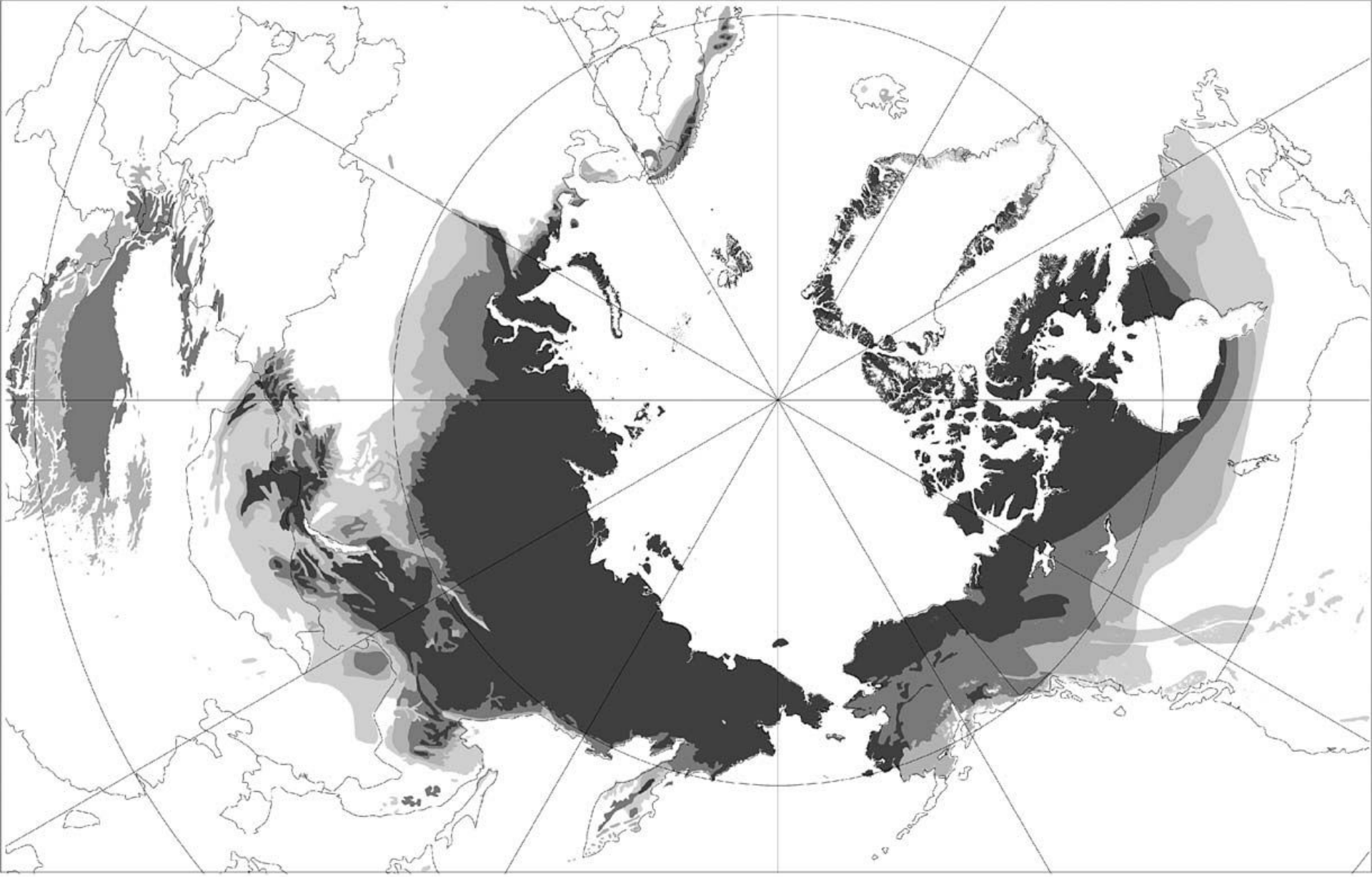
Permafrost

Periglacial processes and Landforms

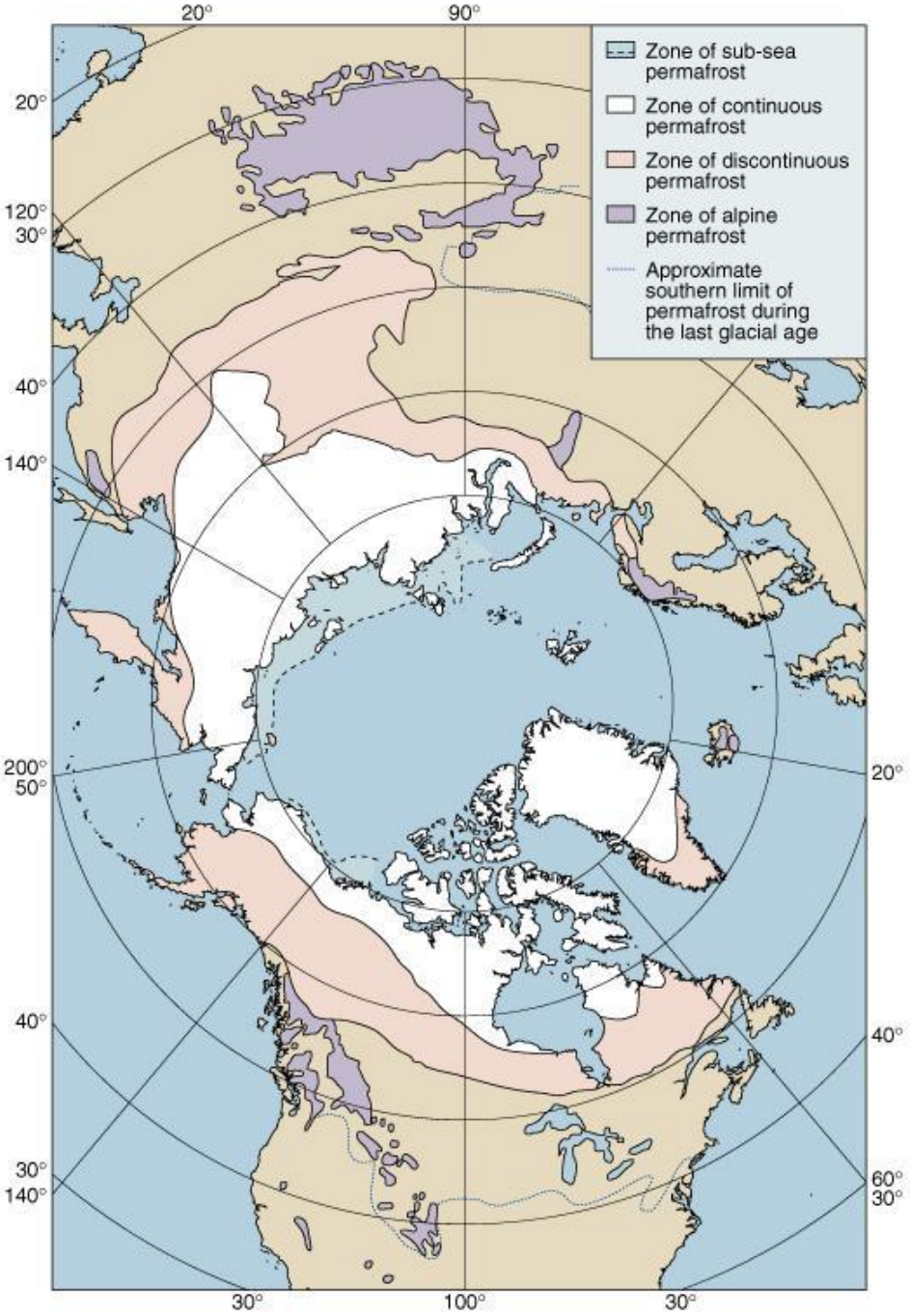
- **Permafrost** (permanently frozen ground) “is ground that remains at or below 0 C for 2 years or more” (C R Burn, 2007).

- **Active layer** -‘the layer of ground that is subject to annual thawing and freezing in areas underlain by permafrost’ (van Everdingen, 1998, Permafrost Association’s Multi-Language Glossary of Permafrost and Related Ground Ice Terms).

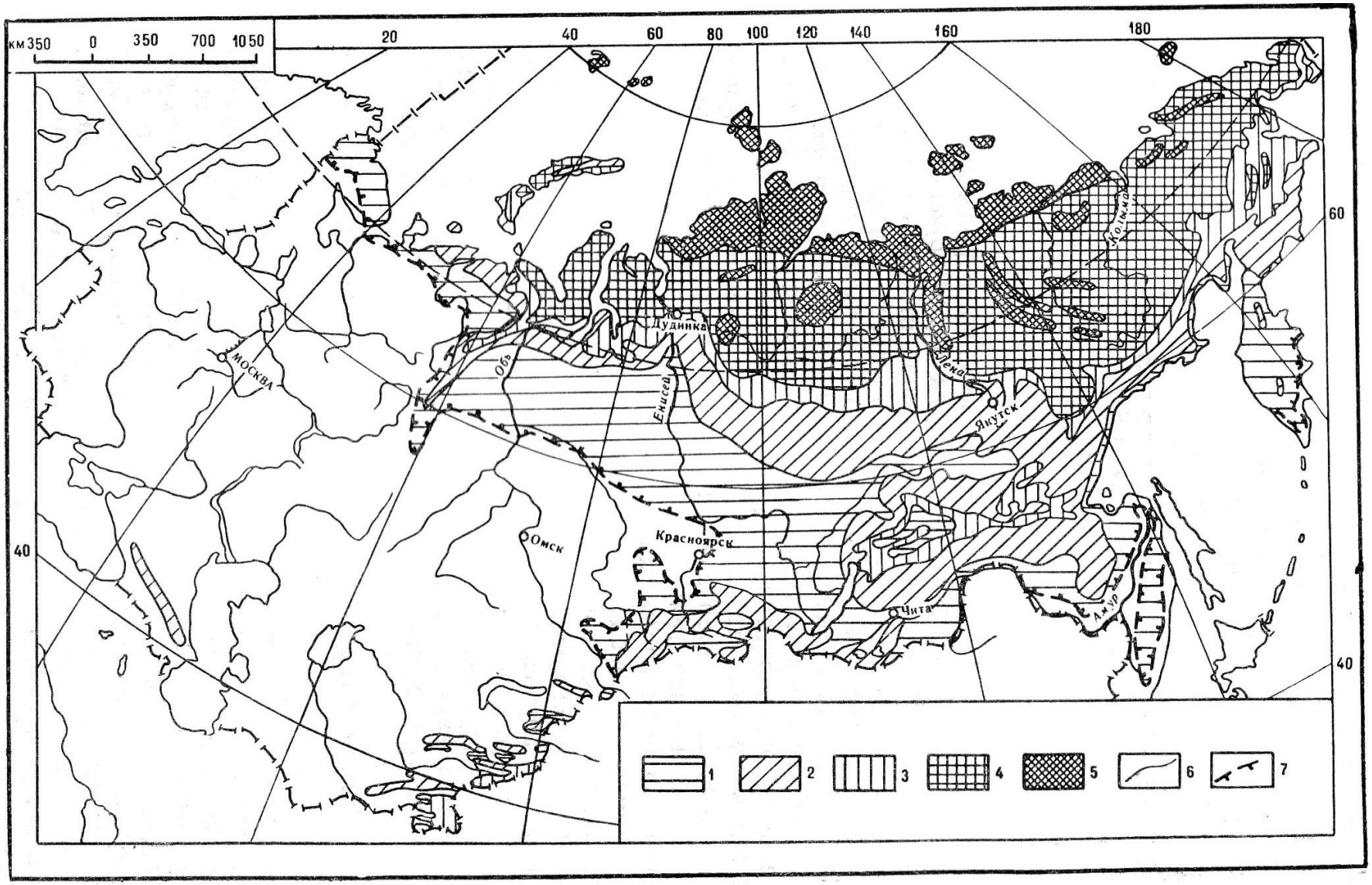


Distribution of permafrost in the Northern Hemisphere. From Brown et al. (1997).

