

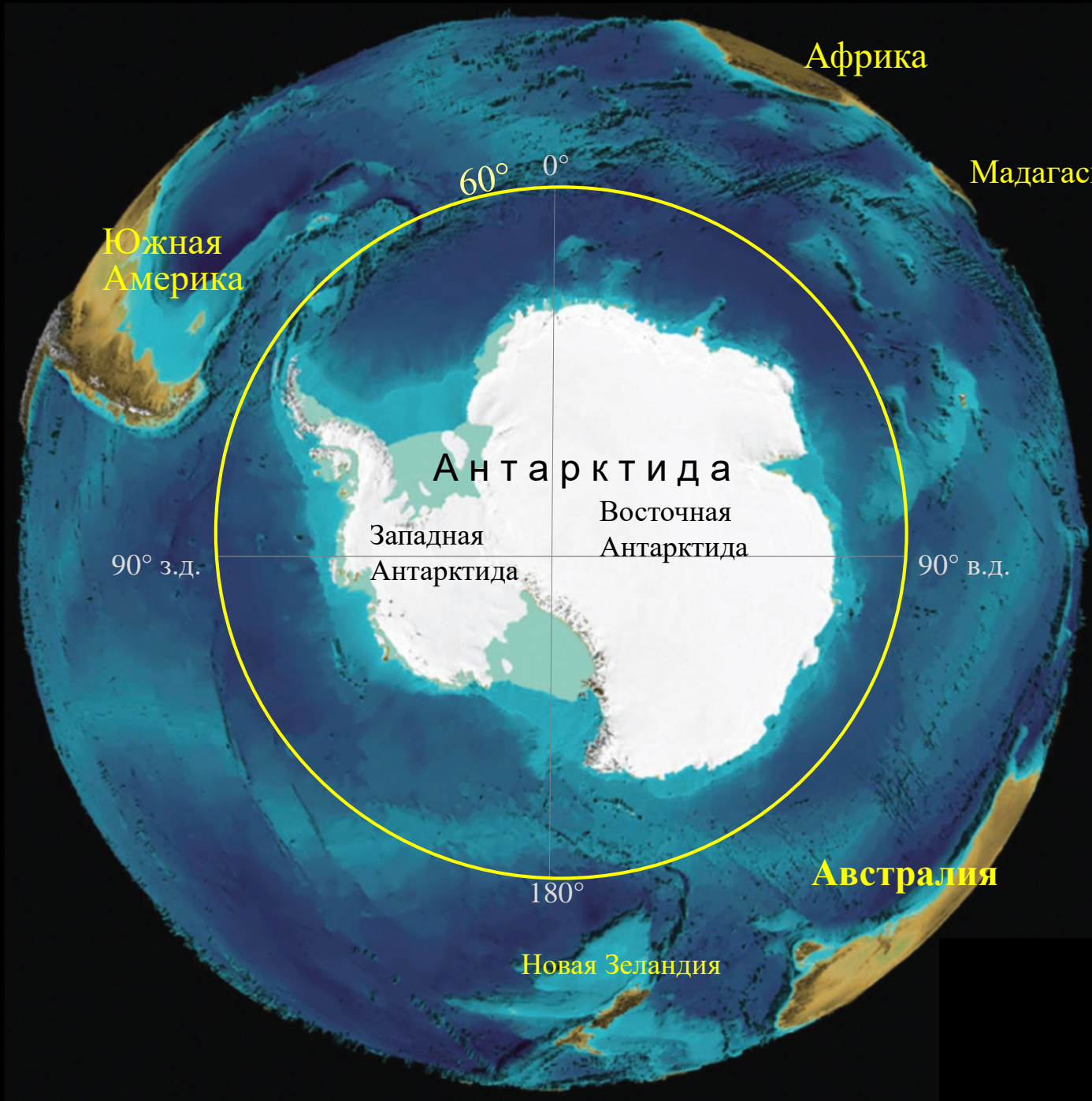


Подледниковое озеро Восток в Антарктиде: Последнее географическое открытие

Лейченков Г.Л.

Институт наук о Земле, СПбГУ
ВНИИОкеангеология им. И.С. Грамберга

29 мая 2017 г.
Ученый Совет СПбГУ

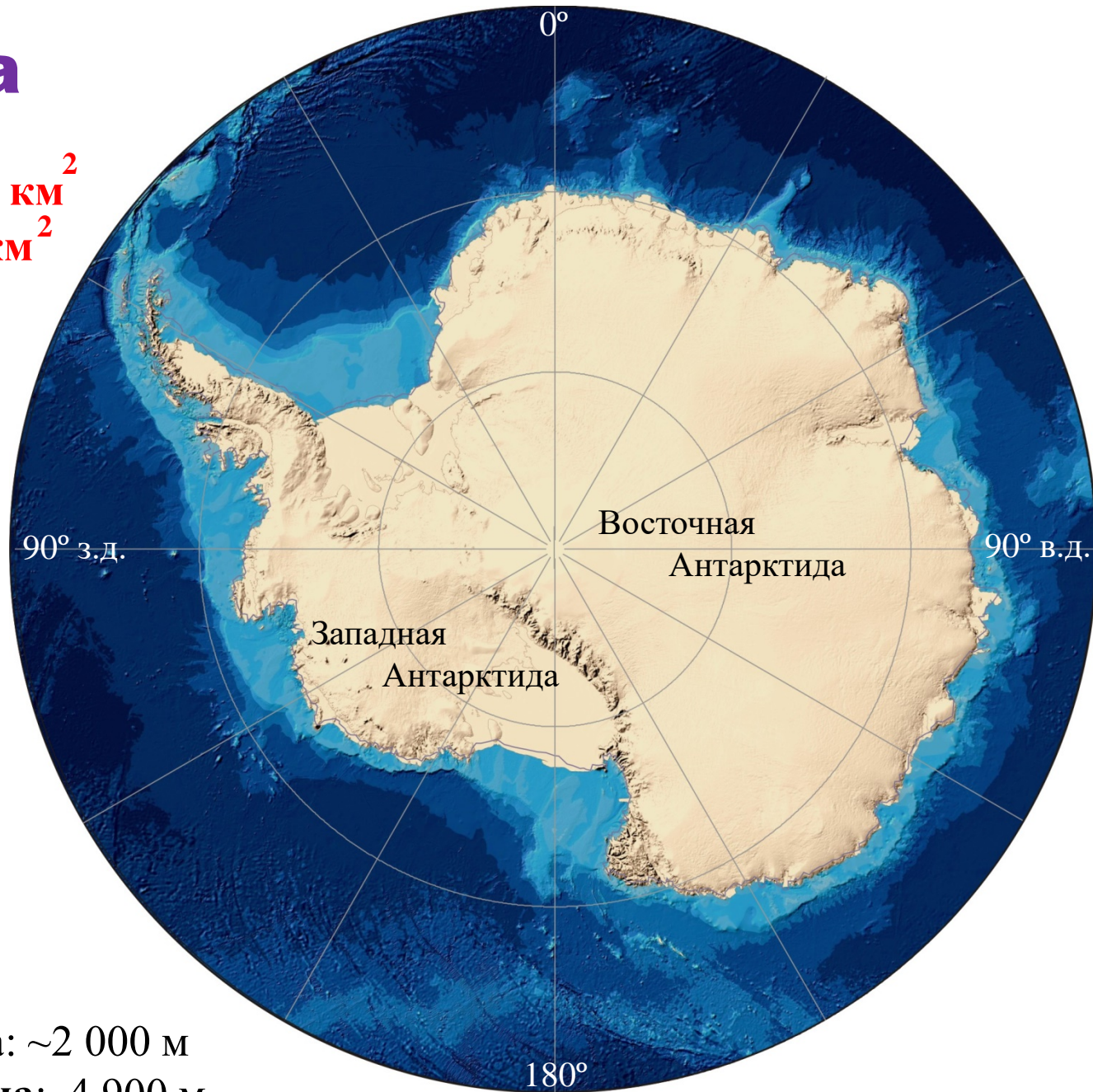


Антарктика

Антарктида: 13,9 млн. км²

Антарктика: 35 млн. км²

Обнажено - 0,3%



Средняя толщина льда: ~2 000 м

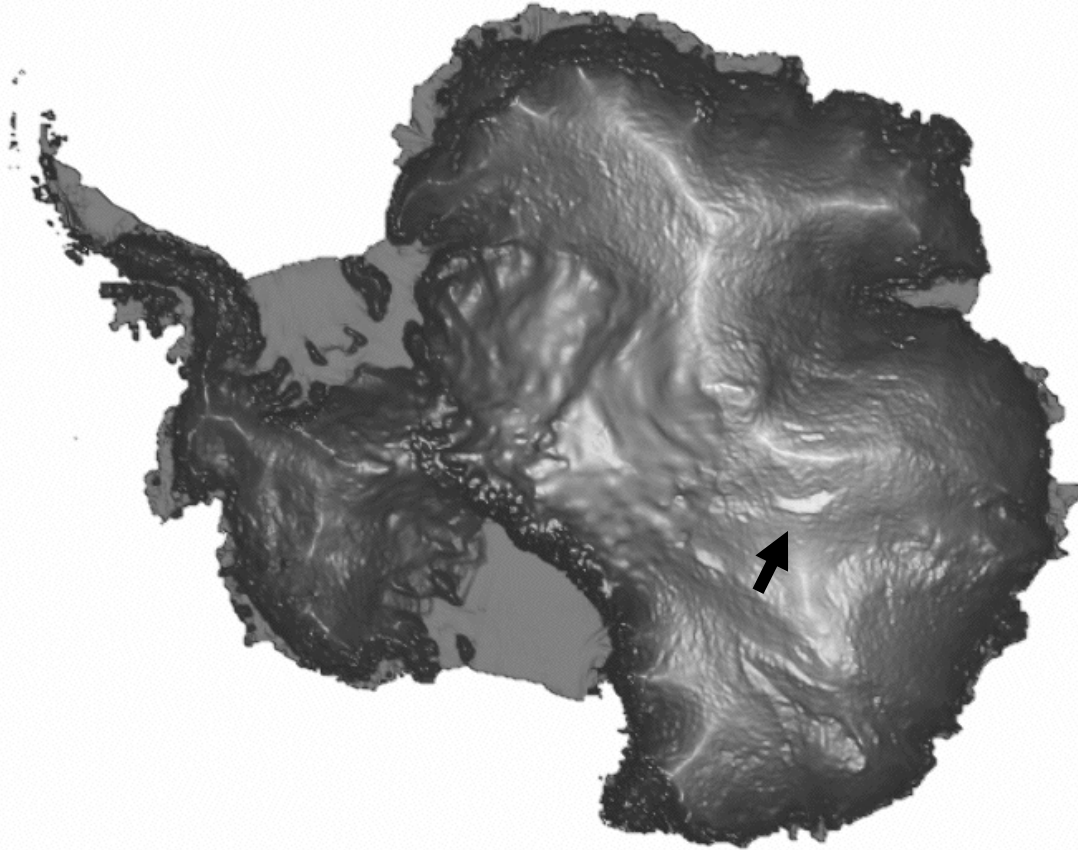
Максимальная толщина: 4 900 м

Объем льда в эквиваленте подъема уровня мирового океана: 58 м

nature

INTERNATIONAL WEEKLY JOURNAL OF SCIENCE

Volume 381 No 6584 20 June 1996



*Kapitsa A.P. et al. A large deep
freshwater lake beneath the ice
of central East Antarctica*

Озеро подо льдом

Длина - 280 км
Ширина - до 80 км
Глубина - 500 м

Giant lake beneath the Antarctic ice

История открытия озера Восток

1955 г



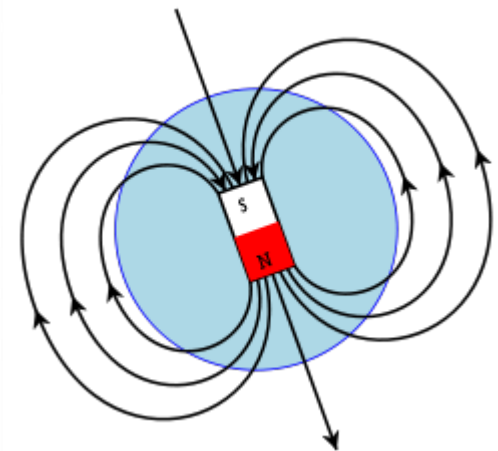
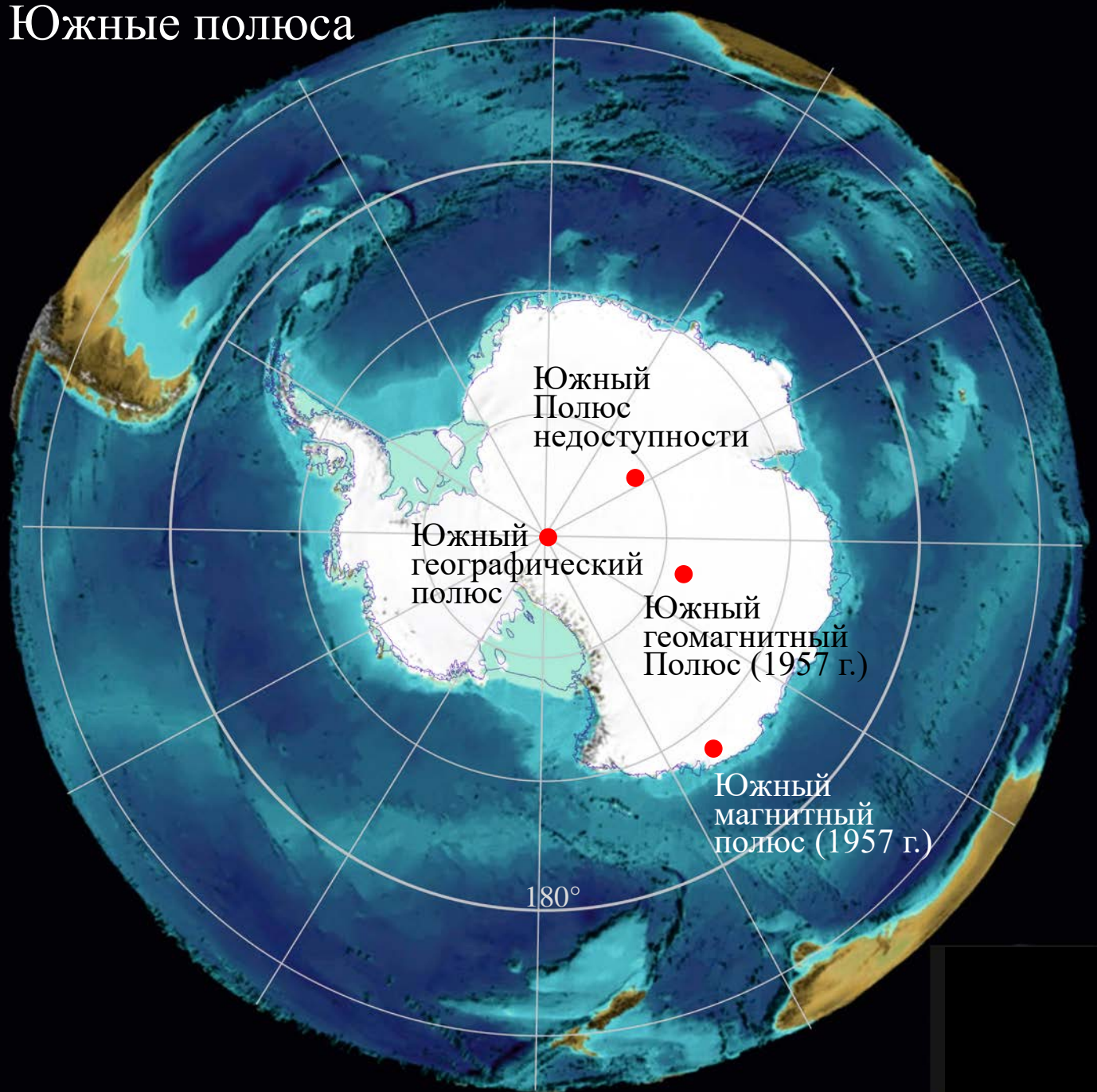
**INTERNATIONAL
COUNCIL
FOR SCIENCE**

International Council of Science Unions (from 1931)

Международный совет научных союзов

**Совещание в июле 1955 г. (г. Париж) по проведению
Международного геофизического года (МГГ) - 1957-1958**

Южные полюса



Южный геомагнитный Полюс в 1957 г.:

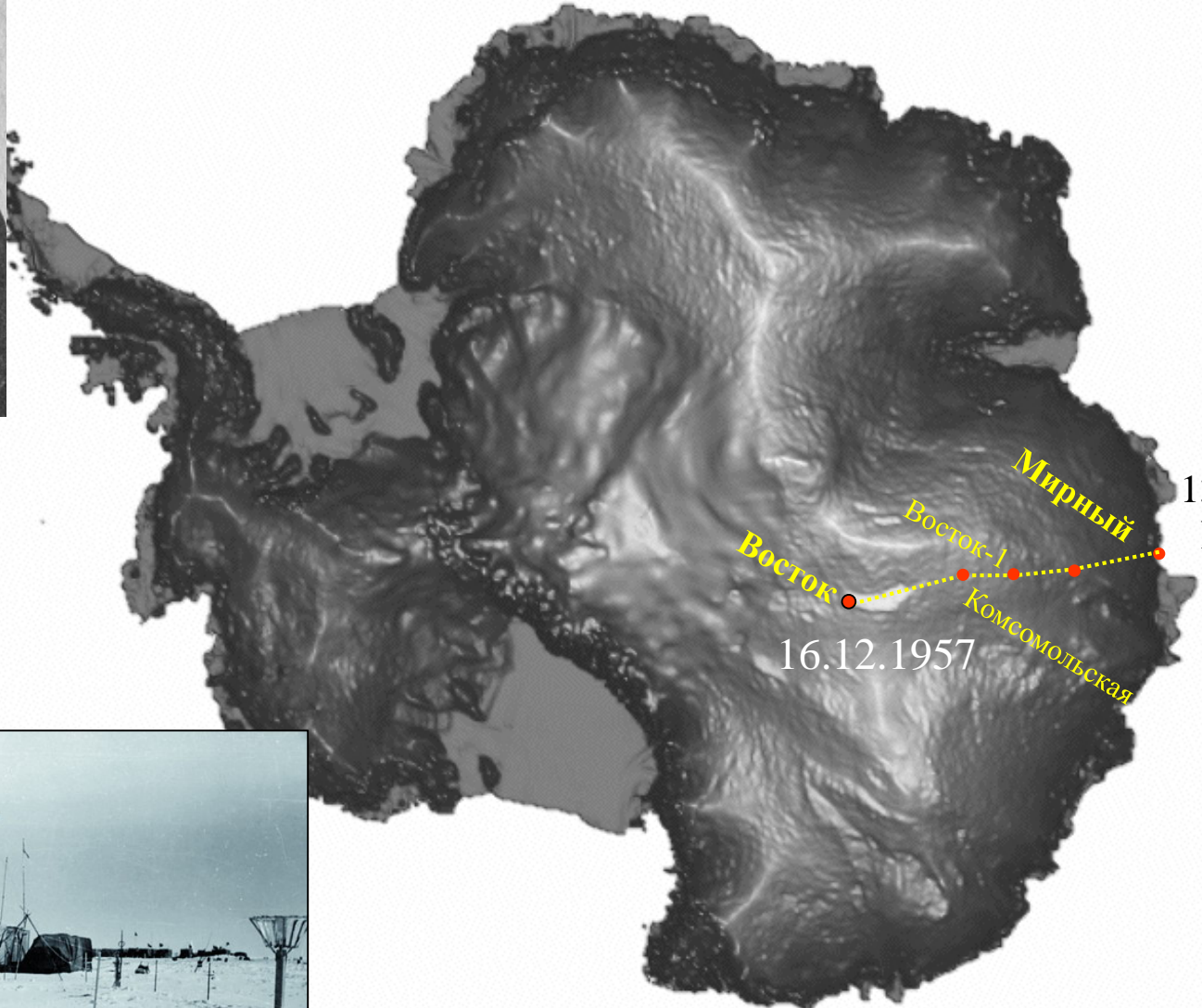
78,5° ю.ш.

110° в.д.



