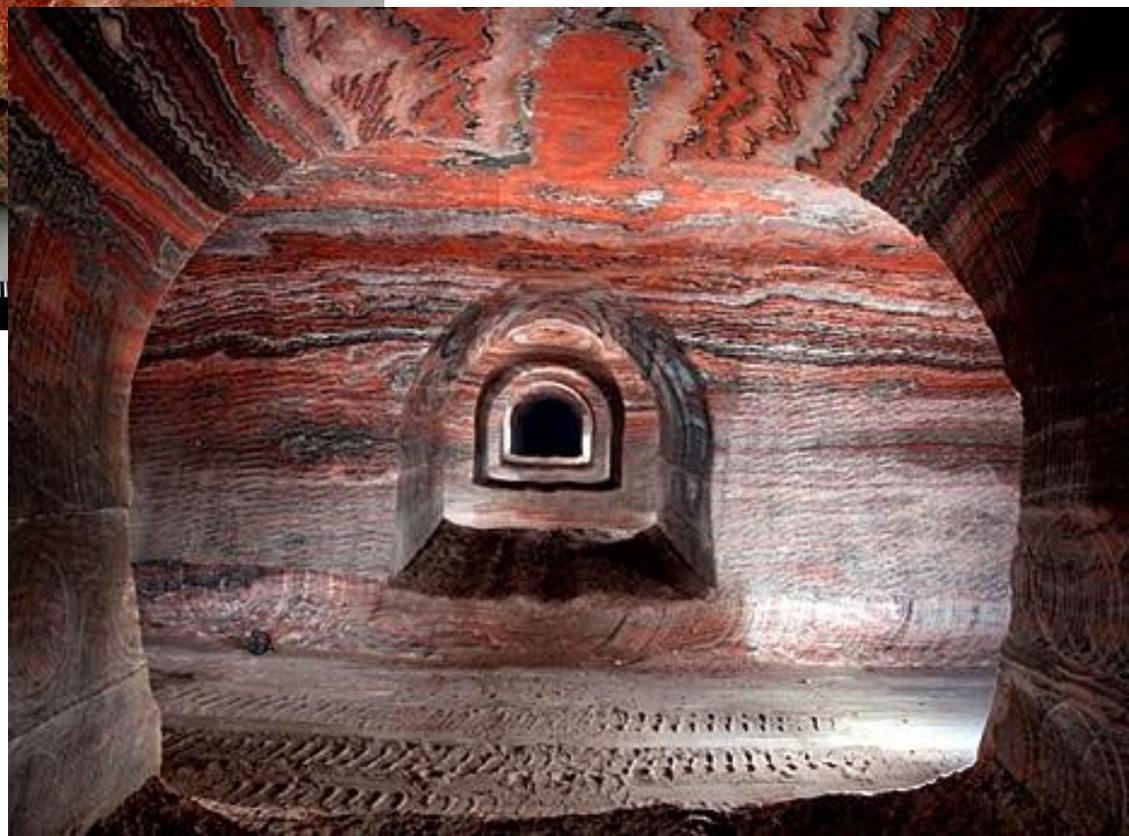
ВАНАДИНІТ  
Vanadinite  
(VO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>Cl  
кр. Екатеринбург, 1926  
Павловский В. П.