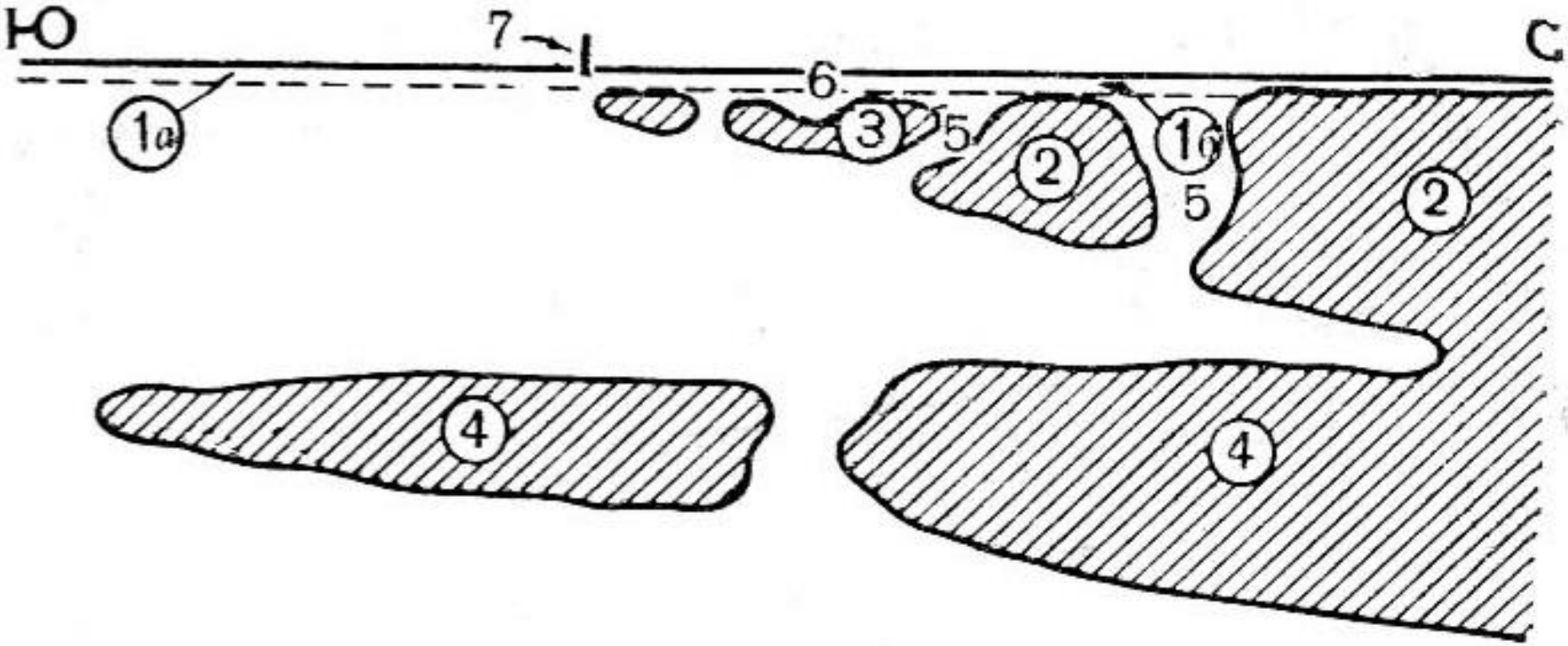
Continuous
Discontinuous
Sporadic
Isolated patches

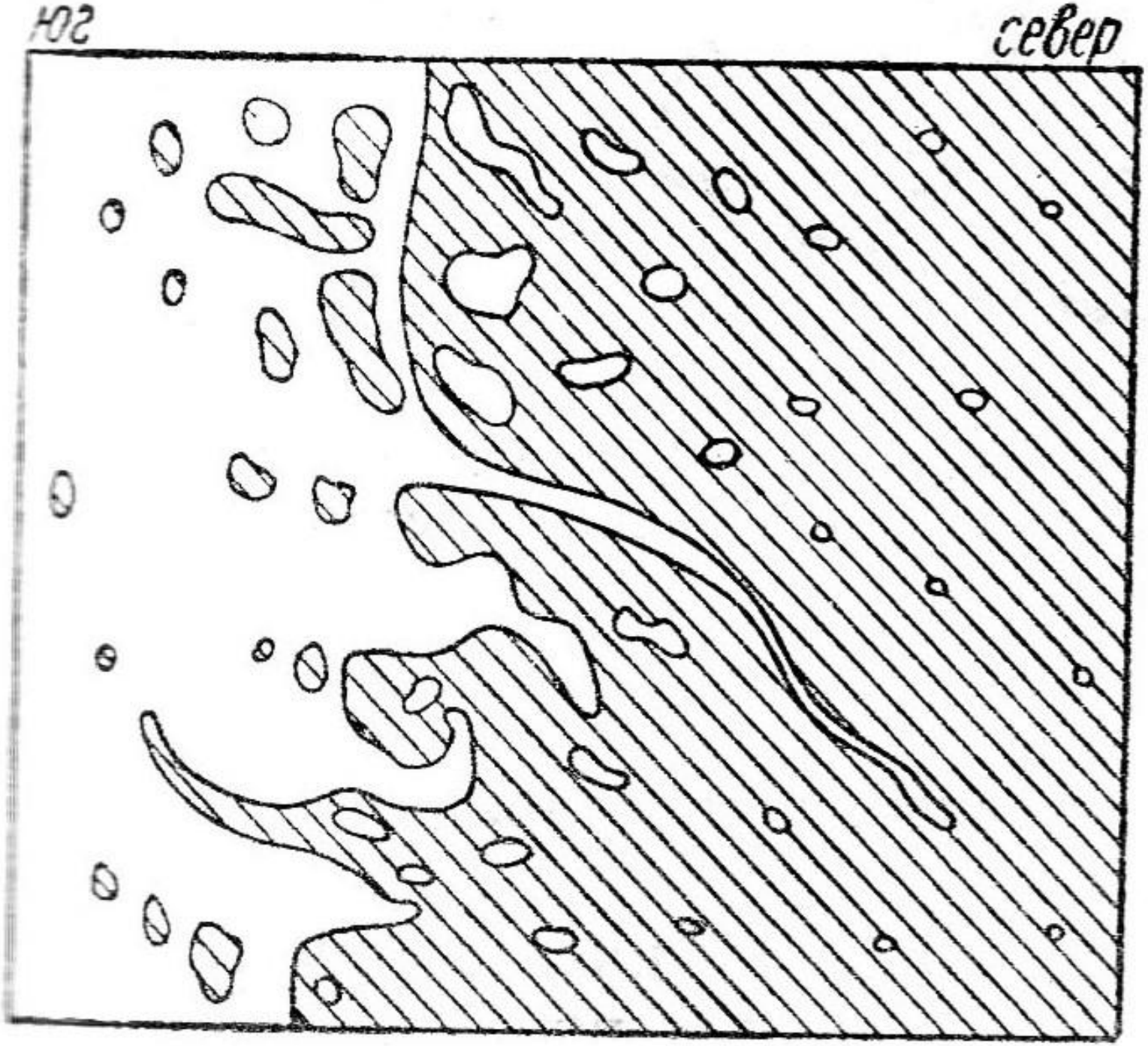


Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.



Карта распространения многолетнемерзлых пород (ММП) в СССР (К. А. Кондратьева, 1976): 1 — зона редкоостровного, островного и массивно-островного распространения ММП со среднегодовыми температурами (t ср) от +3 до -1 гр. С и мощностью мерзлой толщи (М) от 0 до 100 м; 2—5 —зона сплошного распространения ММП: *2* — t ср. от —1 до —3°, М от 50 до 300 м; *3* — *t ср* от —3 до —5°, М от 100 до 400 м; *4*—*t ср* от —5 до —9°, М от 200 до 600 м: 5— t ср ниже —9°С, М от 400 до 900 м и более; 6 —граница зон ММП; 7 — южная граница криолитозоны


