

# Гідрологія льодовиків

Лекція з курсу Гідрологія

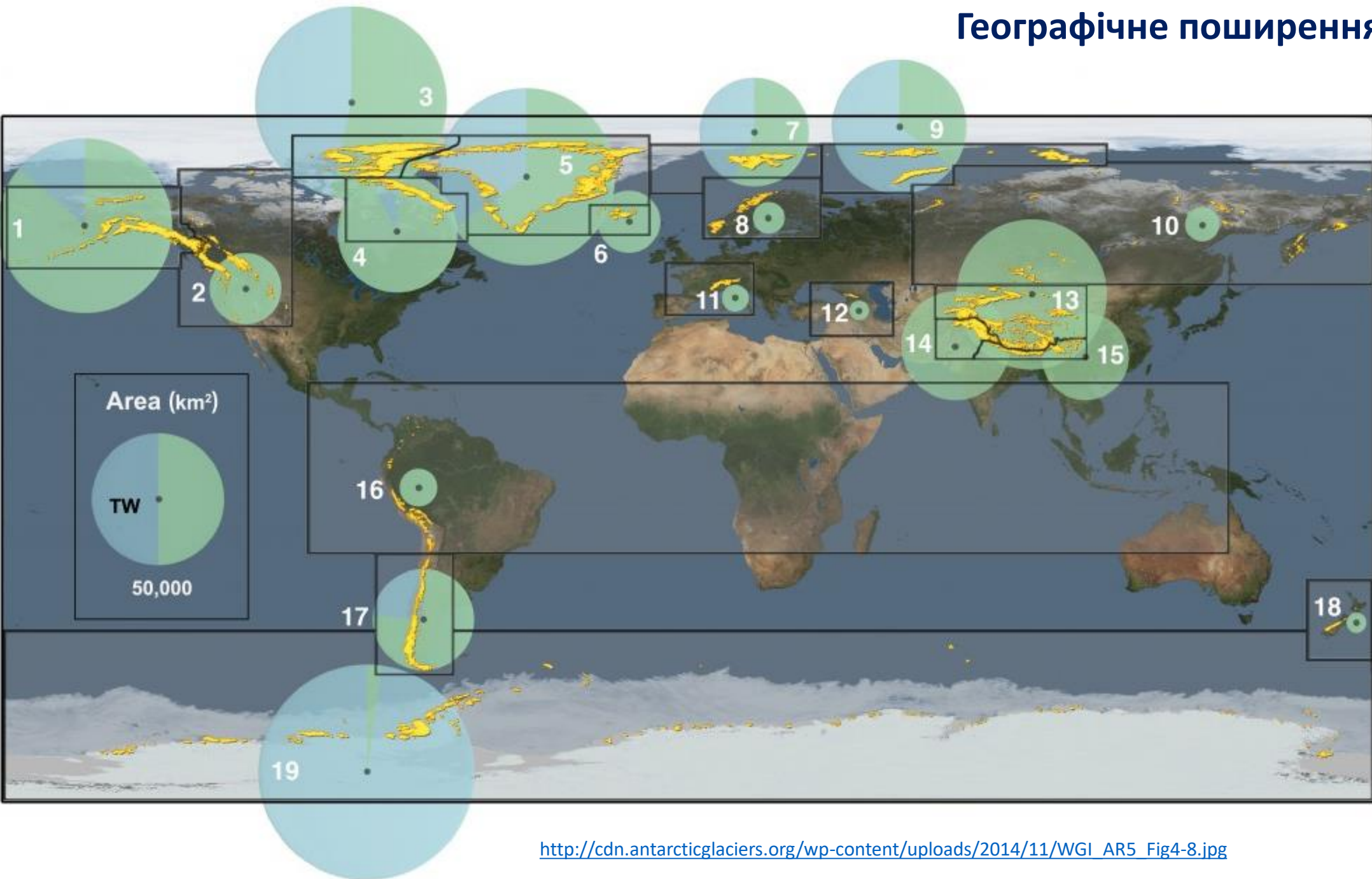
## Гідрологічне визначення:

**Льодовик (*Glacier*)** – це суцільна маса фірну та криги, що утворилася при тривалому накопиченні та перетворенні твердих атмосферних опадів, а також має власний рух (Михайлов, 1991).

## Географічне визначення:

**Льодовик (*Glacier*)** – це скупчення криги атмосферного походження, яка знаходиться у постійному русі та формується в межах тих ділянок земної поверхні, де кількість твердих опадів, що накопичується, більше тієї кількості, що тоне або випаровується (Щукин, 1980).

# Географічне поширення льодовиків



1. Аляска;
2. Кордильєри Канади та США;
3. Канадський Арктичний архіпелаг;
4. Бафінова Земля;
5. Гренландія;
6. Ісландія;
7. Шпіцберген;
8. Скандинавські гори;
9. острови Арктики;
10. Північної та Північно-східної Азії;
11. Альпи;
12. Кавказ;
13. Висока Азія;
14. Передня Азія;
15. Гімалаї;
16. Північні, Екваторіальні, Центральні Анди;
17. Субтропічні та Патагонські Анди;
18. Нова Зеландія
19. Антарктика

**Зледеніння або льодовикова система** – це сукупність льодовиків об'єднаних загальними зв'язками з оточуючим середовищем та внутрішніми зв'язками та властивостями між собою

(Михайлов, 1991)



**Район Трансантарктичного хребта**

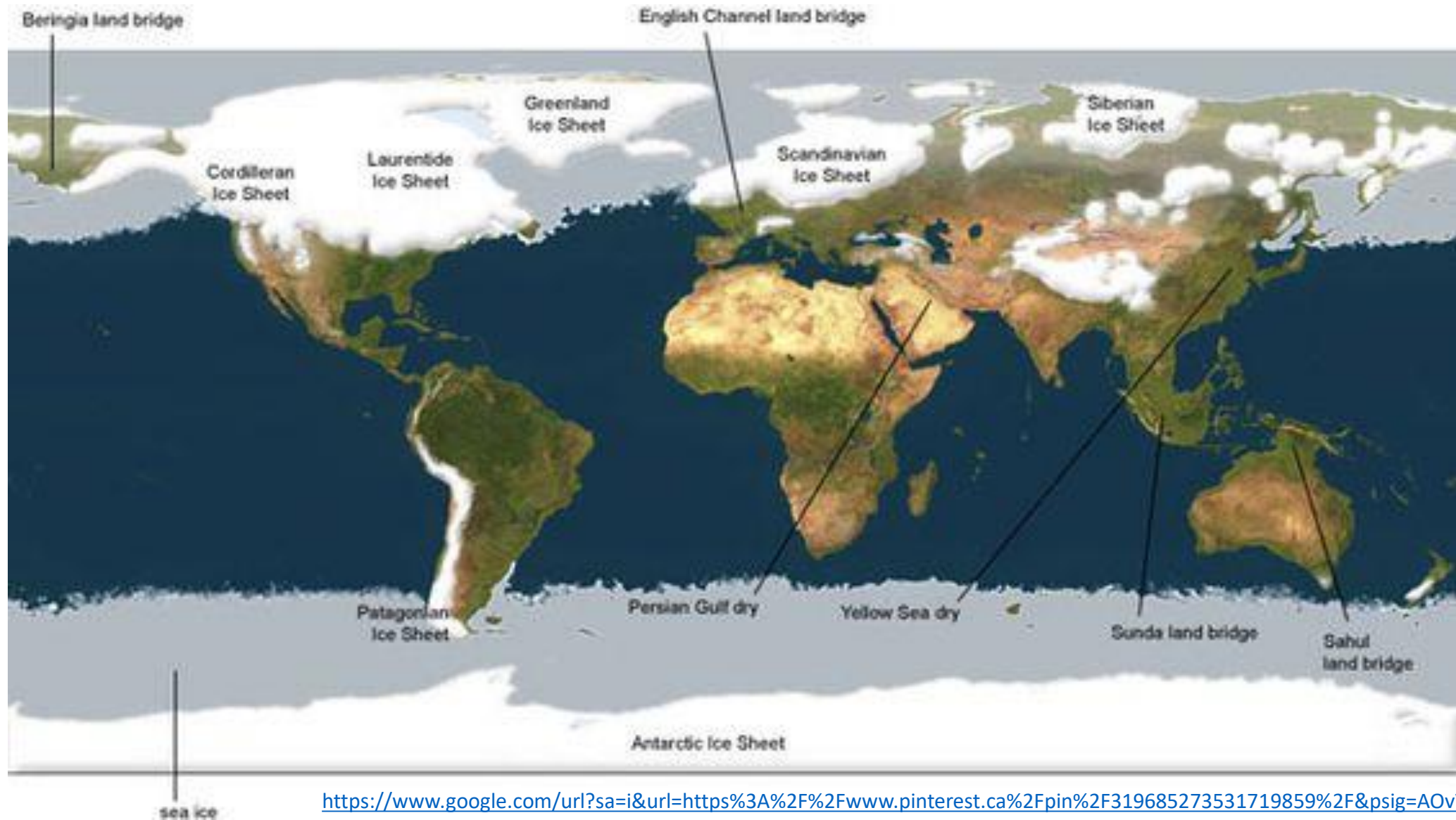
[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.nationalgeographic.org%2Fencyclopedia%2Fice-sheet%2F&psig=AOvVaw1Ql4Qy\\_v7MIb6UKNWZ0Rq8&ust=1585388998719000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCNCkrbewuugCFQAAAAAdAAAAABAv](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.nationalgeographic.org%2Fencyclopedia%2Fice-sheet%2F&psig=AOvVaw1Ql4Qy_v7MIb6UKNWZ0Rq8&ust=1585388998719000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCNCkrbewuugCFQAAAAAdAAAAABAv)