*Алексей Фёдорович
Трешников*

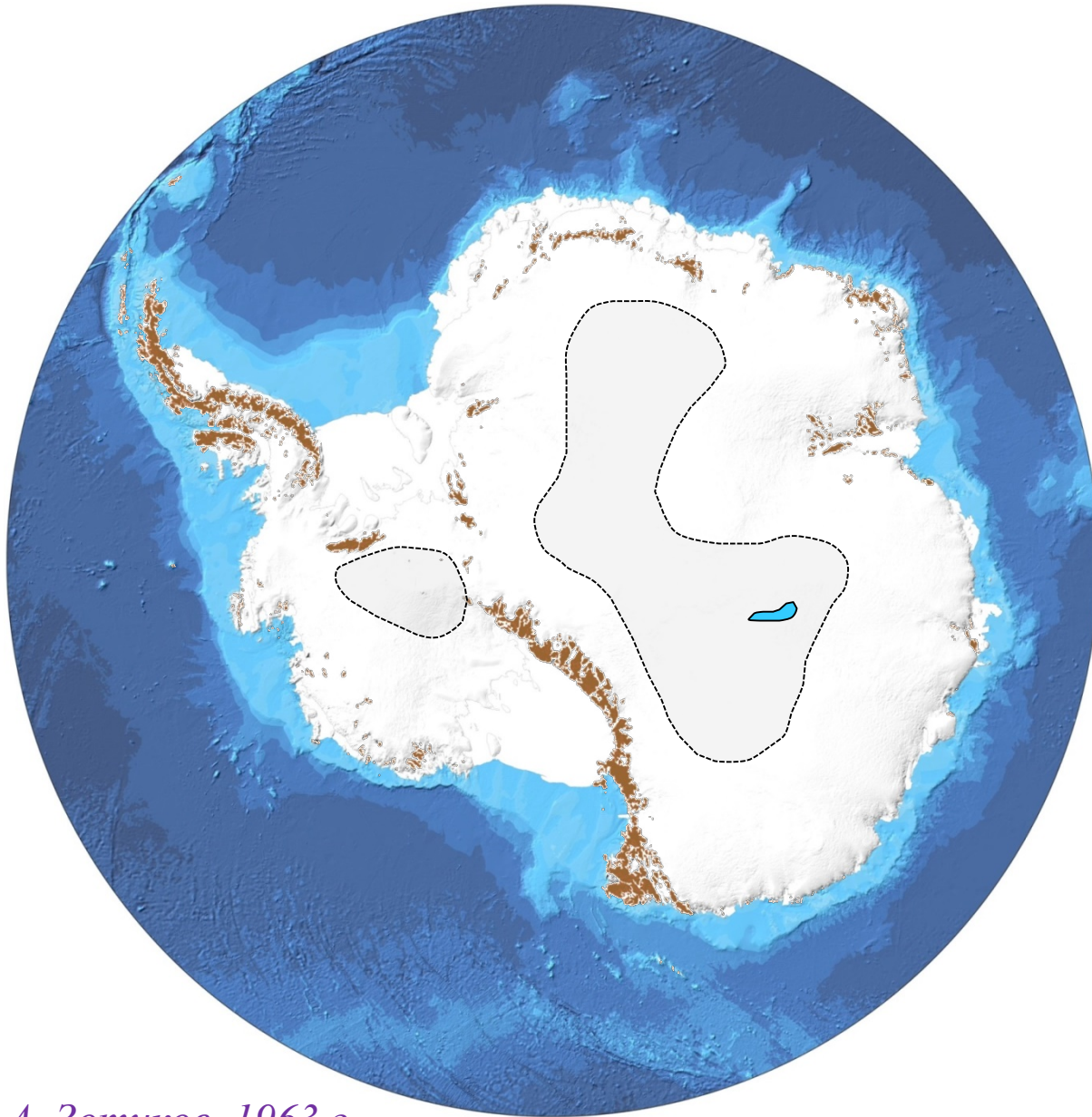
1957 г



78°28' ю. ш. 106°50' в. д.

Площадь таяния нижней поверхности льда в Антарктиде

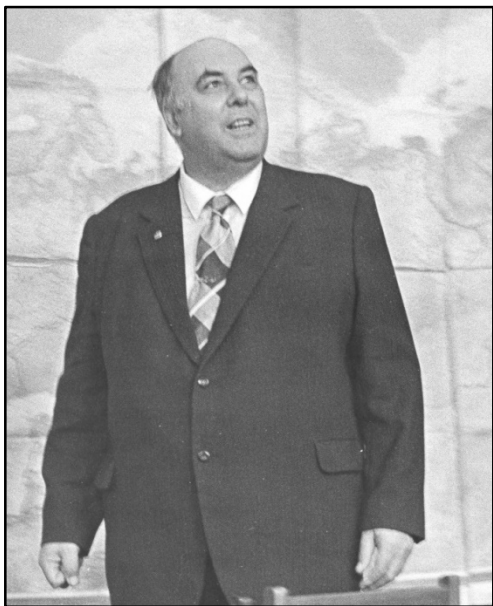
1963 г



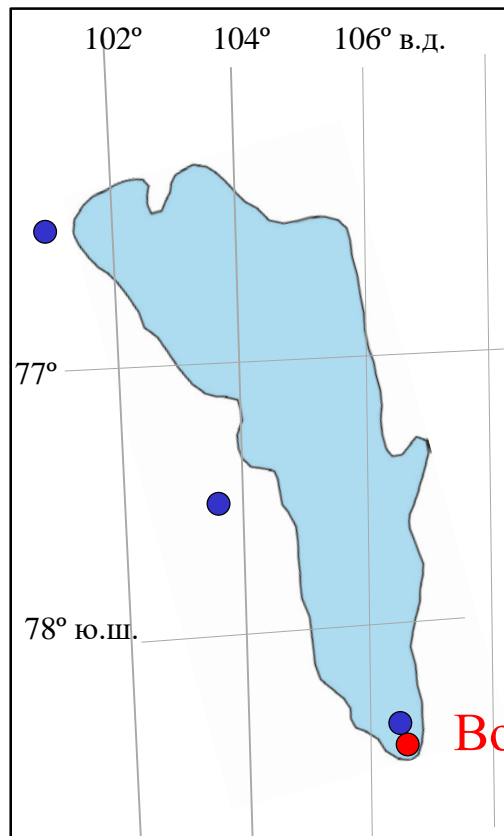
Игорь Алексеевич Зотиков

И.А. Зотиков, 1963 г.

Сейсмические исследования (А.П. Капица)