Ю
С
7
6
1а
3
5
2
1б
5
2
4
4


юг
север

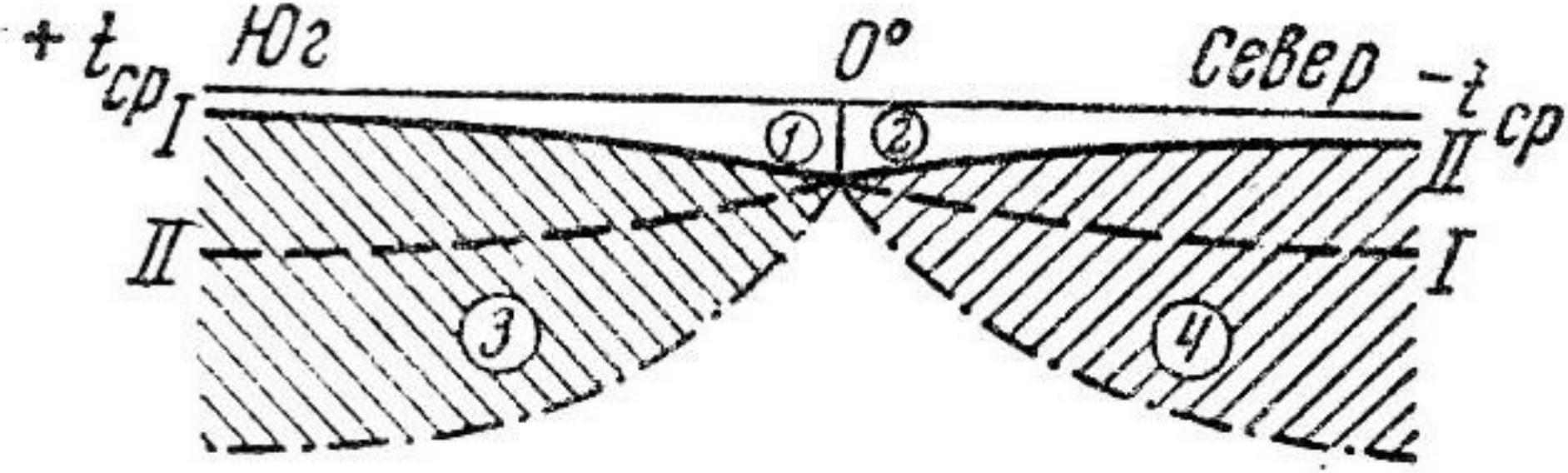
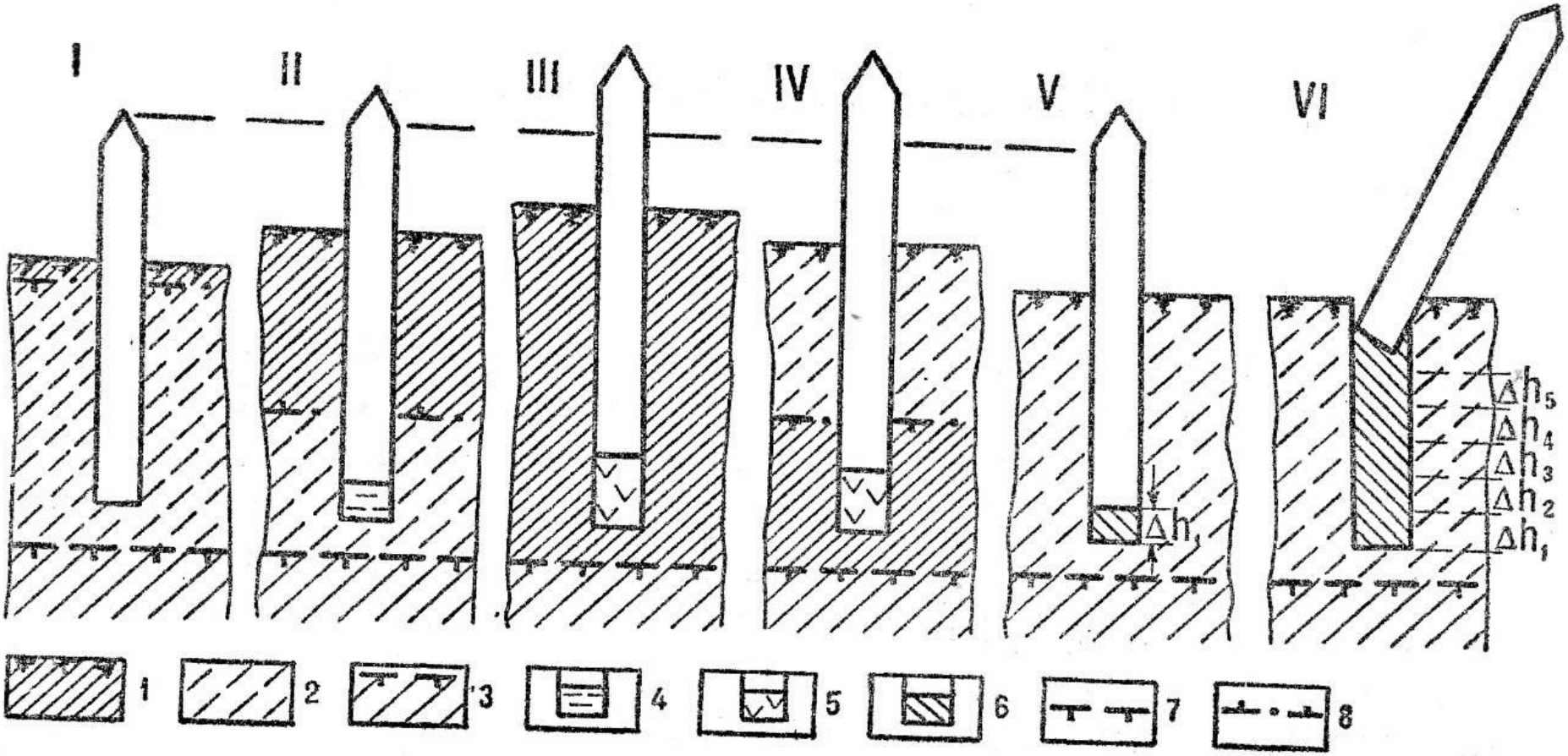


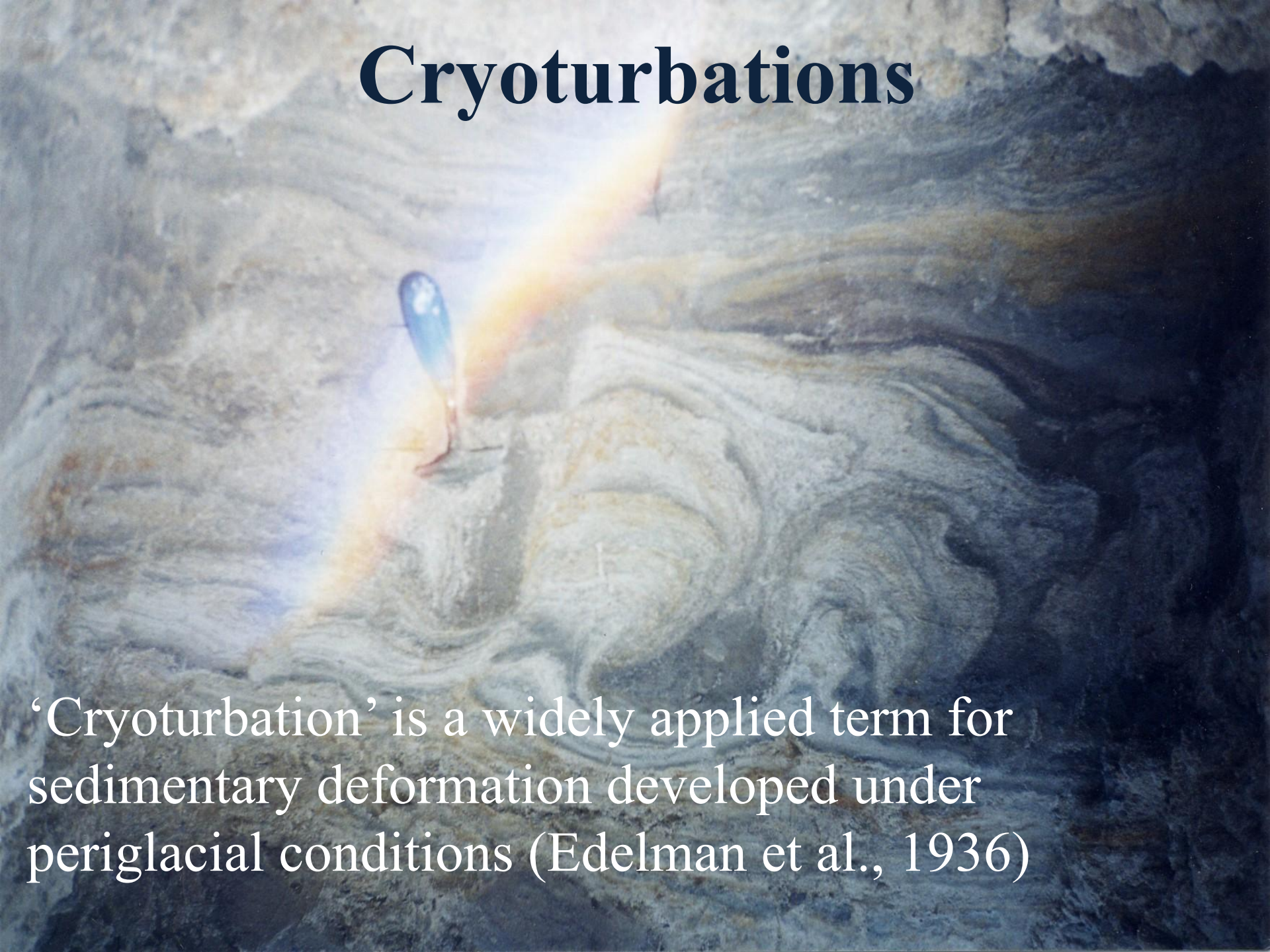
Схема перехода слоя сезонного промерзания пород в многолетнемерзлую толщу со слоем их сезонного протаивания при движении с юга на север: *1* — слой сезонного промерзания; *2* — слои сезонного оттаивания; *3*-слой сезонных колебаний положительных температур пород; *4* — слой сезонных колебаний отрицательной температуры пород.