**СИЛЬВИН**  
Sylvite  
KCl

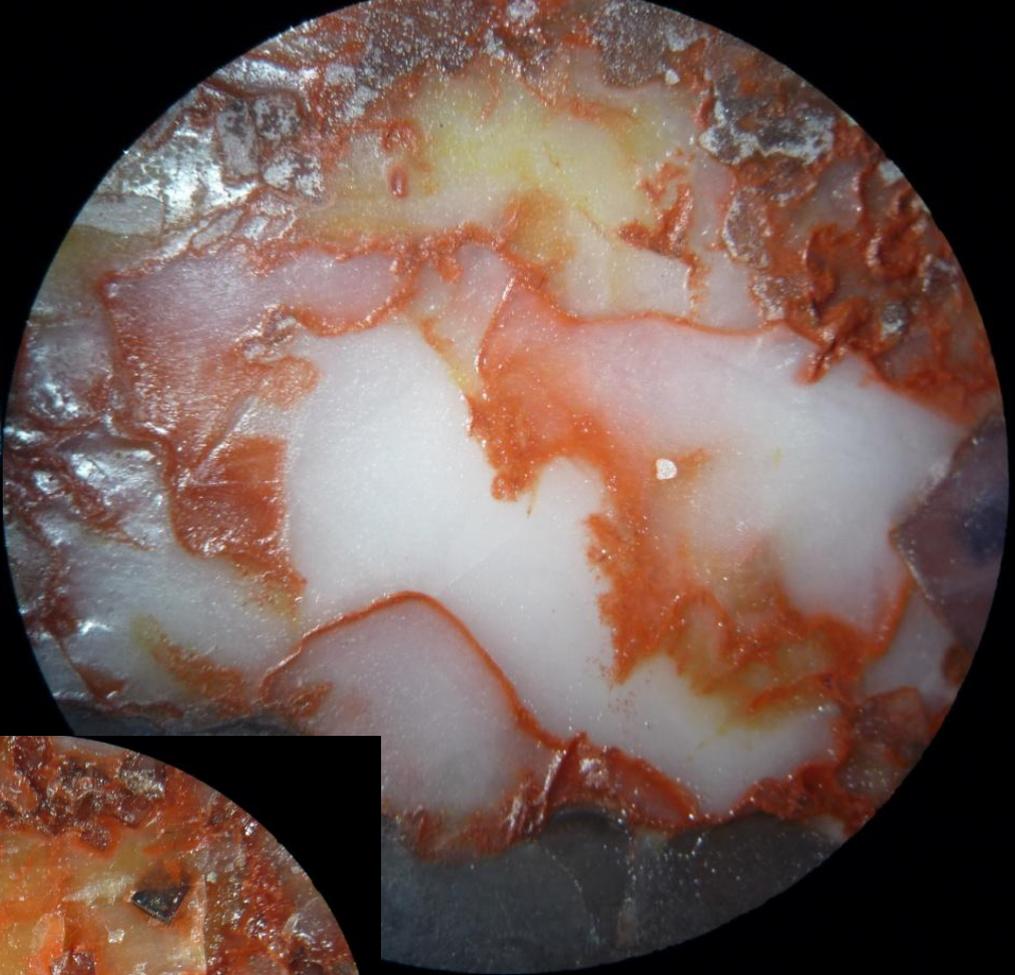


Сильвинит

Сильвинитовая шахта

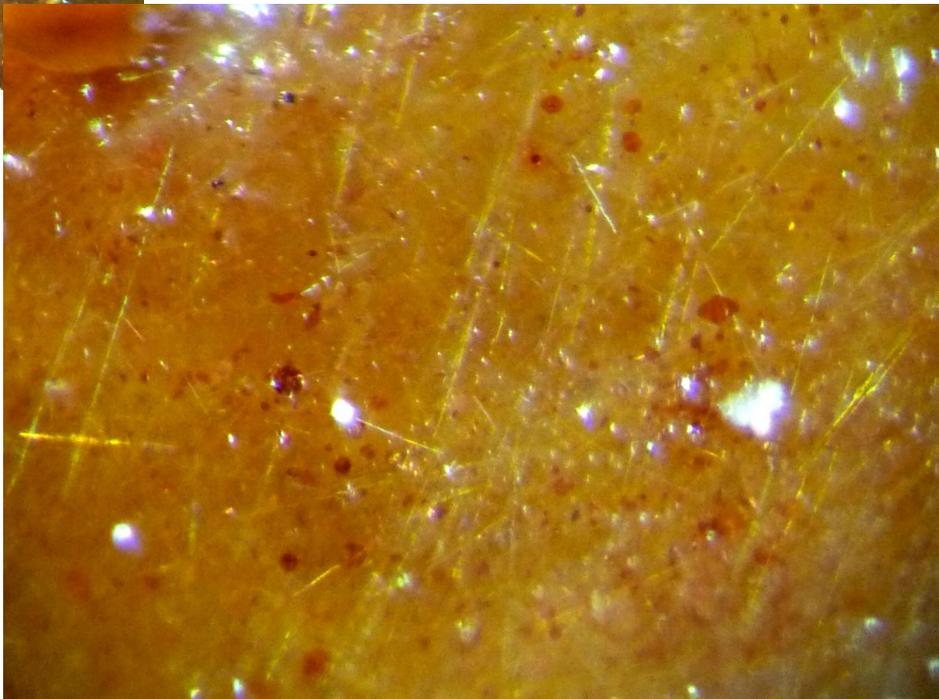