*Андрей Петрович
Капица*



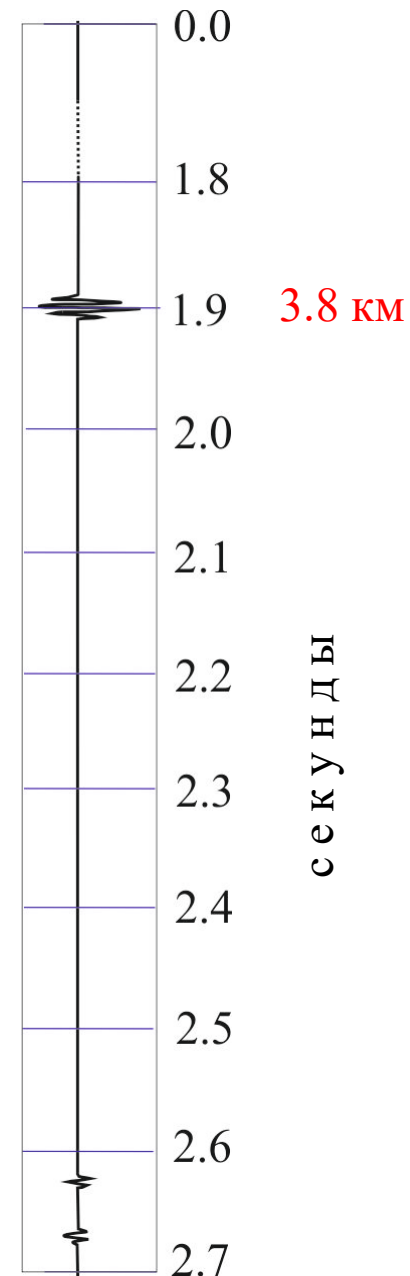
● Пункты сейсмических наблюдений

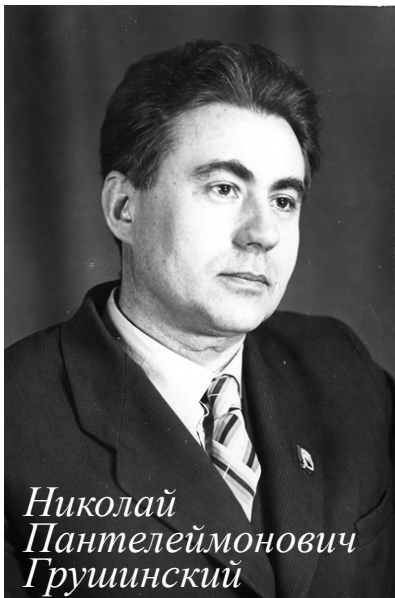
1964 г

Сейсмограмма,
полученная
на станции
Восток

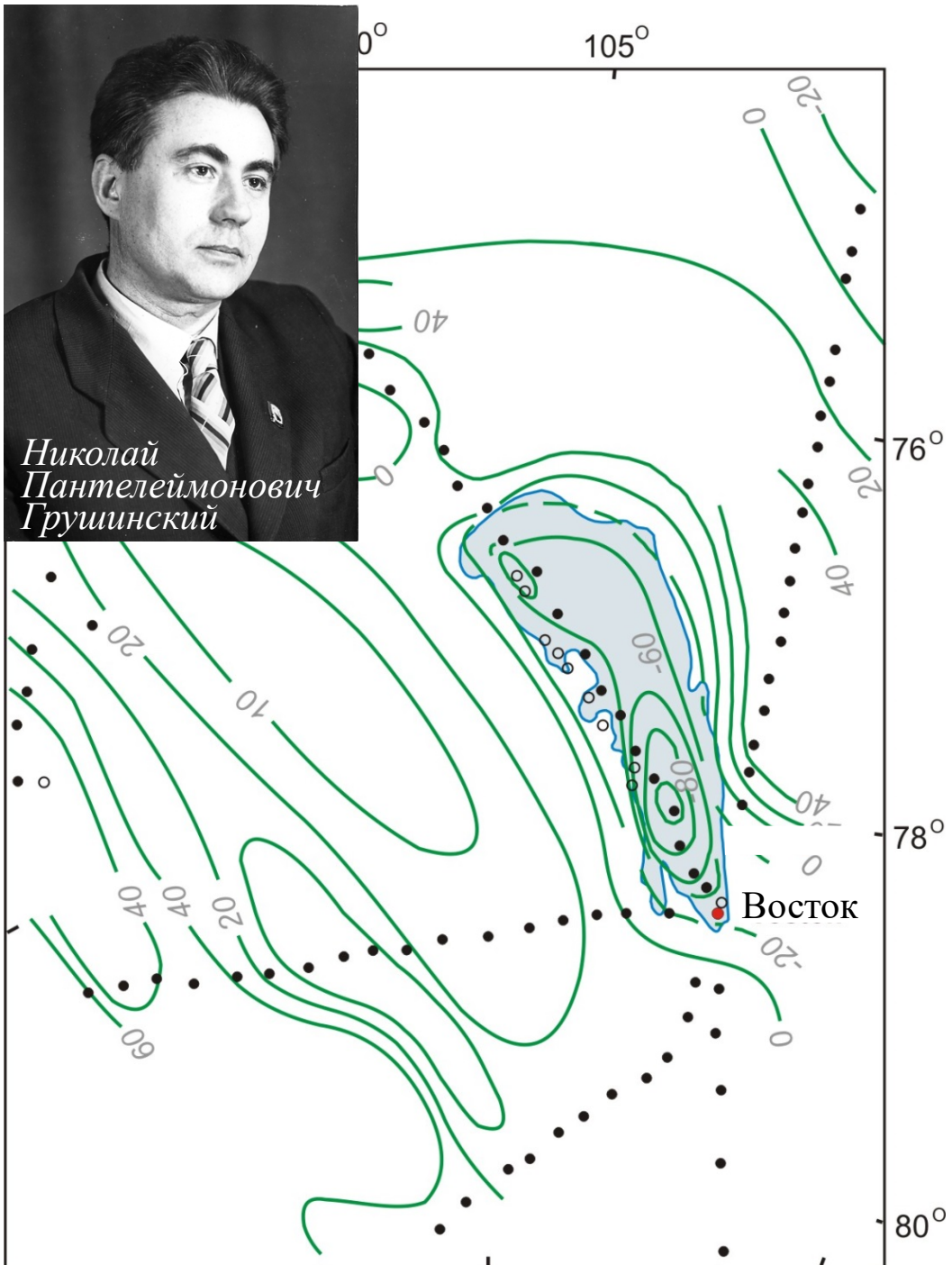


**Заряд:
5 кг тротила**



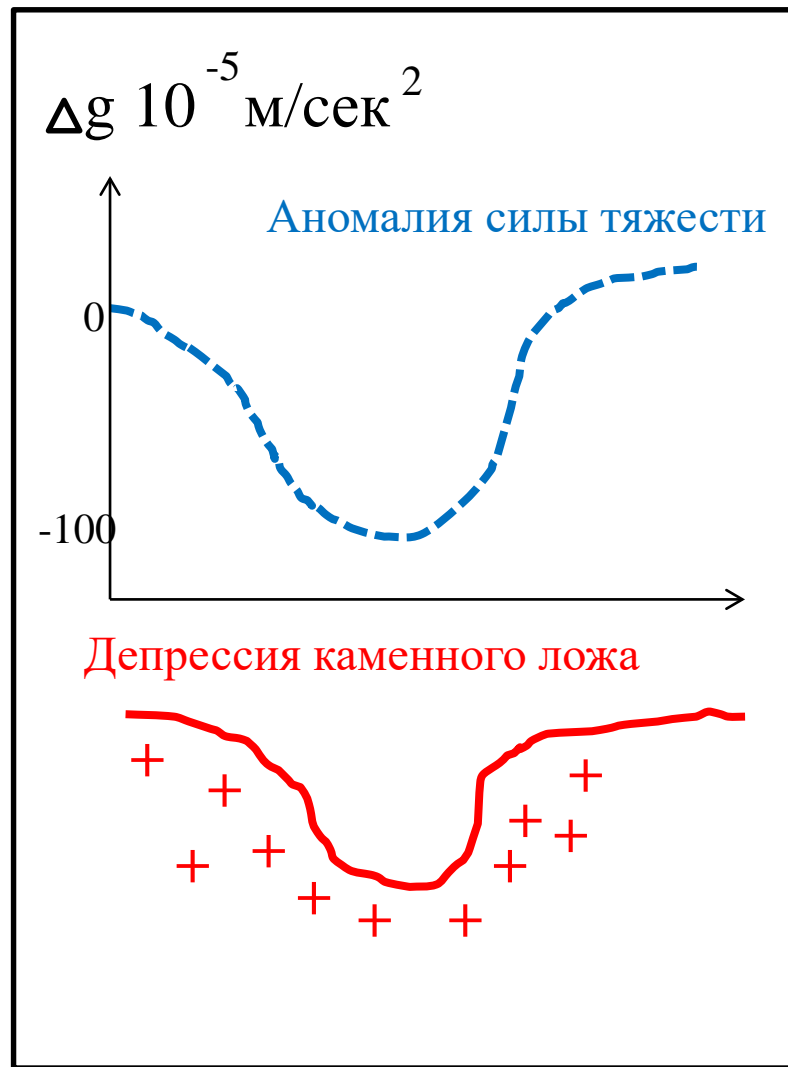


Николай
Пантелеймонович
Грушинский



Гравиметрические исследования

1972 г

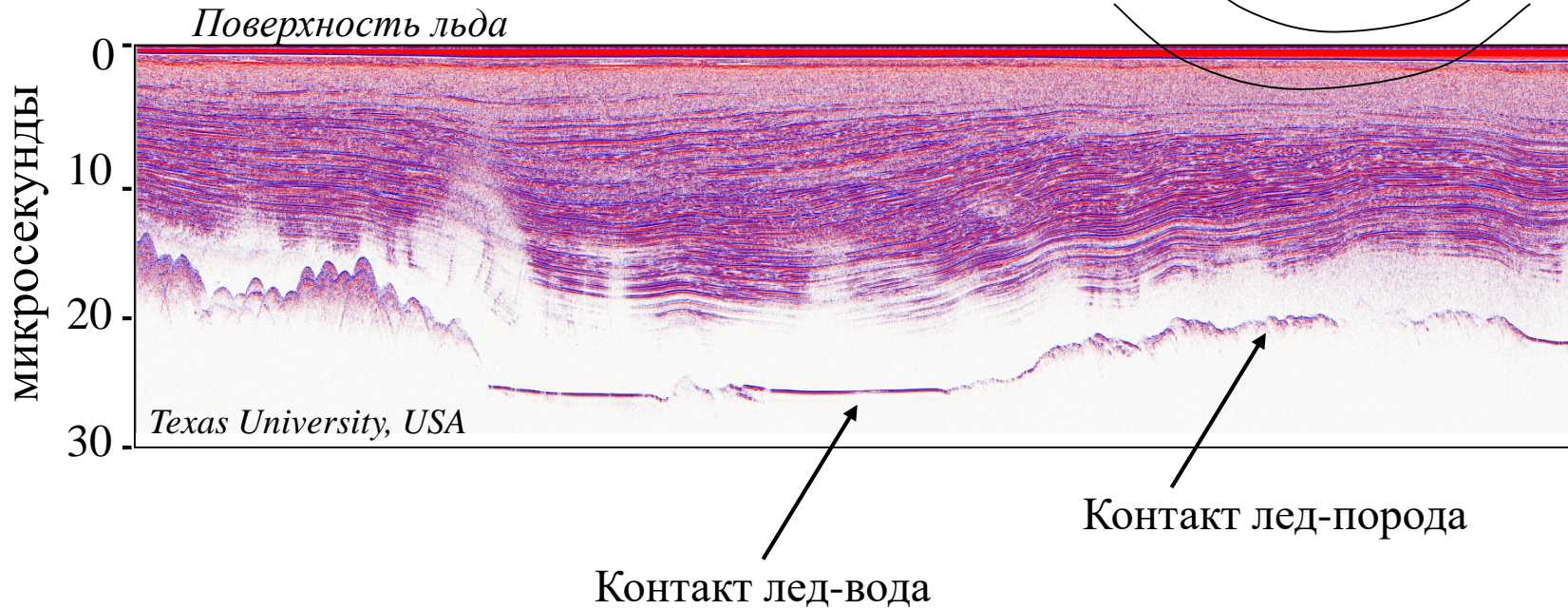


Капица, 1968; Грушинский и др., 1972

Радиолокационные исследования

Изучение подледной морфологии Антарктиды

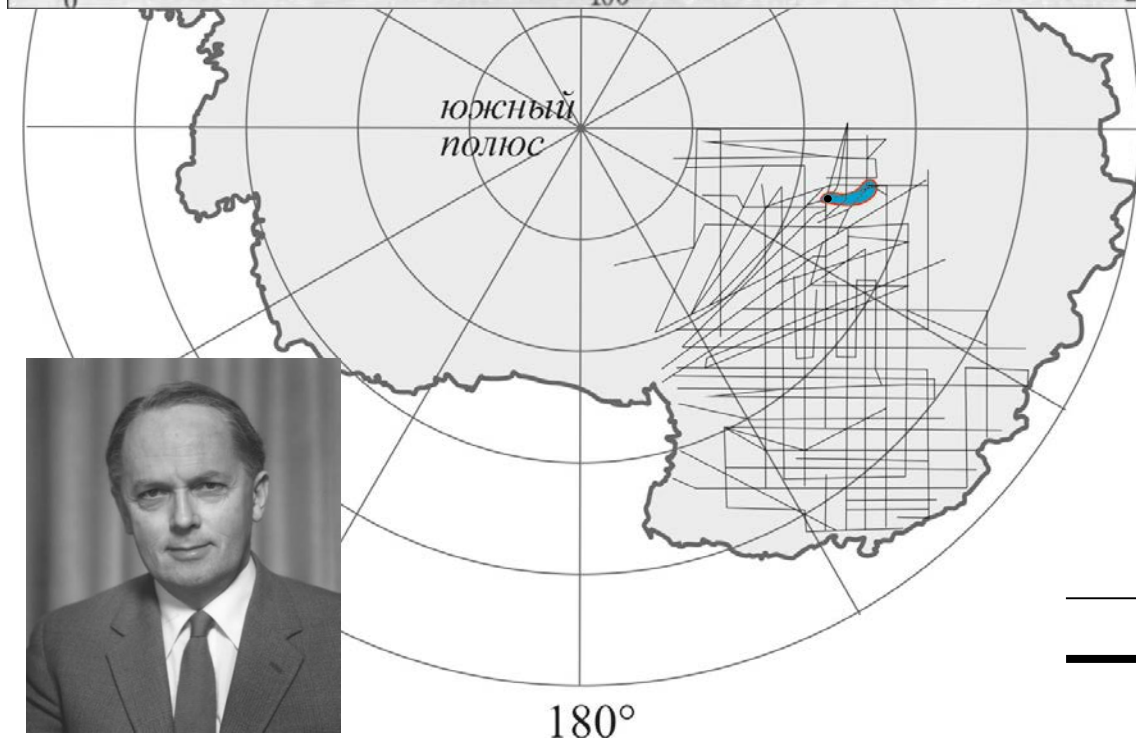
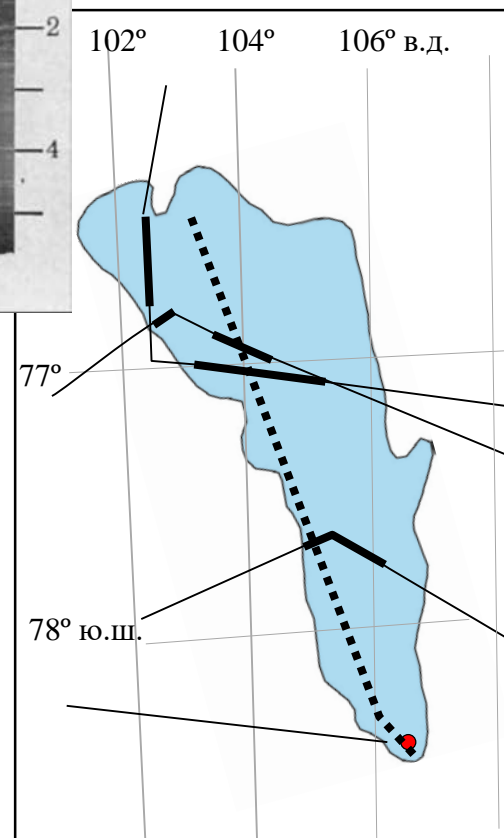
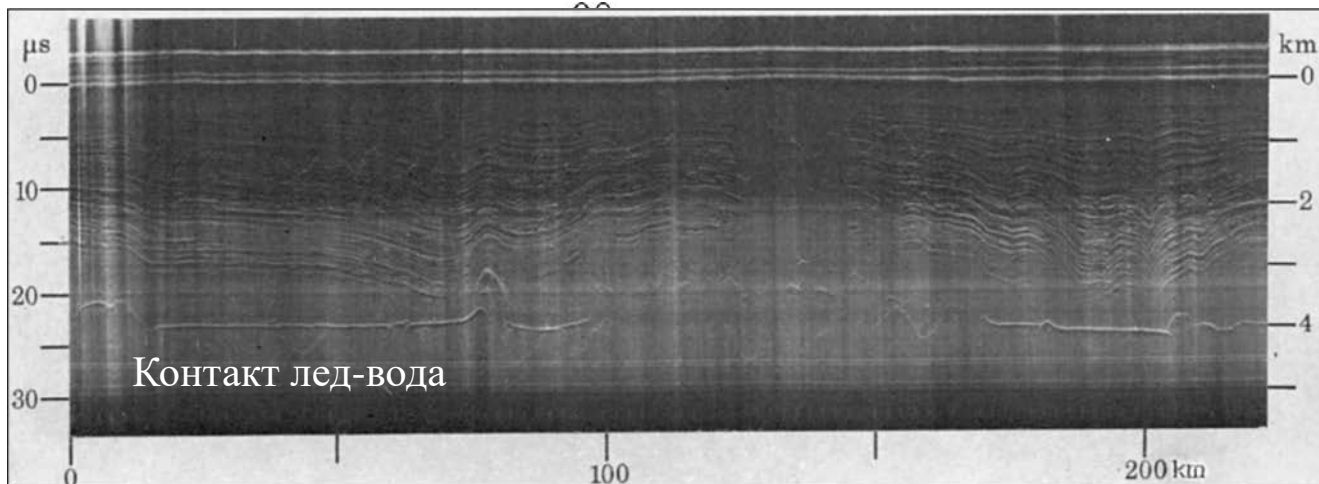
Радиолокационный разрез ледникового покрова Антарктиды (радиосигнал – 30- 100 мГц)



Скорость во льду = 169 000 000 м/с (169 м/мкс)

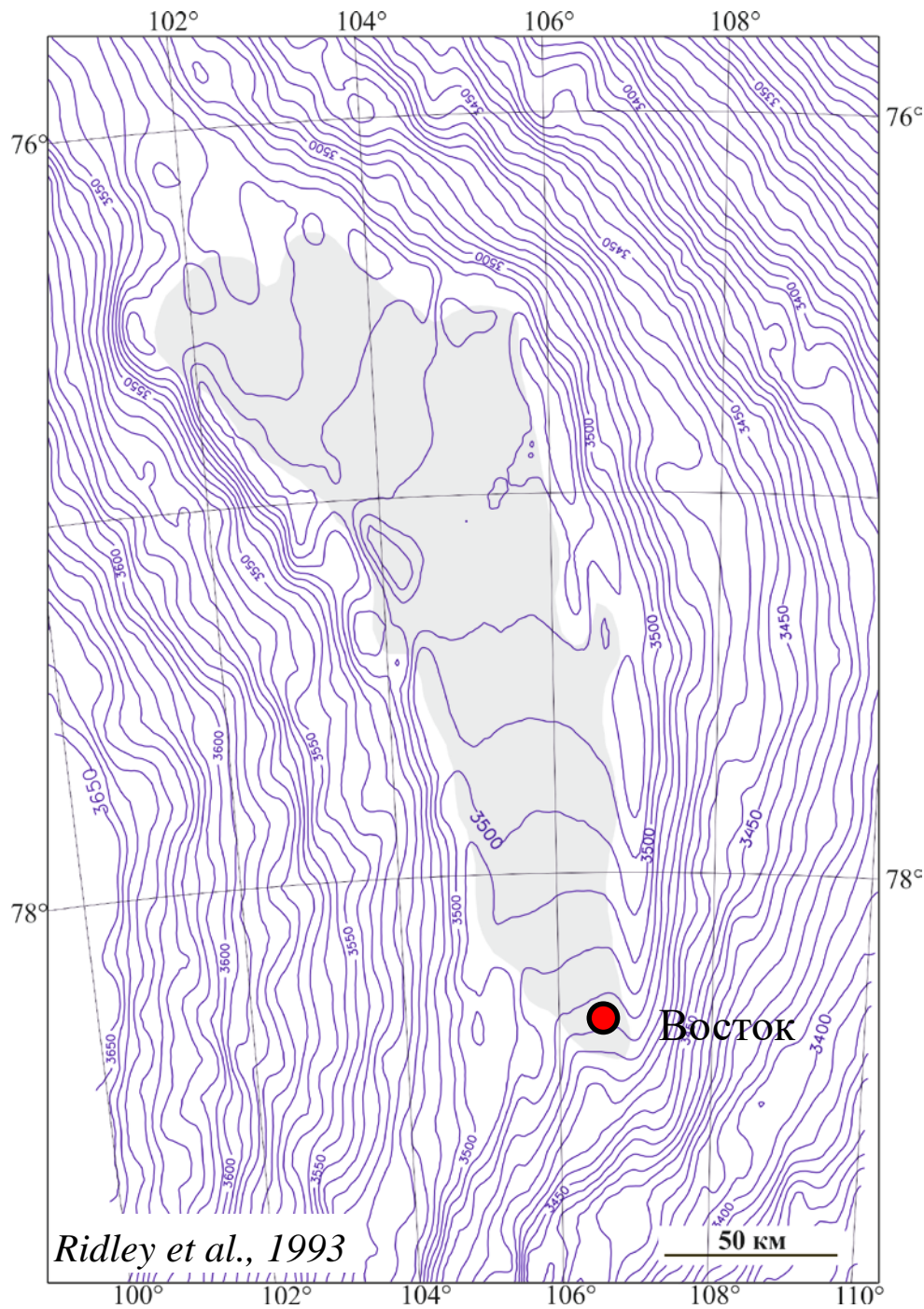
Радиолокационные исследования института Скотта (Великобритания) 1967-1975 гг.

1975 г



Gordon Robin, Scott Polar Research Institute, UK

— Радиолокационные профили
— с участками «водных» отражений



**Карта ледовой поверхности,
Составленная по данным
спутниковых измерений
(ERS-1)**

1993 г

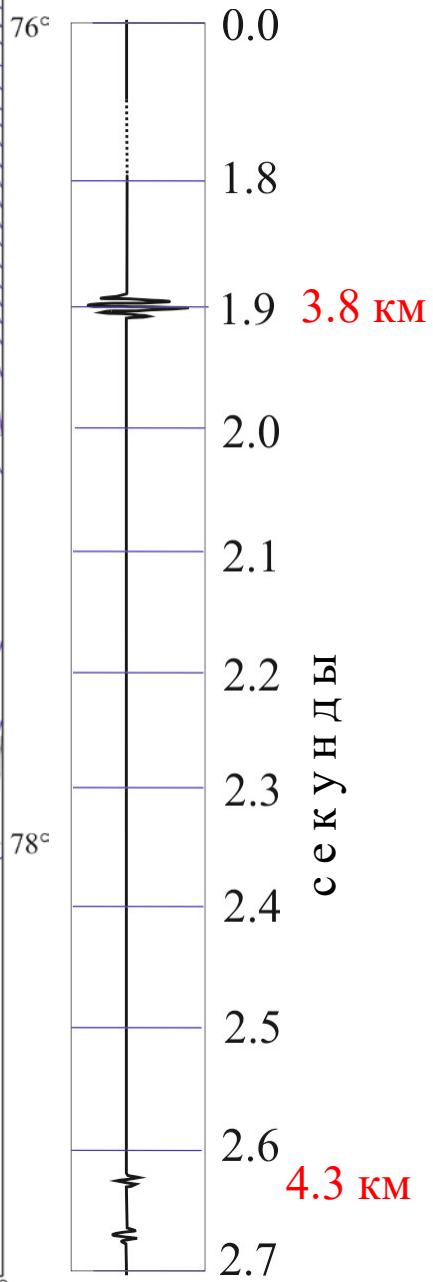
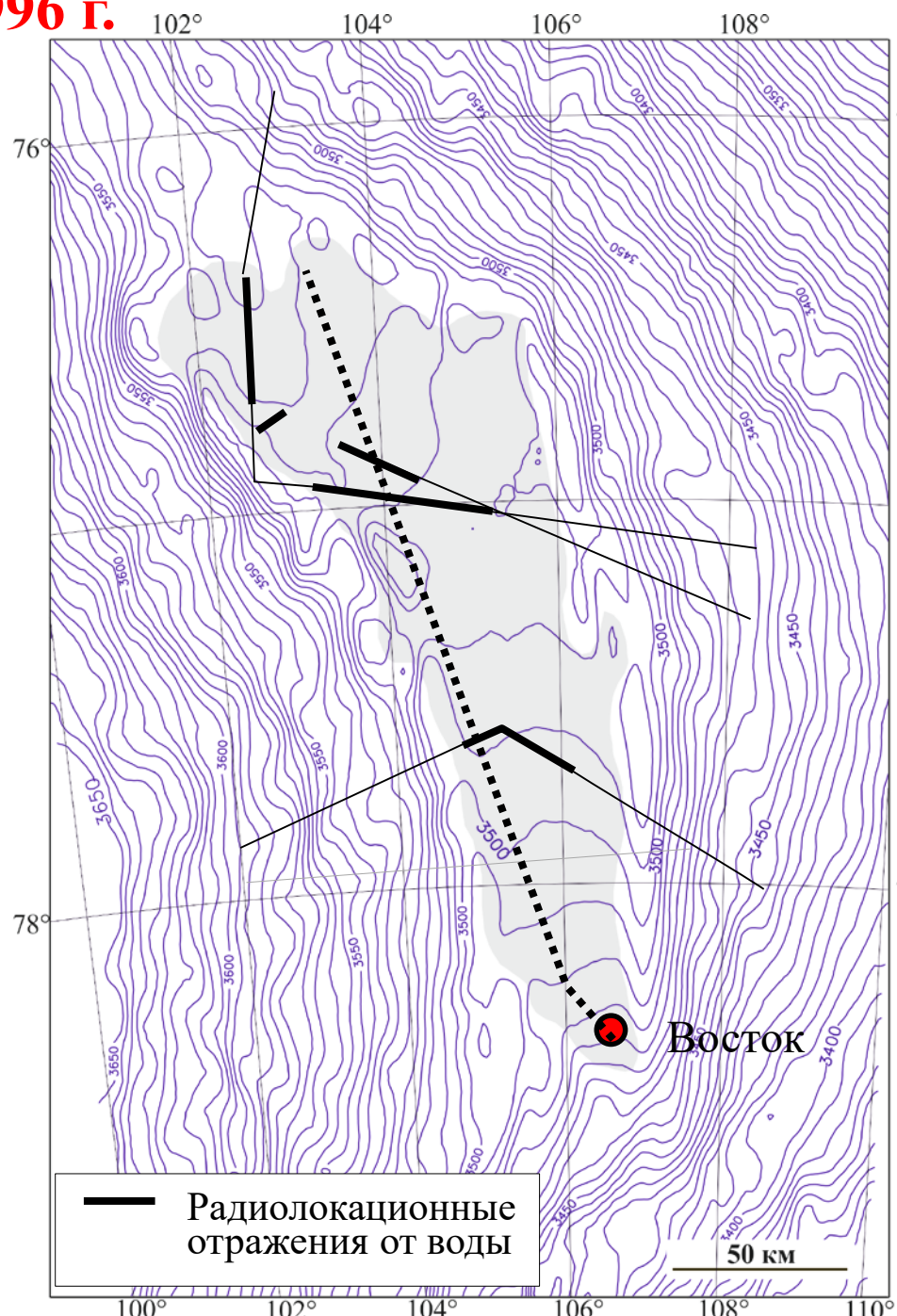
Наклон ледовой поверхности
вне озера – ~ 2 м/км

ERS-1 (European Remote-sensing Satellite)



1996 г.

Сейсмограмма 1964 г.



Kapitsa et al., 1996. Nature

**Геофизические исследования
озера Восток
(после его открытия)**

Геофизические исследования



США (UTIG)

Аэрогеофизика, 2000 г.

Россия (ПМГРЭ)



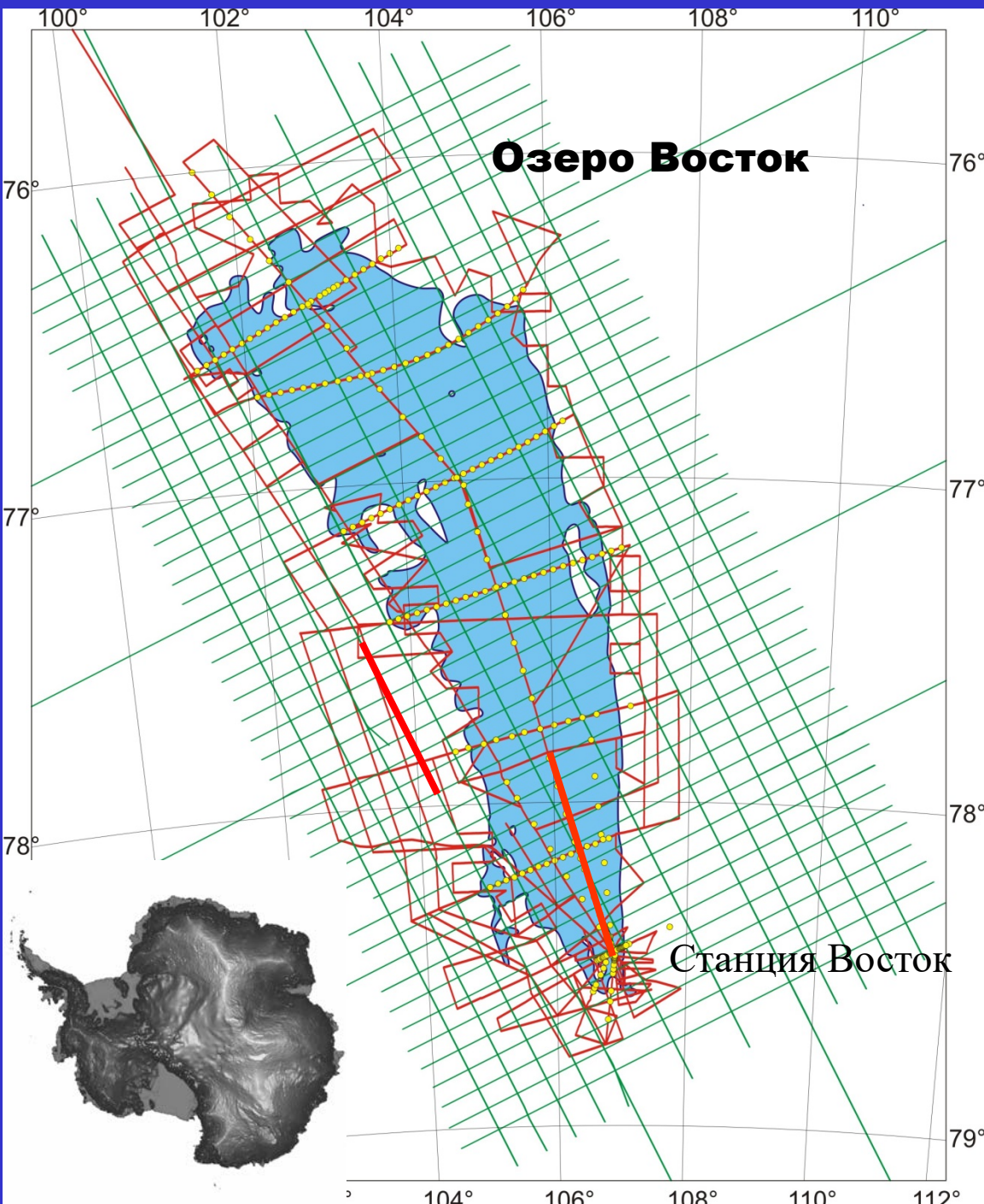
Наземное РЛ
профилирование
1996-2008 г.г.