**льодовик Колумбія, Кордильєри Аляски**

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.businessinsider.com%2Fglaciers-collapsing-melting-in-photos-2019-9&psig=AOvVaw2MoMgAayrXDhoqWM20IUek&ust=1585329130478000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCLDg9bPRuOgCFQAAAAAdAAAAABAD>

# Географічне поширення льодовиків та морської криги під час максимального плейстоценового зледеніння



# Типи льодовиків

# Морфологічна класифікація льодовиків

## Morphological glacier classification

### 1. Материкові (покривні) льодовики

- 1.1. Льодовикові купола (напівпокривні)
- 1.2. Льодовикові щити
- 1.3. Вивідні льодовики
- 1.4. Шельфові льодовики

### 2. Гірські льодовики

- 2.1. Вершинні льодовики
- 2.2. Карові льодовики
- 2.3. Долинні льодовики

(Гляциологический словарь, 1974)

### 1. Льодовикові плато (plateau glacier)

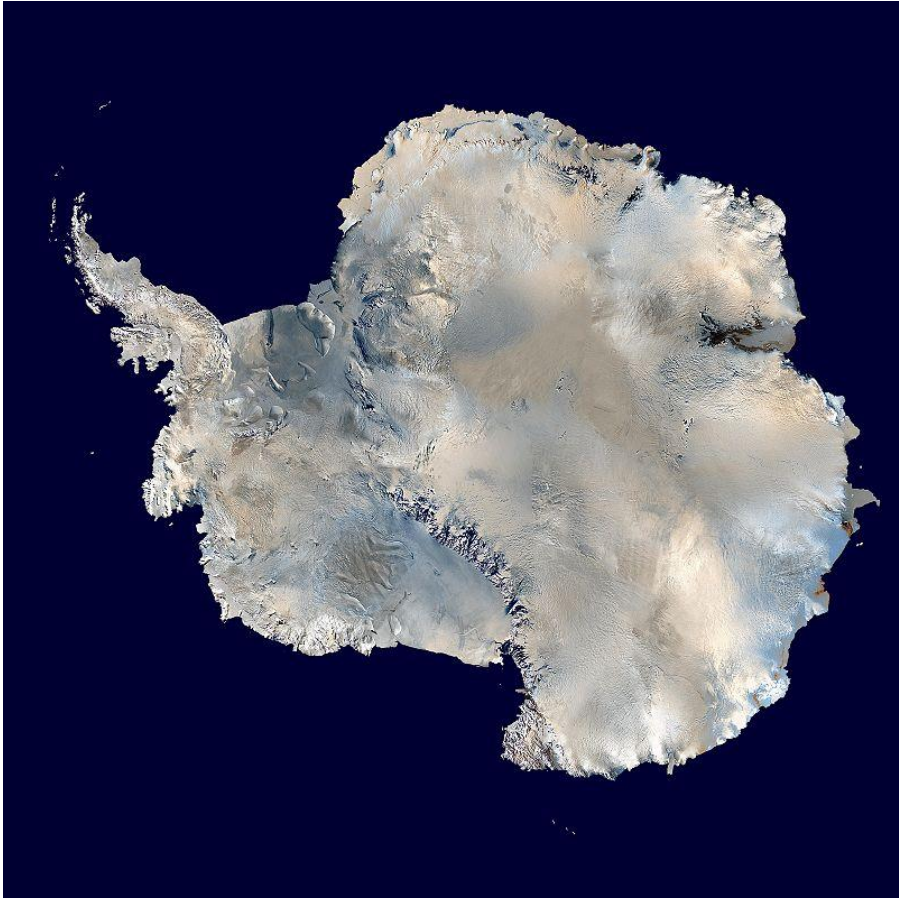
- 2. Льодовики долин (valley glacier)
- 3. Льодовикові цирки (cirque)
- 4. Висячі льодовики (hanging glacier)
- 5. Льодовикові потоки (ice stream)
- 6. Шельфові льодовики (shelf ice)

(Glossary of Glacier Terminology, 2017)

# Материкові льодовики



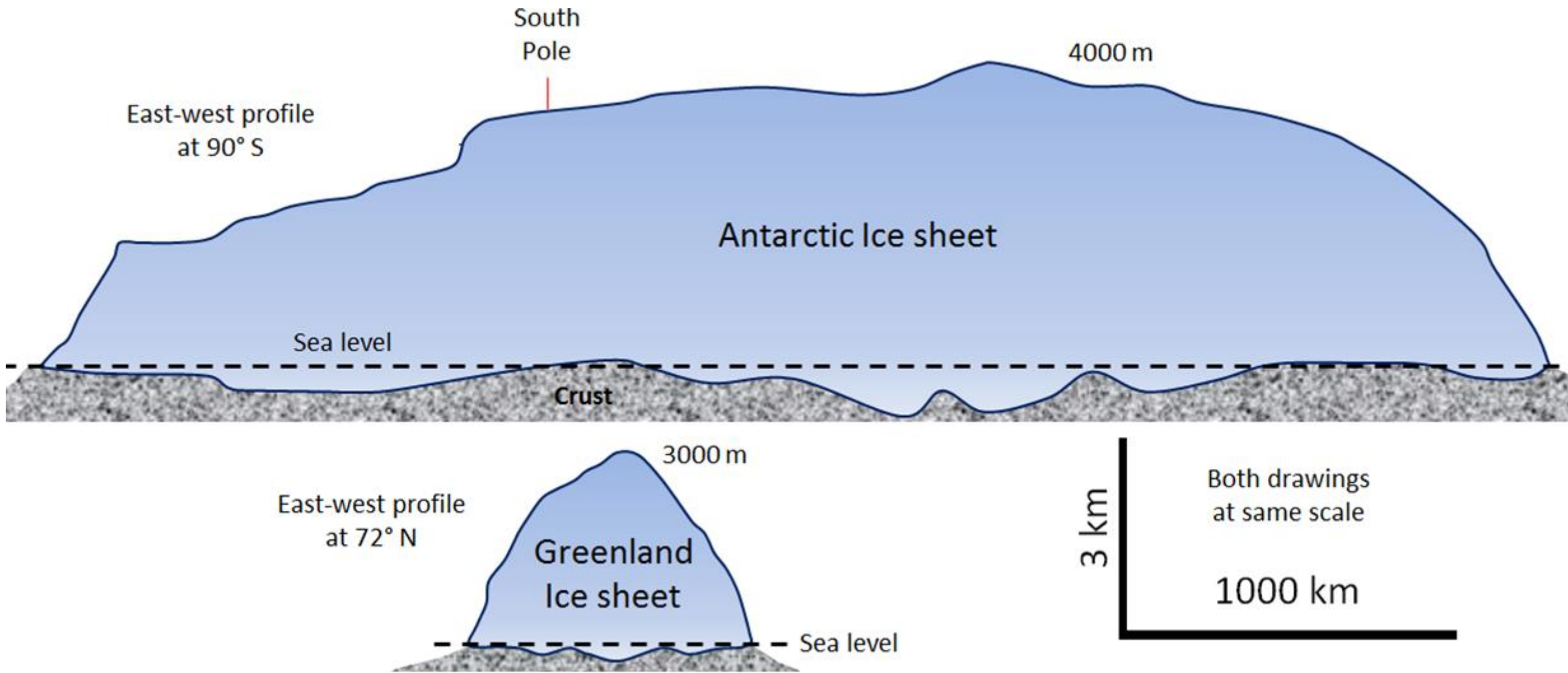
**Льодовиковий щит (plateau glacier)** – це дуже крупний льодовиковий покрив, випуклої форми, характер поверхні якого не залежить від підльодного рельєфу