Active layer



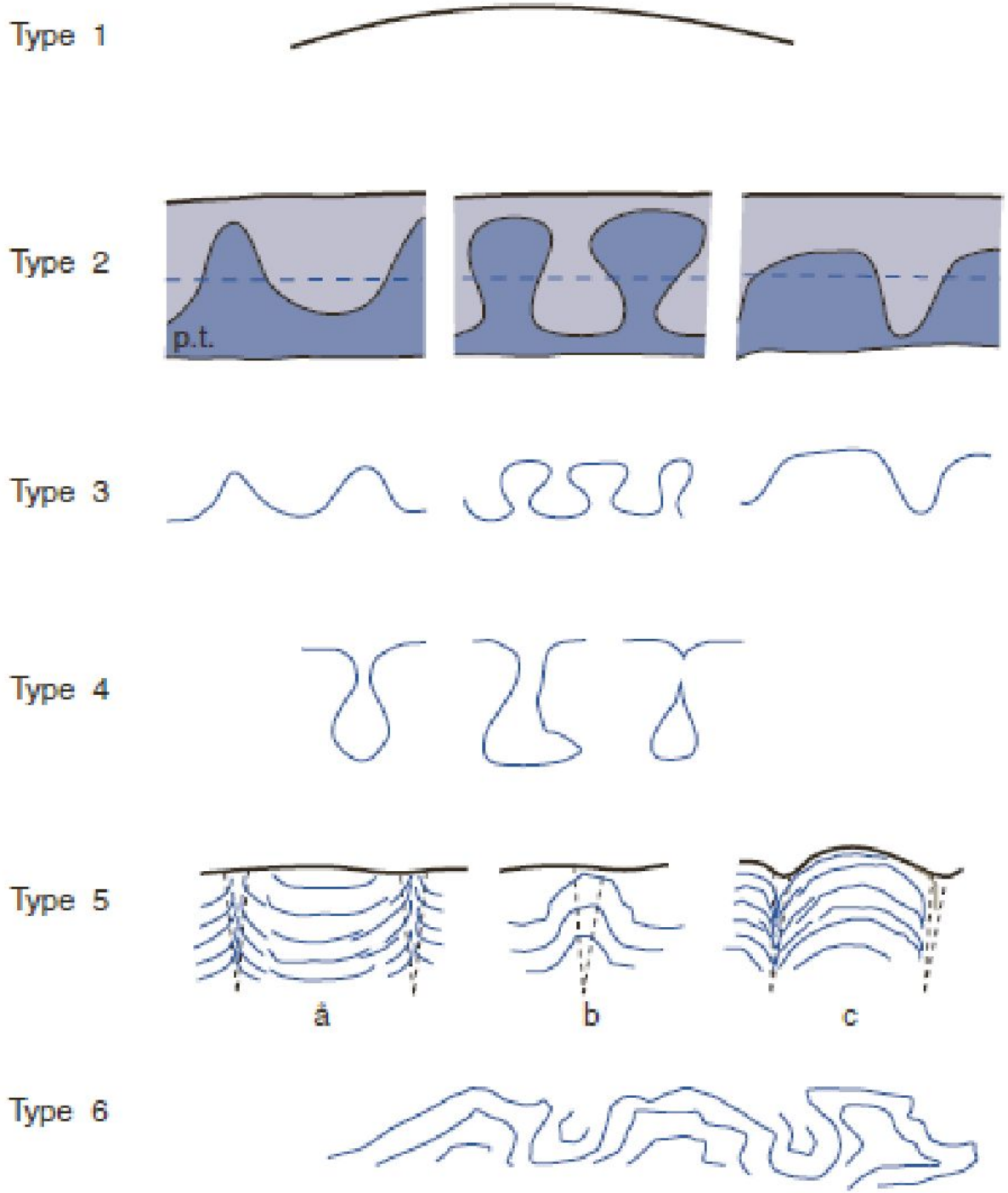
1 — frozen part of active layer; *2* — unfrozen part of active layer; *3* — frozen ground; *4* — water; *5* — ice; *6* — unfrozen ground; *7* — permafrost table; *8* — frozen part of active layer border.

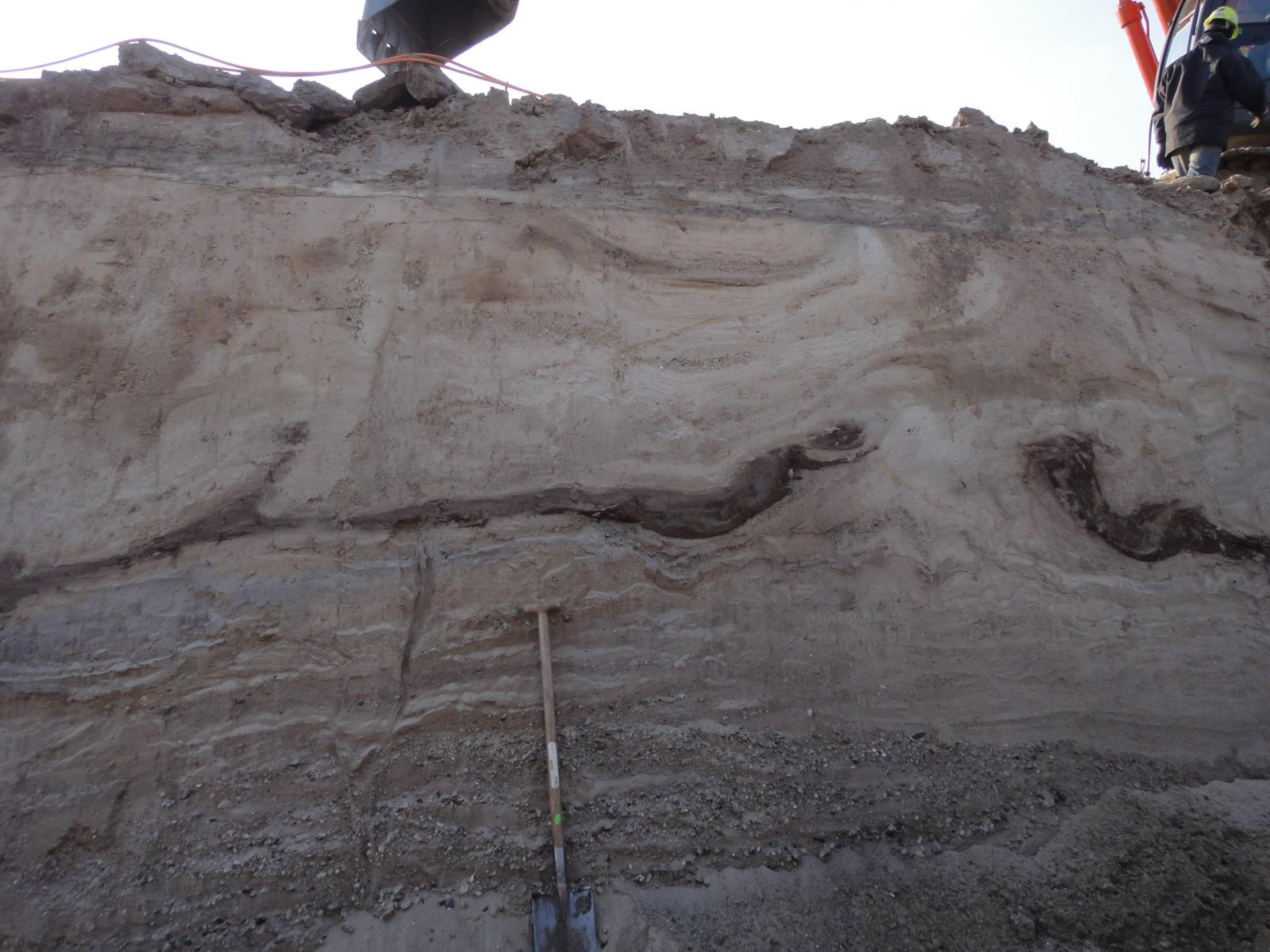
Cryoturbations



‘Cryoturbation’ is a widely applied term for sedimentary deformation developed under periglacial conditions (Edelman et al., 1936)

Typology of cryoturbation structures (Vandenberghe, 2007). p.t. = permafrost table, approximative heights: several dm to 1m (type 1), 0.50 to 2.00m (type 2), a few cm to a few dm (type 3), from a few cm to 2m (type 4 and 6), from a few dm to 2m (type 5).



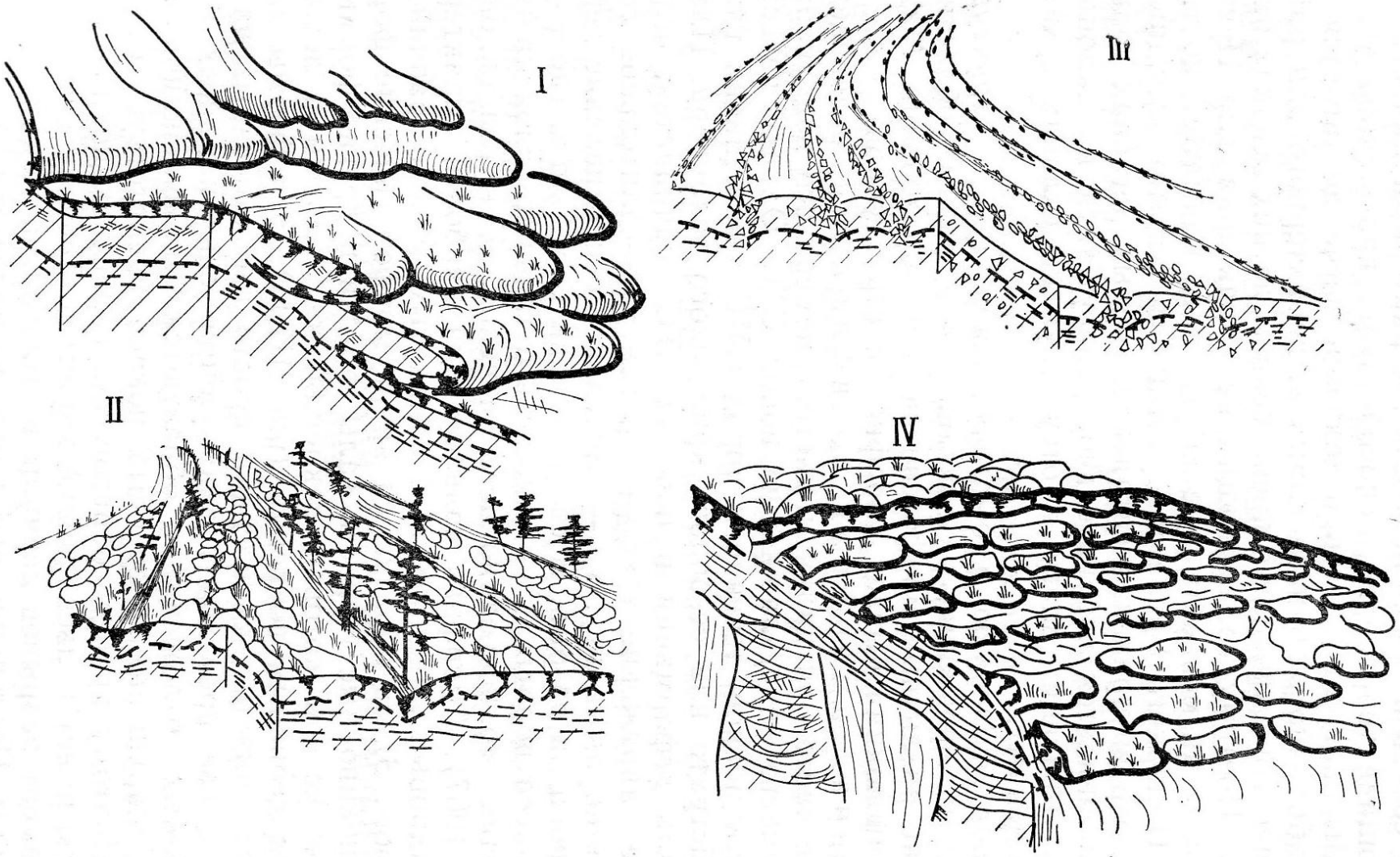


Patterned Ground

The term patterned ground refers to terrain that exhibits regular or irregular surface patterning, most commonly in the form of circles, polygons, irregular networks, or stripes.