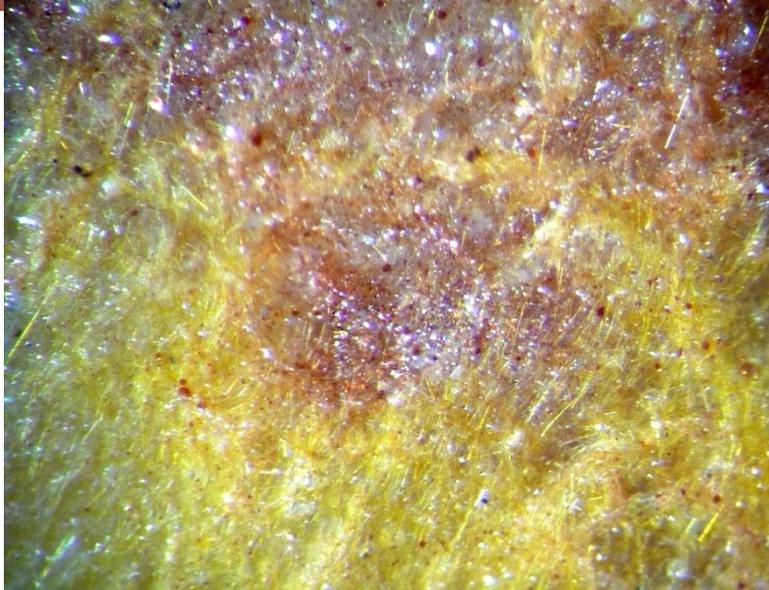
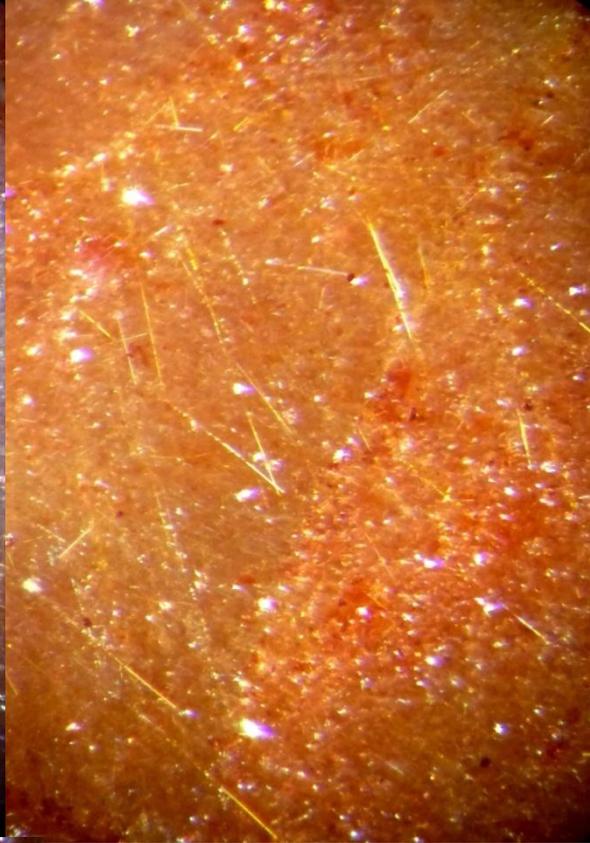
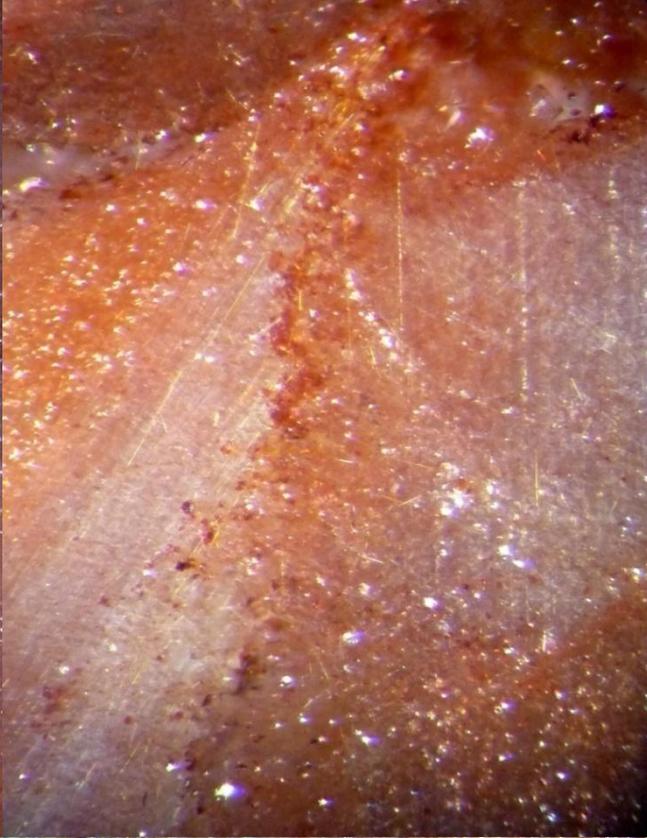
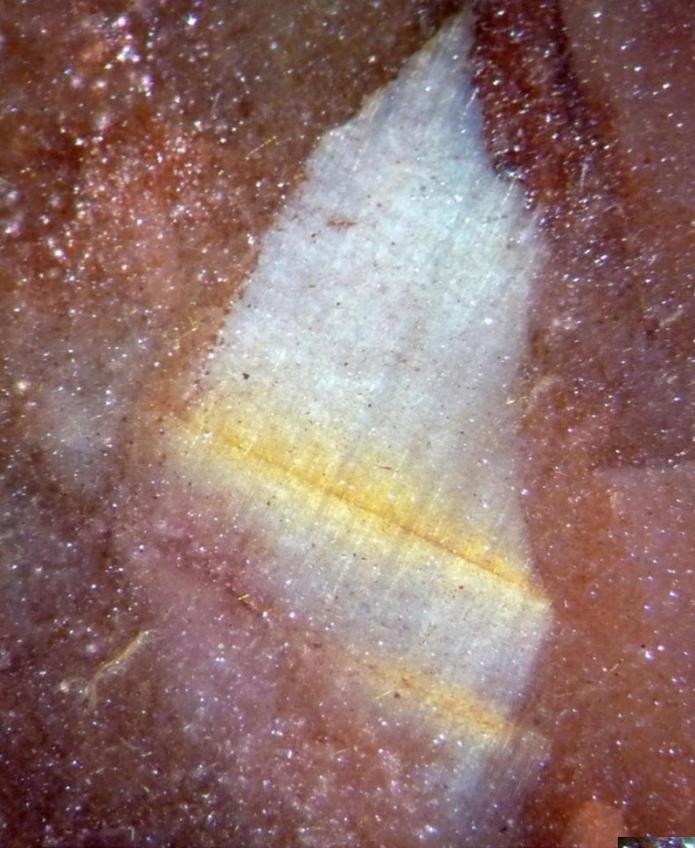