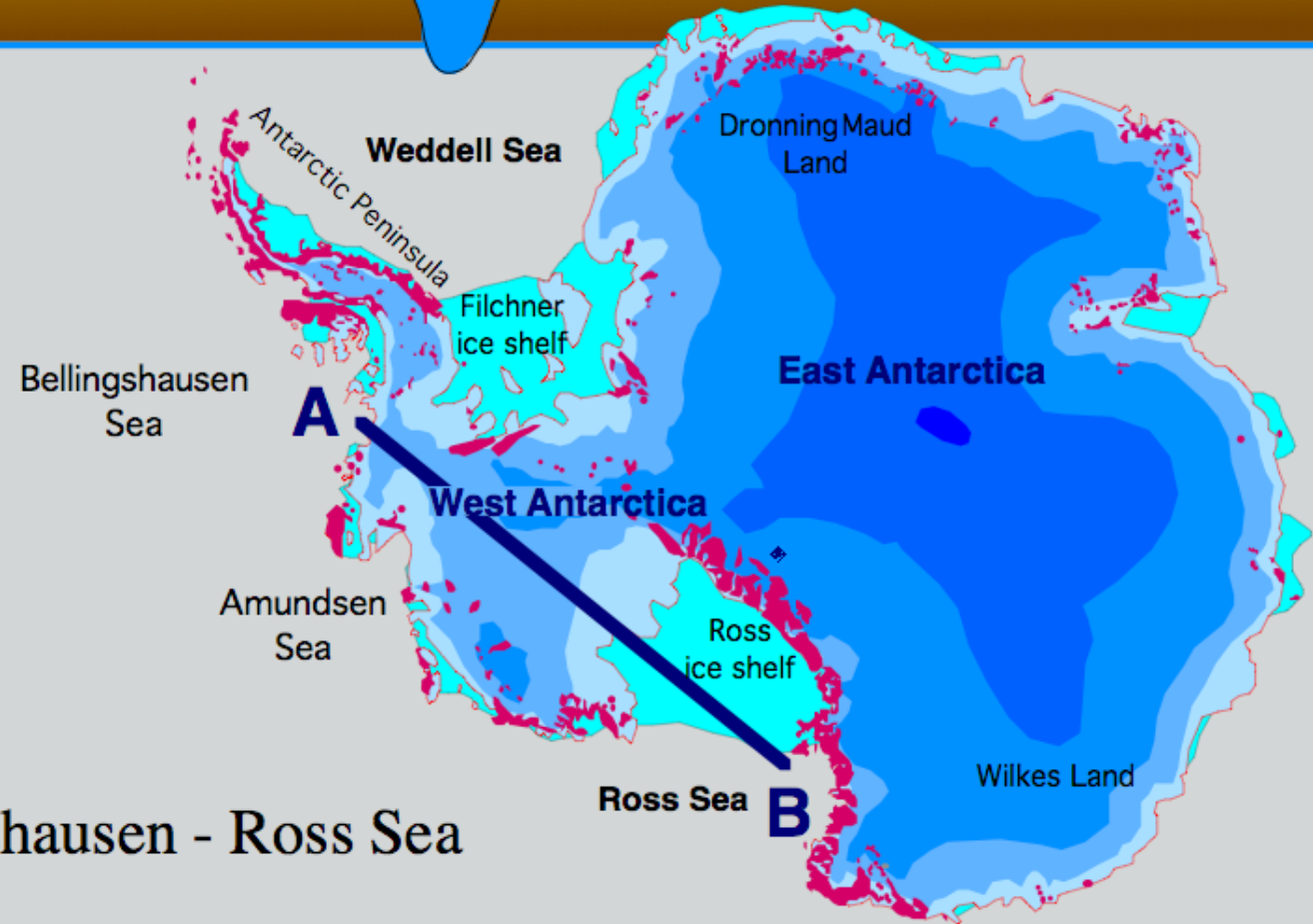
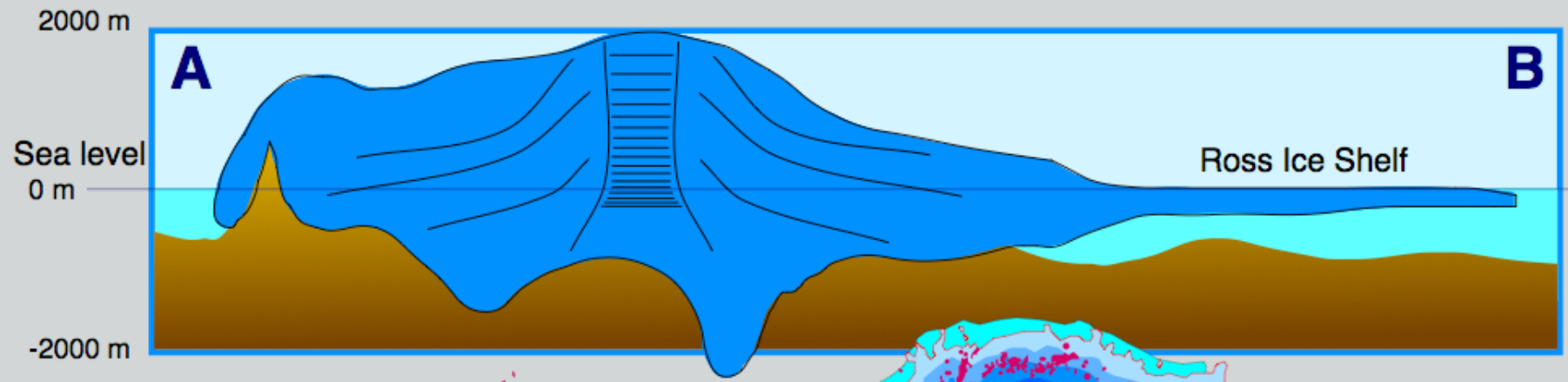


Автор: Dave Pape - own work, using Blue Marble data from [http://visibleearth.nasa.gov/view\\_rec.php?id=2433](http://visibleearth.nasa.gov/view_rec.php?id=2433), Суспільне надбання (Public Domain), <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1247252>



Автор: Jacques.verron - Власна робота, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5256498>

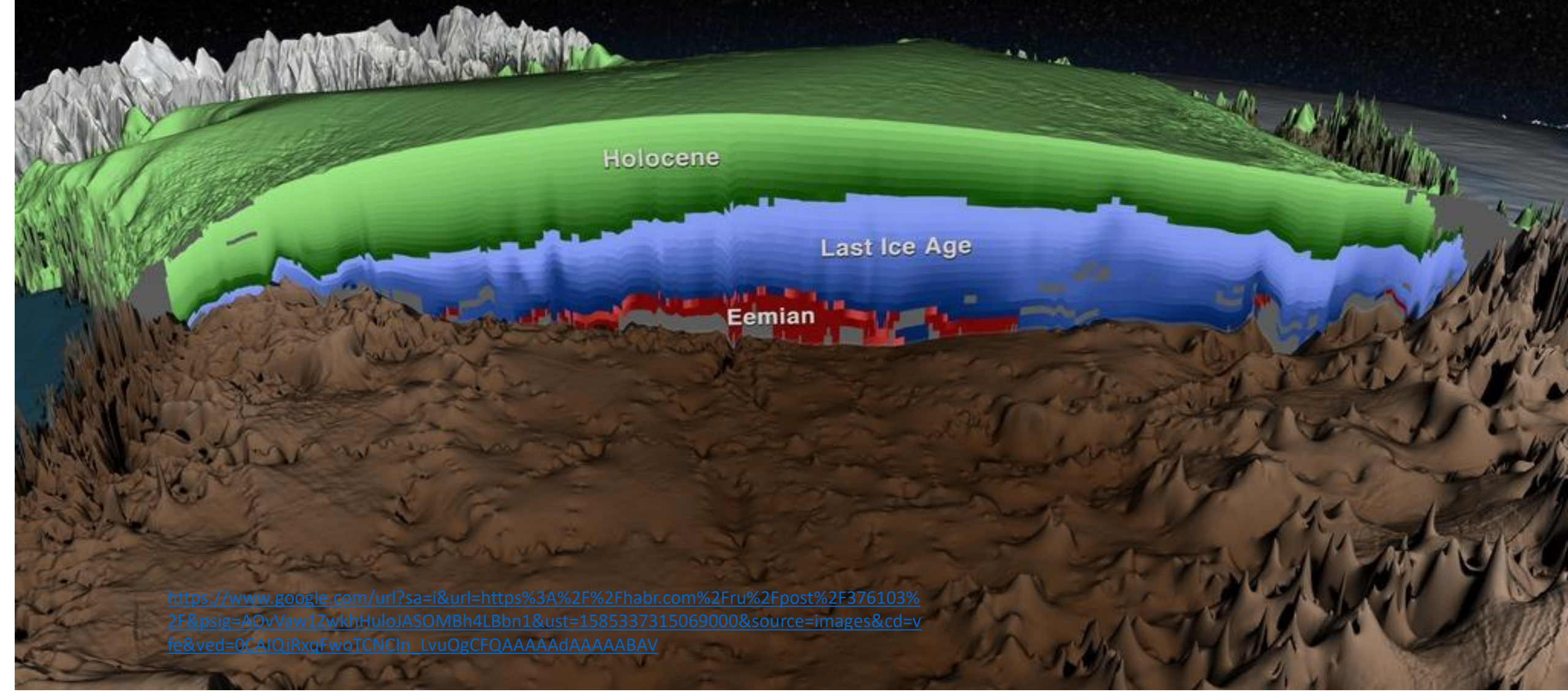




Profil Bellingshausen - Ross Sea

[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fuk.m.wikipedia.org%2Fwiki%2F%25D0%25A4%25D0%25B0%25D0%25B9%25D0%25BB%3AAntarctic\\_profile\\_hg.png&psig=AOvVaw0yp9U8cGJ6ReHD6aM3vo2q&ust=1585338036545000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCLjskMjyuOgCFQAAAAAdAAA AABAD](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fuk.m.wikipedia.org%2Fwiki%2F%25D0%25A4%25D0%25B0%25D0%25B9%25D0%25BB%3AAntarctic_profile_hg.png&psig=AOvVaw0yp9U8cGJ6ReHD6aM3vo2q&ust=1585338036545000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCLjskMjyuOgCFQAAAAAdAAA AABAD)

