

Характеристика состава сульфидных расплавов существовавших при образовании гранит-порфиров ассоциирующих с гранитами-рапакиви (Салминский батолит, Карелия).

Конышев А.А.¹

1- Институт геологии Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск.

Данная работа является частью работ по теме НИР ИГ КарНЦ РАН «Минерагенические и рудообразующие системы докембрия Карелии».

Введение

- Сульфидные расплавы концентрируются рудного вещества. Коэффициенты распределения некоторых металлов могут составлять $n > 10000$ в пользу сульфидного. (Peach et al., 1990)
- Растворимость сульфидной серы в силикатном расплаве не достигает выше первых десятых масс%.
- Информация о составе сульфидного расплава в крупных интрузивных телах может быть значительно искажена или уничтожена в результате постмагматических процессов.
- Информация о них может быть сохранена в виде включений в минералах в быстрозакалённых телах.

Введение

Дайки – природные эксперименты по экстракции вещества в область пониженного давления с последующей закалкой. В связи с быстрой кристаллизацией происходит более интенсивный захват включений минералообразующих сред.



Введение

- В данной работе рассмотрены новые данные по дайковым телам гранит-порфиров ассоциирующие с анортозит - рапакивигранитными комплексами пород (Салминский батолит, Карелия).
- Анортозит-рапакивигранит содержащие комплексы (АРГК) испытывали максимальный расцвет в истории нашей планете в диапазоне с 2 по 1 млрд. лет назад.
- Предполагается, что АРГК связаны с появлением долгоживущих мантийных плюмов в условиях аномально толстой континентальной коры.

Геологический очерк

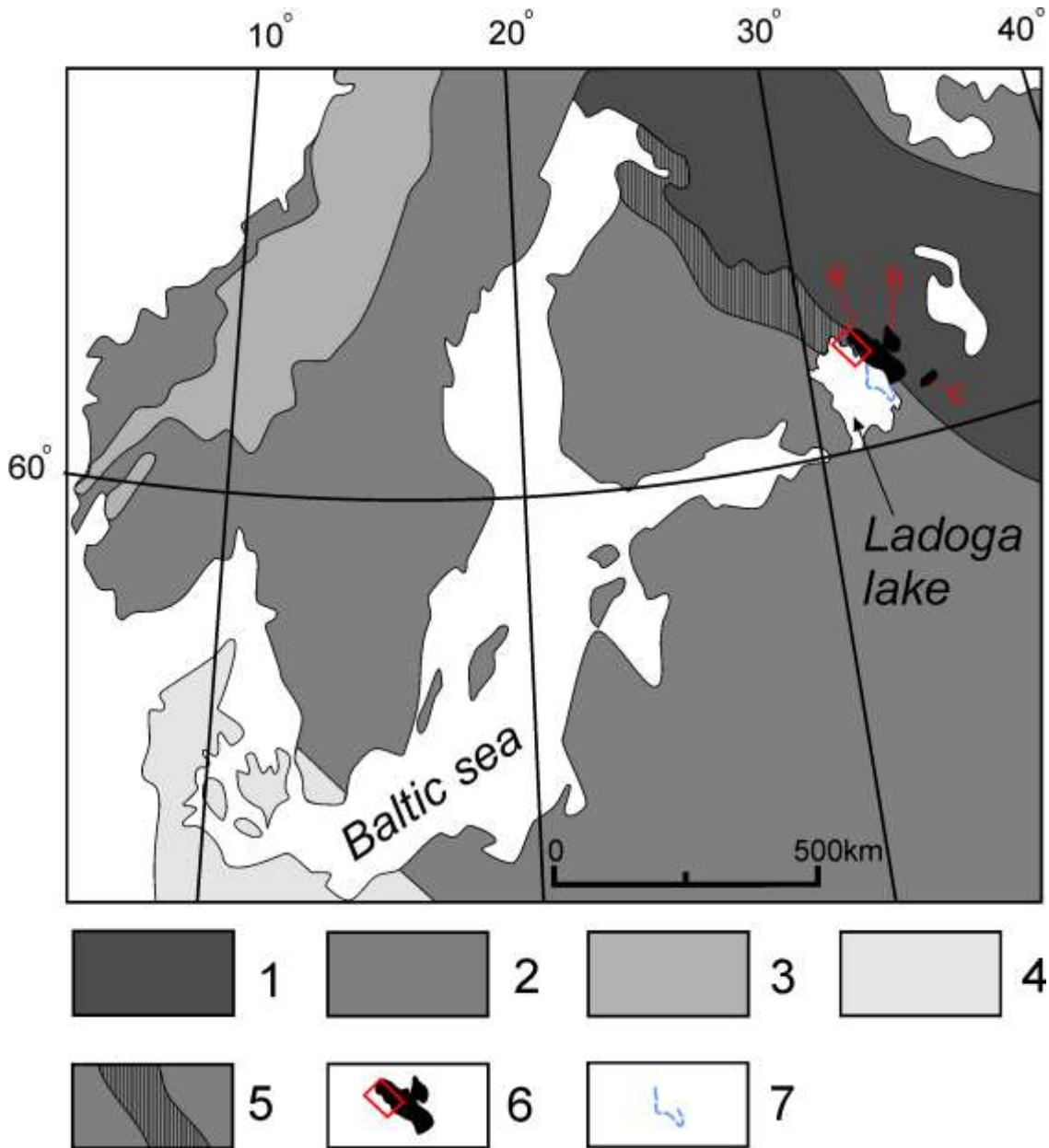
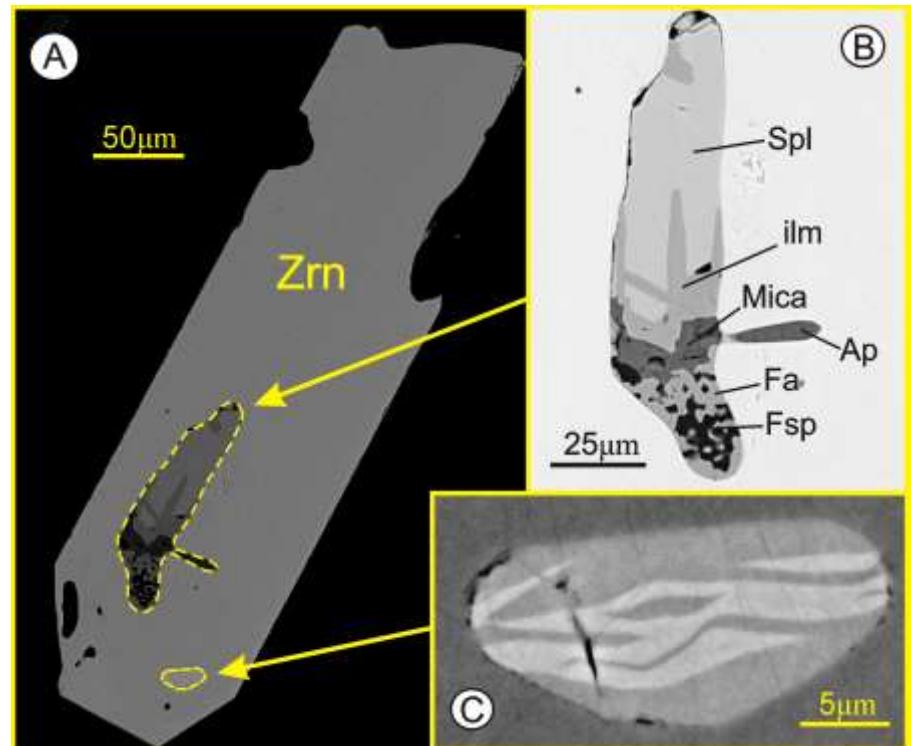


Рис.1. Геологическая схема расположения Салминского батолита на Восточно-Европейской платформе.