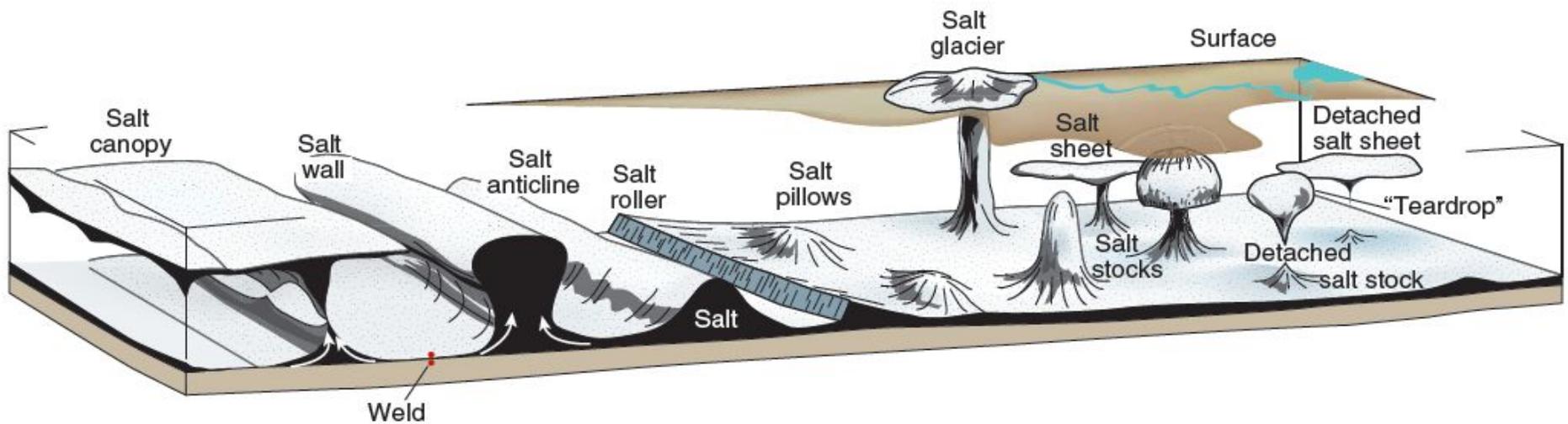
Карналлит





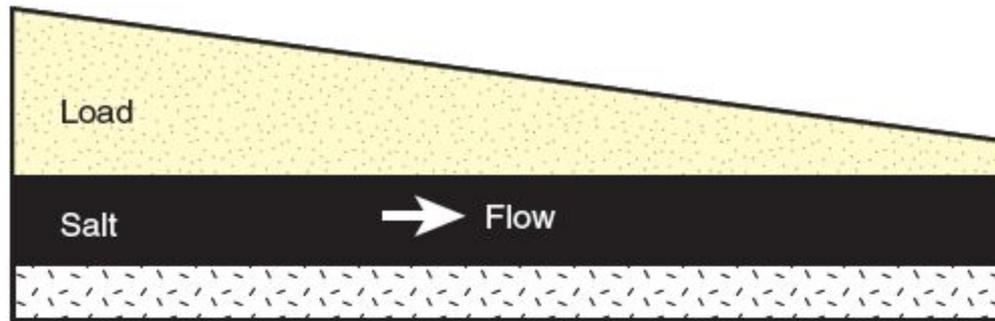


# Соляная ТЕКТОНИКА

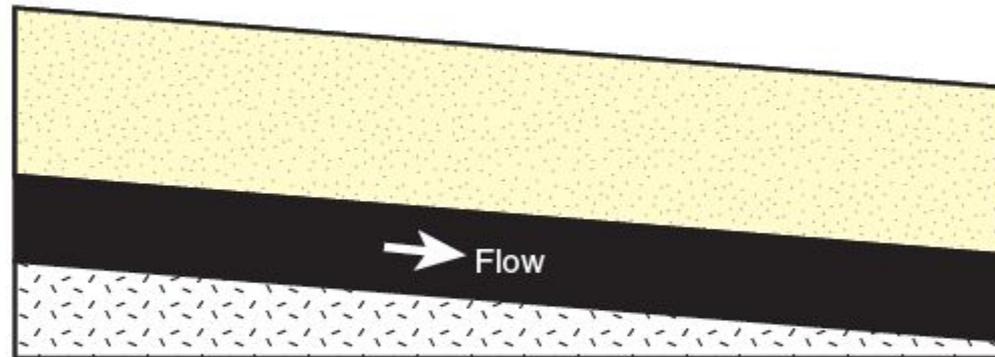


**Figure 19.3** Different types of salt structures, their names and geometries. Maturity increases from the central part of the figure to the left and right.