# Модель профілю льодовикового щита Гренландії



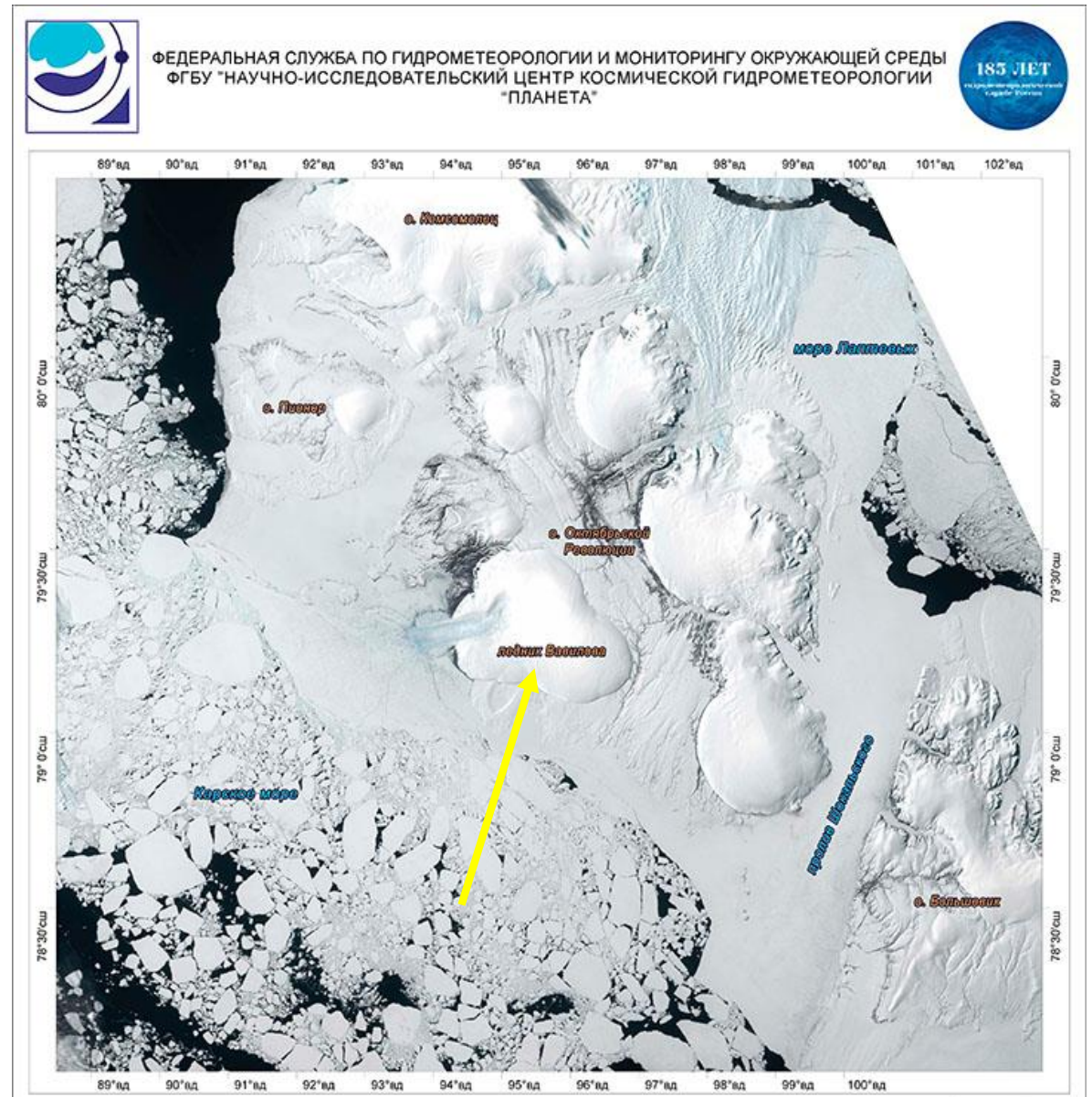
[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fhabr.com%2Fru%2Fpost%2F376103%2F&psig=AOvVaw1ZwkhHuloJASOMBh4LBbn1&ust=1585337315069000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCNCIn\\_LvuOgCFQAAAAAdAAAAABAV](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fhabr.com%2Fru%2Fpost%2F376103%2F&psig=AOvVaw1ZwkhHuloJASOMBh4LBbn1&ust=1585337315069000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCNCIn_LvuOgCFQAAAAAdAAAAABAV)

**Льодовиковий купол (ice dome)** – відносно невеликий льодовиковий покров правильної куполоподібної форми, який має відносно круті схили завдяки малим горизонтальним розмірами (Щукин, 1980).

## Льодовиковий купол Вавилова, Північна Земля



[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fnews.mail.ru%2Fsociety%2F34802282%2F&psig=AOvVaw2bl\\_ZGq1H2g\\_ErgSWnQLjI&ust=1585336263949000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCKD3tfruuOgCFQAAAAAdAAAAABAU](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fnews.mail.ru%2Fsociety%2F34802282%2F&psig=AOvVaw2bl_ZGq1H2g_ErgSWnQLjI&ust=1585336263949000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCKD3tfruuOgCFQAAAAAdAAAAABAU)



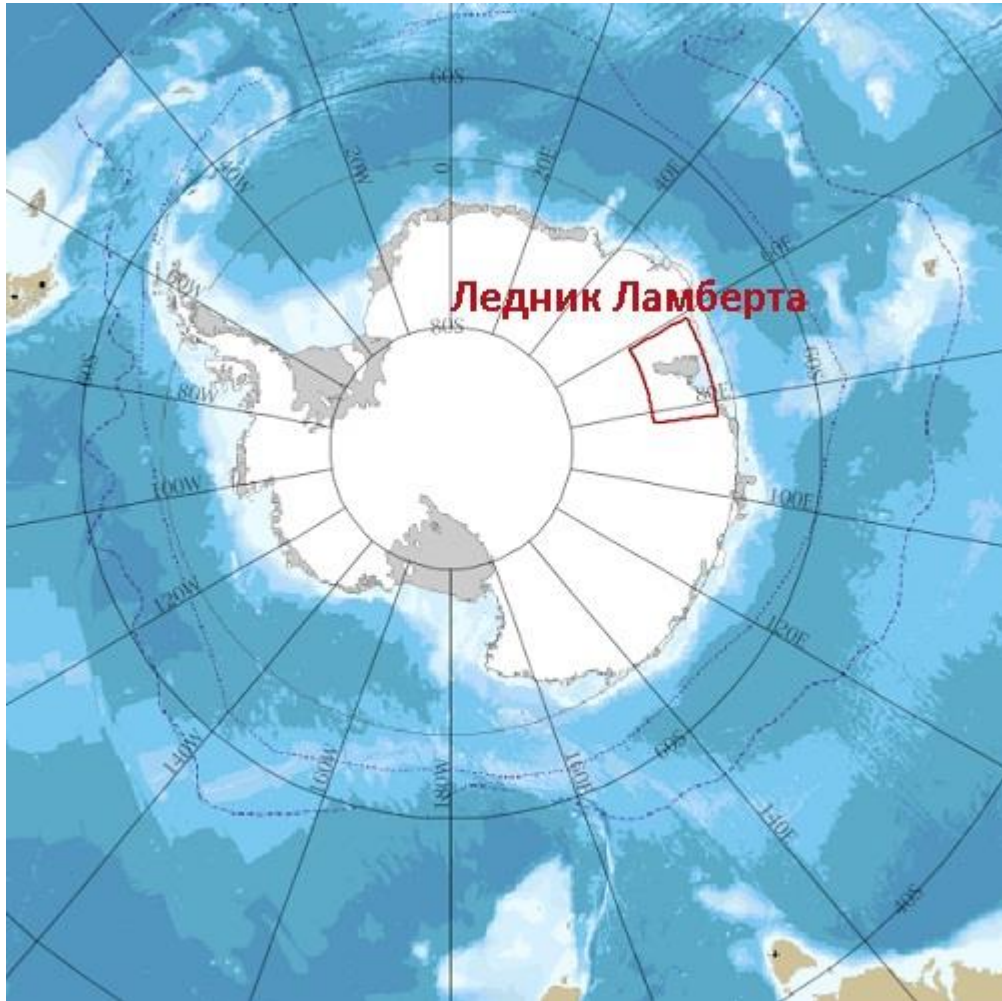
**Вивідний льодовик (outlet glacier)** – це льодовик який сформувався на схилах льодовикового щиту або куполу, за рахунок значної швидкості руху та маючий певні риси долинних льодовиків (Щукин, 1980)