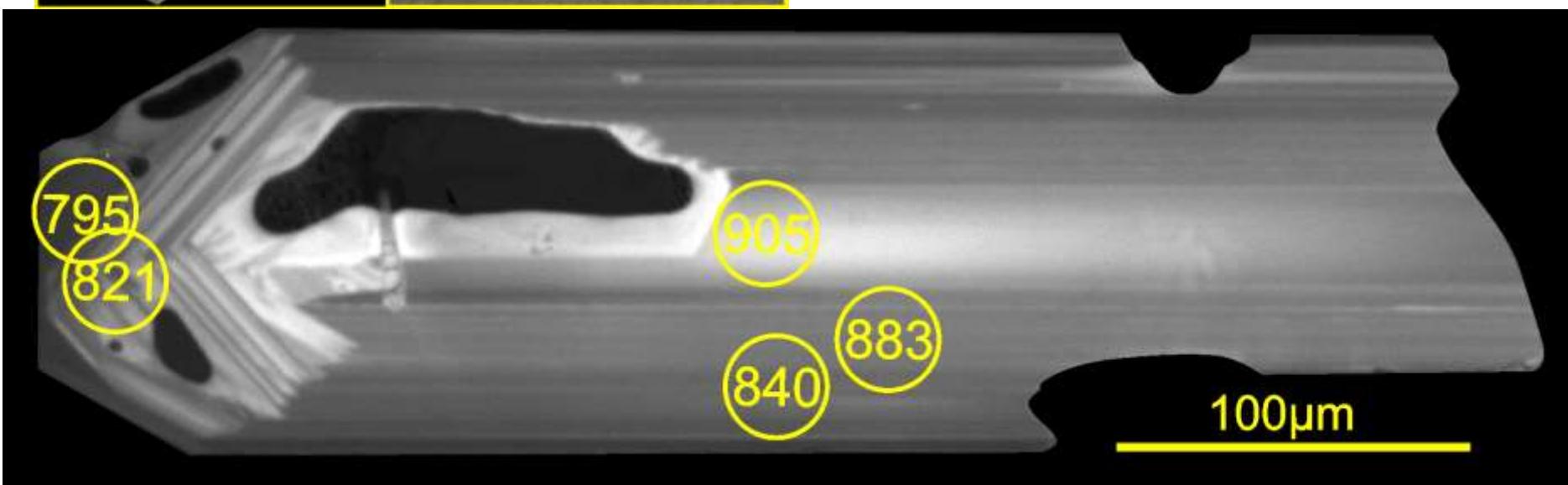
С добавлениями и упрощениями по (Sharkov, 2010; Gorokhov et. al., 2021).

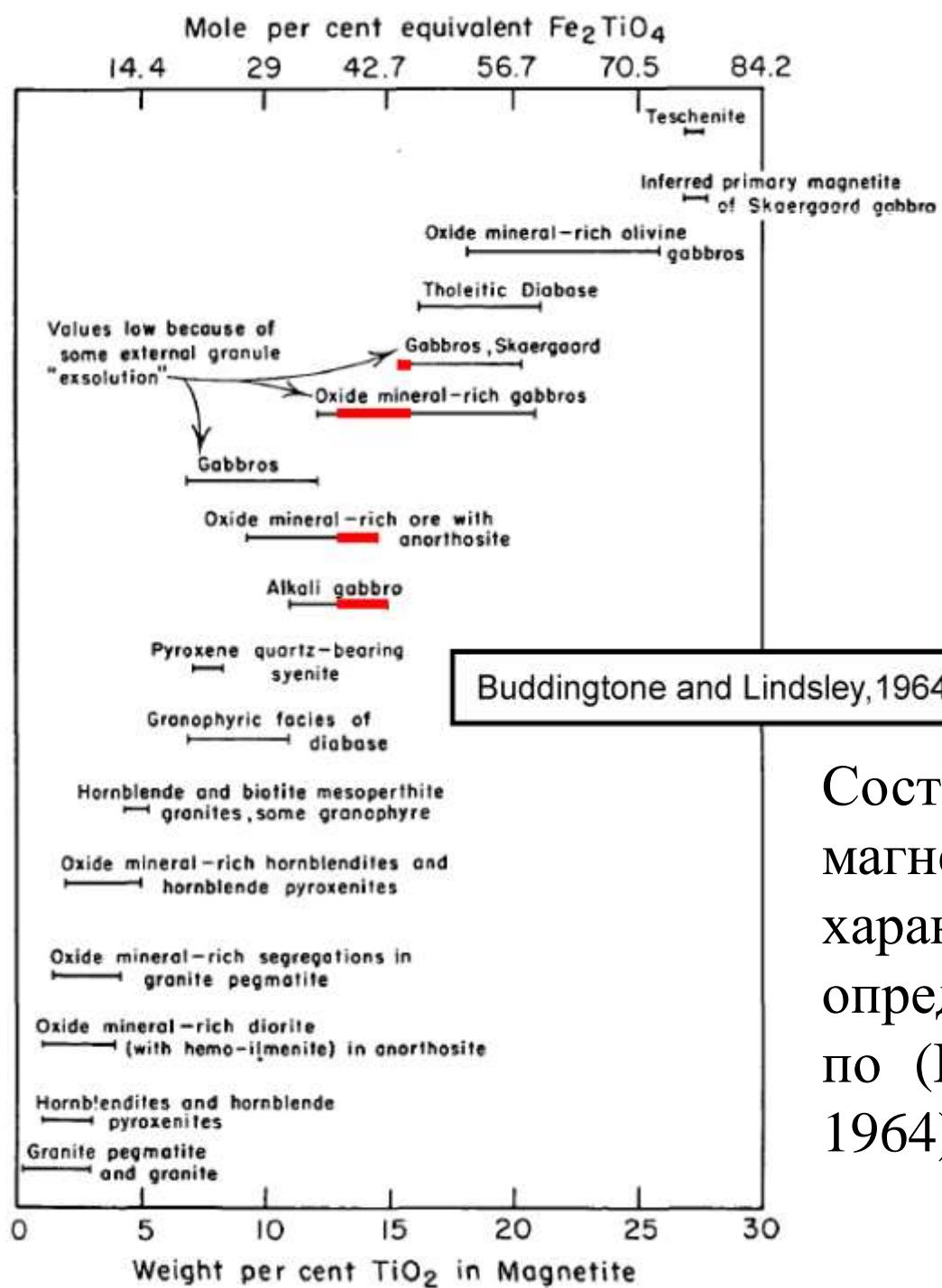
- 1 – Архейский фундамент,
 - 2 – Свекофинский ороген,
 - 3 – Каледонский ороген,
 - 4 – Породы за пределами Восточно-Европейской платформы,
 - 5 – Паахе-Ладожская зона,
 - 6 – Анортозит-рапакиви-гранитсодержащий комплекс (АРГК) С изучаемой площадью в рамке,
 - 7 – Границы АРГК под береговой линией Ладожского озера.
- Красные буквы обозначают:
- а – Салминский батолит
 - б – Улялегский массив
 - с – Лодейнопольский (Свирский) массив

- Объект исследования – дайки гранит порфиров расположены в Питкярантском рудном районе.
- В Питкярантском рудном районе расположены многочисленные Sn-Fe-редкометалльно-полиметаллические рудопроявления связанные со скарнами и апоскарновыми грейзенами.
- Многие разрабатывались в 19 веке на Sn и Fe, в настоящее время существуют Sn рудопроявления и месторождение на балансе (Кительское).
- Также эти объекты рассматриваются в данный момент как потенциальные на In.