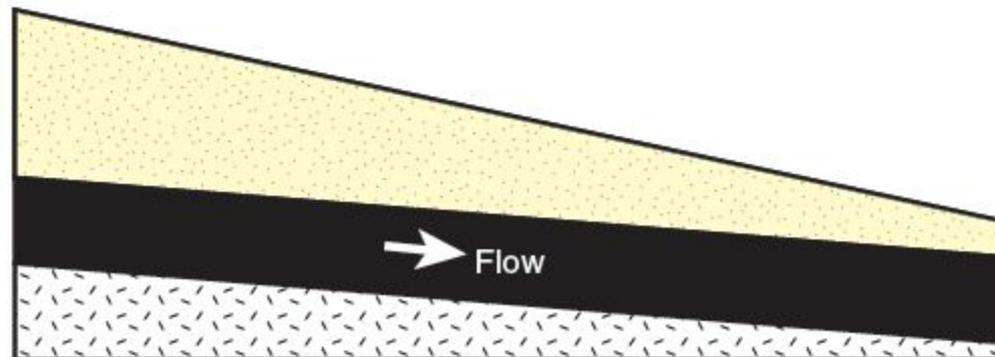
(a) Varying overburden thickness

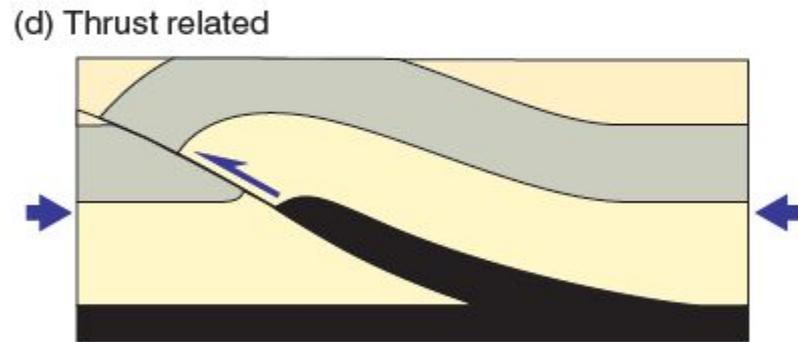
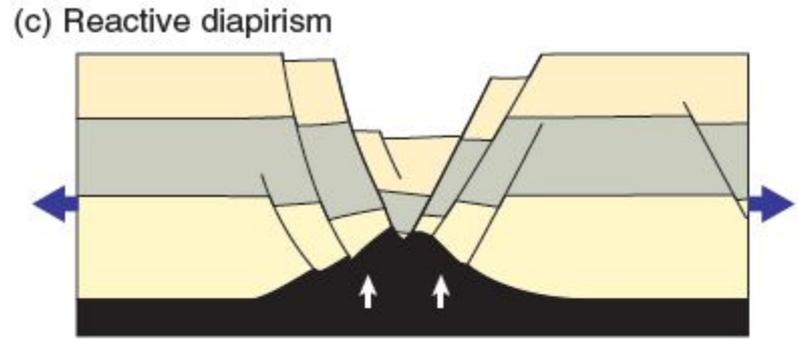
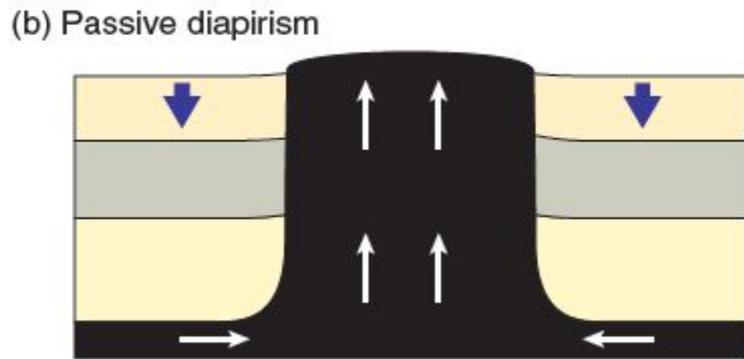
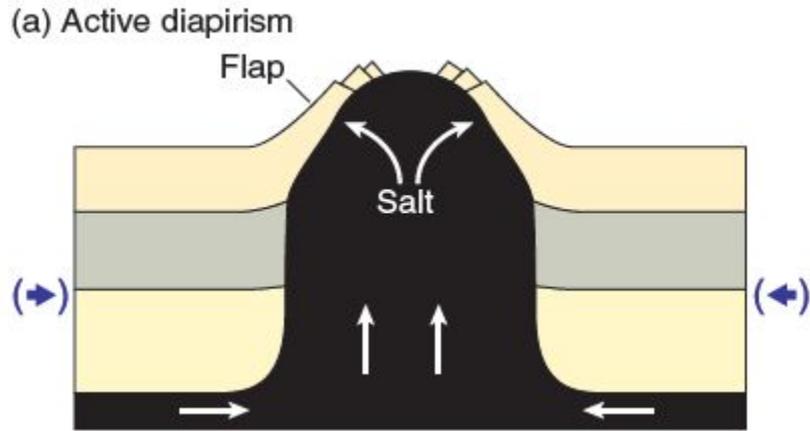