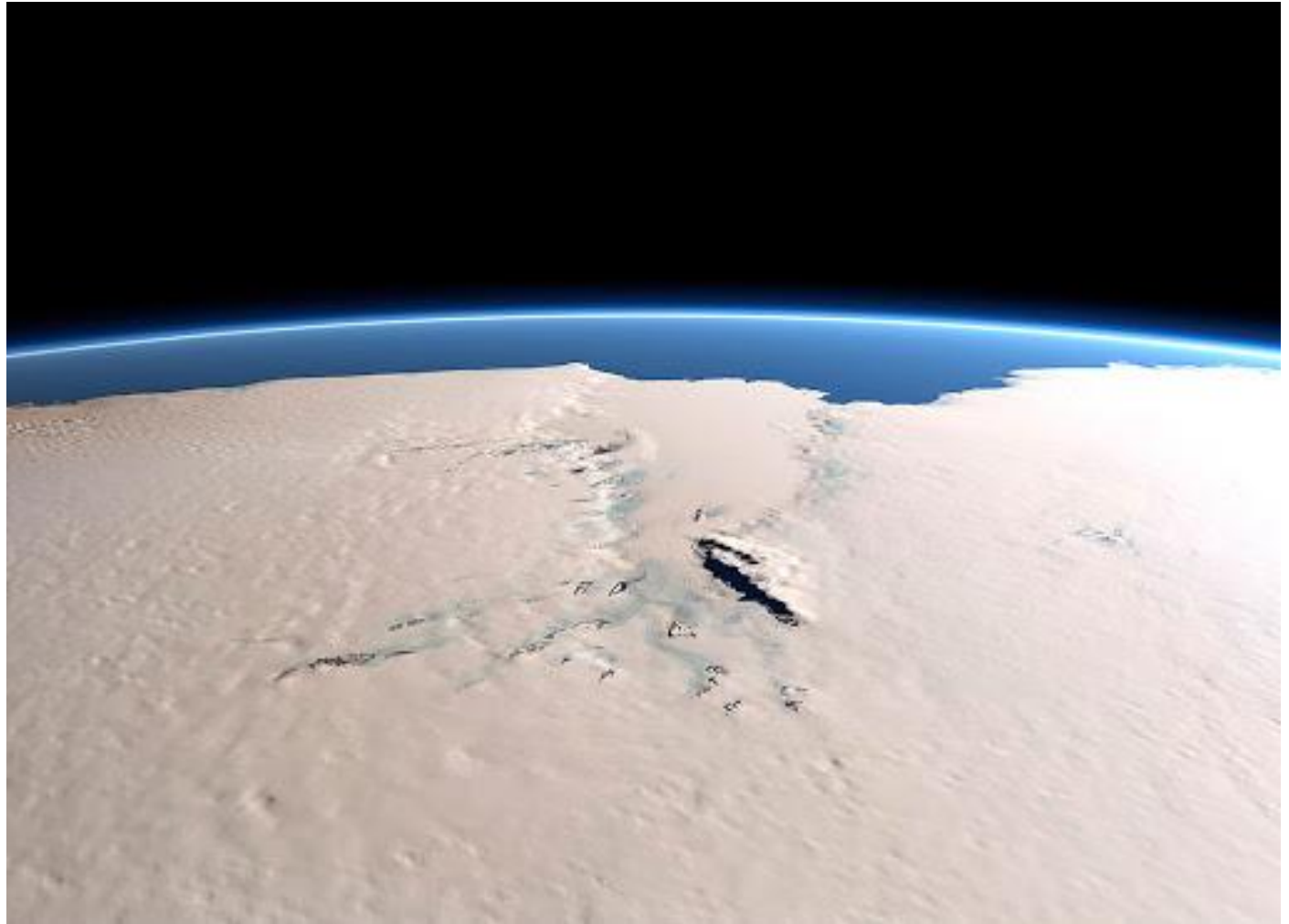
<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Frefdb.ru%2Flook%2F2872421.html&sig=AOvVaw2A6cZ6149bjFSvk36iYjxE&ust=1585338226435000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCJjYnKTzuOgCFQAAAAAdAAAAABAg>

[https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fwww.ux1.eiu.edu%2F~cfjps%2F1300%2Fglacier\\_photos.html&psig=AOvVaw0v7xapDARBQTY9NCoLbcz&ust=1585340515570000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCPIxgez7uOgCFQAAAAAdAAAAABAI](https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fwww.ux1.eiu.edu%2F~cfjps%2F1300%2Fglacier_photos.html&psig=AOvVaw0v7xapDARBQTY9NCoLbcz&ust=1585340515570000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCPIxgez7uOgCFQAAAAAdAAAAABAI)

# Найбільший в Світі вивідний льодовик



<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Ffishki.net%2F1264959-samoe-samoe-na-zemle%2Fgallery-740049-photo.html&psig=AOvVaw0AiS0PbPShdn9lc2sR5Y0r&ust=1585339661233000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCICz9ND4uOgCFQAAAAAdAAAAABA2>

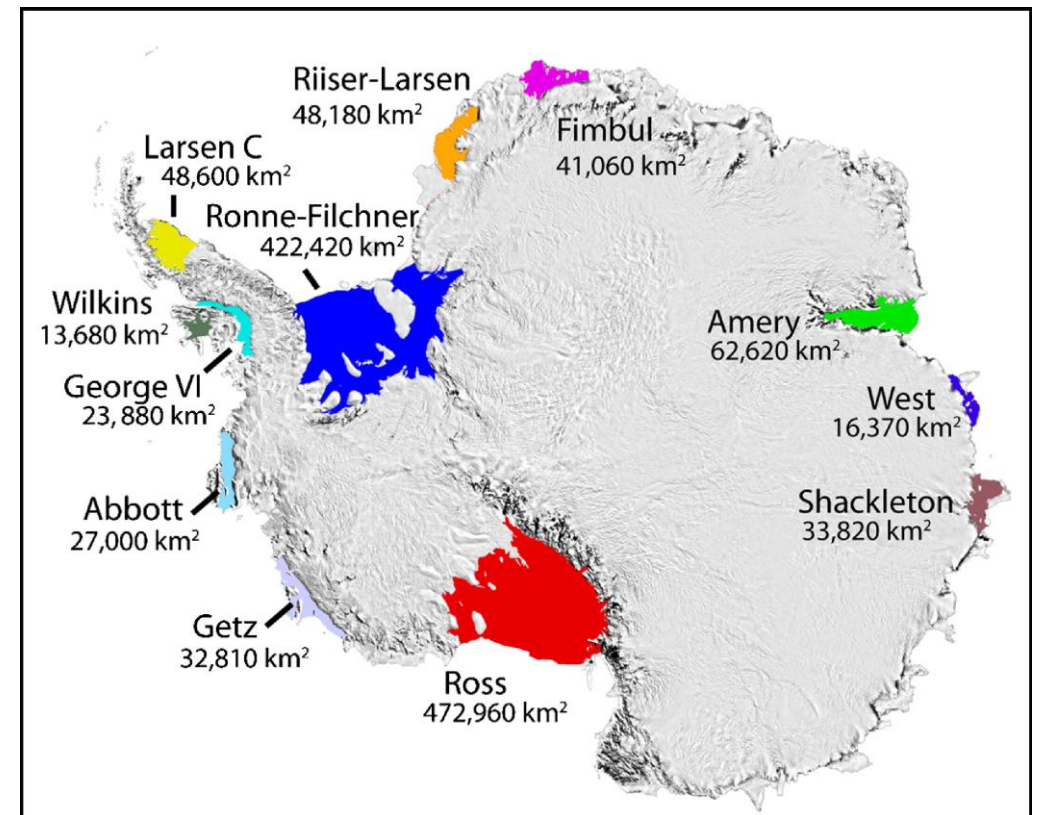


<https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fwondnature.ru%2Findex%2F0-56&psig=AOvVaw0AiS0PbPShdn9lc2sR5Y0r&ust=1585339661233000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCICz9ND4uOgCFQAAAAAdAAAAABA2>

**Шельфовий льодовик (shelf ice)** – це льодовик який знаходиться на плаву або частково опирається на морське дно. Має вид плити, яка закінчується обривом, представляє собою продовження наземних льодовиків (Щукин, 1980; Михайлов, 1991)



[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fskepticalscience.com%2Farsen-c-collapse-hammers-reality-climate-change.html&psig=AOvVaw19\\_wL-Mv3RPNWq-G9Ohw5&ust=1585395232181000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCLjPpdLHuugCFQAAAAAdAAAAABAe](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fskepticalscience.com%2Farsen-c-collapse-hammers-reality-climate-change.html&psig=AOvVaw19_wL-Mv3RPNWq-G9Ohw5&ust=1585395232181000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCLjPpdLHuugCFQAAAAAdAAAAABAe)