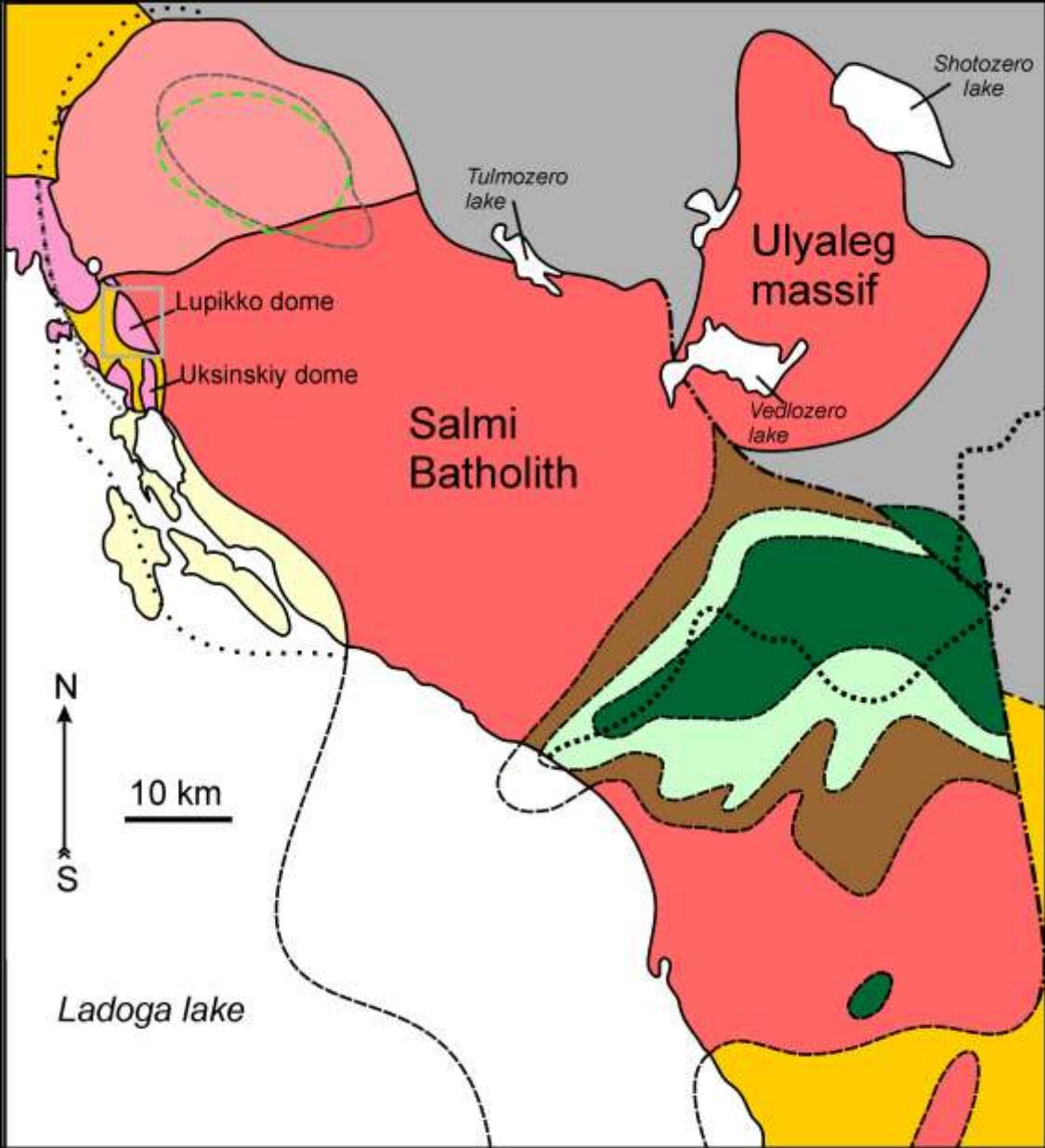


А - Циркон со вскрытыми полировкой: силикатным включением - В и сульфидным - С (их границы показаны пунктиром), BSE. Zrn - циркон, Spl - группа шпинели (магнетит-ульвешинель-ганит), ilm - ильменит, Mica - лепидомелан, Ap - фторапатит, Fa - фаялит (Fa 96.54, Fo 1.71, Te 1.75), Fsp - олигоклаз (An 20.6).





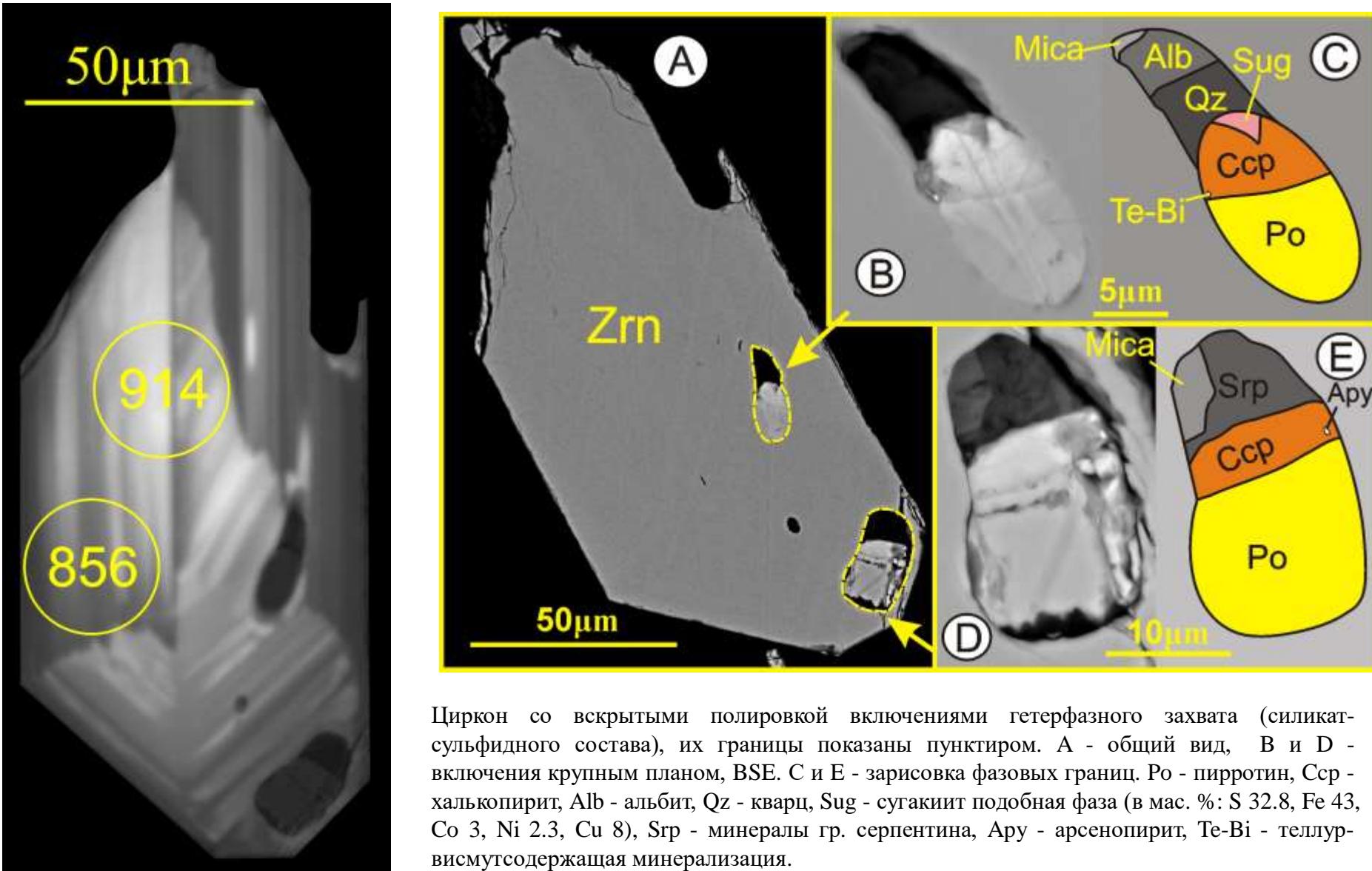
Составы твердого раствора магнетит-ульвешпинель, характерные для определённых горных пород по (Buddington and Lindsley, 1964).