(b) Dipping salt and overburden layers

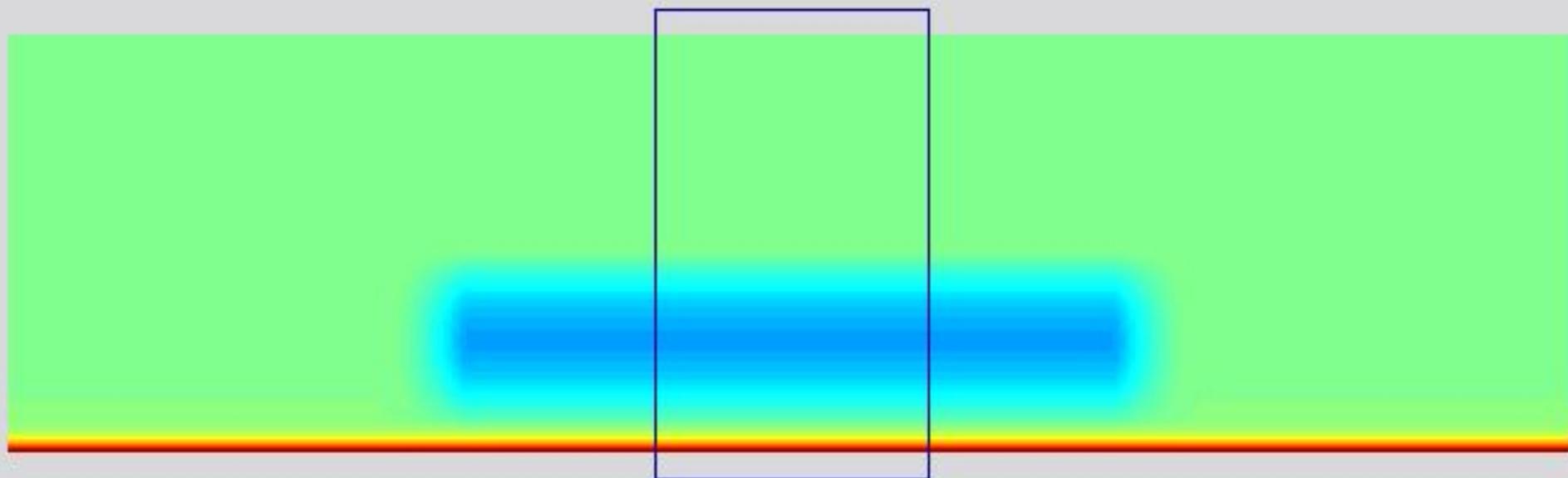
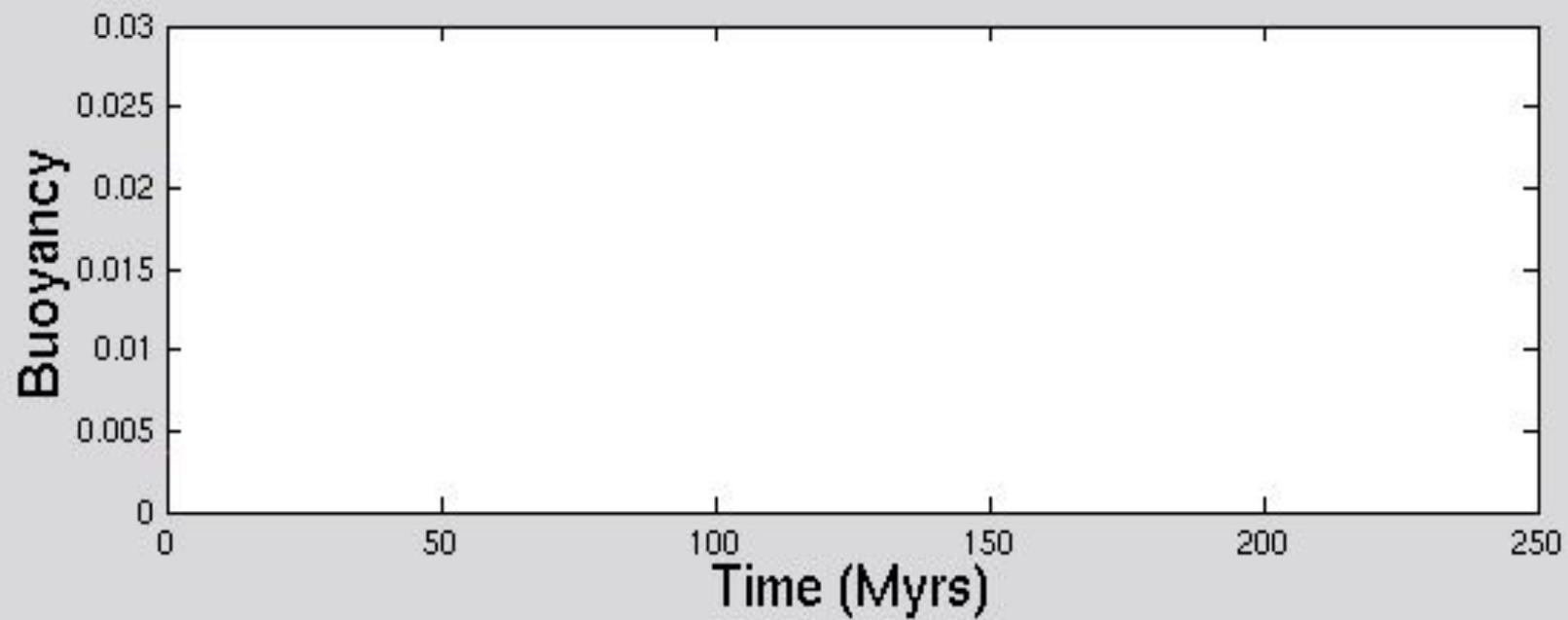


(c) Combination of (a) and (b)