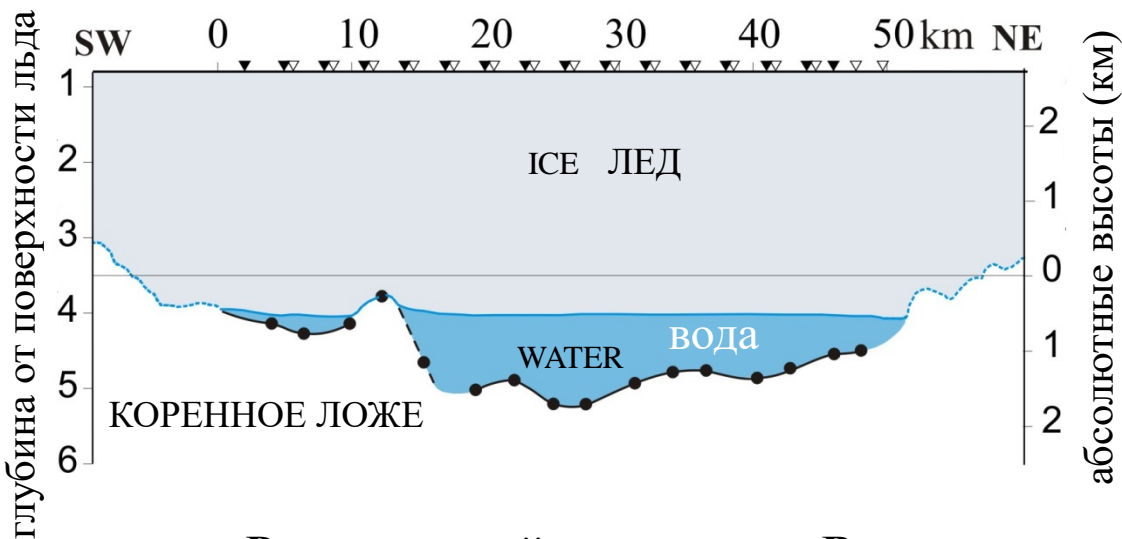
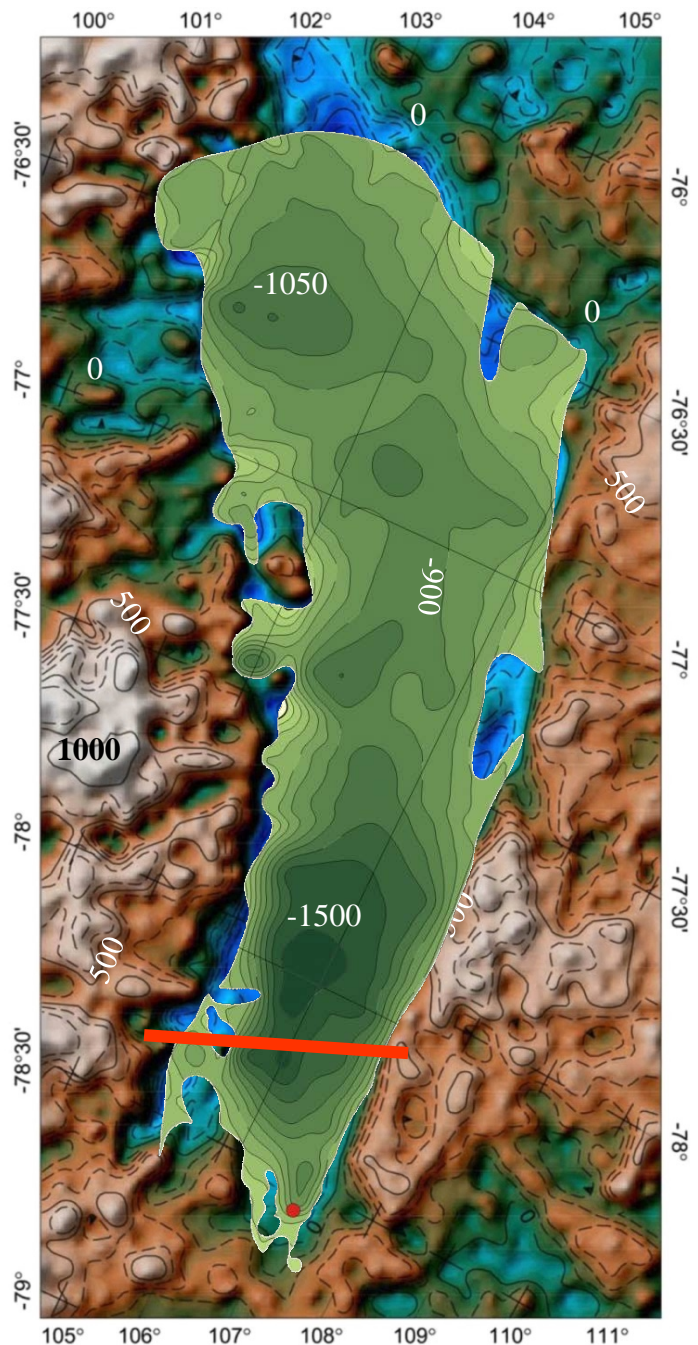
Сейсмические
измерения глубины
озера 1996-2008 г.г.



Глубинные
сейсмически
исследования
2010-2016 г.г.



Рельеф коренного ложа



Разрез южной части озера Восток

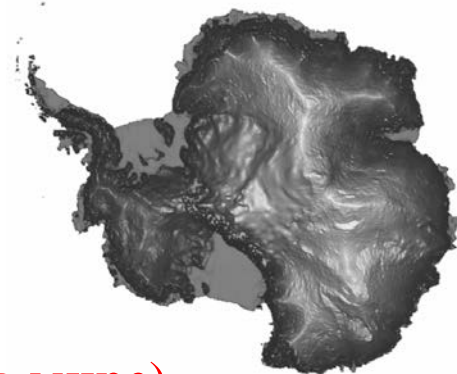
Длина: 280 км

Ширина: 50-80 км

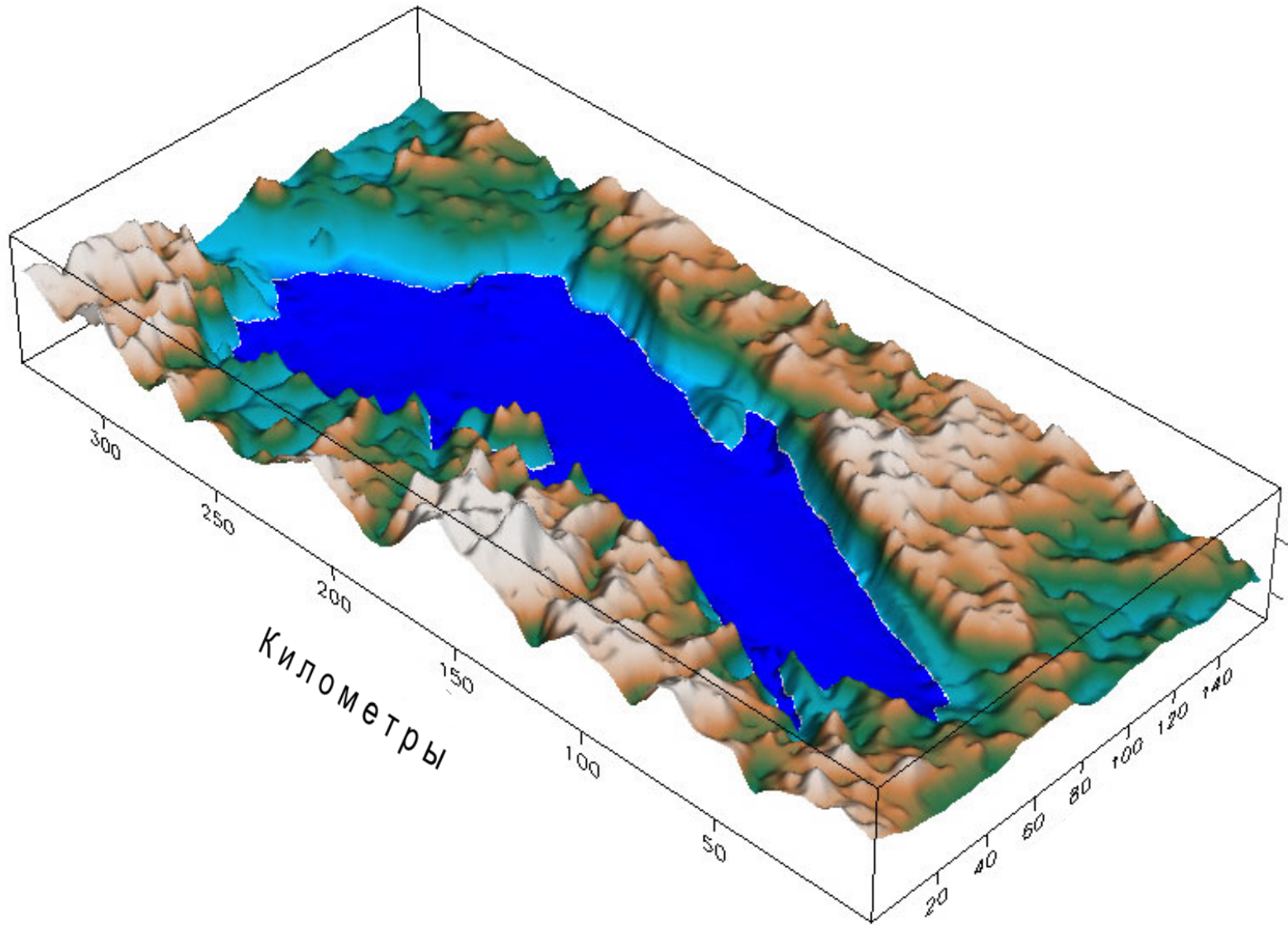
Площадь: $\sim 16\,000\text{ km}^2$ (17-е в мире)

Объем воды: $\sim 6000\text{ km}^3$ (5-е в мире)

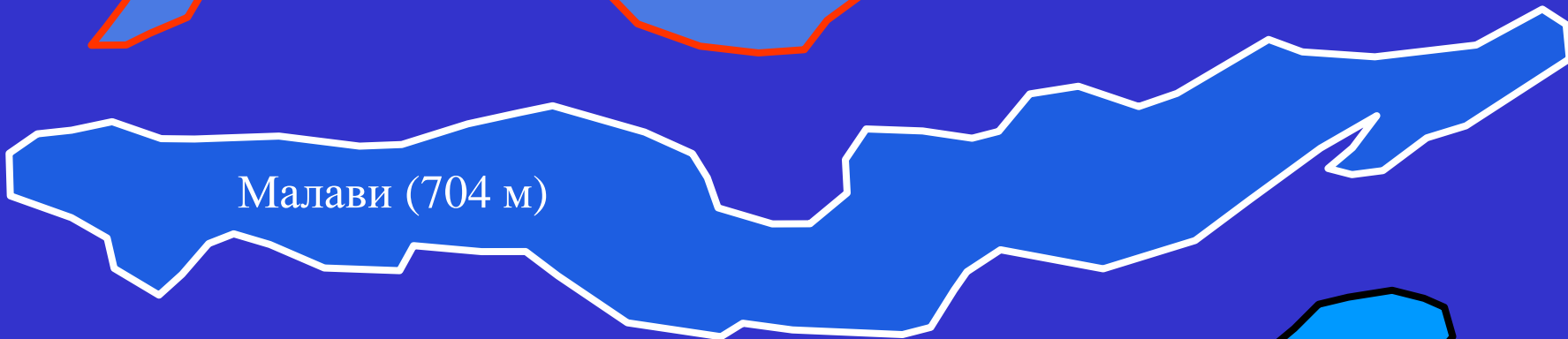
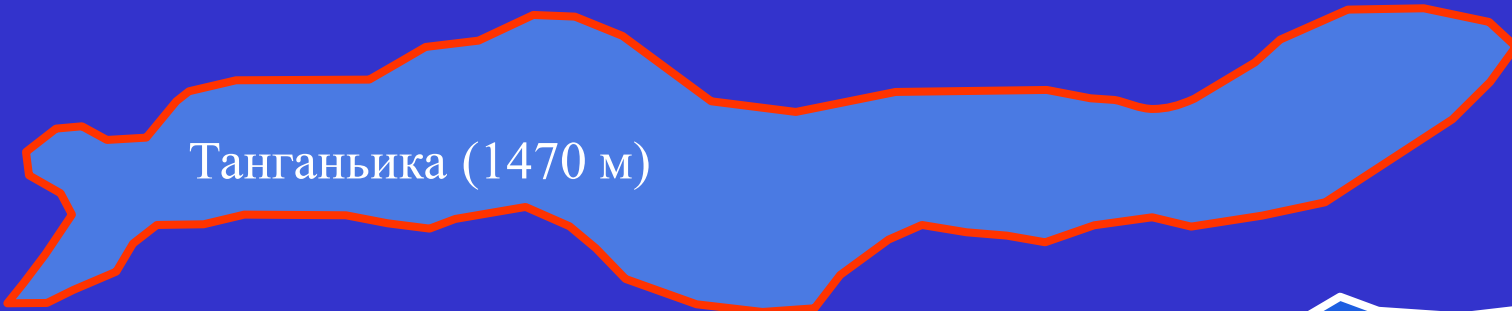
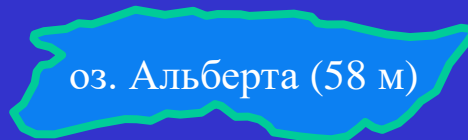
Глубина: до 1200 м (2-е в мире)



Озеро Восток



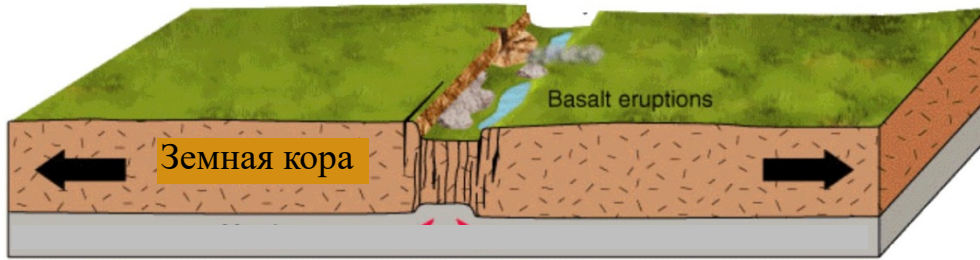
Тектоническая природа озера Восток



Рифтовые озера

50 км

Рифты – нарушения земной коры с образованием депрессий на поверхности



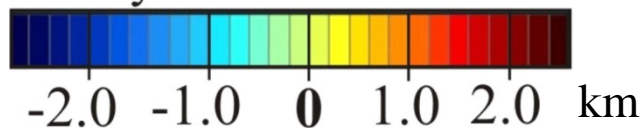
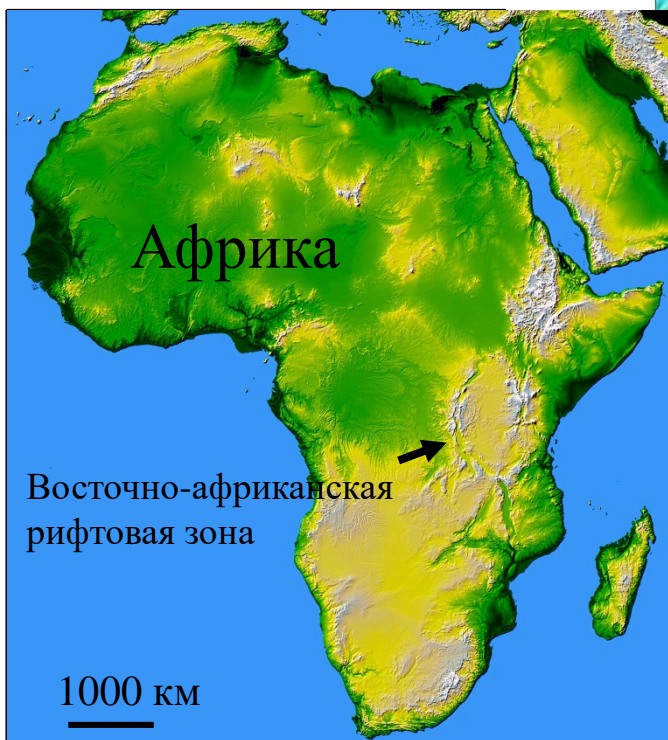
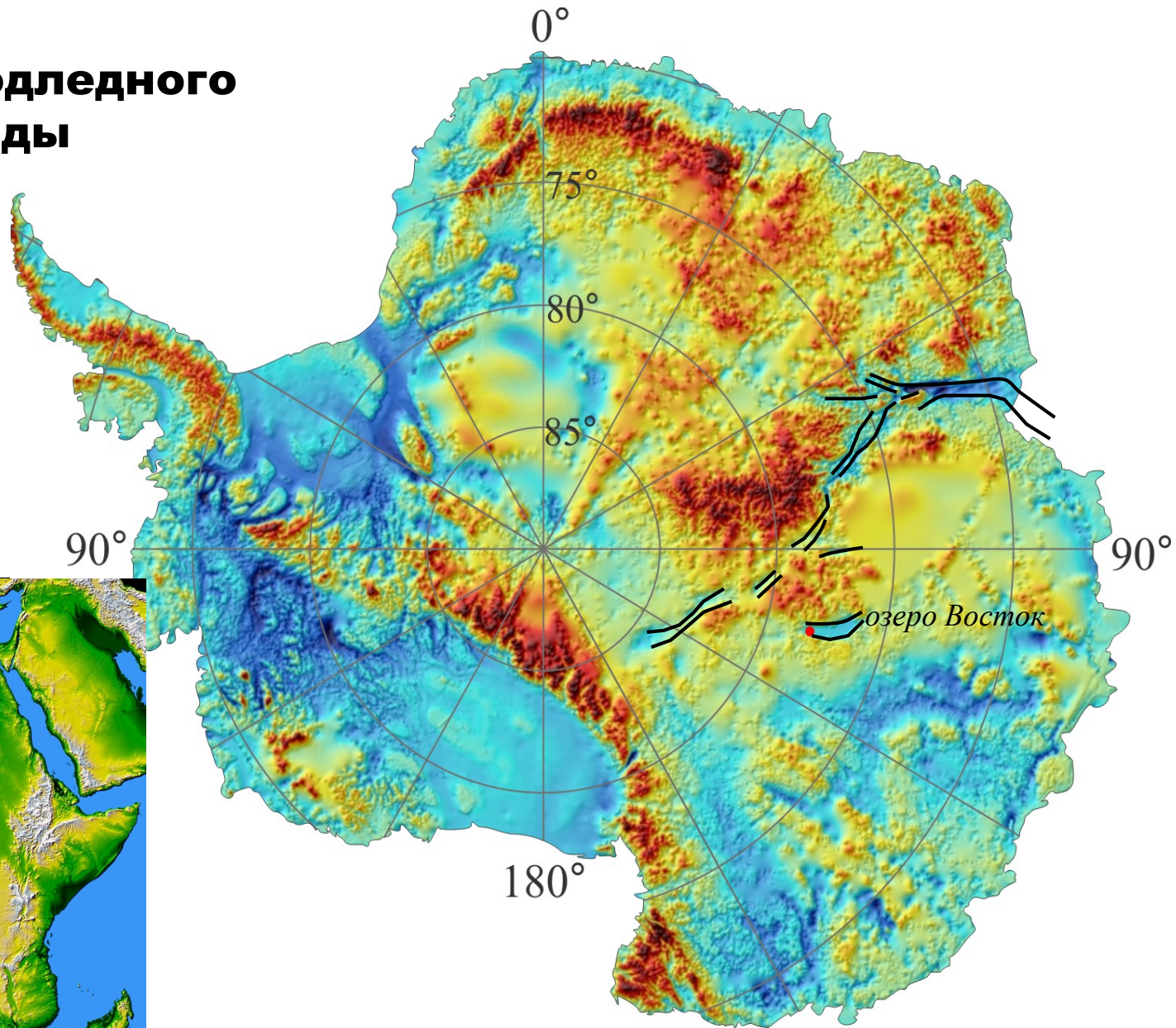
← → Направления растяжений



← → Направления растяжений

Образуются в результате растяжения литосферы и земной коры

Топография подледного ложа Антарктиды

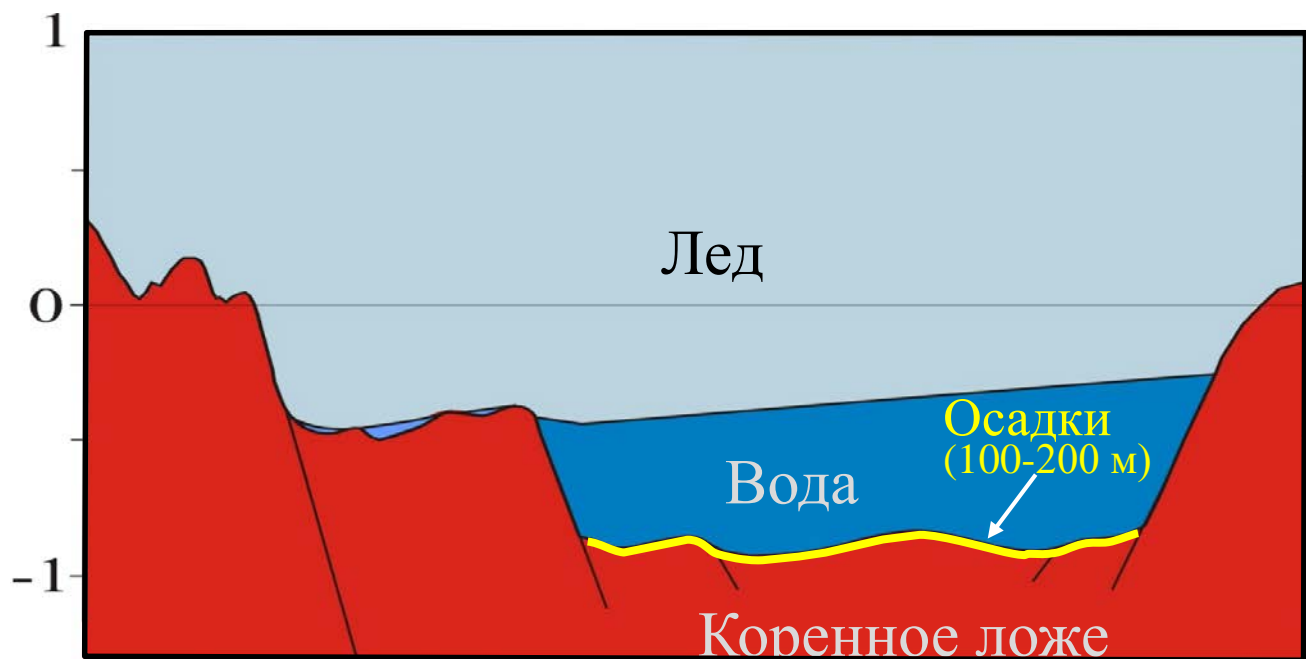
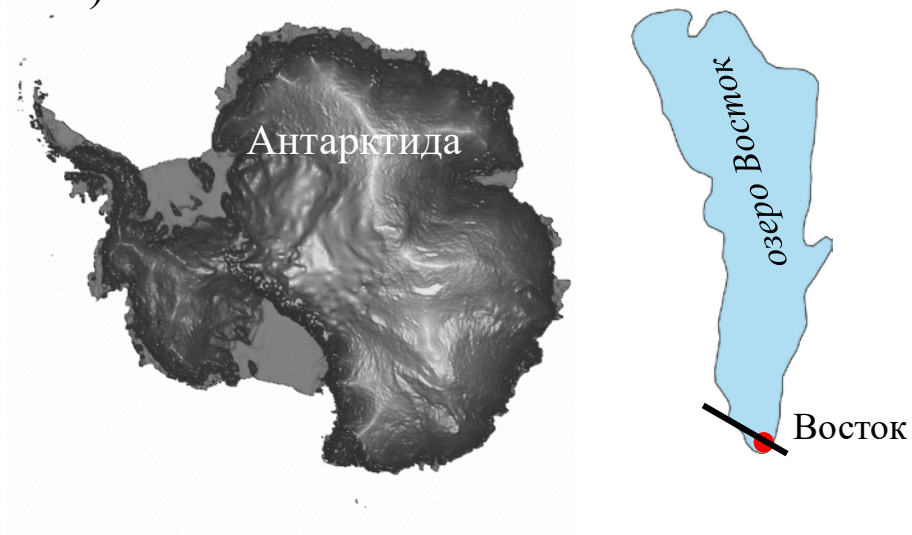