Упрощённая геологическая схема
Салминского Батолита по данным
(Sharkov, 2010; Бескин и др., 1983;
Духовский и др., 1994; Шинкарев и
Анищенкова, 1973)

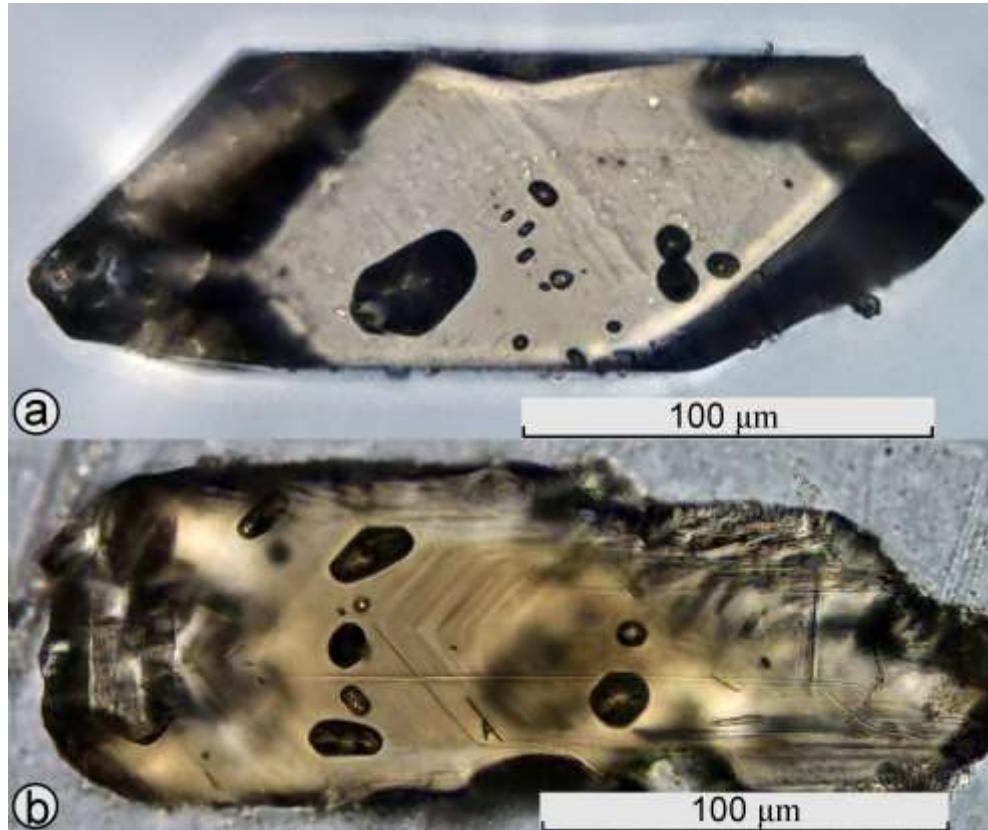
- 1 – Карельский кратон.
- 2 – Гнесогранитные купола AR₂-PR₁.
- 3 – Метавулканиты Ладожской и Сортавальской серий PR₁
- 4 – Биотит-амфиболовые граниты (рапакиви).
- 5 – Биотитовые граниты.
- 6 – зеленые биотит-амфиболовые граниты
- 7 – Монцониты, кварцевые монцониты, диориты, кварцевые диориты.
- 8 – Габбро, нориты, анортозиты.
- 9 – Салминская серия, туффиты и песчаники.
- 10 – предположительные границы.
- 11 – тектонические границы
- 12 – граница платформенного чехла.
- 13 – Внешняя граница гранитоидов по гравиметрическим данным.
- 14 – Линия перегиба угла наклона кровли интрузивных пород
- 15 – Контур пород высокой плотности (предположительно габбро) по гравиметрическим данным.
- 16 – Контур максимального поднятия подошвы гранитоидов по гравиметрическим данным.

- Во включениях гетерофазного захвата силикатного и сульфидного расплава между продуктами распада пирротина и силикатной частью всегда присутствует халькопирит.



Циркон со вскрытыми полировкой включениями гетерофазного захвата (силикат-сульфидного состава), их границы показаны пунктиром. А - общий вид, В и Д - включения крупным планом, ВСЕ. С и Е - зарисовка фазовых границ. Ро - пирротин, Сср - халькопирит, Alb - альбит, Qz - кварц, Sug - сугакиит подобная фаза (в мас. %: S 32.8, Fe 43, Co 3, Ni 2.3, Cu 8), Srp - минералы гр. серпентина, Аpy - арсенопирит, Te-Bi - теллур-висмутсодержащая минерализация.

Методика



Монофракция циркона для исследований выделялась при помощи растворения породы во фтористоводородной кислоте.



Для гомогенизации захваченных включений был произведен прогрев зерен циркона на установке УВГД10000 (газовая бомба, ИЭМ РАН (г. Черноголовка) с быстрой закалкой (сброс продукта эксперимента в холодную зону) при 1000°C и 150 МПа, выдержка 6 часов. Внутреннее газовое заполнение – аргон.

Методика

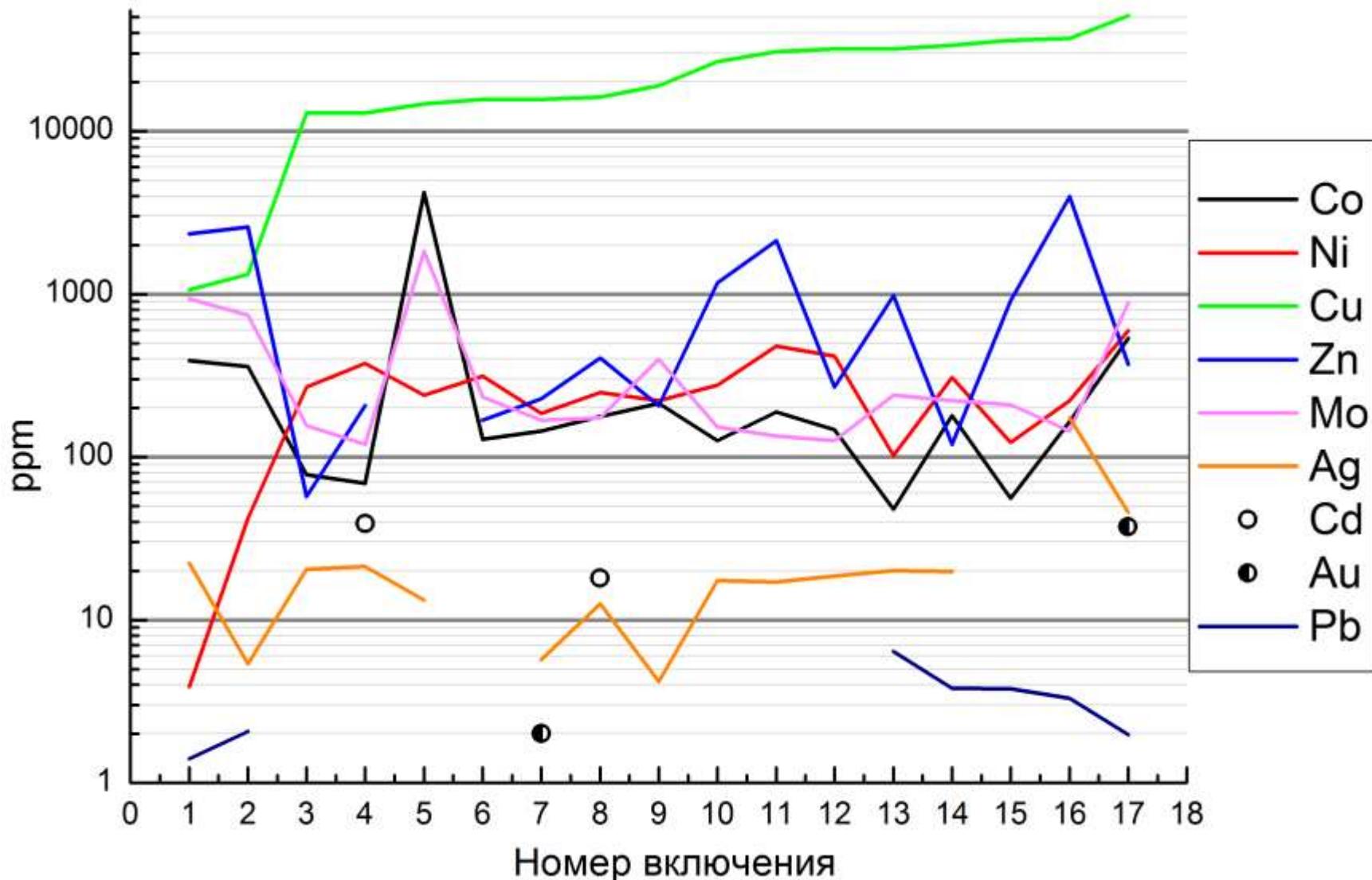
Продукты эксперимента монтировались в шашки из эпоксидной смолы и сполировывались до вскрытия включений минералообразующих сред. После вскрытия включений полировкой – они исследовались при помощи точечных методов анализа.