Slope Mass Movement

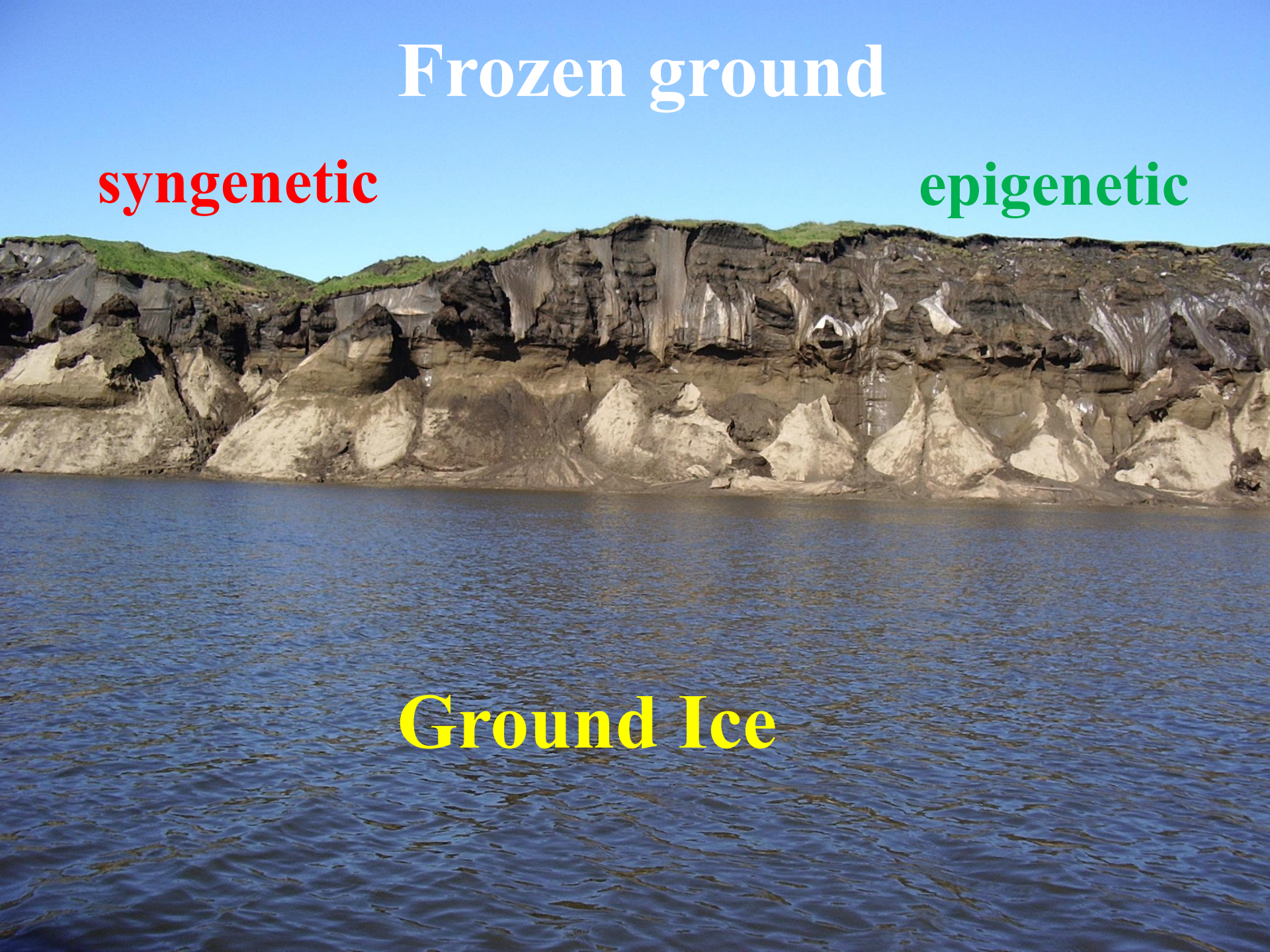
Solifluction



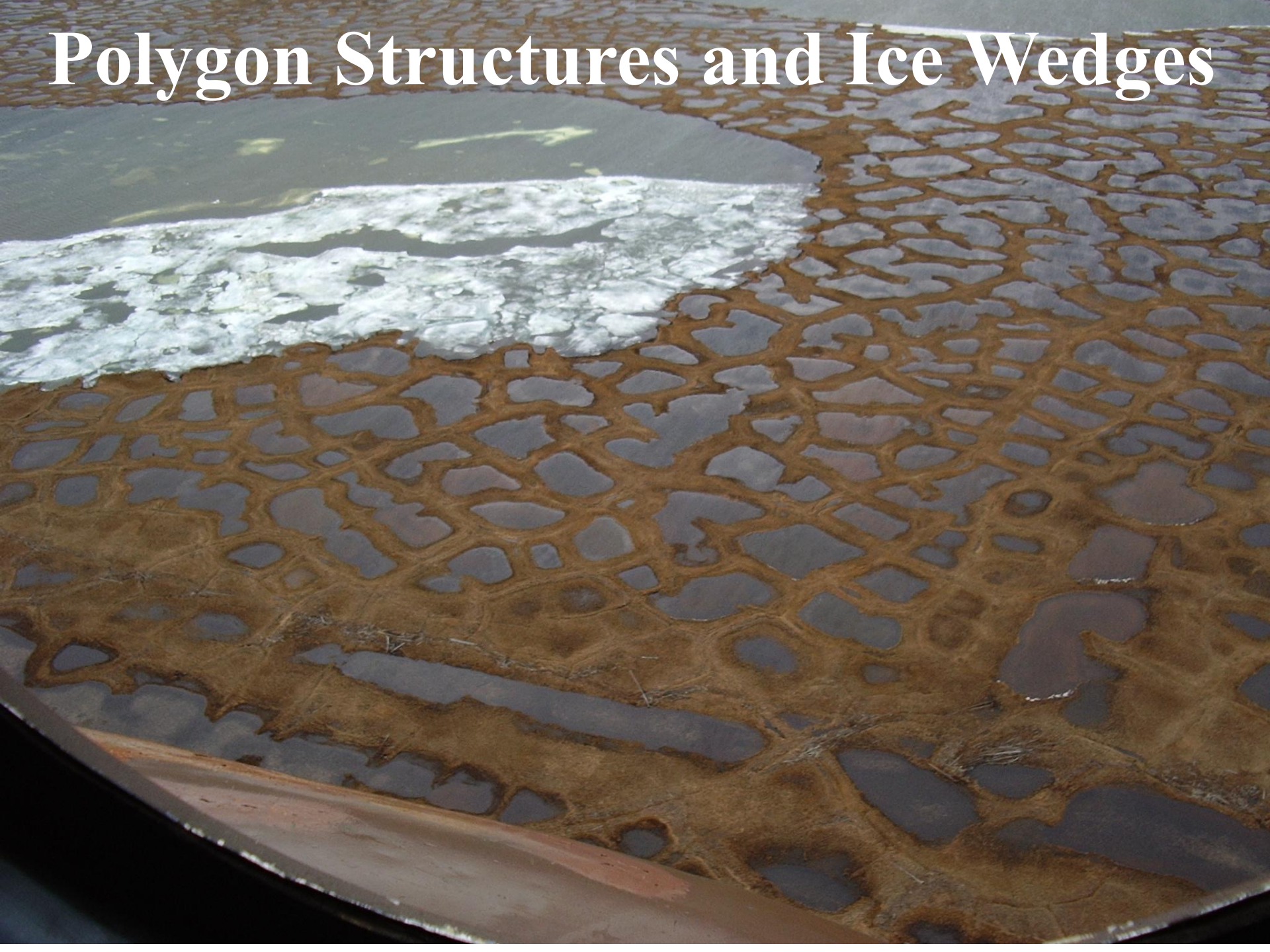
Типы солифлюкционных форм:

I — медленная аморфная солифлюкция; II — делли с сосредоточенным по понижениям поверхностным стоком и медленным течением пород по полосам и пятнам-медальонам: III — структурная солифлюкция с морозной сортировкой каменного материала; IV — быстрая солифлюкция (оползни-оплывы на термоденудационном склоне)