[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fnsidc.org%2Fcryosphere%2Fquickfacts%2Fice-shelves.html&psig=AOvVaw19\\_wL-Mv3RPNWq-G9Ohw5&ust=1585395232181000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCLjPpdLHuugCFQAAAAAdAAAAABAK](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fnsidc.org%2Fcryosphere%2Fquickfacts%2Fice-shelves.html&psig=AOvVaw19_wL-Mv3RPNWq-G9Ohw5&ust=1585395232181000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCLjPpdLHuugCFQAAAAAdAAAAABAK)



# Гірські льодовики

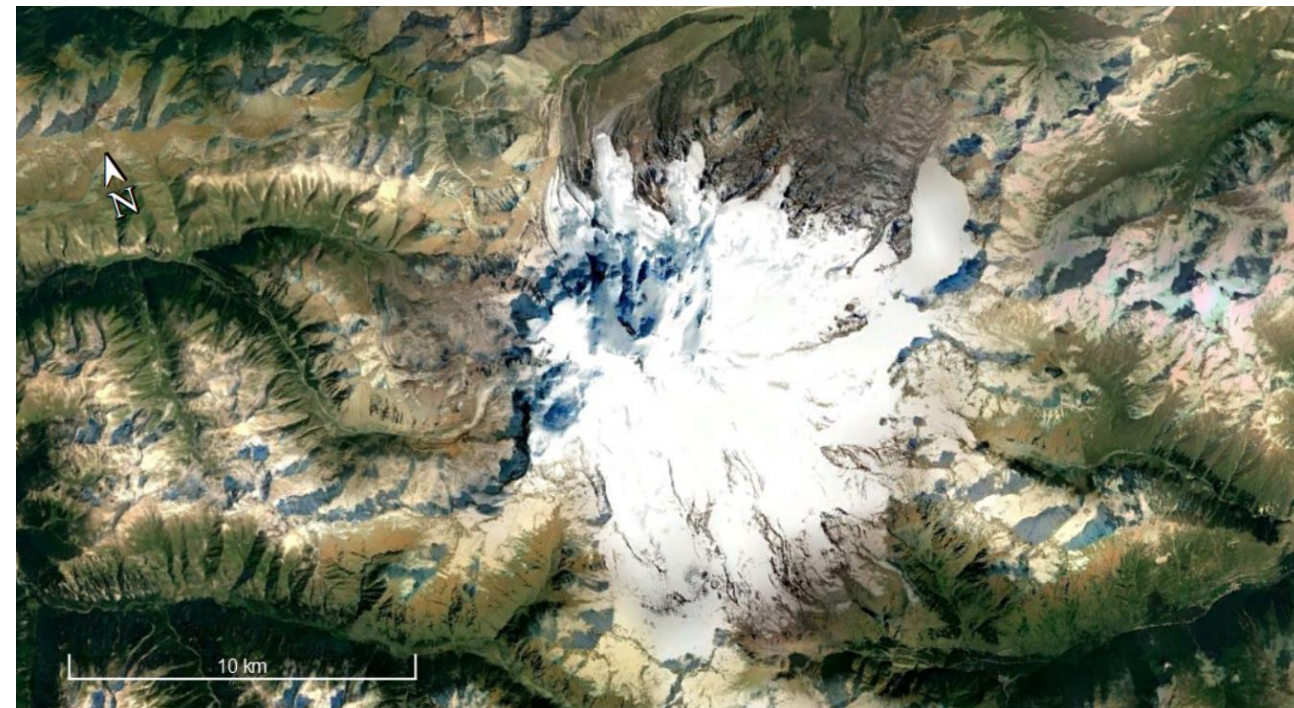
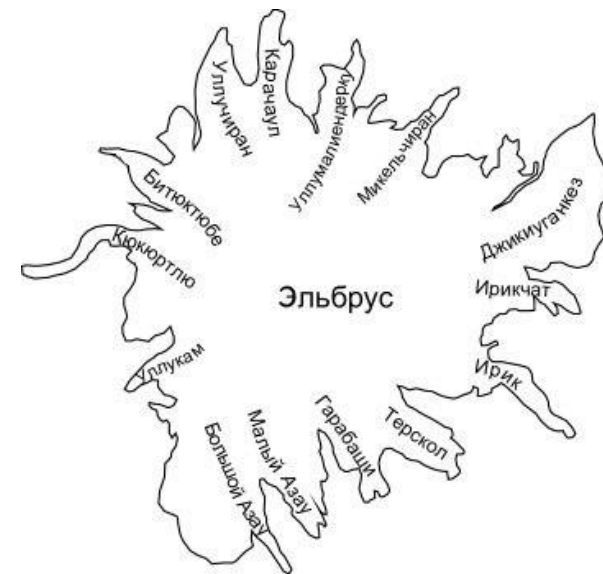
**Льодовики вершин (glacier cone)** розташовані на вершинах окремих гір, хребтів і гірських систем, а також в кальдерах вулканів **(Михайлов, 2007)**.



Вершинні льодовики хребта Тангрі Таг, Тянь-Шань

<https://www.risk.ru/u/img/313/312901-1200.jpeg>

# Вершинний льодовик зіркоподібної форми Ельбрусу



**Льодовики схилів** – розташовані в межах депресій на схилах (западини, кари, кулуари) (Михайлов, 2007).



**Льодовик Актру, Північно-Чуйський хребет**

[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fvilinstore.net%2Farticle%2F169224%2Fledniki-aktru%2F&psig=AOvVaw1COgQdhvQh\\_xMbjMWFyMrG&ust=1585424313207000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCNDUif-zu-gCFQAAAAAdAAAAABA](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fvilinstore.net%2Farticle%2F169224%2Fledniki-aktru%2F&psig=AOvVaw1COgQdhvQh_xMbjMWFyMrG&ust=1585424313207000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCNDUif-zu-gCFQAAAAAdAAAAABA)



**Ледопад Кхумбу, Гімалаї**

<https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fledovydrom.ru%2Fsamoe-interesnoe-pro-led%2Fledopad-kxumbu%2F&psig=AOvVaw36lm2mZ-87OnhfVcXr0wD&ust=1585426192174000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCIDblv-6u-gCFQAAAAAdAAAAABAD>

# Долинні льодовики (valley glacier) – розташовані в межах верхніх та середніх частинах гірських долин

Льодовик в районі піка Леніна



[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.risk.ru%2Fblog%2F217444&psig=AOvVaw2KQWPd9IrvG553Swf48\\_0w&ust=1585422698223000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCKCGt5qu-gCFQAAAAAdAAAAABAU](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.risk.ru%2Fblog%2F217444&psig=AOvVaw2KQWPd9IrvG553Swf48_0w&ust=1585422698223000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCKCGt5qu-gCFQAAAAAdAAAAABAU)

Льодовик Бігхор



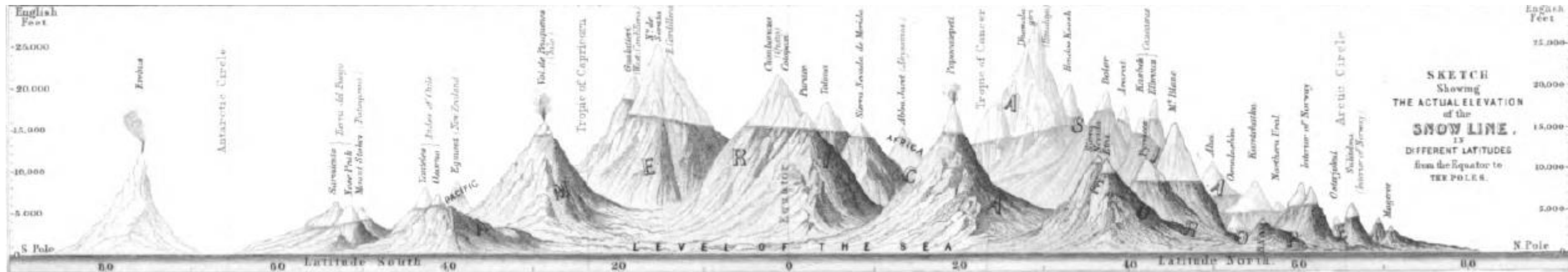
[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fcommons.wikimedia.org%2Fwiki%2FFile%3ABighorn\\_Glacier%2C\\_Valley\\_Glacier\\_terminus%2C\\_August\\_10%2C\\_1961\\_\(GLACIERS\\_1674\).jpg&psig=AOvVaw1oVGF8ellyCTfWDp-\\_6mAo&ust=1585430937065000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCLCn\\_tTMu-gCFQAAAAAdAAAAABAD](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fcommons.wikimedia.org%2Fwiki%2FFile%3ABighorn_Glacier%2C_Valley_Glacier_terminus%2C_August_10%2C_1961_(GLACIERS_1674).jpg&psig=AOvVaw1oVGF8ellyCTfWDp-_6mAo&ust=1585430937065000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCLCn_tTMu-gCFQAAAAAdAAAAABAD)

# Особливості формування льодовиків

1. Кліматичні умови (температурний режим та загальна кількість опадів)
2. Орографічні умови (розташування та експозиція)
3. Геоморфологічні умови (висота та уклон схила)