Определение температуры образования циркона.

- 1) Внутреннее строение цирконов исследовалось при помощи монохроматической катодолюминесценции в диапазоне 185-850 нм на электронном микроскопе Tescan Mira3 (ГЕОХИ РАН) - 32 зерна.
- 2) 10 зерен из них было исследовано методом SIMS на Cameca IMS-4f (ЯФ ФТИАН РАН) - 33 анализа.
- 3) Температура определялась по Ti термометру (Watson et. Al., 2006)

Сульфидные расплавные включения изучались:

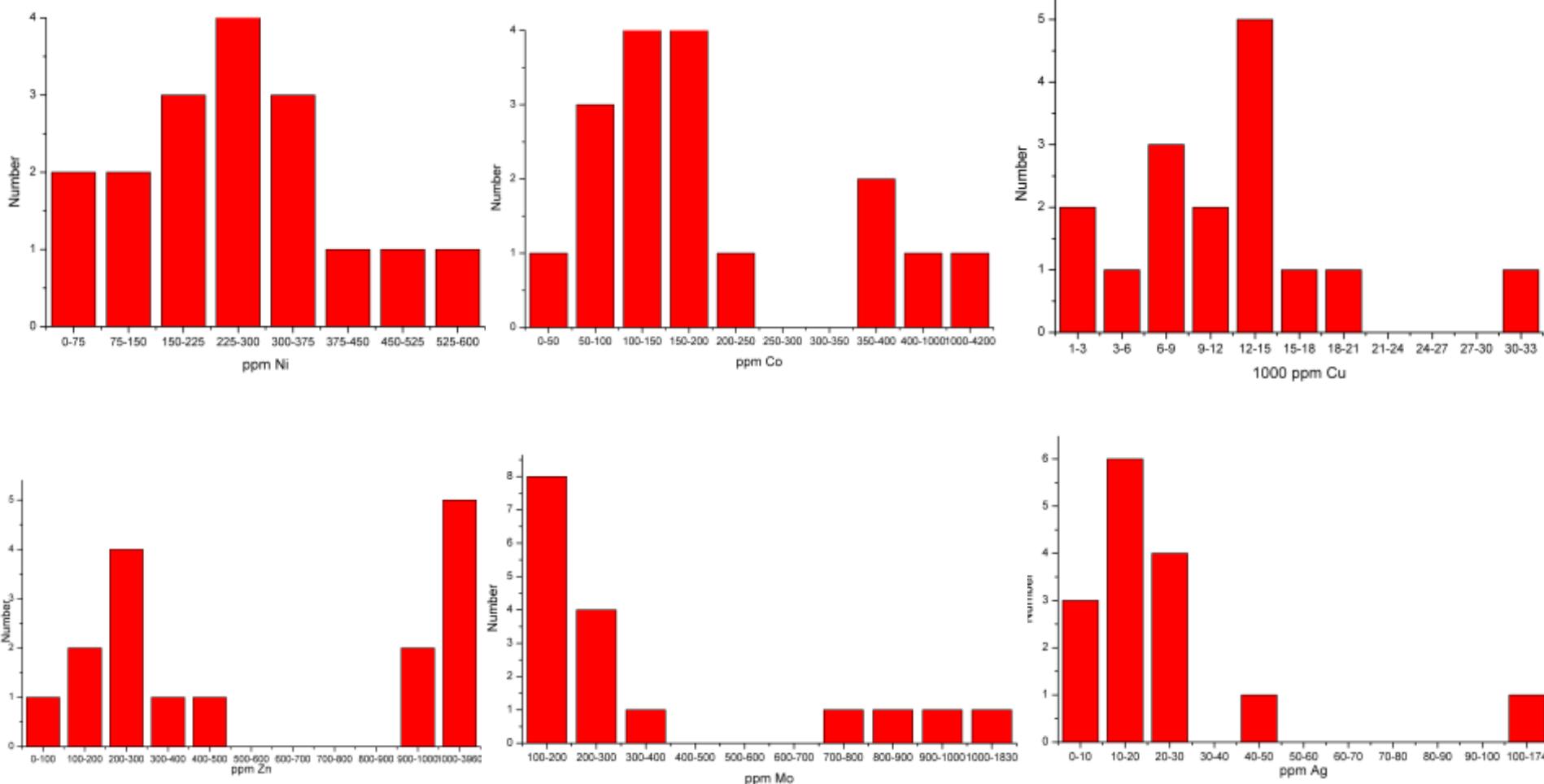
- 1) при помощи электронного микроскопа Tescan Mira3 с энергодисперсионным спектрометром X-MAX (ГЕОХИ РАН)
- 2) При помощи метода лазерной абляции (LA-ICP-MS) на масс-спектрометре Thermo X-Series II с установкой точечного лазерного пробоотбора NWR213 (ИГЕМ РАН).

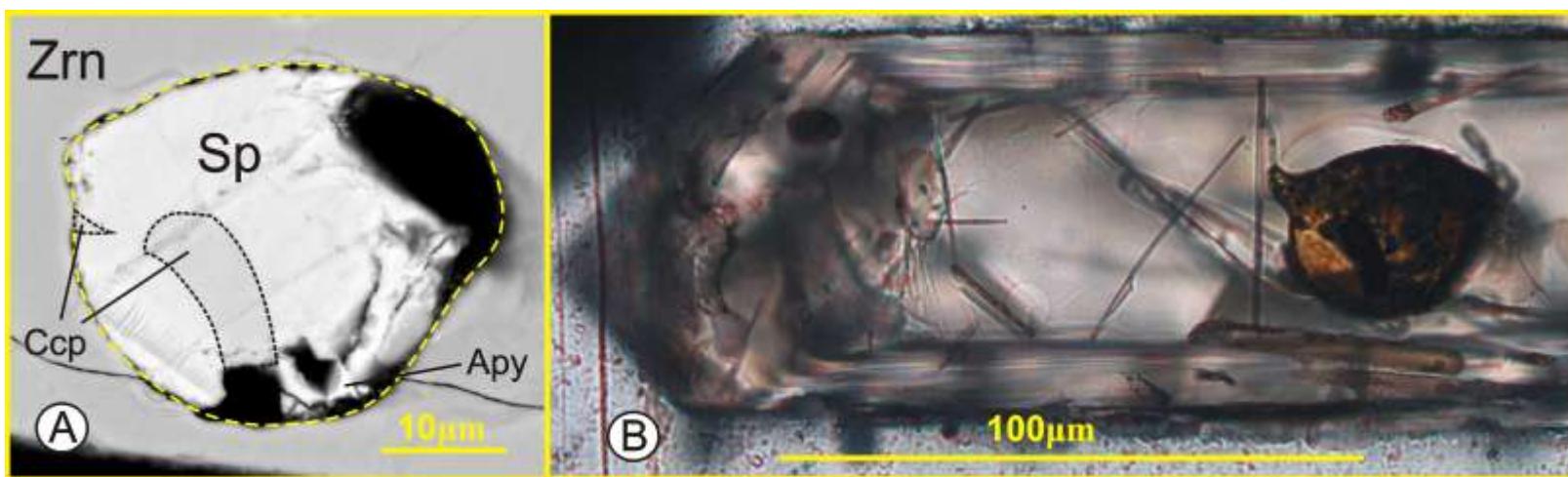


МикроДлементный состав расплавных сульфидных включений из циркона, полученный с помощью LA-ICP-MS и рентгеноспектрального микроанализа (Cu). Единичные анализы показаны точками, остальные соединены линиями.