Frozen ground



Polygon Structures and Ice Wedges



Ice Wedges

Epigenetic

Syngenetic

Antisyngenetic

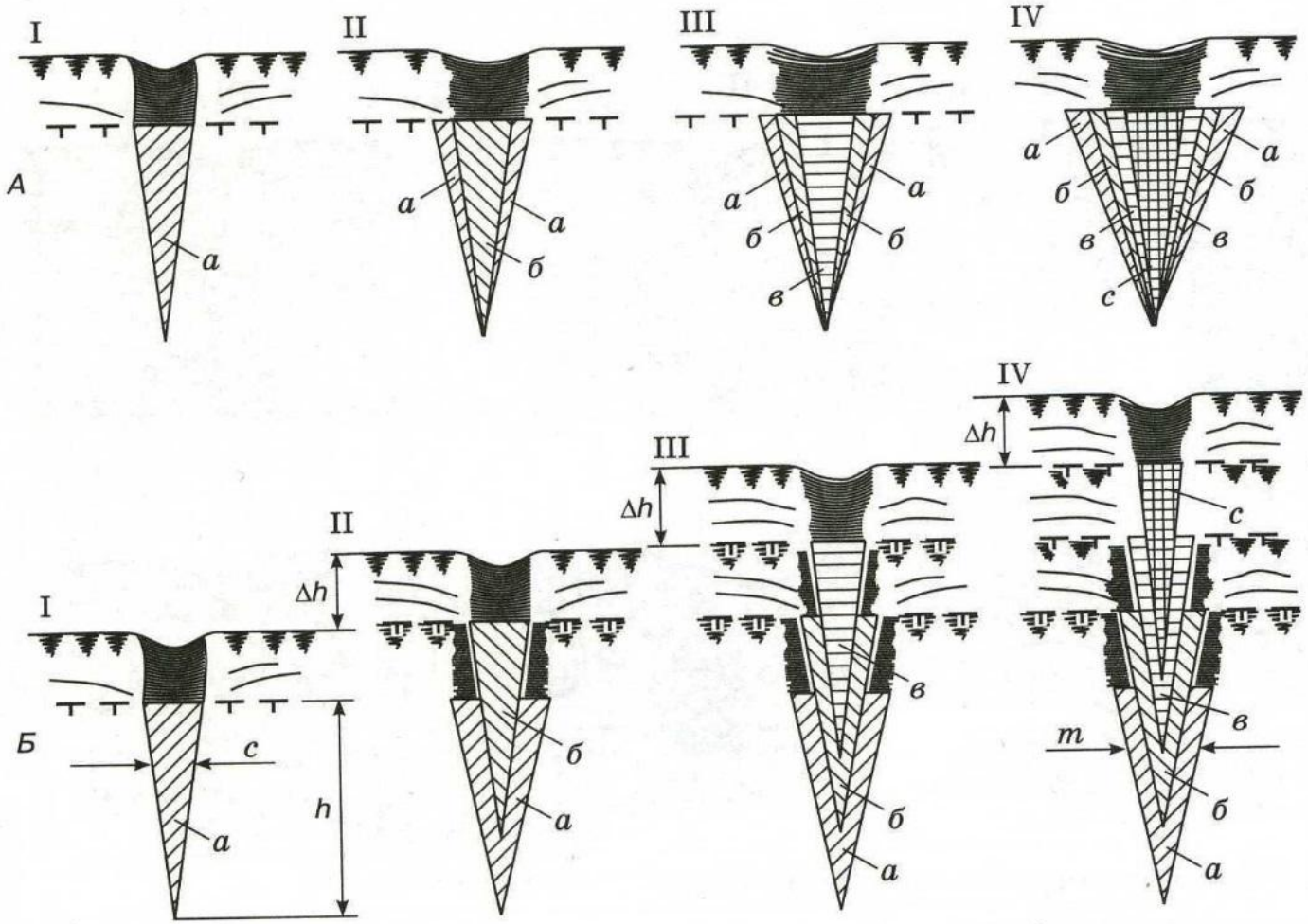


Рис. 4.21. Схема эпигенетического (*А*) и сингенетического (*Б*) роста повторно-жильных льдов (по Б.Н. Достовалову).

I, II, III, IV — последовательные стадии роста жил; *а*, *б*, *в*, *г* — ежегодно образующиеся элементарные ледяные жилки; Δh — мощность слоя накапливающегося за год осадка при сингенезе.

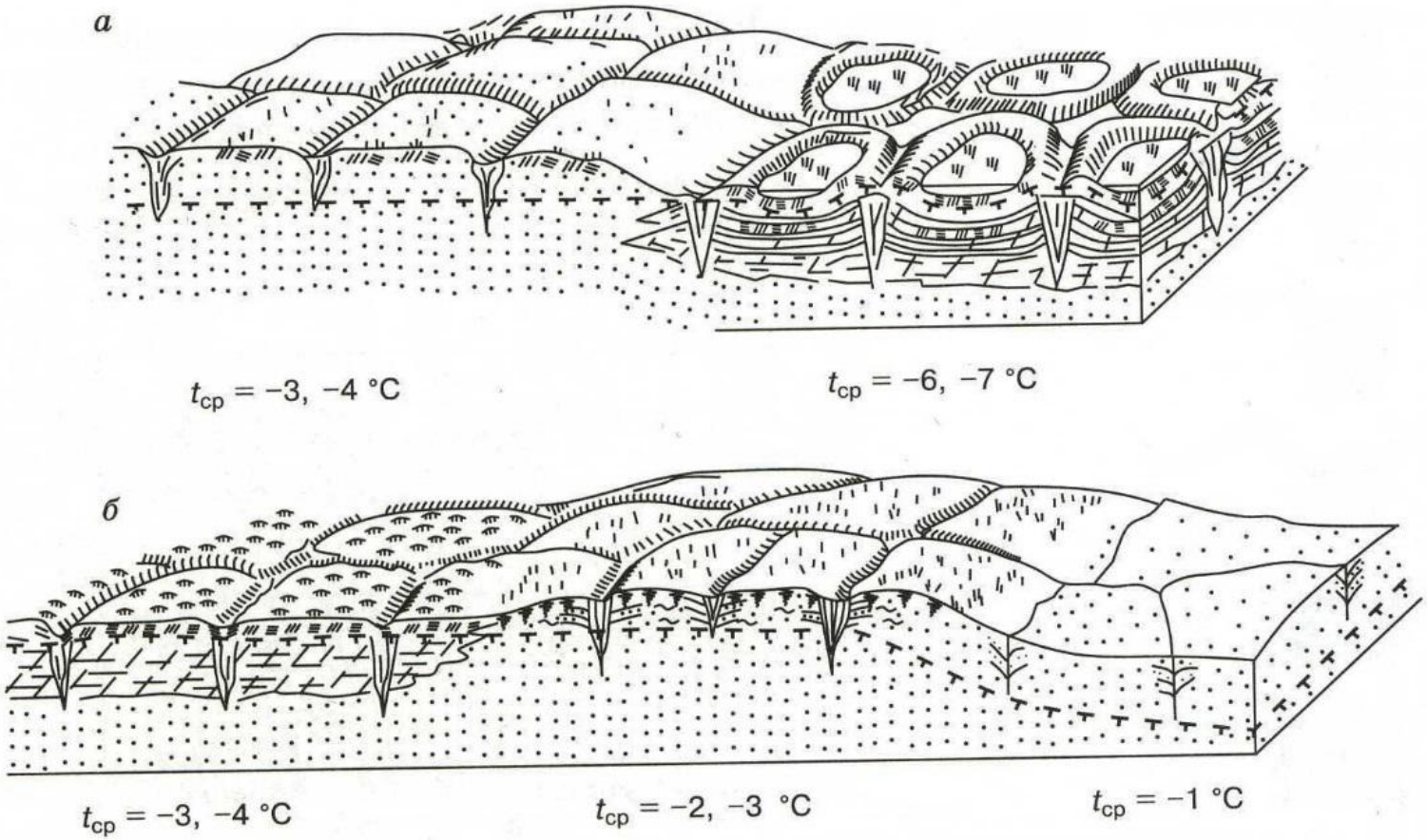


Рис. 4.20. Схема основных соотношений изначально-грунтовых и ледяных жил в единых полигональных системах.

а — грунтовые жилы в песчаных аллювиальных отложениях при глубоком сезонном оттаивании и повторно-жильные льды в заторфованных пойменных супесях при мелком оттаивании, *б* — небольшие грунтовые жилки в песчаных отложениях низкой поймы при глубоком оттаивании, единая система жильных льдов и грунтовых жил в оторфованных песках при средней глубине сезонного оттаивания и повторно-жильные льды в оторфованных пойменных супесях при мелком типе оттаивания.

Pseudomorphs

Thermokarst

Image Landsat
Image IBCAO
Google earth
Дата съемки: 1.1.1970 69°43'40.78" С 71°01'17.89" В Высота над уровнем моря: 27 м обзор с высоты 100.86 км

Image Landsat
Google earth
Дата съемки: 1.1.1970 74°26'05.89" С 104°50'27.69" В Высота над уровнем моря: 113 м обзор с высоты 77.55 км

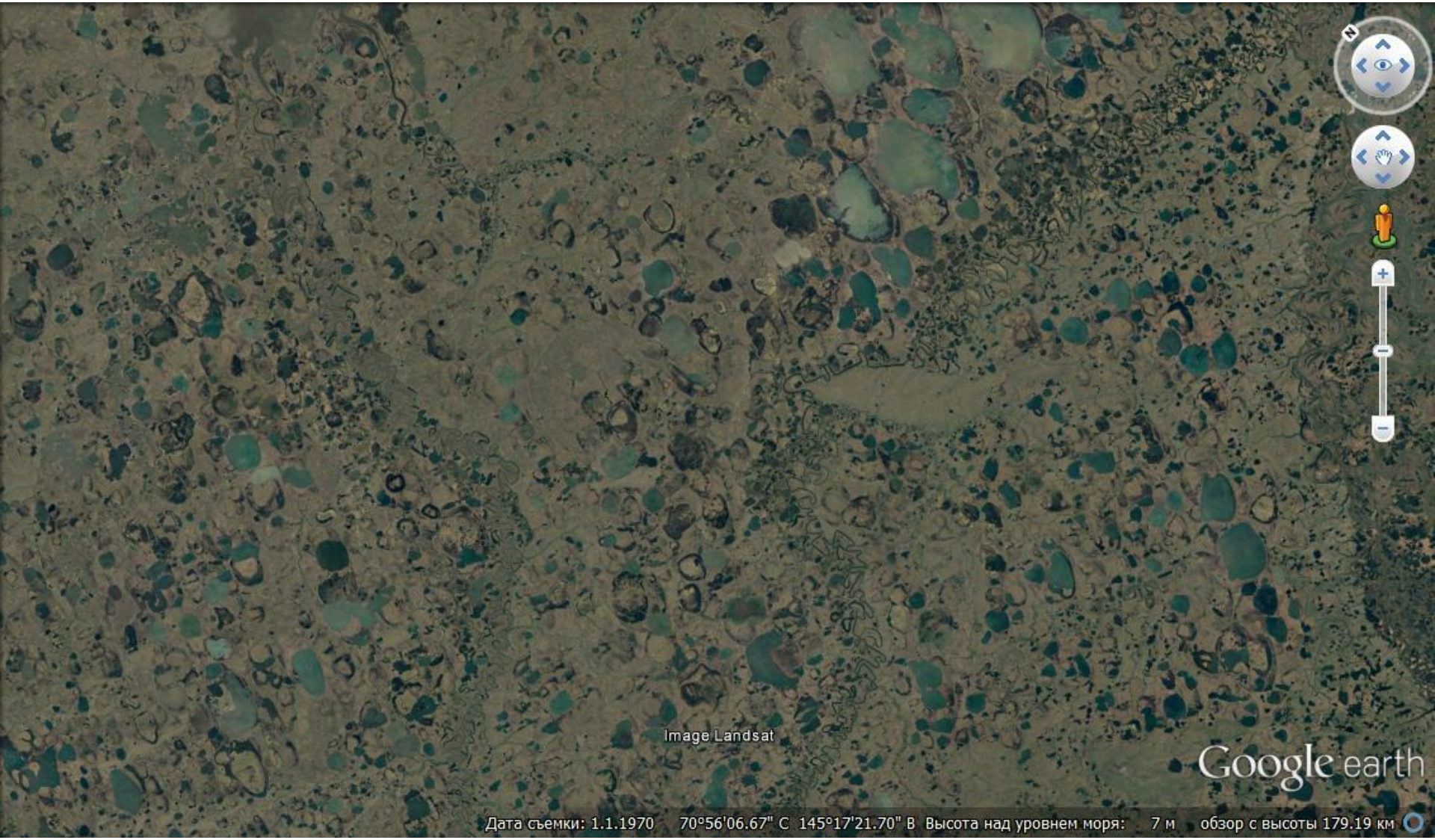


Image Landsat
Google earth
Дата съемки: 1.1.1970 70°56'06.67" С 145°17'21.70" В Высота над уровнем моря: 7 м обзор с высоты 179.19 км