1000 км

Разрез озера и подстилающего коренного ложа

(по сейсмическим и радиолокационным данным)

Депрессия озера образовалась
в ледниковое время,
15-20 млн. лет назад



Геология центральной Антарктиды

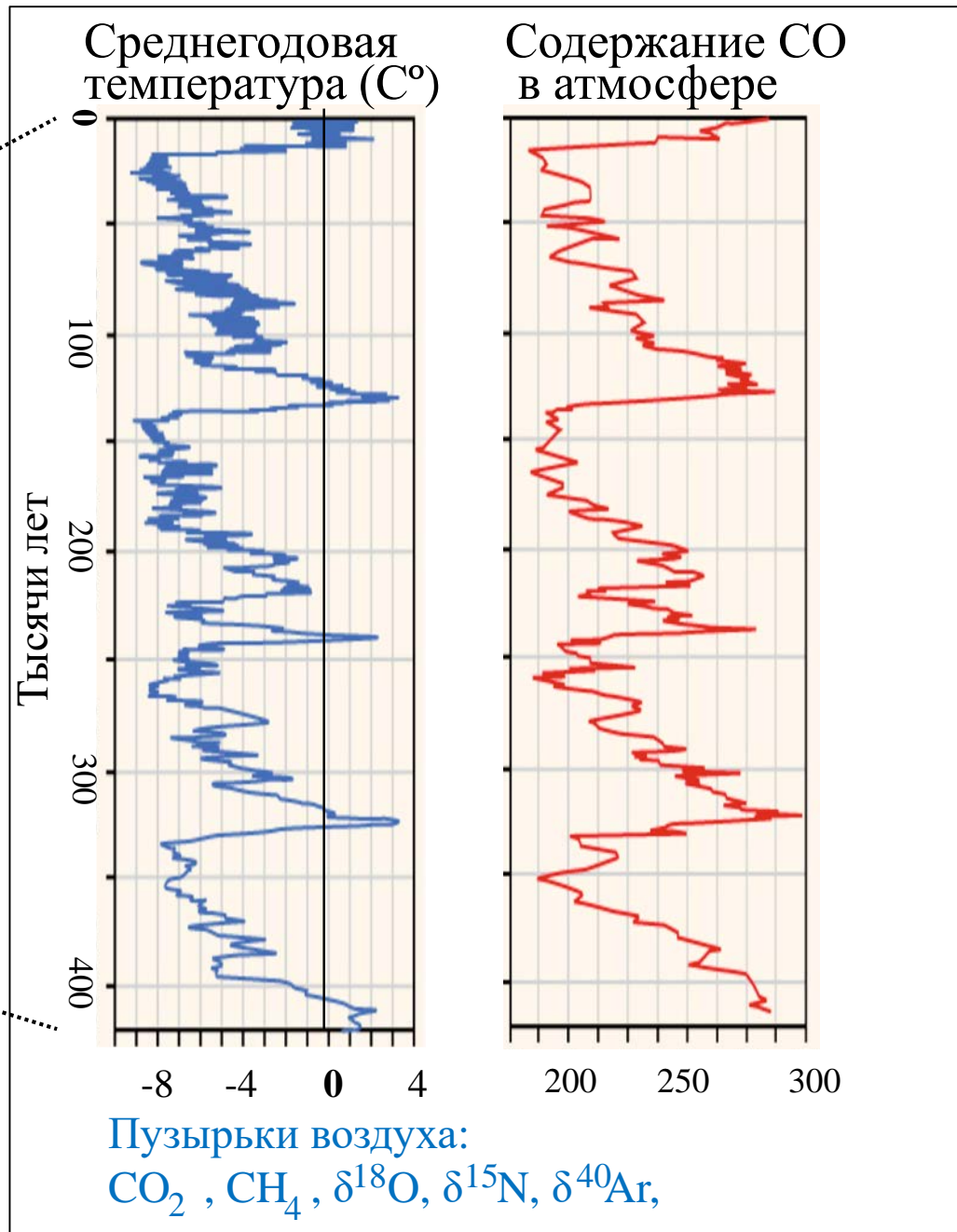
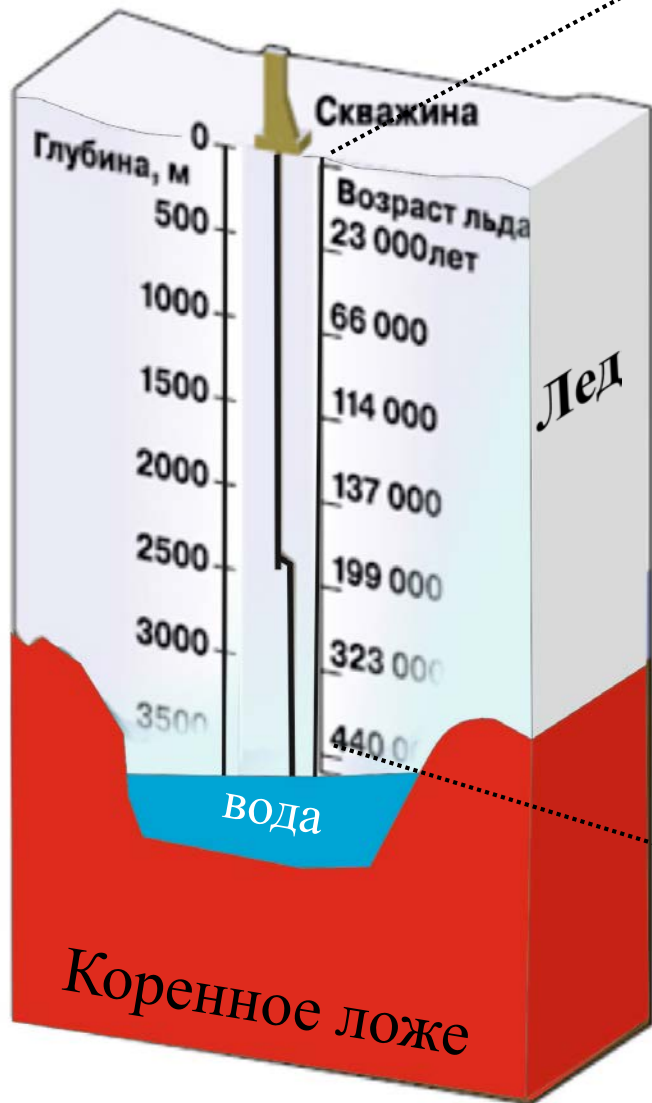
по результатам бурения ледовой скважины
на станции Восток

Станция Восток

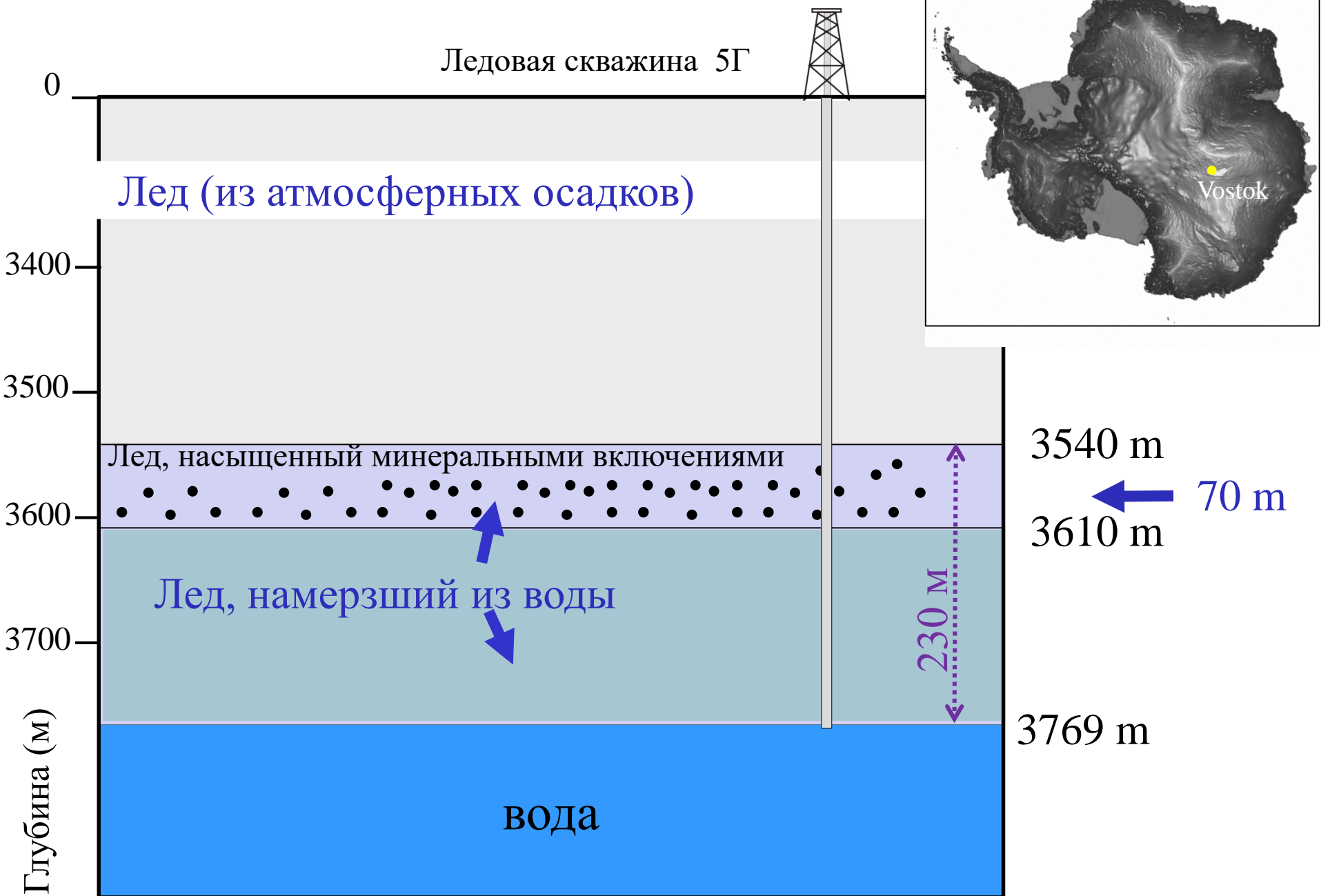
Буровая скважина 5Г
(1990 г.)



Реконструкция климата и состава атмосферы в прошлом

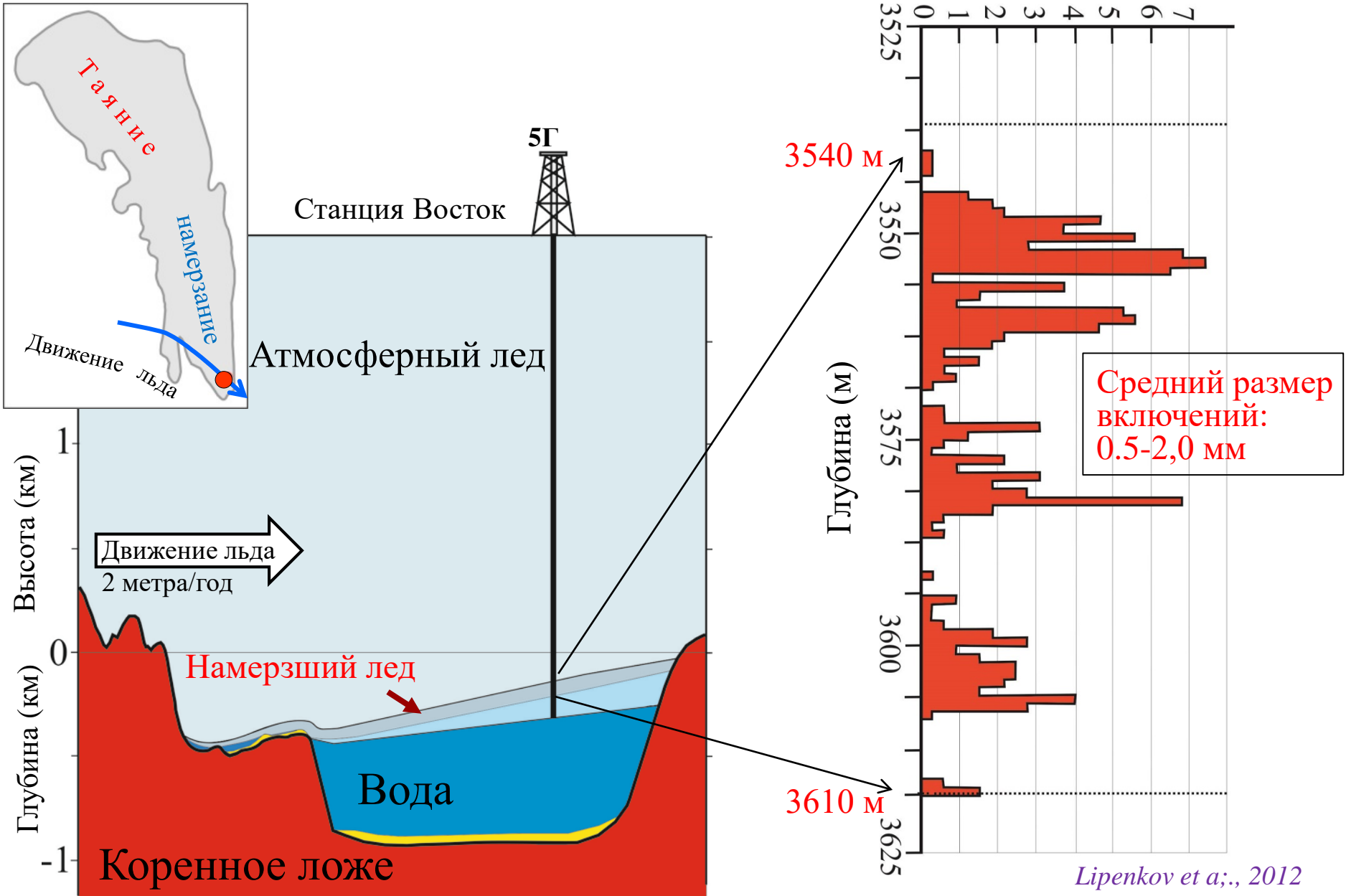


Строение льда

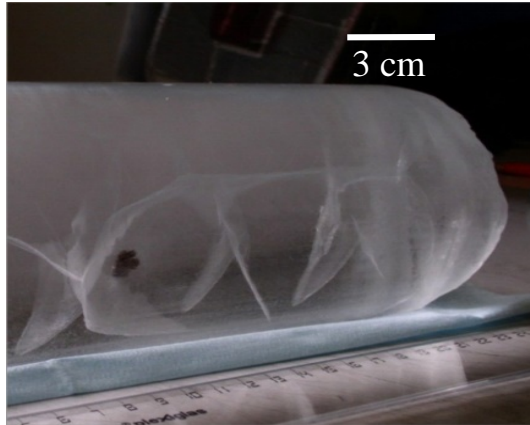


Разрез льда и подледной среды

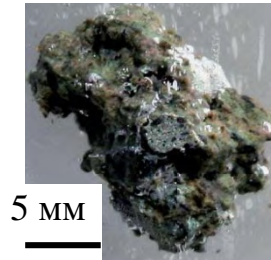
Количество включений
на литр льда в скважине



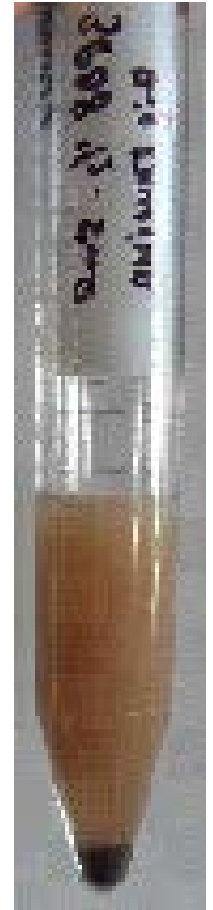
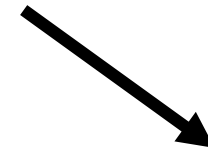
Минеральные включения



Включение в керне льда



Включение
во льду

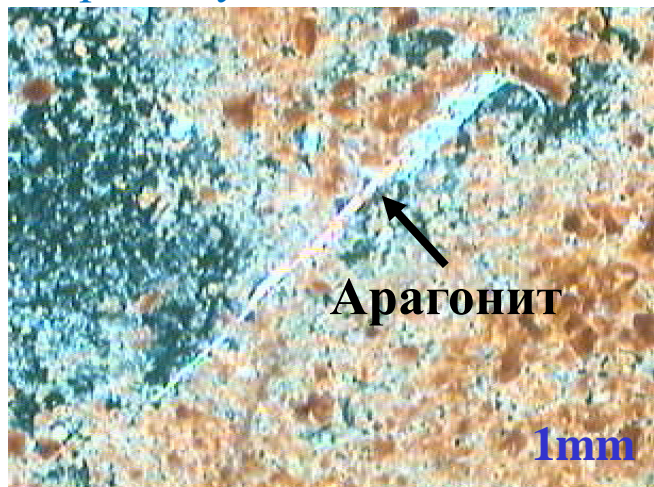


После таяния льда
в колбе я разрушения

Включения - рыхлые агрегаты
состоящие из глинистой массы,
зерен минералов и обломков пород