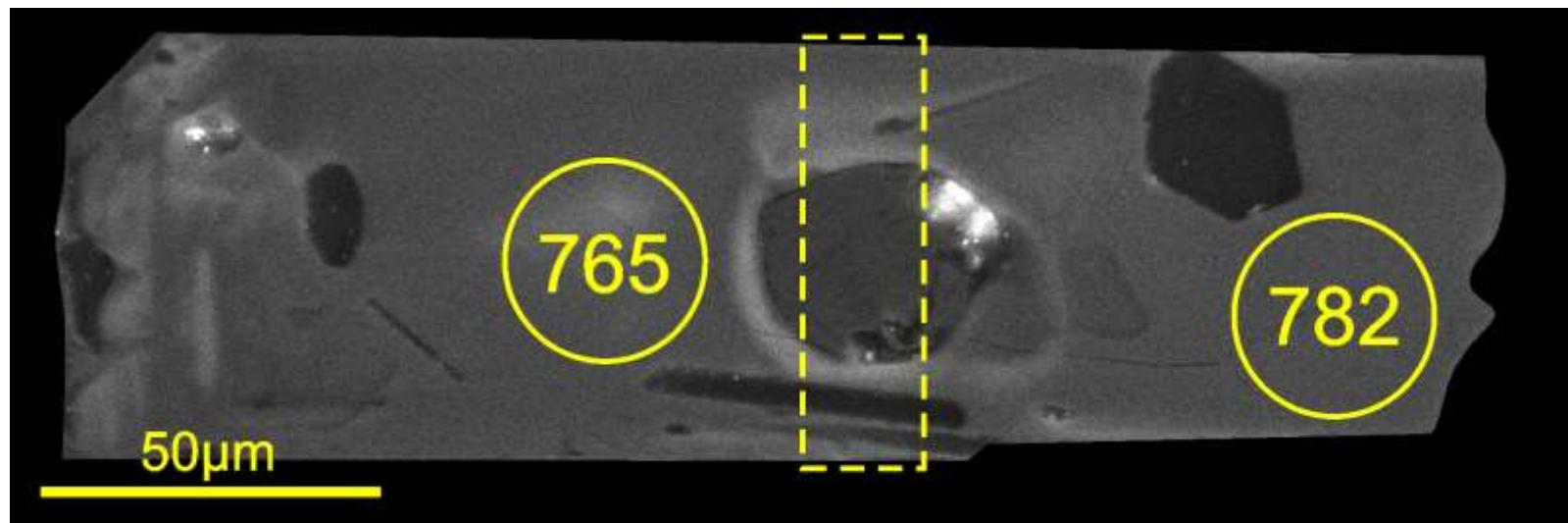
Группы: 1 – Cu; 2 – Co, Ni, Mo; 3 – Zn; 4 – Ag, Au, Pb, Cd

Гистограммы распределения содержаний Ni-Co-Cu-Zn-Mo-Ag по частоте встречаемости в анализах гомогенизированных расплавных сульфидных включениях



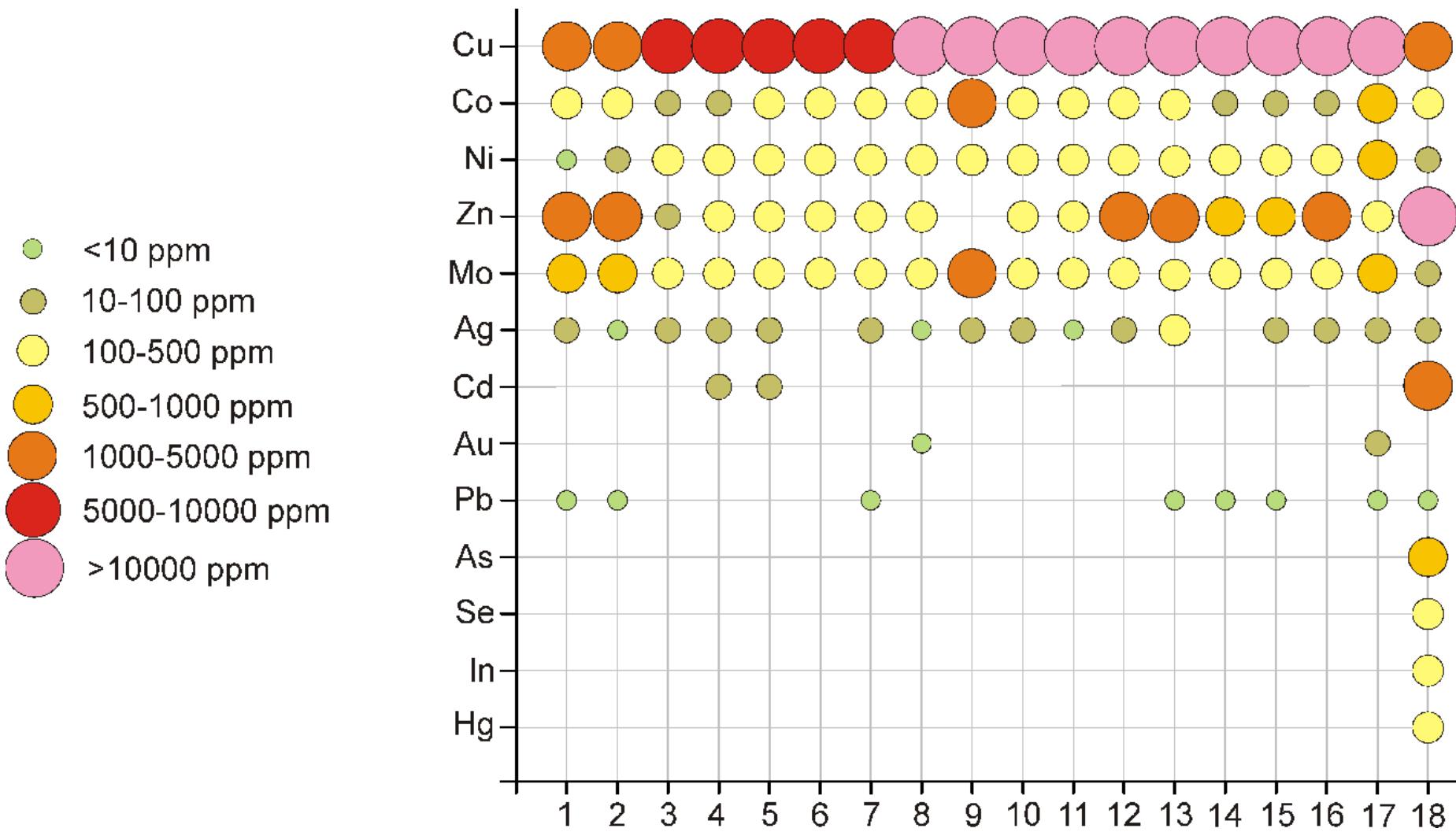


Включение сфалерит-халькопиритового состава в цирконе. А – BSE, В – проходящий свет



Циркон с включением сфалерит-халькопиритового состава, катодолюминесценция. Кружок – точка анализа SIMS, цифра – температура в °С по Ті термометру, пунктир – линия абляции