Image Landsat
Google earth
Дата съемки: 1.1.1970 72°53'16.82" С 126°06'30.55" В Высота над уровнем моря: 6 м обзор с высоты 54.97 км

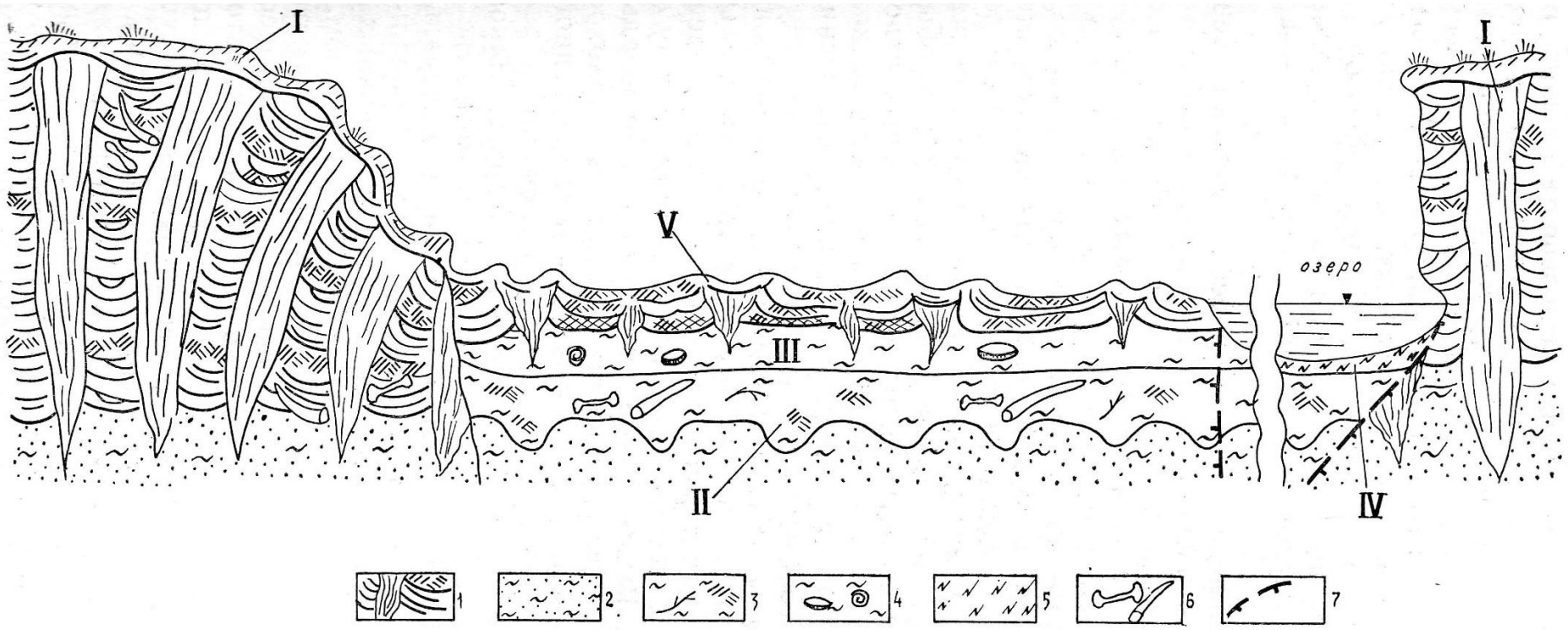


Схема деформации «ледового комплекса» и строения таберального комплекса в аласной котловине: I — «ледовый комплекс», таберальный комплекс; II — таберальные отложения; III — отложения термокарстовых озер; IV — термоделяпсивные (оползневые) отложения; V — собственно аласные (озерно-болотные) отложения; *1* — сингенетические повторно-жильные льды и вмещающие их пылеватые супеси с прослоями торфа и «поясковыми» криотекстурами; *2* — пески пылеватые с массивной криотекстурой; *3* — пылеватые супеси с включениями торфа и растительными остатками, неяснослоистые, в мерзлом состоянии с массивной криотекстурой и сложной системой тонких шлиров различной ориентировки; *4* — супеси пылеватые слоистые с малакофауной; *5* — неяснослоистые супеси, часто с включениями дернины; *6* — костные остатки «мамонтовой фауны»; *7* — граница ММП

Pingos

View of a closed system pingo, Mackenzie Delta, Canada. Photograph by Charles Harris (C Harris and N Ross, 2007).

A collapsed closed system pingo, Mackenzie Delta,
Canada. The pingo has an external diameter of approximately
250 m. Photograph by Ross Mackay
(C Harris and N Ross, 2007).

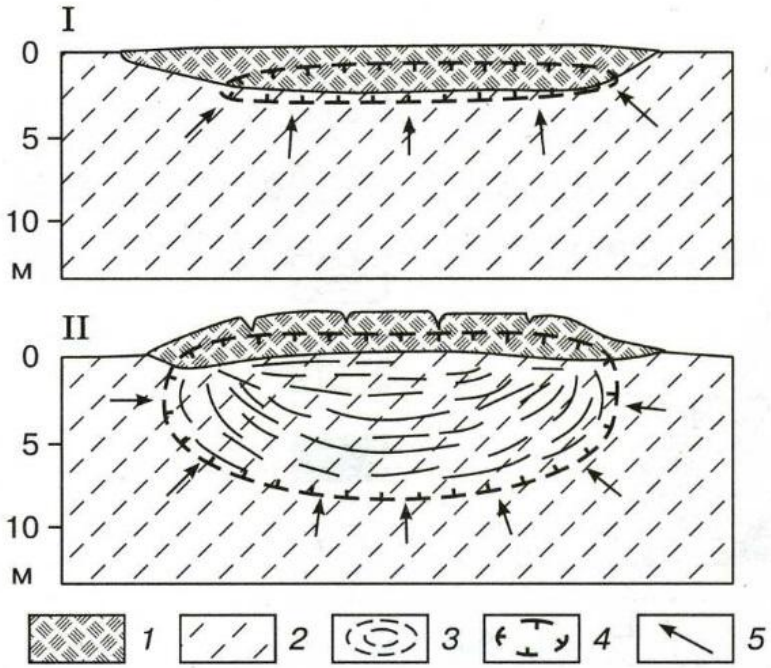


Рис. 4.51. Схема образования многолетнего миграционного бугра пучения под торфяником.

I — начальная стадия; II — зрелая стадия; *1* — торф, *2* — пылеватый суглинок, *3* — шлиры сегрегационного льда, *4* — граница многолетнемерзлой породы, *5* — направление миграционной влаги.

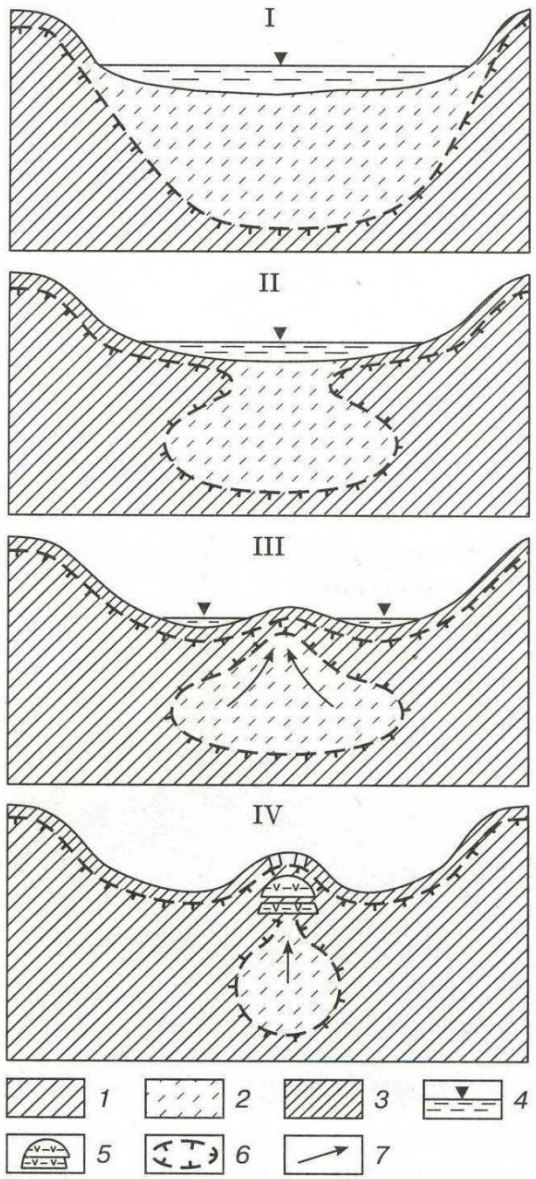


Рис. 4.59. Схема образования булгунняхов.

I — несквозной талик под озером, II — промерзание несквозного талика при уменьшении размеров озера, III — образование замкнутого промерзающего внутримерзлотного талика и начальный этап роста булгунняха, IV — зрелая стадия роста булгунняха. *1* — многолетнемерзлая порода, *2* — талая водонасыщенная порода, *3* — сезонноталый слой, *4* — уровень воды в озере, *5* — инъекционный лед, *6* — граница многолетнемерзлых пород, *7* — направление движения вод под действием гидростатического криогенного давления.