Обнаруженные минералы

Керн с глубины 3549 м



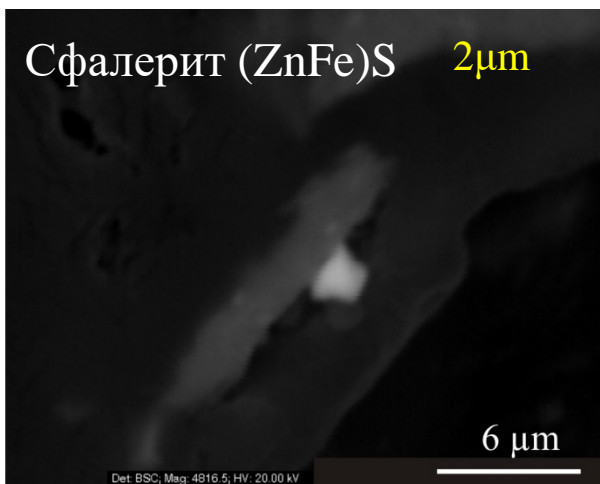
1 mm

Керн с глубины 3550 м

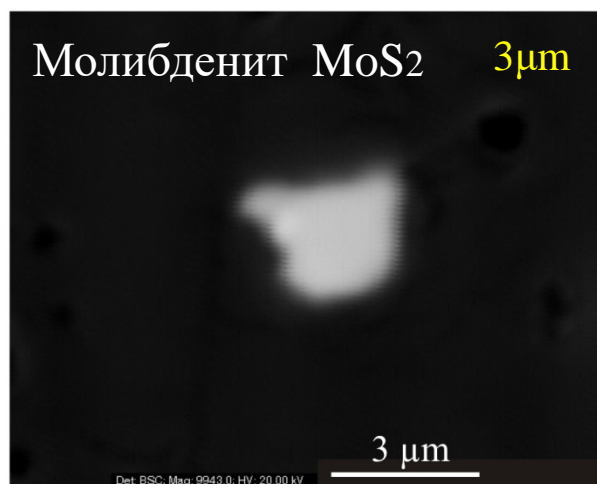


0,3 mm

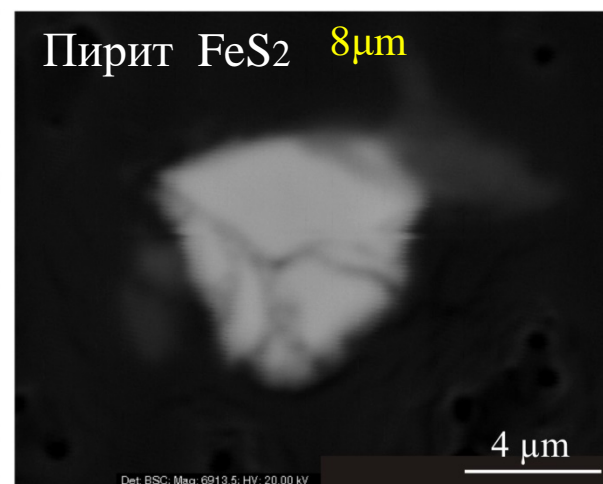
Керн с глубины 3559 м



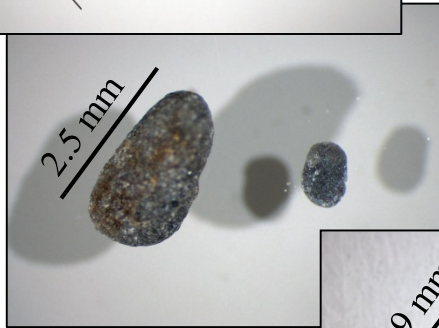
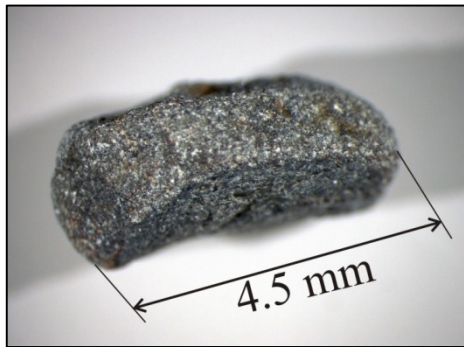
6 μ m



3 μ m

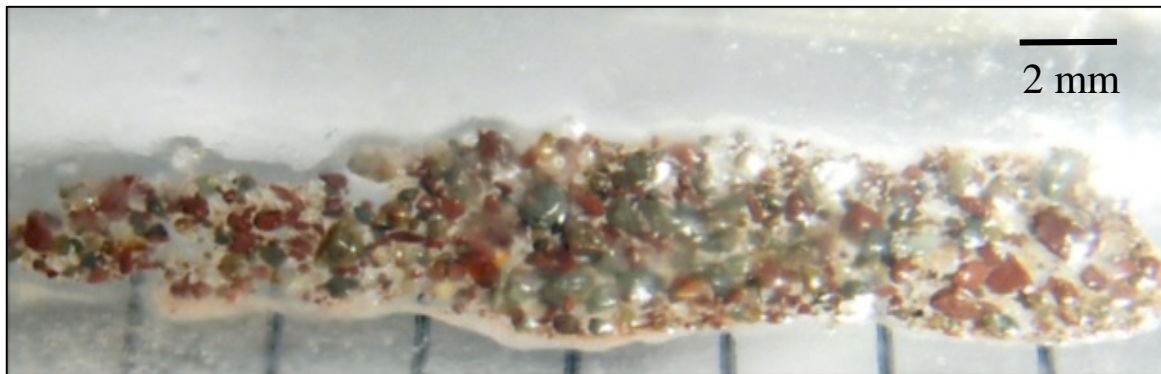
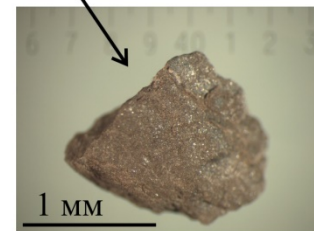
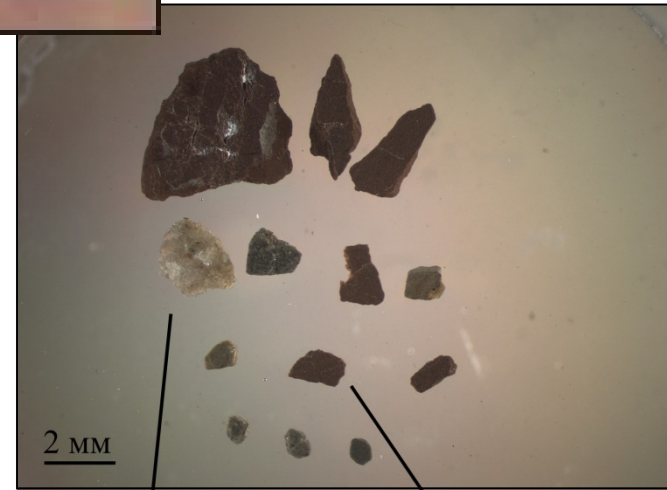


4 μ m



Обломки горных пород с глубины 3607-3608 м

Песчаники алевролит



Глинистые минералы



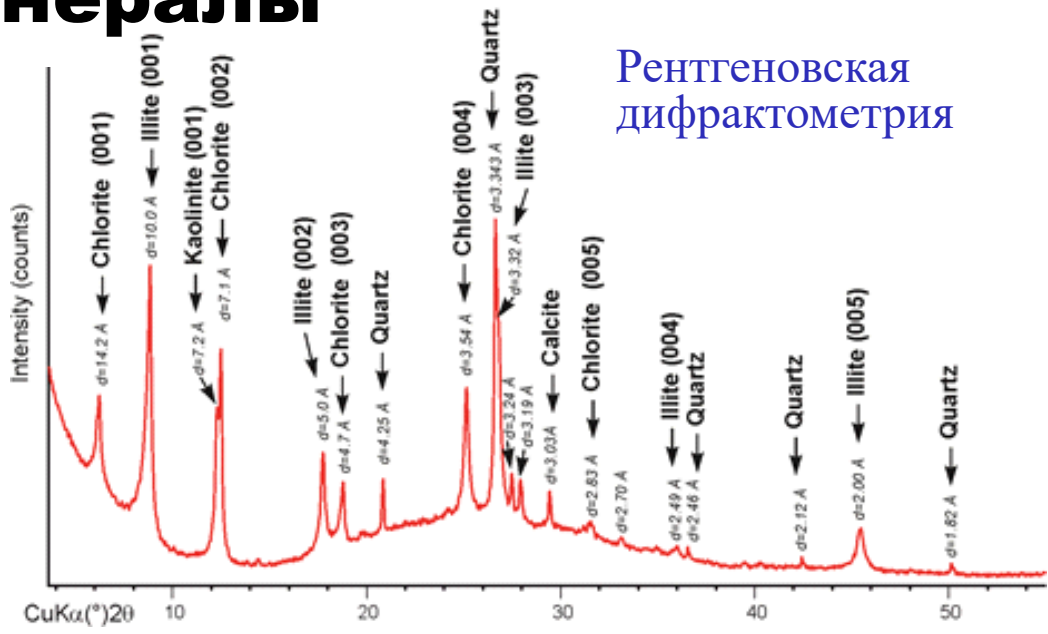
Глинистая суспензия



Глина

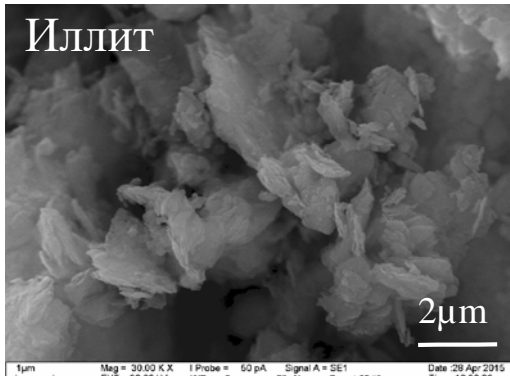
3 см

Обломки минералов и горных пород

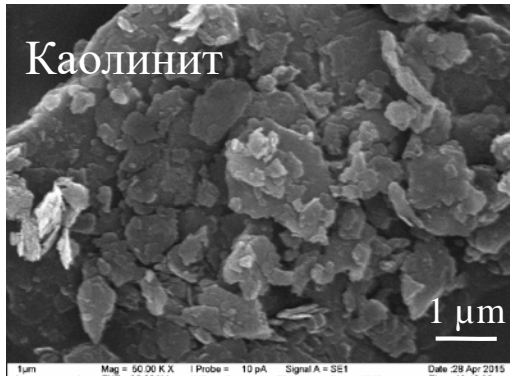


Рентгеновская дифрактометрия

Фотографии на электронном микроскопе



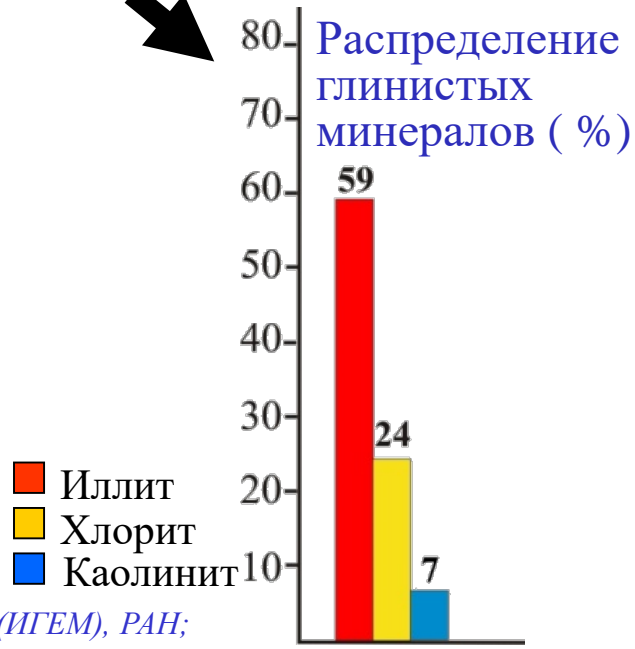
Иллит



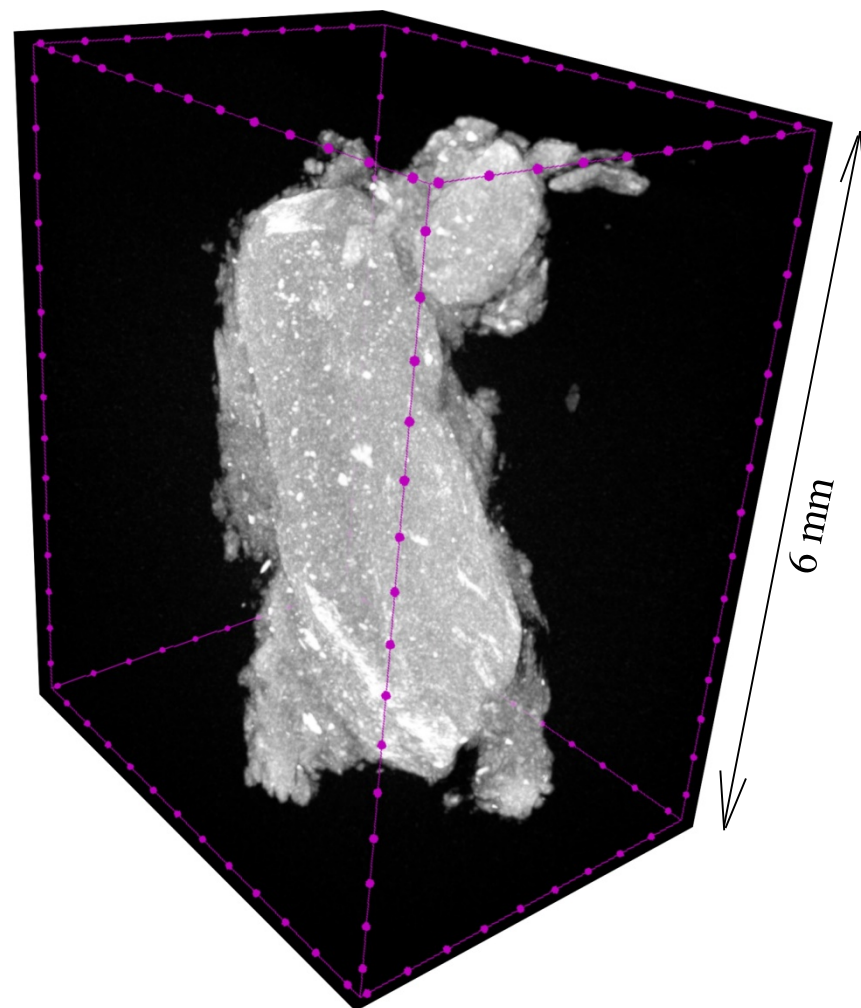
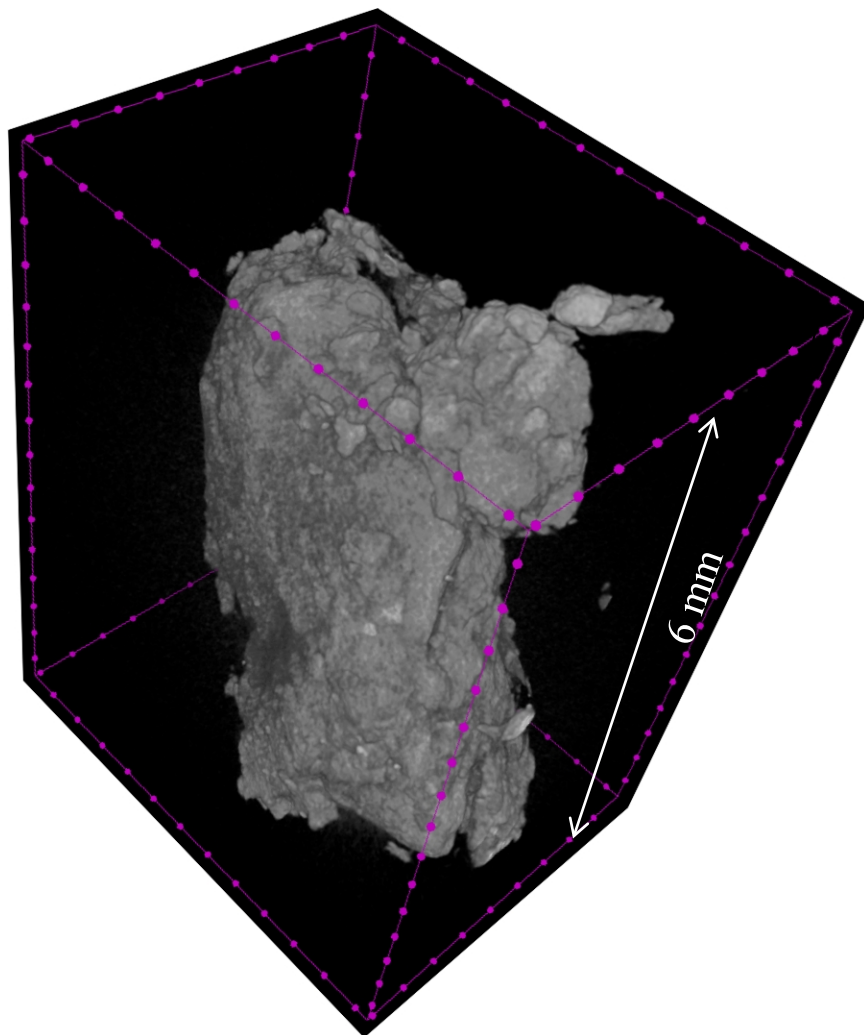
Каолинит

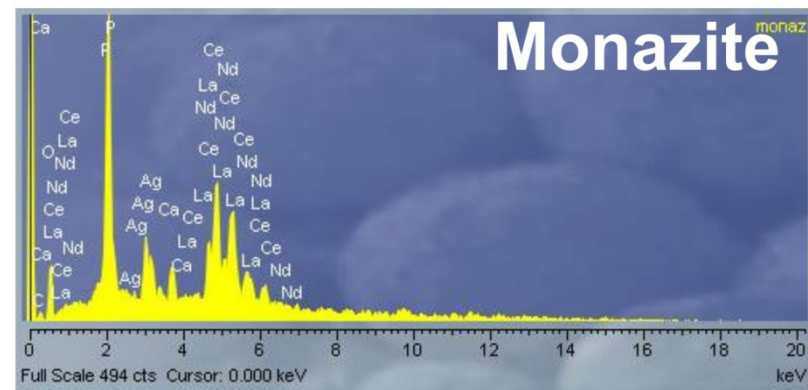
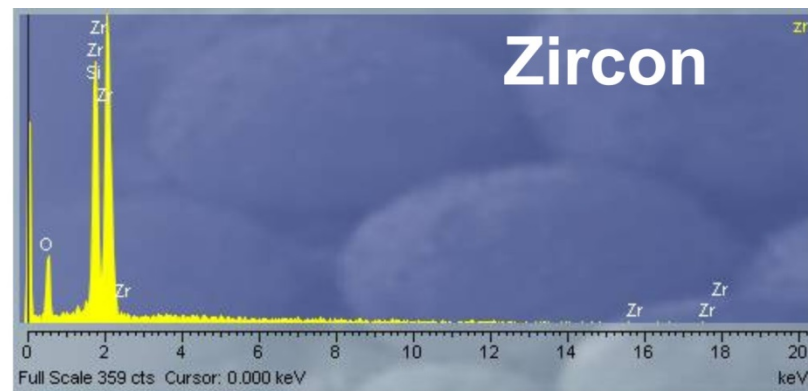
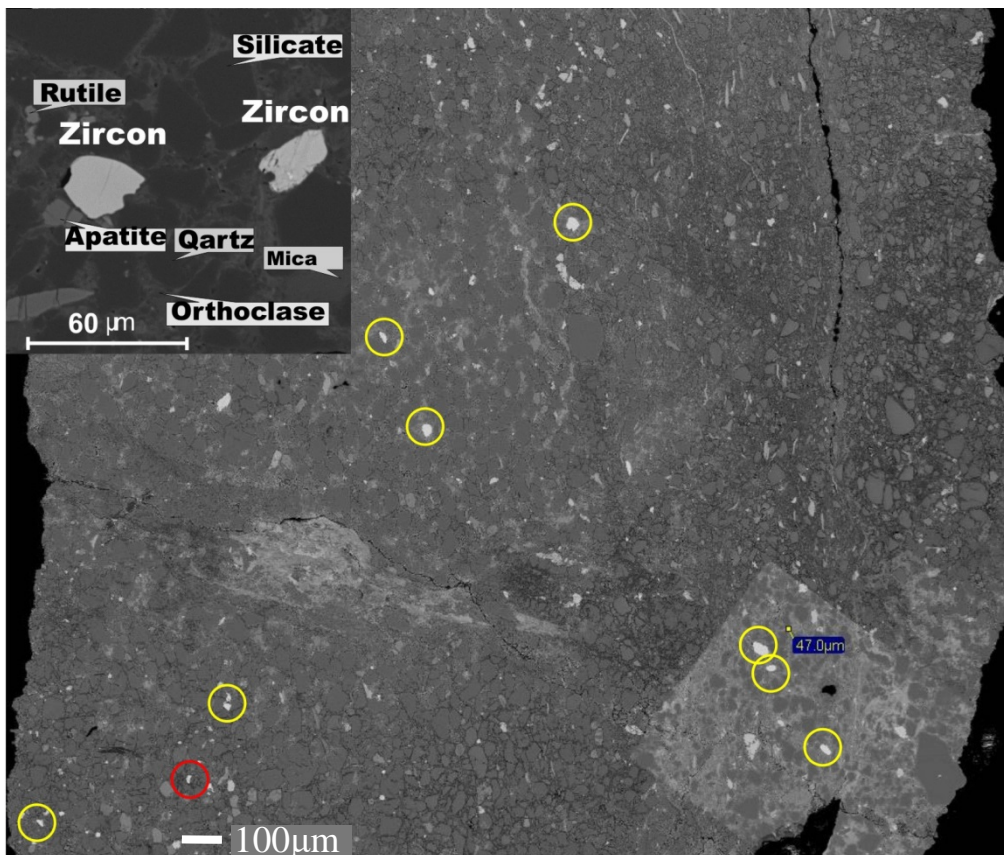