Результаты, сульфидные расплавные включения

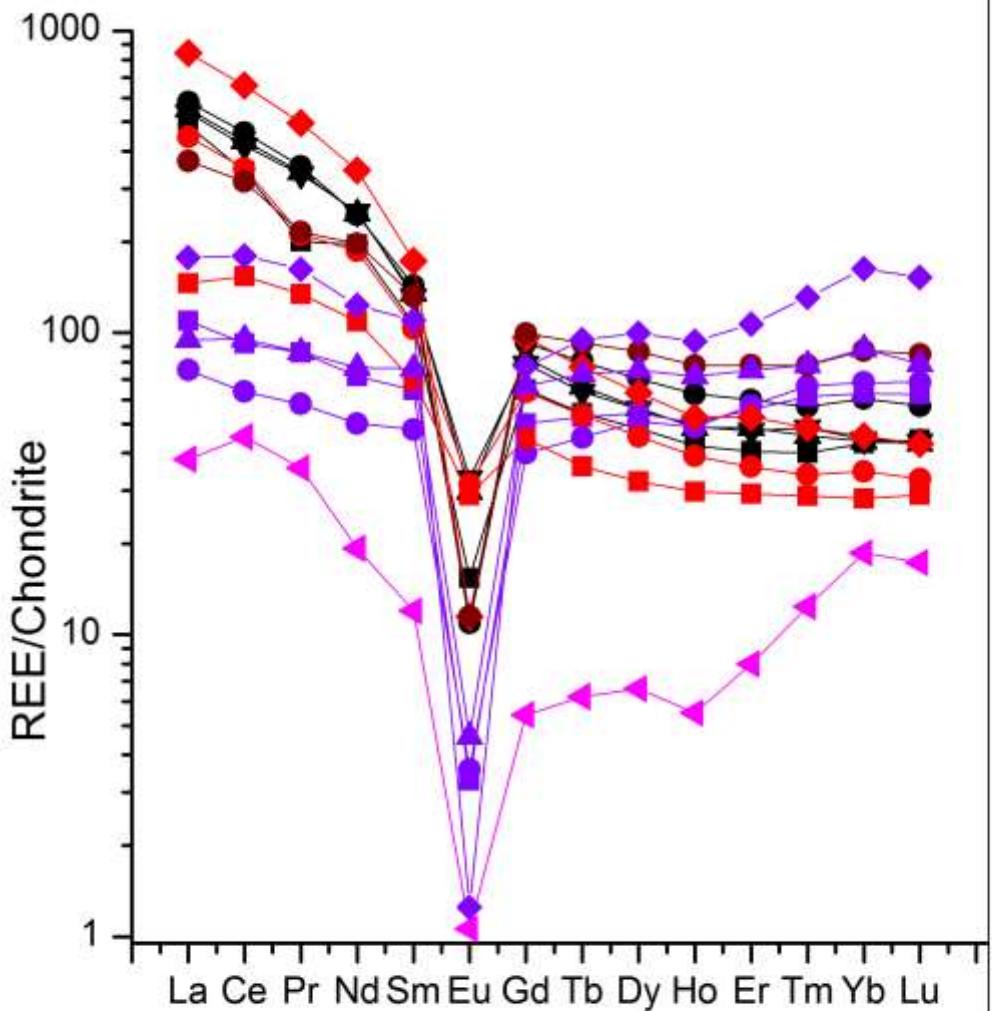


Выводы:

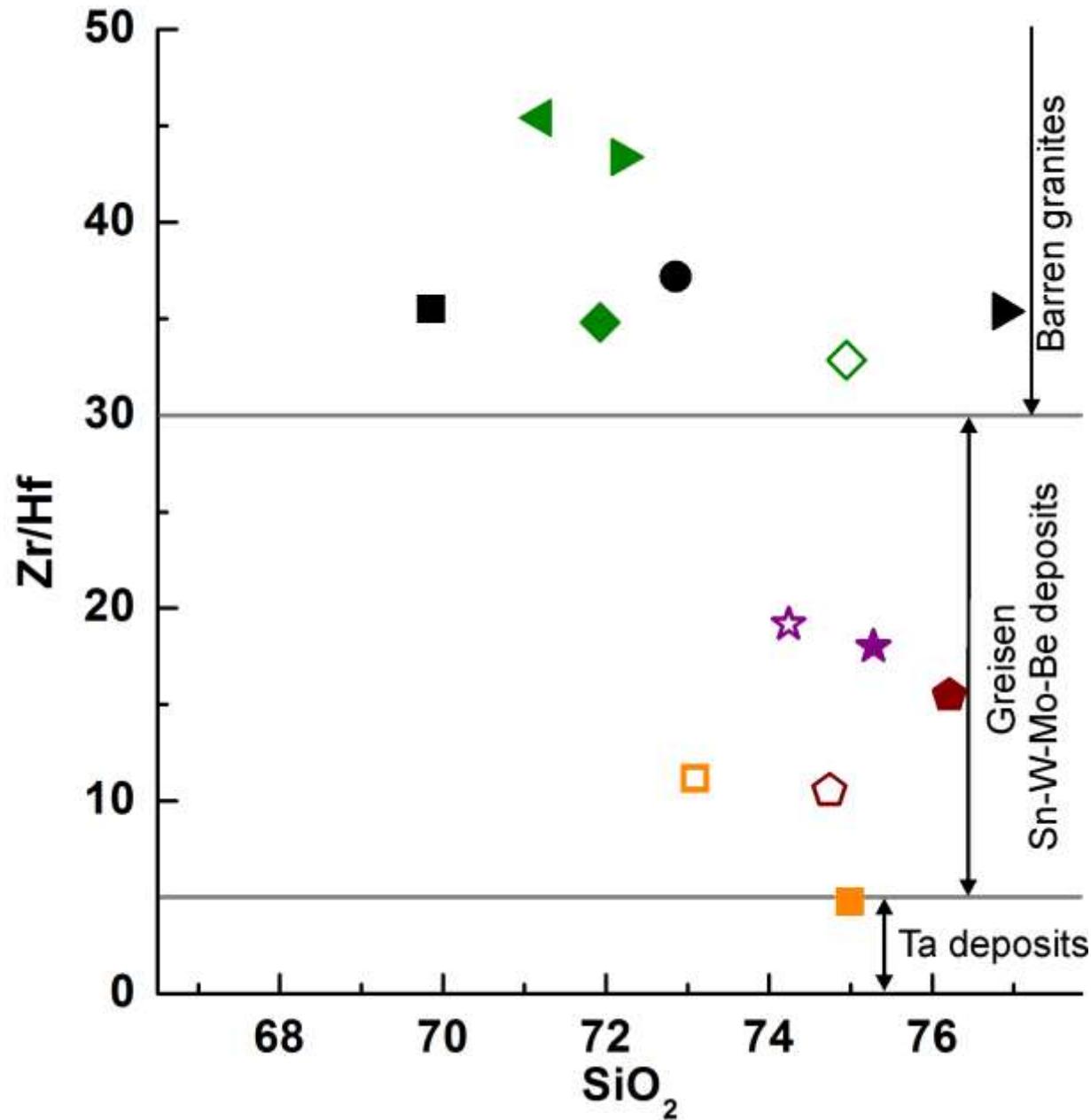
- В данной работе впервые охарактеризован состав сульфидного вещества принимавшего участие в образовании гранит-порфиров - примитивных (в эволюционном смысле) гранитоидов, геохимических аналогов гранитов-рапакиви.
- Источником сульфидного вещества, вероятно, послужил расплав основного состава.
- Обогащение сульфидного расплава Zn, вероятно, связано с контаминацией сфалерита, или смешением с сульфидной жидкостью состава близкой к сфалериту.