**Снігова лінія** – це природна межа між поверхнями які вкриті снігом та поверхнями де снігу немає, вона має сезонну тенденцію до руху, в гірських районах у вертикальному напрямку, а на рівнинних у широтному напрямку

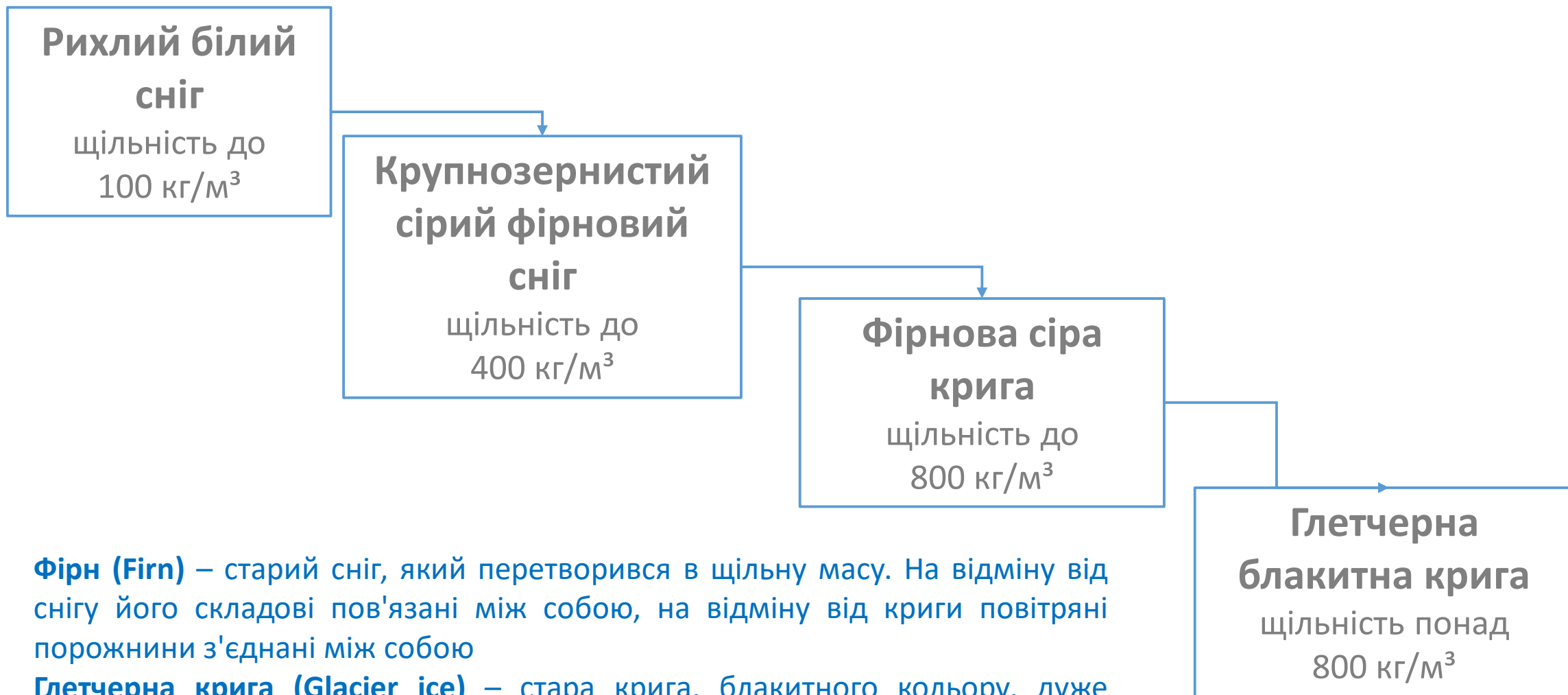
(Михайлов, 1991)



Екватор

Ескіз Олександра Кейта Джонстона 1848 року, який вказує фактичну висоту снігової лінії на різних широтах

## Узагальнена схема трансформації твердів опадів у складі льодовиків

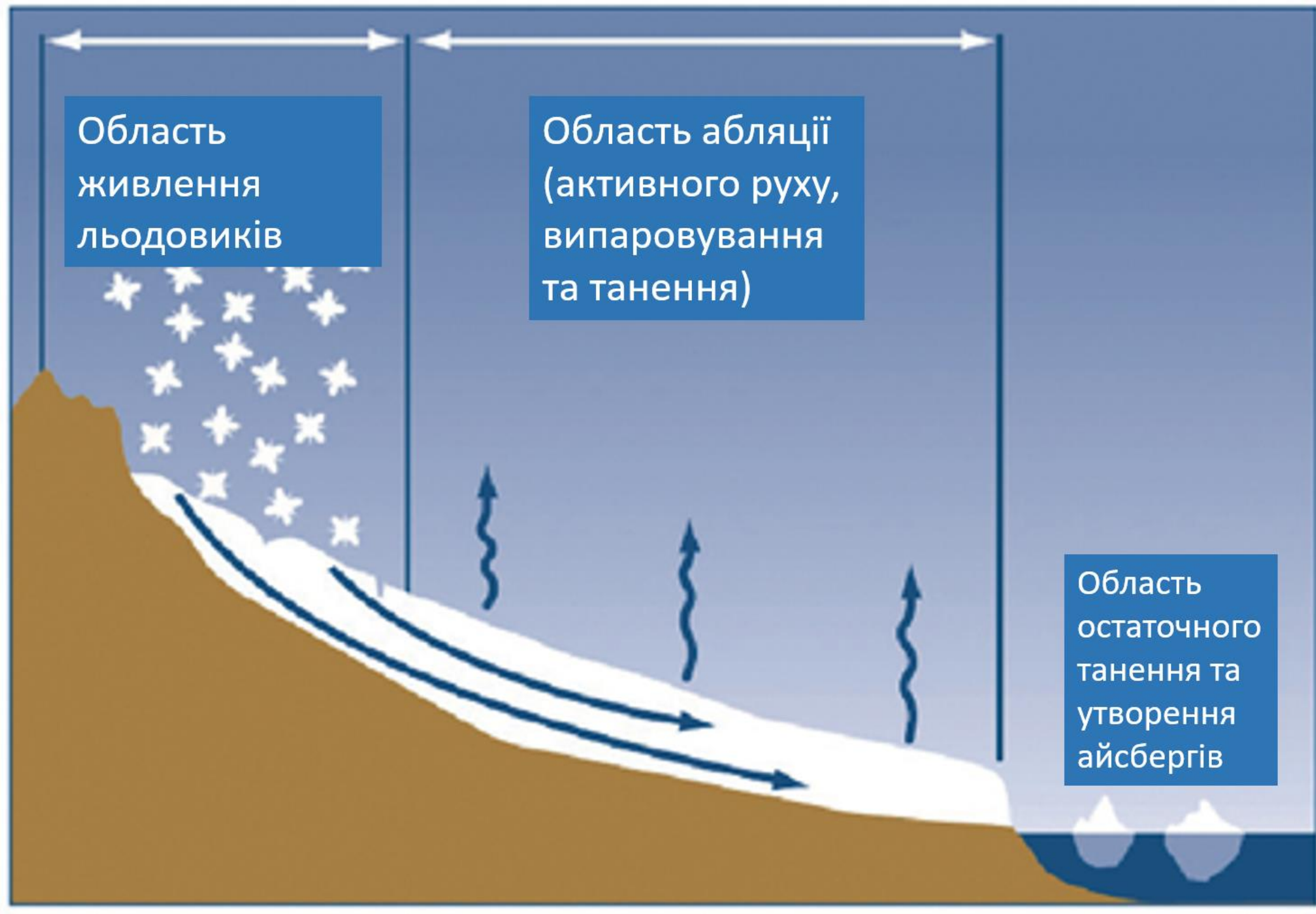


**Фірн (Firn)** – старий сніг, який перетворився в щільну масу. На відміну від снігу його складові пов'язані між собою, на відміну від криги повітряні порожнини з'єднані між собою

**Глетчерна крига (Glacier ice)** – стара крига, блакитного кольору, дуже ущільнена, формує склад льодовиків, айсбергів та їх залишків.



# **Будова льодовиків**



The diagram illustrates the three main zones of a glacier system. On the left, the accumulation zone is shown with snowflakes falling and snow piling up. In the middle, the ablation zone shows ice moving down a slope with arrows indicating flow, and wavy arrows pointing up from the ice surface representing melting and evaporation. On the right, the final melting zone shows ice reaching the sea level, with wavy arrows pointing up and icebergs floating in the water.