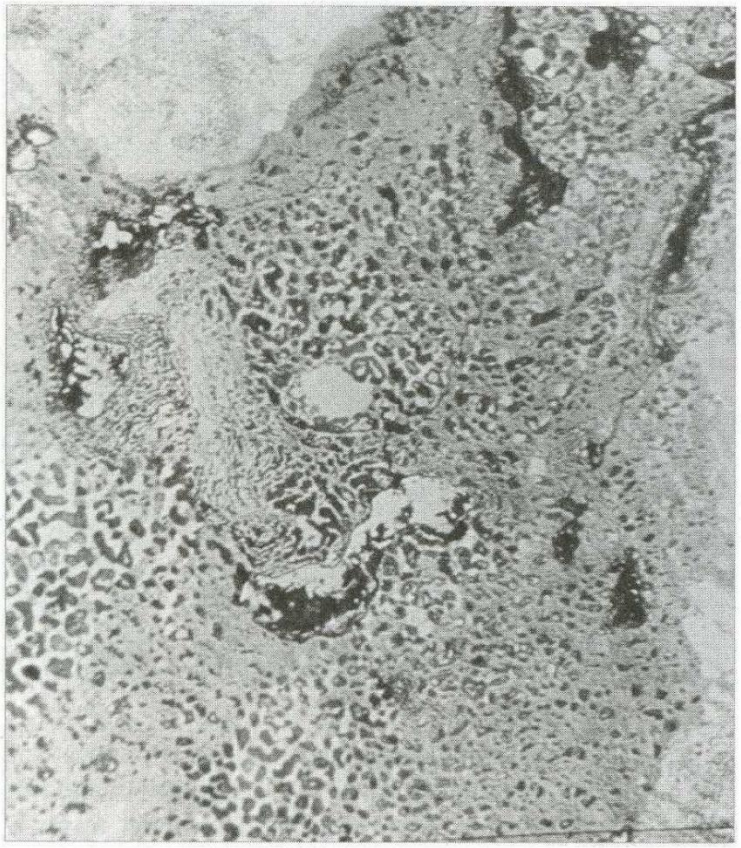


Рис. 4.60. Системы миграционных бугров пучения по берегам зарастающих озер (Западная Якутия) (фрагмент аэроснимка).

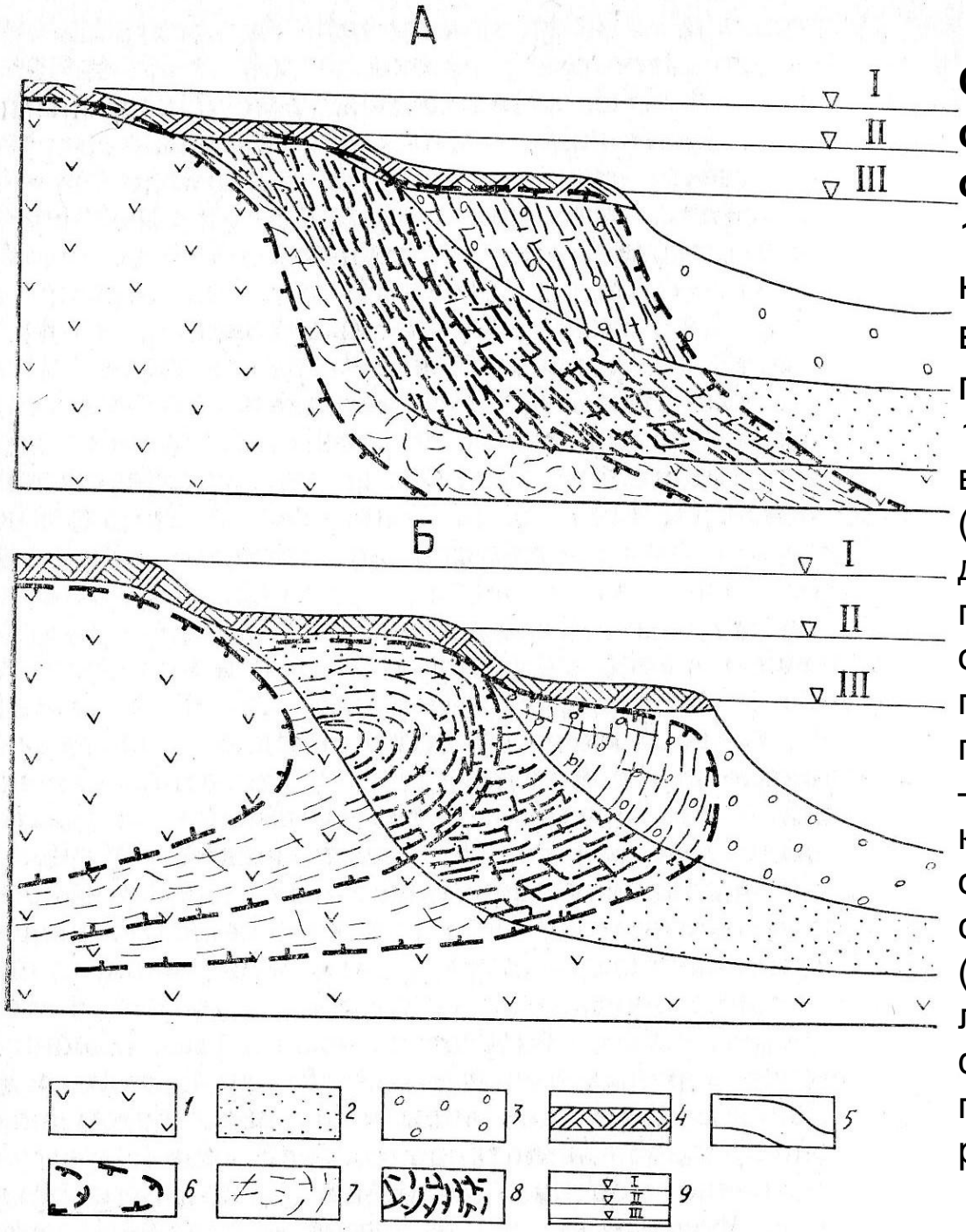


Схема формирования субаквальных синкриогенных отложений (по Е. М. Катасонову, 1962) в мелководных озерах при низкотемпературном *(А)* и высокотемпературном (Б) типах промерзания:

1 — дисперсные отложения ложа водоема; *2* — донные осадки первой (более древней) генерации; *3* — донные осадки второй (молодой) генерации; *4* — оторфованные отложения сезонноталого слоя; 5 — границы слоев; *6* — положение границы многолетнемерзлых пород; *7* — неполно выраженные трещинные криотекстуры парасинкриогенных отложений; *8* — криотекстуры синкриогенных мерзлых отложений (ломаные крупные прослои и линзы льда повторяют конфигурацию фронта промерзания), 9 — положение уровня воды в водоеме на разных стадиях его развития

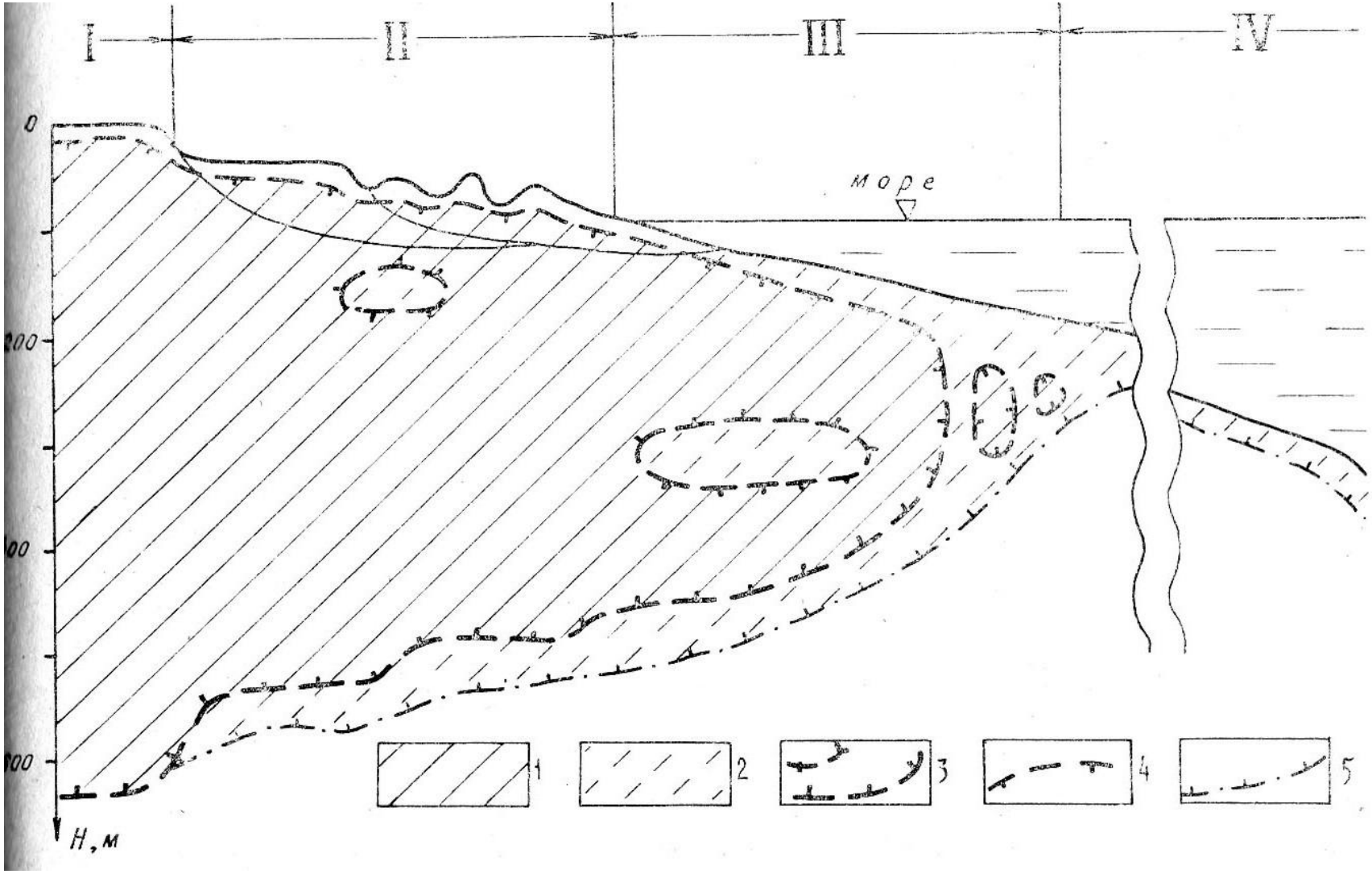


Схема строения субмаринной криолитозоны Арктического шельфа: — субаэральная криолитозона; II — субаэральная криолитозона морского побережья; III — континентально погруженная криолитозона шельфа; IV — -Океаническая криолитозона; 1 — многолетнемерзлые породы; *2* — охлажденные породы. Границы: *3* — многолетнемерзлых пород; *4* — слоя сезонного оттаивания; 5 — охлажденных пород.