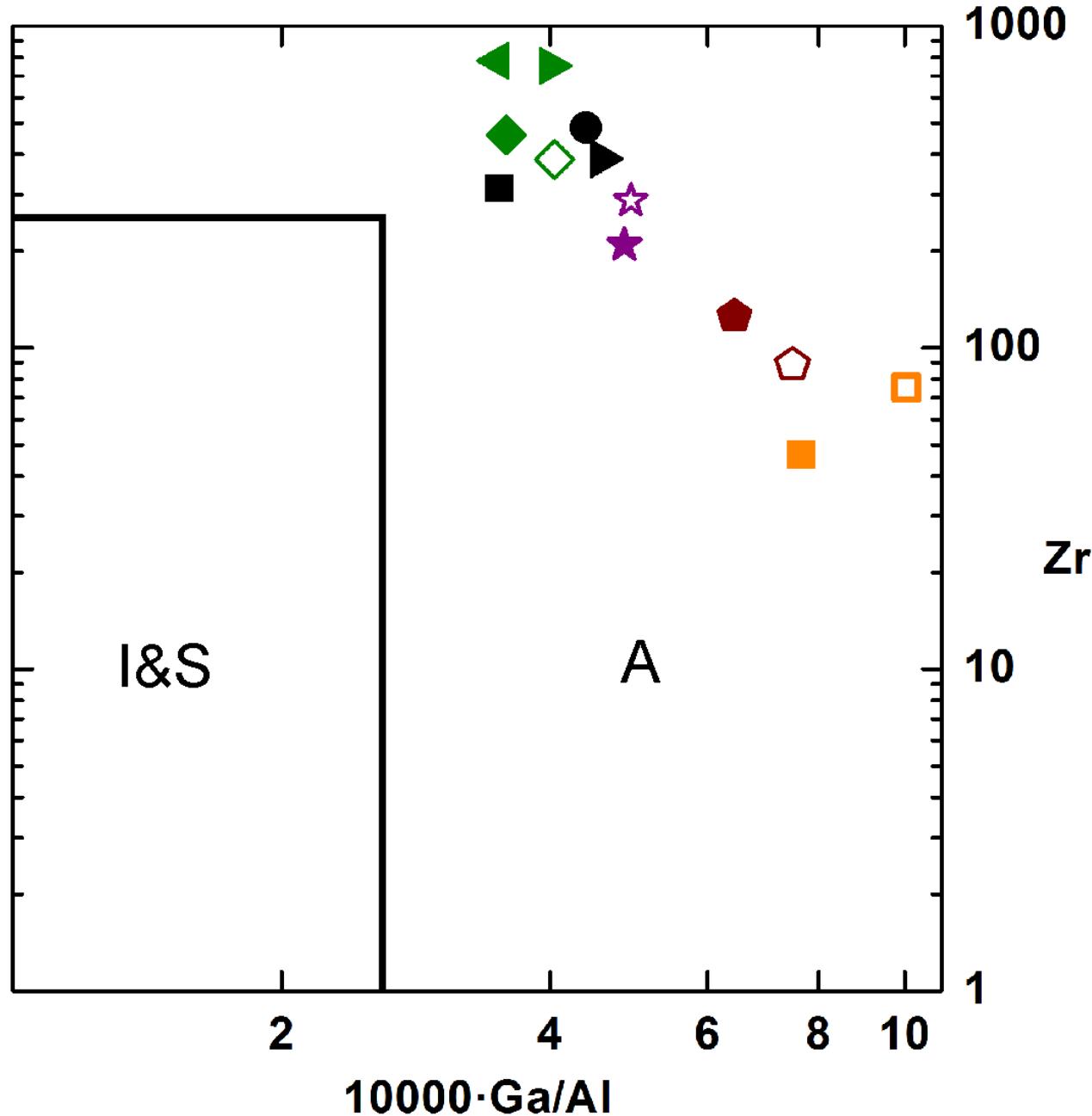
Спасибо за внимание!

Работа выполнена за счет НИР ИГ КарНЦ РАН, «минерагения и минералообразующие системы докембрия».



- Quartz-porphyry dikes**
 - AK220617-1
 - AK220617-1_2
 - AK230619-3
 - AK230619-4
- Rapakivi granite**
 - AK270820-1
 - AK240617-3
 - AK190619-1 (bulk mass)
- Granite xenoliths from Quartz-porphyry dikes**
 - Xen#1
 - Xen#2
- Repomyaki granites**
 - AK160617-1 (porphyry)
 - AK160617-3 (smallequigranular)
- Topaz bearing massive granite from brick stone quarry (Lupikko dome)**
 - AK230617-6
- Rare metal topaz bearing granite dikes**
 - AK230619-1





Геологический очерк

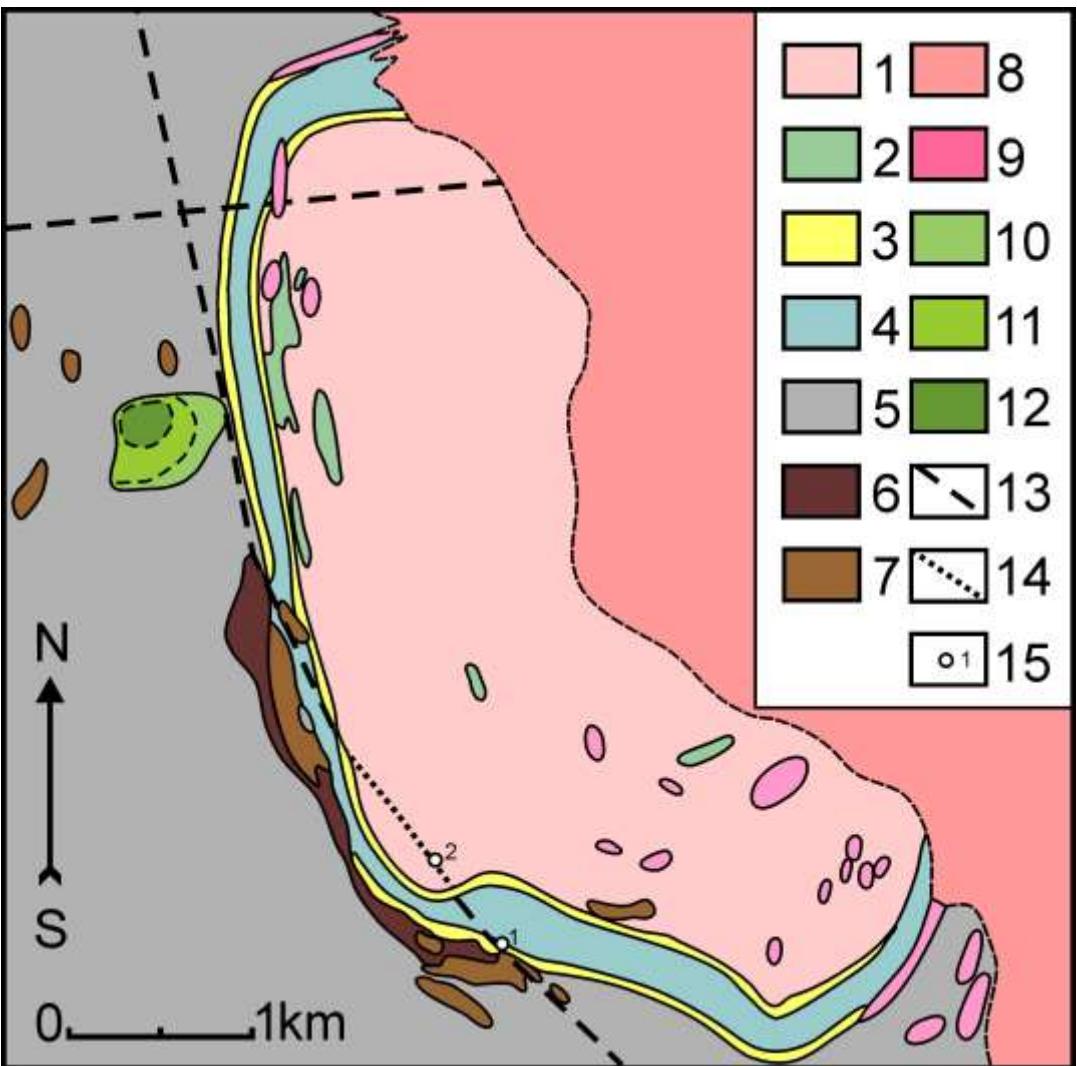


Рис.2. Геологическая схема гнейсо-гранитного купола Люпикко и его обрамления, расположение объекта исследования.

На основе материалов (Sviridenko et al., 1985; Khazov, 1982) с упрощениями и дополнениями.

1-2 Купол «Люпикко» (AR_2-PR_1): 1- гнейсограниты, мигматиты, 2- Внутрикупольные тела амфиболитизированных габбро-долеритов; 3-4 Сортавальская серия (PR_1 , Питкярантская свита): 3- Скарнированные мраморы, пироксеновые и гранатовые скарны, 4- Амфиболитизированные базальты и габбро-долериты с переслаиванием графит-содержащих амфибол и кварц-полевошпат-биотитовых гнейсов; 5- Ладожская серия (PR_1), биотит-кварц и кварц-полевошпат-биотитовые гнейсы; 6-7 Свекофенский орогенный комплекс: 6- мигматиты пегматитов из кварц-биотитовых сланцев Ладожской серии, 7 - Пегматиты; 8-9 Комплекс мезопротерозойских анорогенных гранитов, Салминский батолит: 8- Биотит-амфиболовые граниты (Рапакиви), 9- Высоко дифференцированные топаз-содержащие Li-силикофиллитовые граниты; 10-12 Комплекс мезопротерозойских основных пород ассоциирующих с Валаамским силлом габбро-долеритов: 10- Мелко-средне зернистые порфировые габбро-долериты, 11- Средне-зернистые габбро-долериты, 12- Грубо-зернистые габбро-долериты; 13- Главные разломы, 14-Линейная зона в пределах которой проявлены дайки гранит-порфиров; 15- точки пробоотбора.