Область живлення льодовиків

Область абляції (активного руху, випаровування та танення)

Область остаточного танення та утворення айсбергів

**Загальна  
принципова  
схема  
будови та  
еволюції  
льодовиків**

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Ferc.carleton.edu%2Fdetails%2Fimages%2F28393.html&psig=AOvVaw2phoLPE4JUXdY9l0sjAYV7&ust=1585331983827000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCMC47YbcuOgCFQAAAAAdAAAAAABAO>

# Структура живлення льодовиків

## Великі льодовики

1. Тверді опади – 80 %
2. Перенос завірюхами – 15 %
3. Лавини – 5 %

## Незначні льодовики

1. Тверді опади – 20%
2. Переноси завірюхами – 60 %
3. Лавини – 20 %

# Способи утворення криги в льодовиках

1. Рекристалізація снігу та фірну під тиском (рекристалізаційна крига)
2. Замерзання талої води у фірні (інфільтраційна крига)
3. Замерзання талої води на поверхні криги (конжеляційна крига)

# Кліматичне різноманіття зон утворення криги в межах областей живлення льодовиків

1. Сніжна зона. Формування криги відбувається виключно шляхом рекристалізації (внутрішні райони Антарктиди та Гренландії, найбільш високі гори)
2. Сніжно-фірнова зона. Формування криги відбувається під домінуванням рекристалізації та частково інфільтрації (периферійні райони Антарктиди та Гренландії, високі гори з висотою понад 5800 м).
3. Холодна фірнова зона. Формування криги відбувається під домінуванням інфільтрації та частково рекристалізації (гори з континентальним кліматом)
4. Тепла фірнова зона. Формування криги відбувається під впливом як інфільтрації так і рекристалізації (гори та острова з морським кліматом)
5. Фірново-крижана зона. Формування криги виключно за рахунок інфільтрації (горні льодовики з континентальним кліматом)
6. Зона льодяного живлення. Формування криги йде шляхом інфільтрації та конжеляції (горні льодовики з континентальним кліматом)

## Кліматична класифікація льодовиків

1. Теплі льодовики – якщо їх температура постійно близька до нуля градусів у всій льодовій масі (в горах Європи та Передньої Азії).
2. Холодні льодовики – якщо їх температура значно нижче нуля градусів у всій льодовій масі (Арктика та Антарктика).
3. Складні льодовики – якщо в льодовиковій масі проявляються як теплі так і холодні льодовики

# Структура абляції льодовиків

## Провідні процеси абляції

1. Танення
2. Сублімація
3. Здування або механічна абляції

## Види абляції

1. Підльодовикова
2. Внутрішньо льодовикова
3. Поверхнева

# **Рух та динаміка льодовиків**



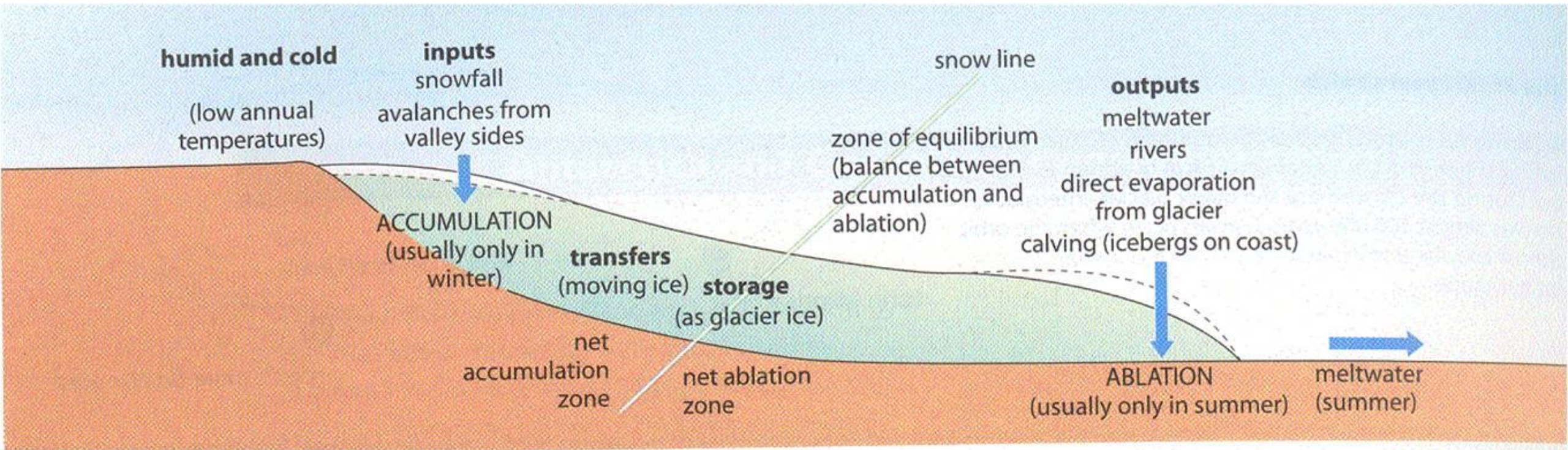
**Режим льодовика** – це характер зміни його об'єму (маси) та форми, яка проявляється у збільшенні (наростанні) або зменшенні (відступанню) льодовика (Михайлов, 1991).

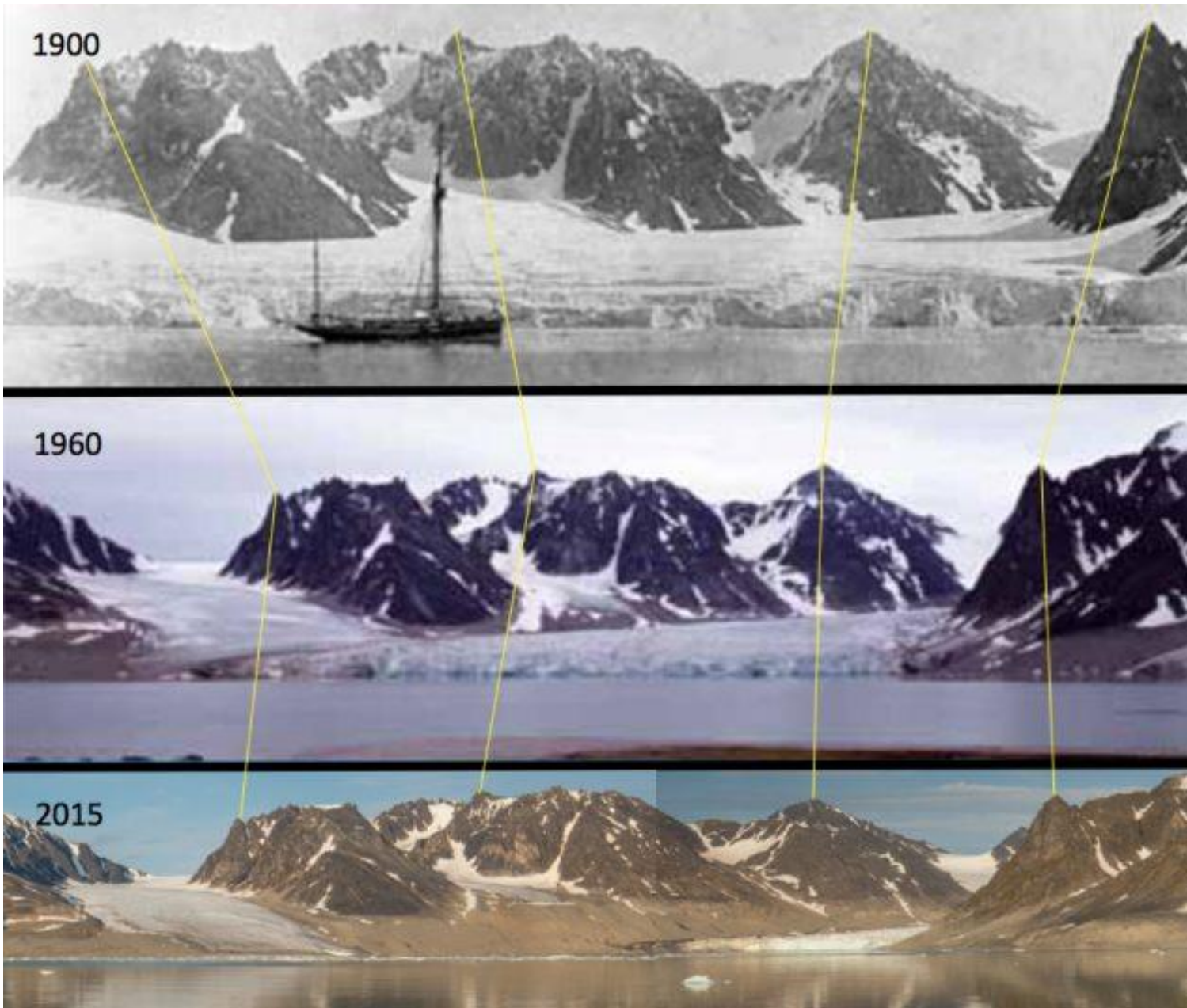
1. живлення = абляція (льодовик сталий);
2. живлення > абляція (льодовик наростає );
3. живлення < абляції (льодовик відступає)

**Льодовик Грінелл, Кордильєри США**



**Рух льодовиків** – це процес пересування мас льодовика, завжди в одному напрямку





## Вплив кліматичних змін на льодовики Землі

льодовик Вагунвейбрен,  
Шпіцберген, Норвегія