**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).



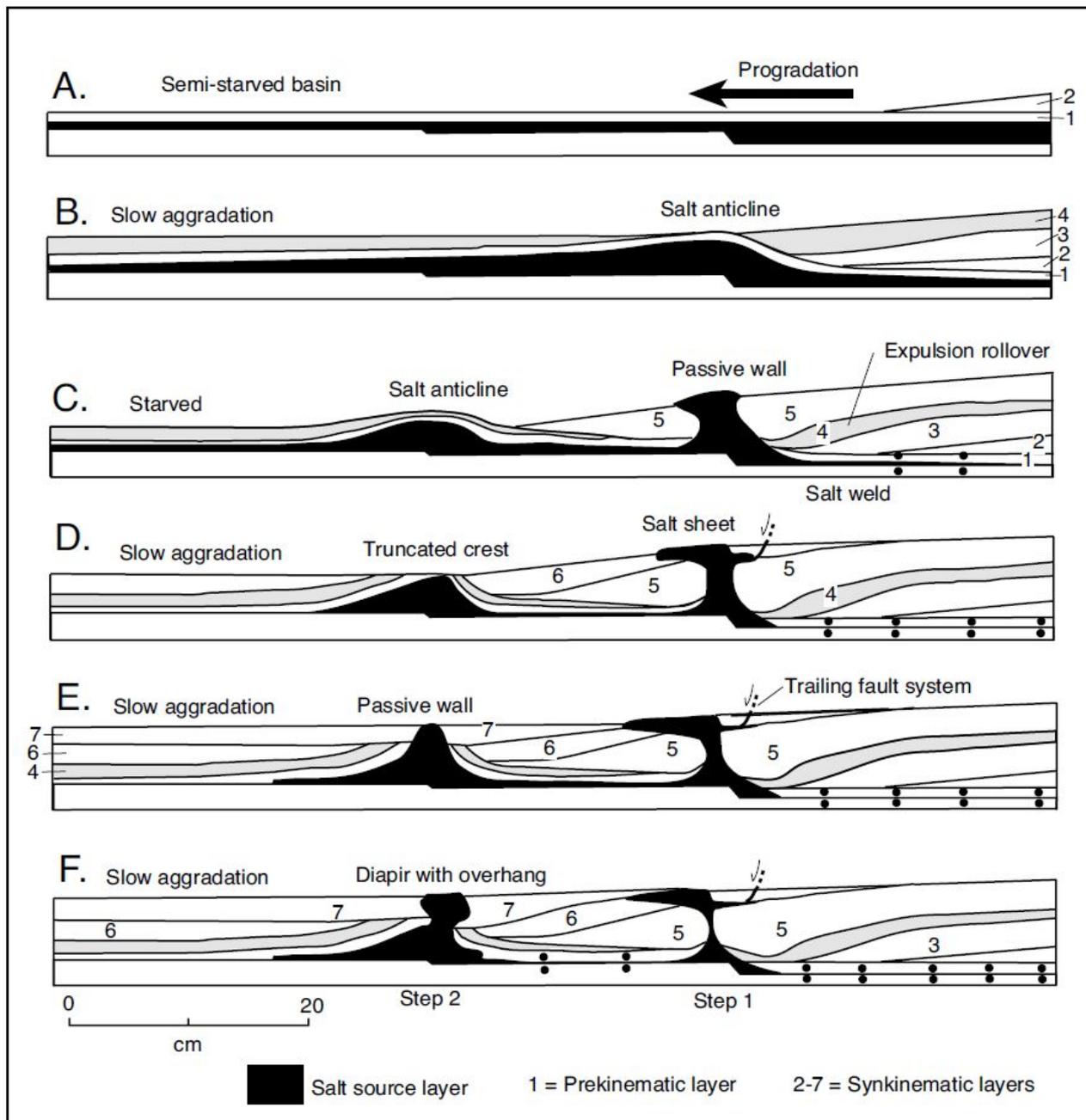


Figure 6.15. Evolution of salt structures during progradation atop a salt basin that is underlain by a stepped basement (modified from Ge et al., 1997).