Распределение глинистых минералов (%)



Рентгеновская томография обломка горной породы



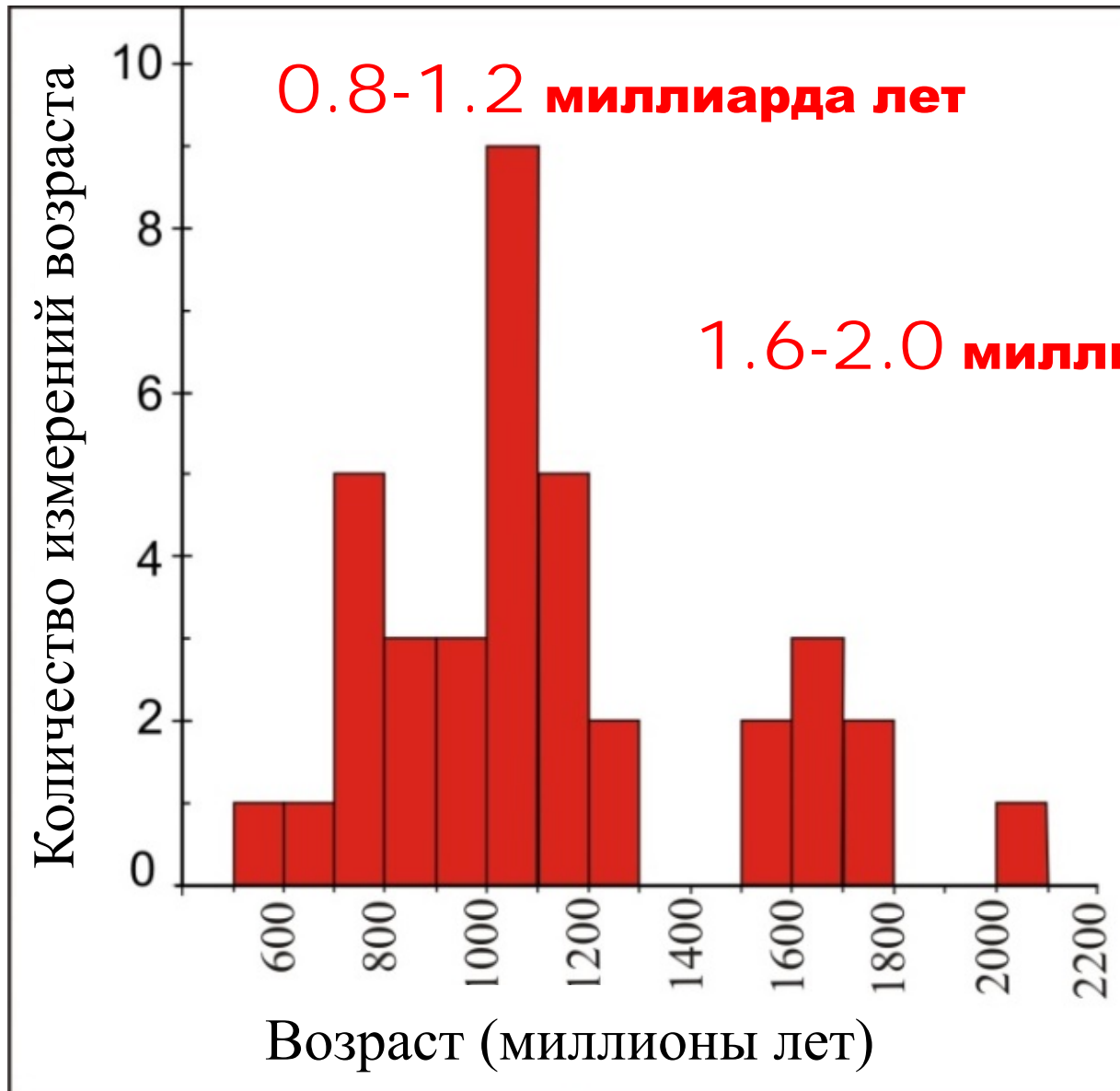


○ Циркон
○ Моноцит

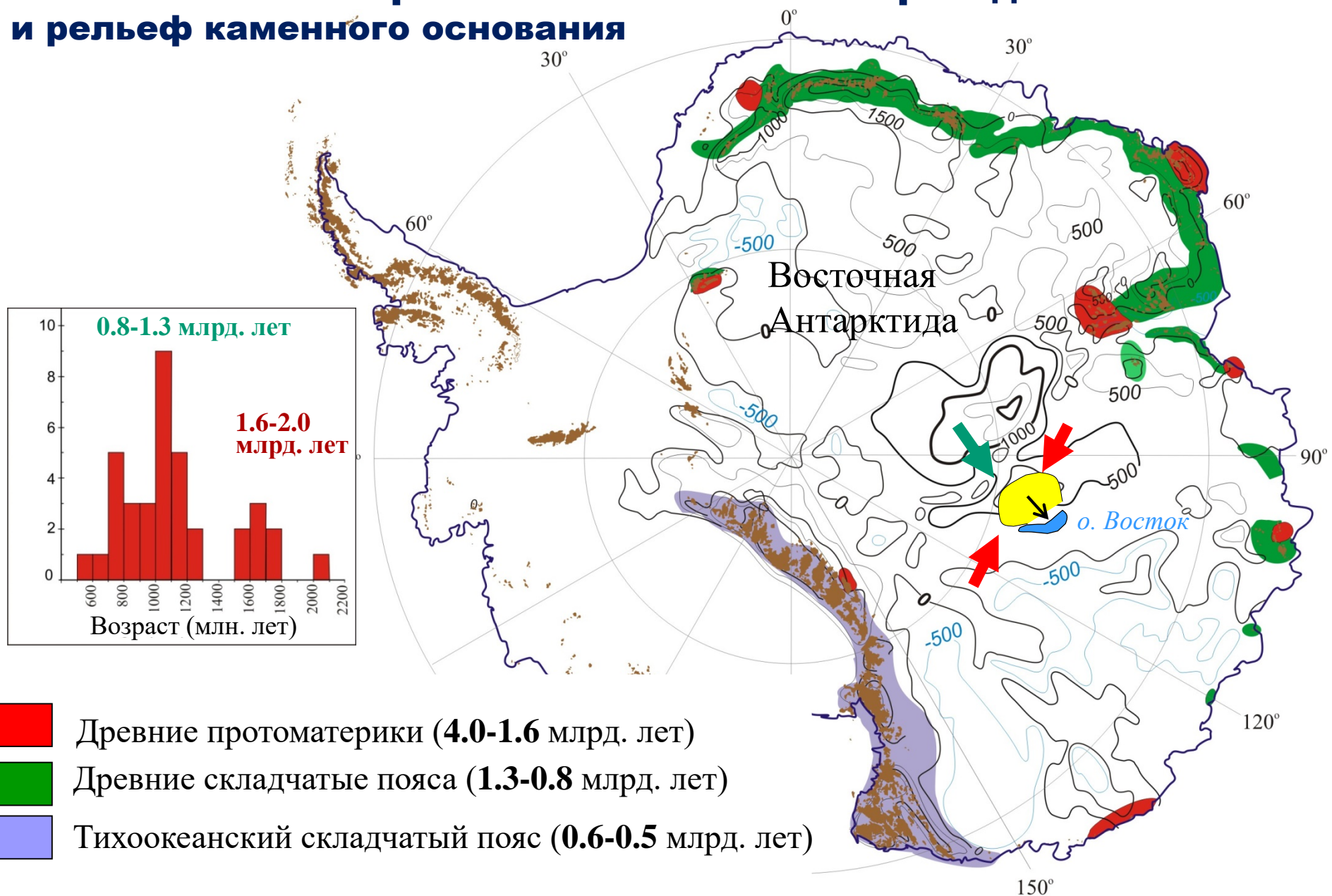
Исследования на микрозонде

Получен возраст по 40 зернам урансодержащих минералов

Возраста зерен циркона



Геологическое строение Восточной Антарктиды и рельеф каменного основания

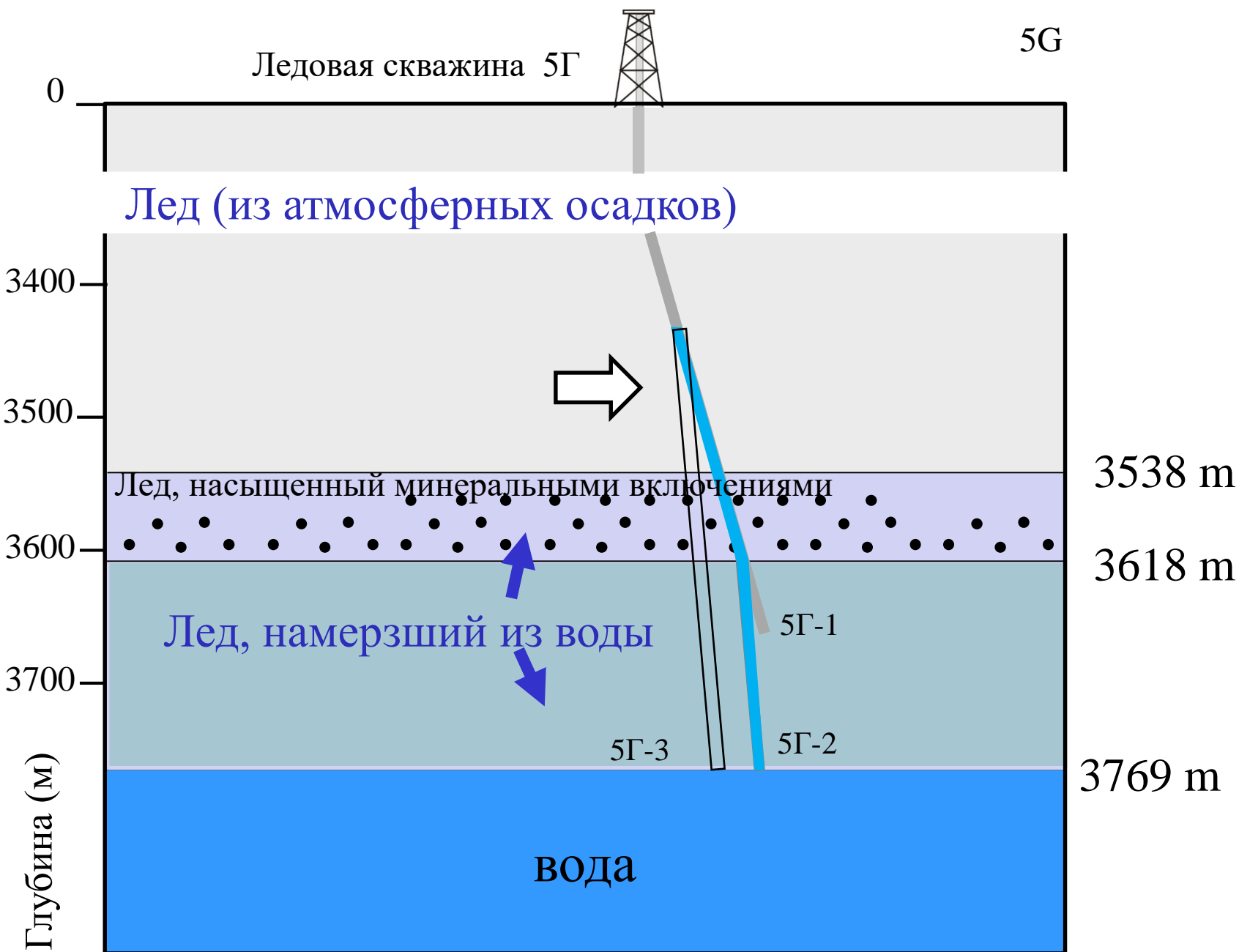


Древний осадочный бассейн (500 млн. лет)

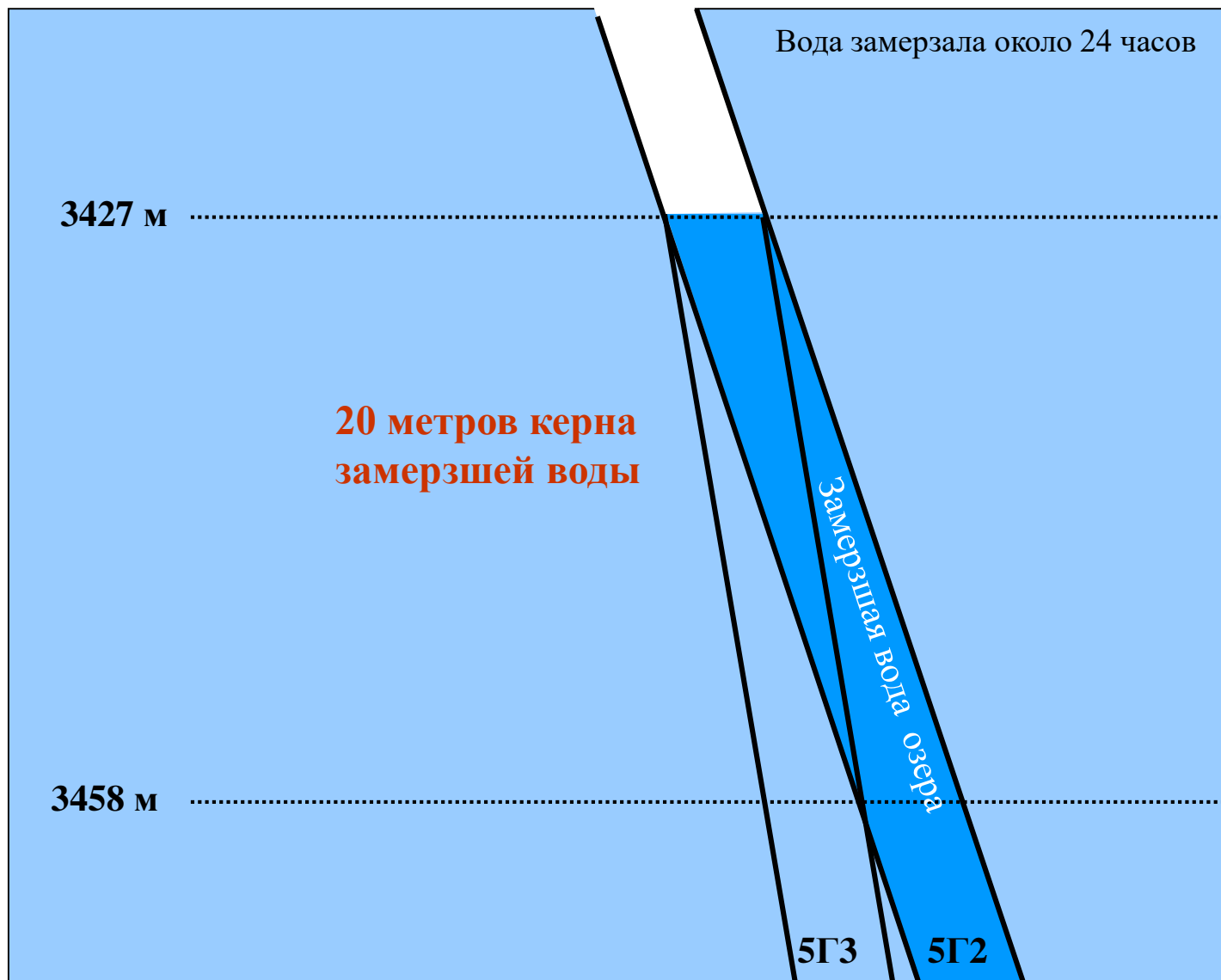
Озерная вода

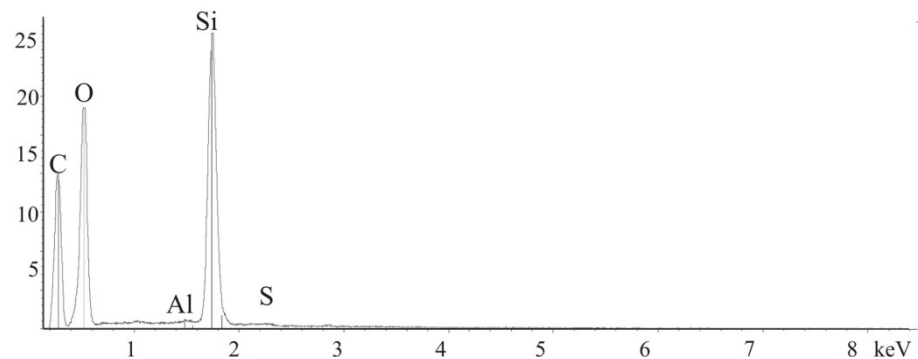
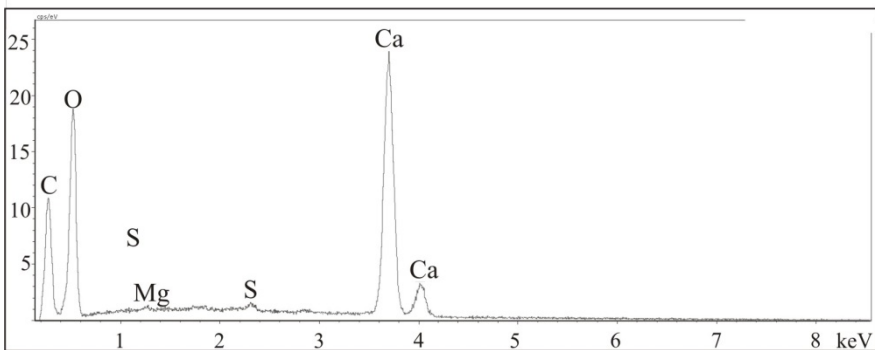
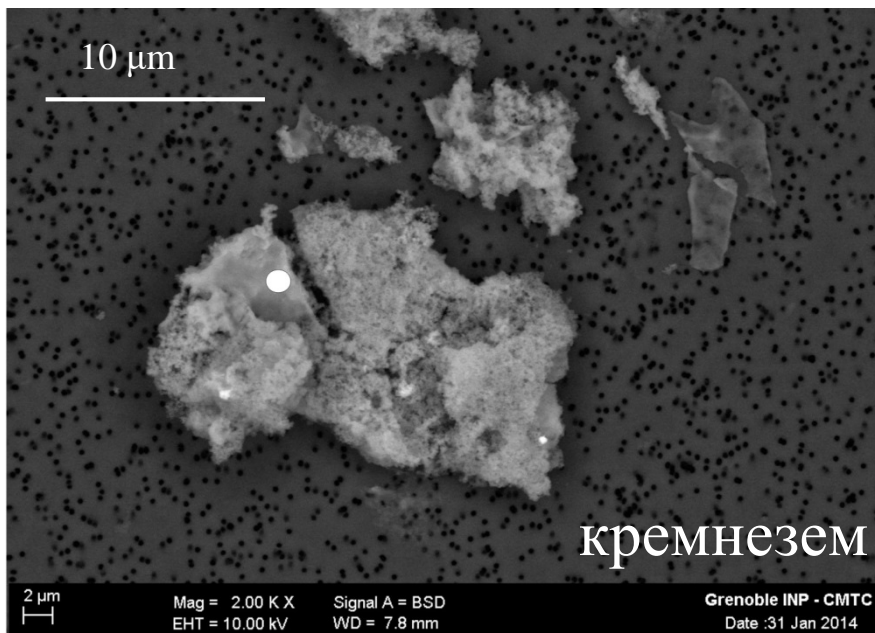
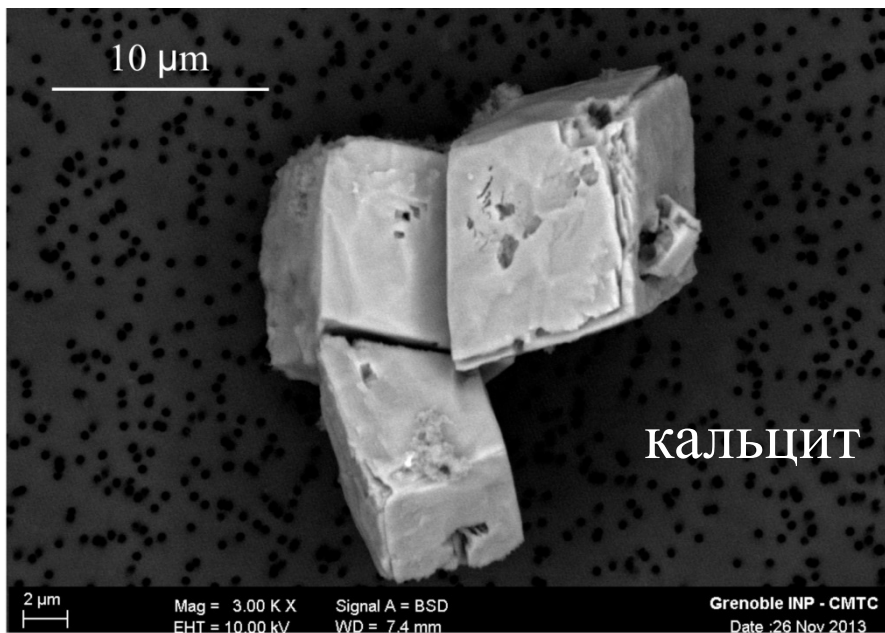
Изучение кернов замерзшей воды