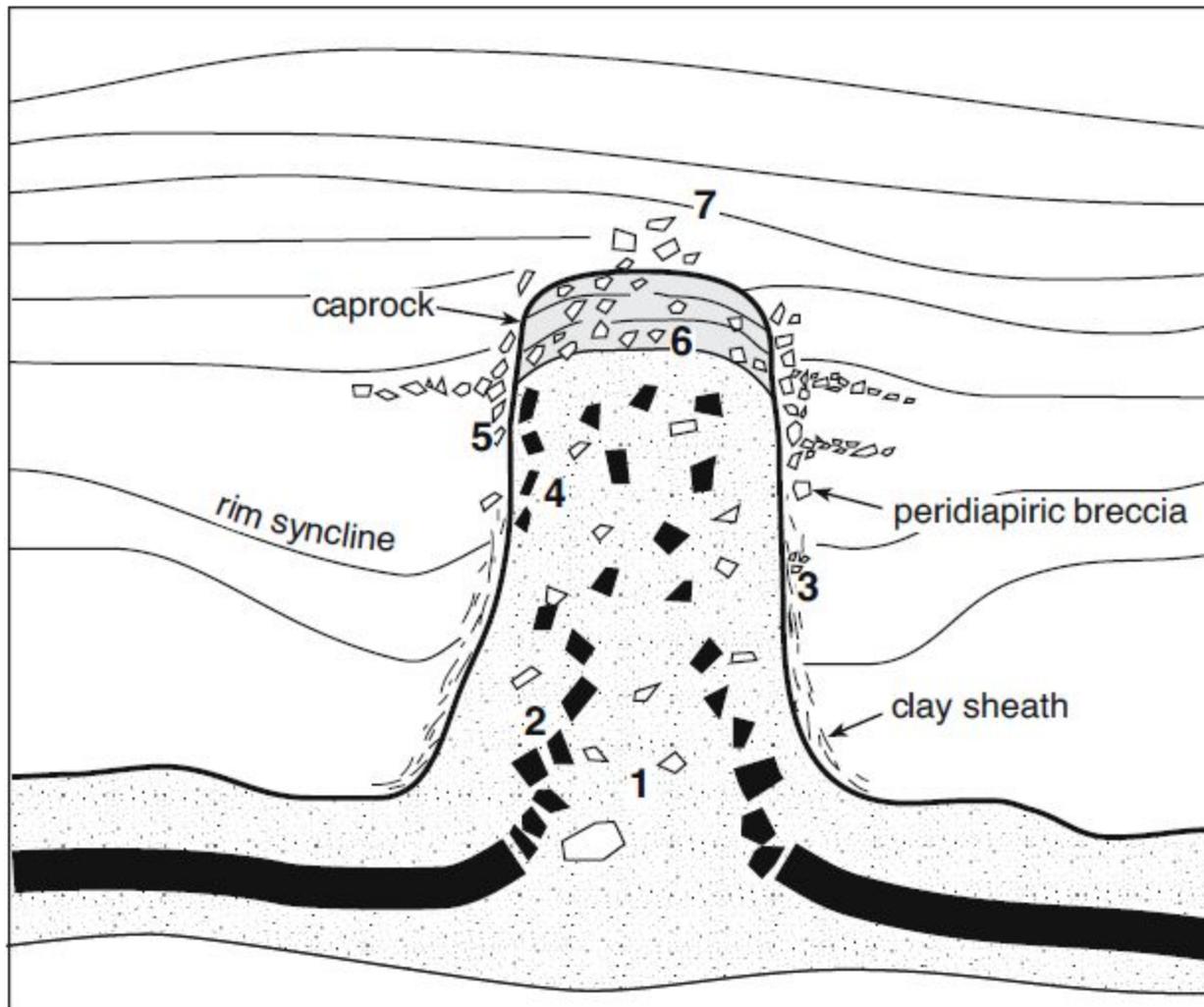


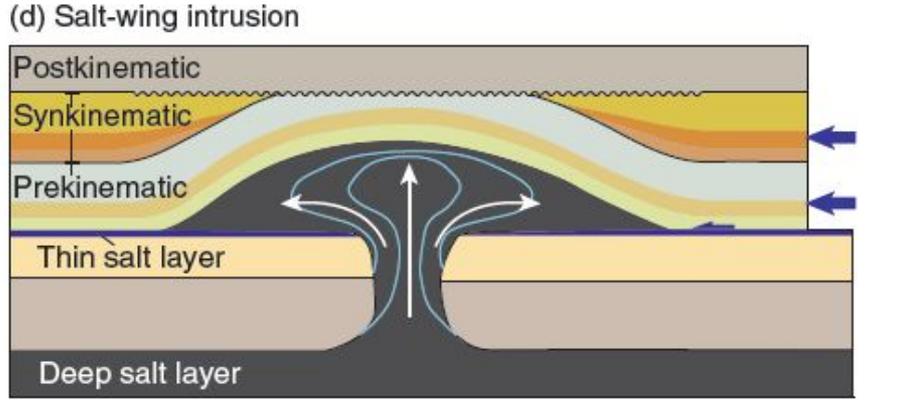
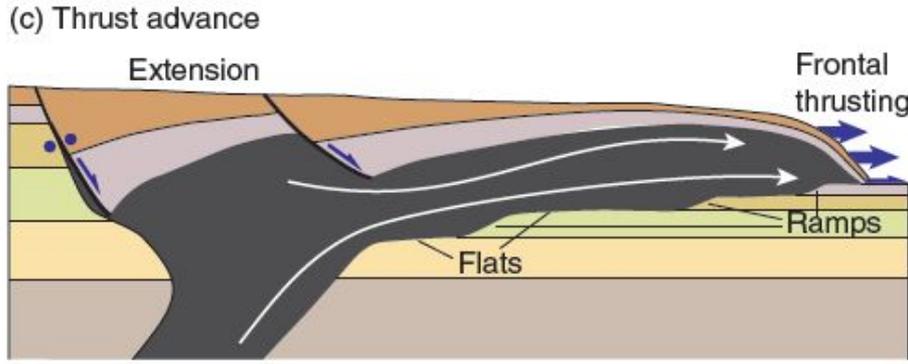
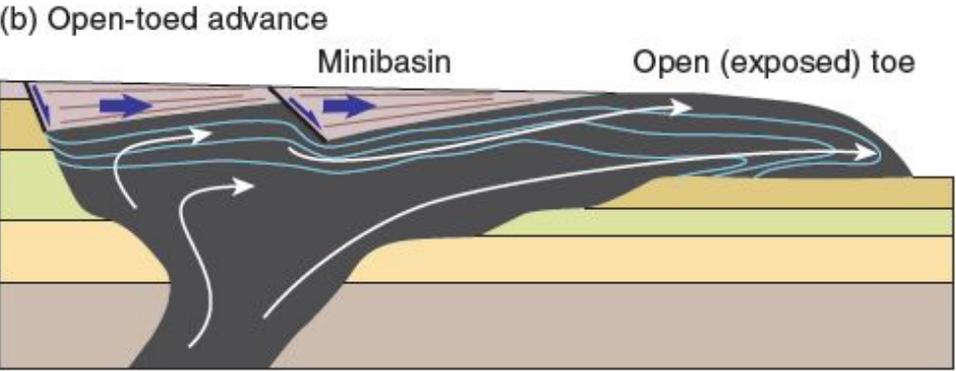
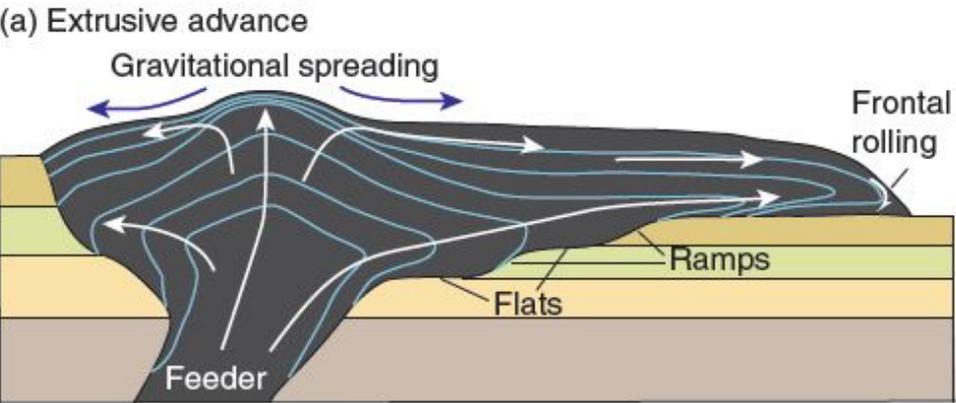
Figure 7.21. Distribution of diapir associated breccias. 1) Slabs of anhydrite in granular halite; 2) internal flowage breccia formed by dismemberment of competent internal beds; 3) breccia pockets in "clay sheath"; 4) transported flowage breccia of wallrock fragments incorporated into outer zones of 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

Эпоха	Эра	Система	Отдел	Ярус	
				Горизонт	Свита
Мезозойская	Юрская	Верхний		Волжский	
				Кимериджский	
				Оксфордский	
		Средний		Келловейский	
				Батский	
				Байосский	
	Нижний		Ааленский		
			Тоарский		
			Плинсбахский		
			Синемюрский		
Фанерозойская	Триасовая	Верхний		Рэтский	
				Норийский	
				Карнийский	
		Средний		Ладинский	
				Анизийский	
				Оленёкский	
	Нижний		Индский		
			Вятский		
			Татарский	Северодвинский	
			Пермская		Уржумский
Казанский					
Уфимский					
Кунгурский					
Палеозойская	Каменноугольная	Верхний		Гжельский	
				Касимовский	
				Московский	
		Средний		Башкирский	
				Серлуховский	
				Визейский	
	Нижний		Турнейский		

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

270,6  
283,5