Бурение льда и проникновение в озеро



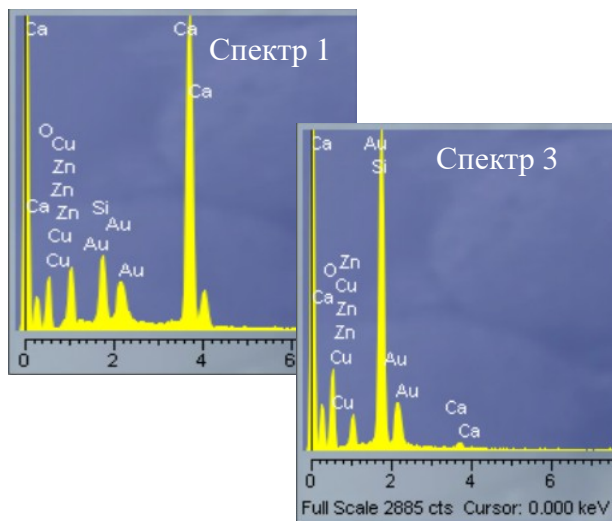
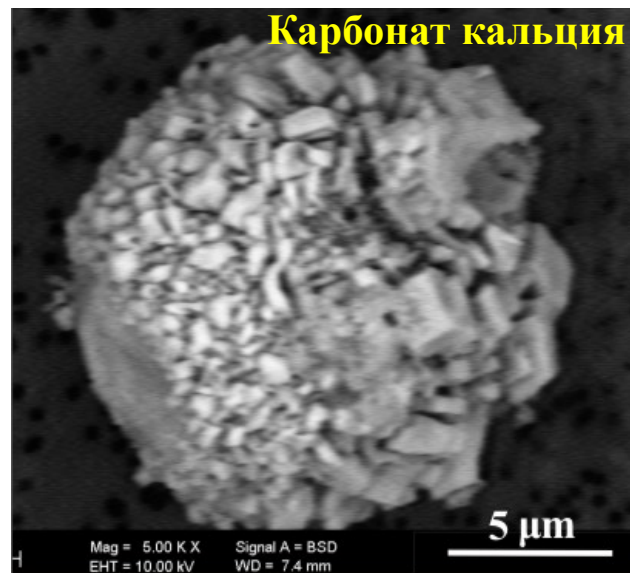
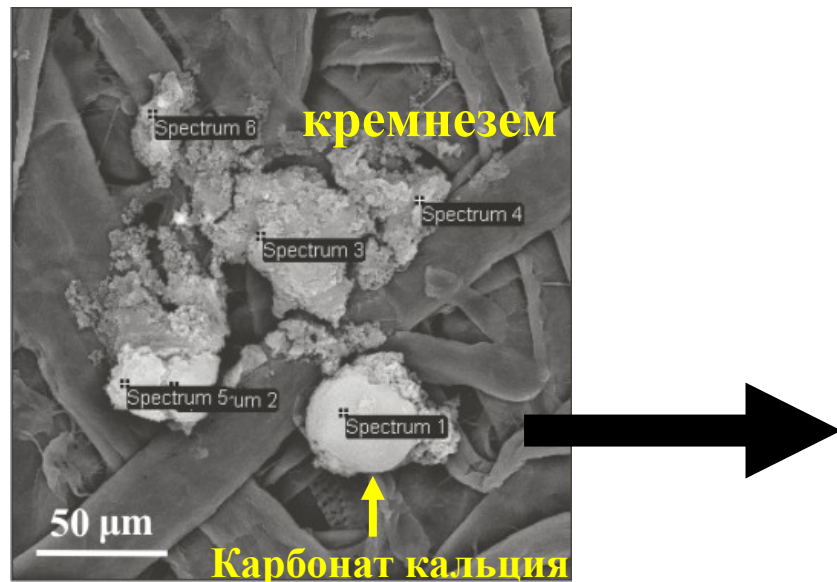
Изучение замерзшей воды озера





Карбонат кальция (кальцит?)

Сферулит

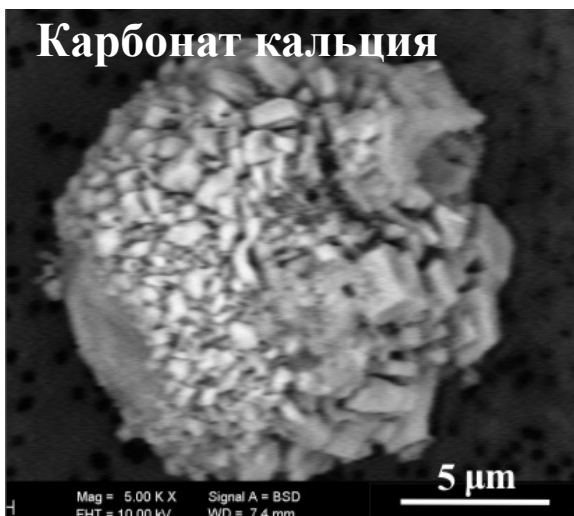
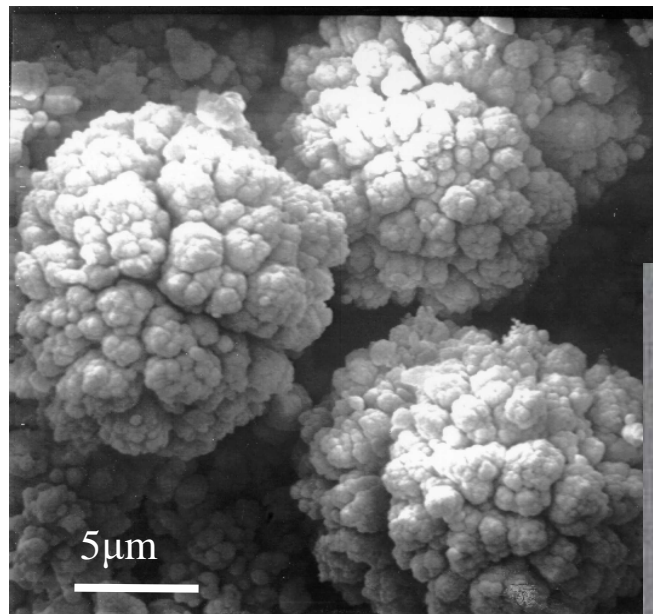


Большая часть зерен карбоната кальция имеет сферическую форму

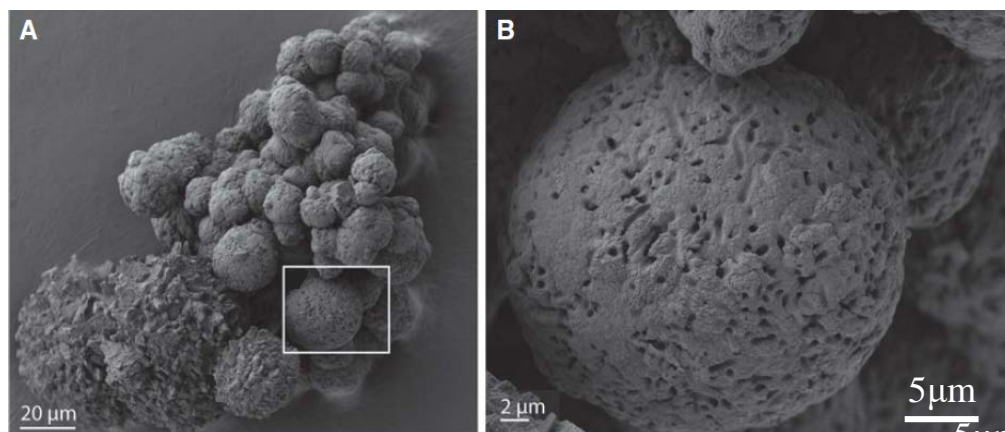
Происхождение?

Сферическая форма Ватерита

Tracy et al., 1998



Сферические агрегаты образованные *Arthrobacter sp.*



Ronholm et al., 2014

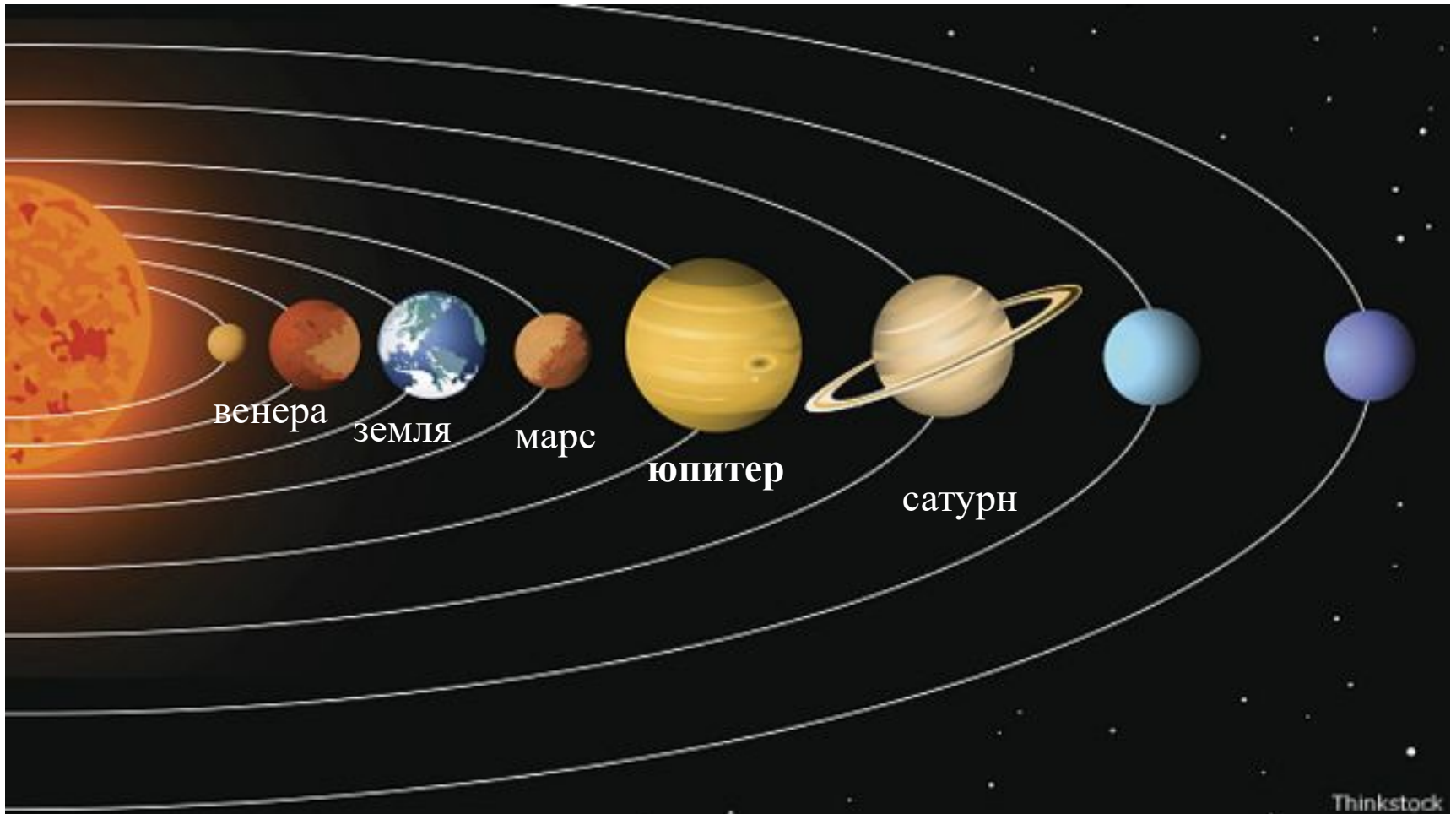
Биогенный материал ?

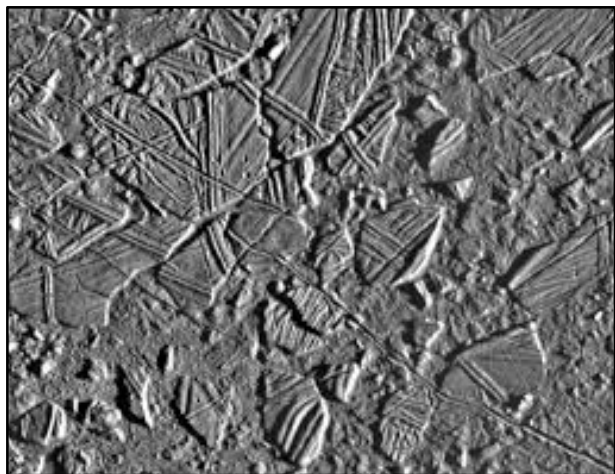
Озера (водоёмы) пресной воды подо льдом Антарктиды



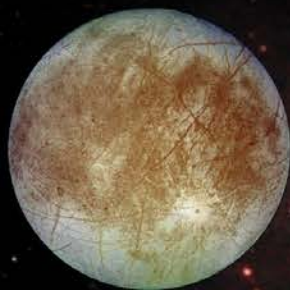
В настоящее время подо льдом Антарктиды открыто **380** озер и многие из них сообщаются друг с другом.

Антарктические озера и космические исследования





Ио



Европа



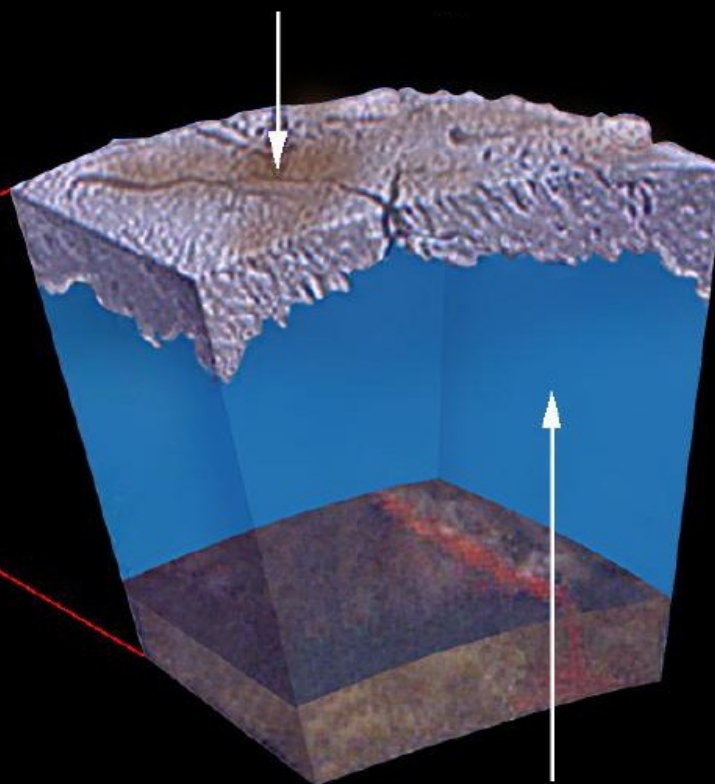
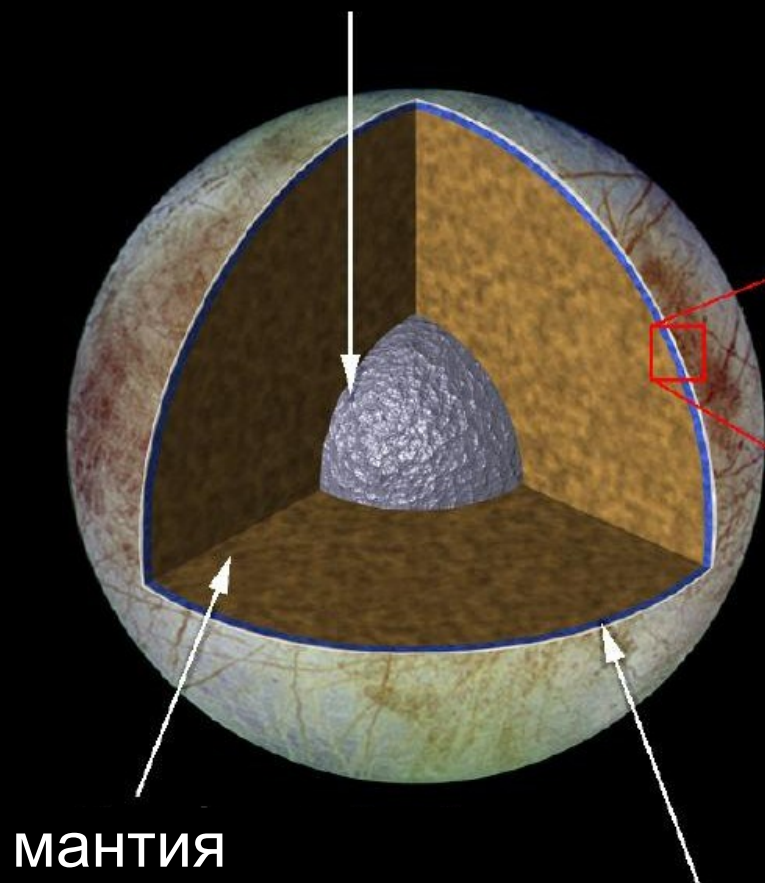
Каллисто



Ганимед

Металлическое ядро

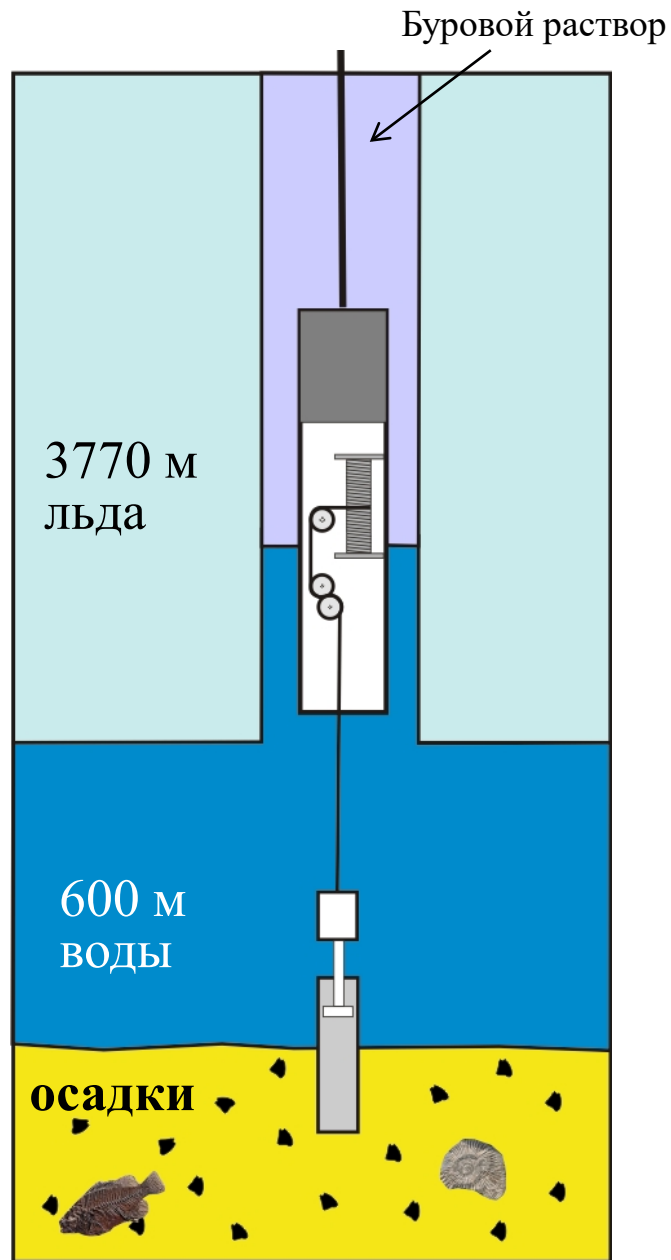
Лед



Будущие исследования озера Восток

Следующая задача – опробование осадков со дна озера Восток

Осадки озера – уникальный
архив информации о природной
среде Антарктики в геологическом
прошлом



Спасибо