

Round Top Mountain, virtually all of which is mineralized rhyolite



ЩЕЛОЧНЫЕ РИОЛИТЫ – ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ БОЛЬШЕОБЪЕМНЫЙ ИСТОЧНИК ТЯЖЕЛЫХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

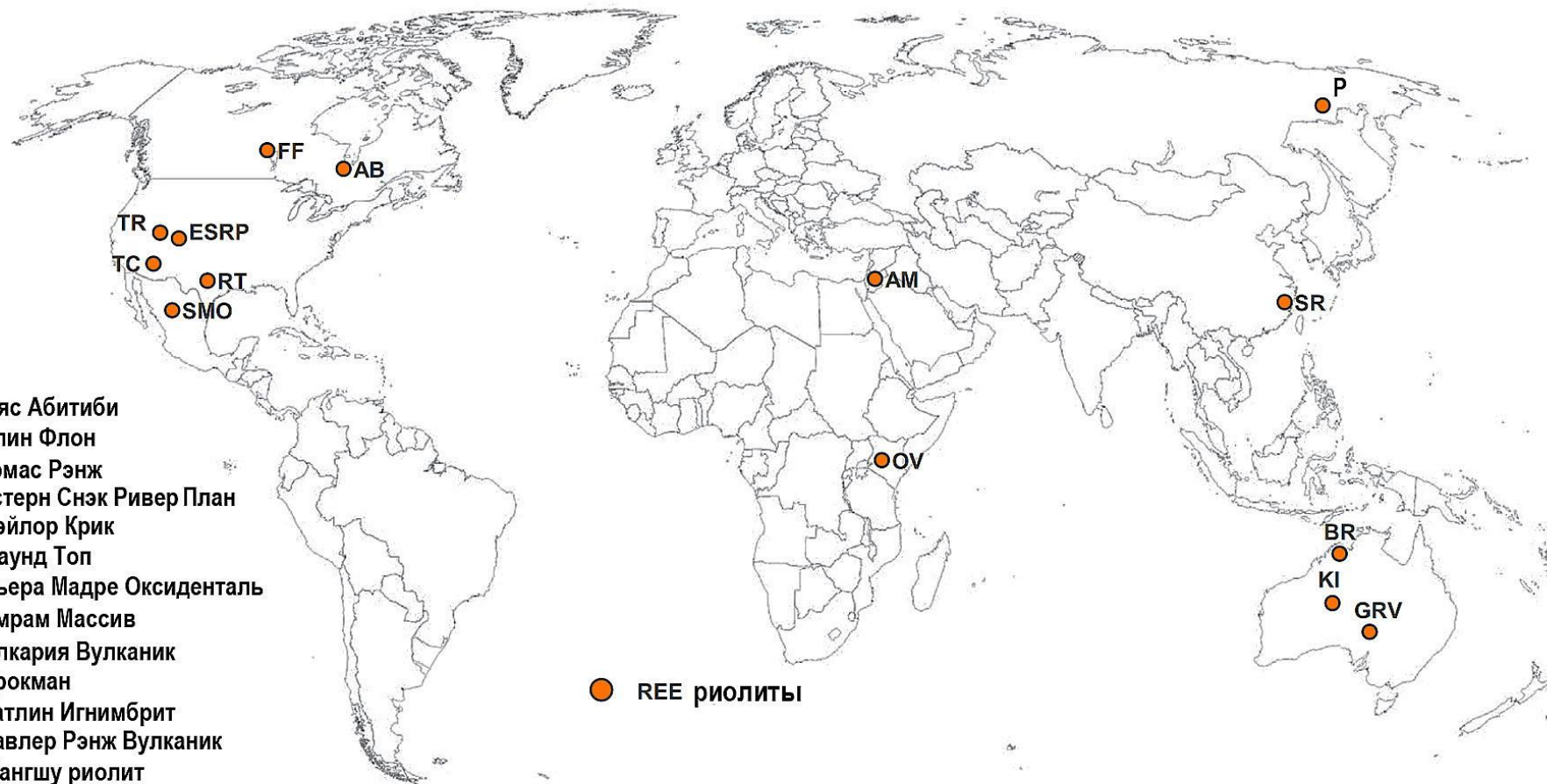
Волков А.В., Галямов А.Л., Григорьева А.В., Мурашов К.Ю.

Москва, ВИМС, 22 ноября 2023 г.

Поскольку в XXI веке редкоземельные элементы (РЗЭ) стали широко использоваться в высокотехнологичной промышленности для производства компьютеров, мобильных телефонов, магнитов, лазеров, плоских телевизоров, ветровых турбин, панелей солнечных электростанций, электромобилей и др., мировой спрос на них значительно увеличился.

Наибольшую озабоченность в настоящее время вызывают поставки тяжелых редкоземельных элементов (ТРЗЭ), которые получают главным образом из южно-китайских месторождений ионно-адсорбционных глин, возможности дальнейшего развития и существенного увеличения добычи которых ограничены. Поэтому в мире проводятся активные поиски альтернативных источников ТРЗЭ.

РУДНЫЕ РАЙОНЫ И КРУПНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ REE-РИОЛИТОВ



● REE риолиты

- AB пояс Абитиб
- FF Флин Флон
- TR Томас Рэнж
- ESRP Эстерн Снэк Ривер План
- TC Тэйлор Крик
- RT Раунд Топ
- SMO Сьера Мадре Оксиденталь
- AM Амрам Массив
- OV Олкаррия Вулканик
- BR Брокман
- KI Катлин Игнимбрит
- GRV Гавлер Рэнж Вулканик
- SR Шангшу риолит
- P Печальное

по (Jowitt et al., 2017), дополненный

МЕСТОРОЖДЕНИЕ РАУНД ТОП

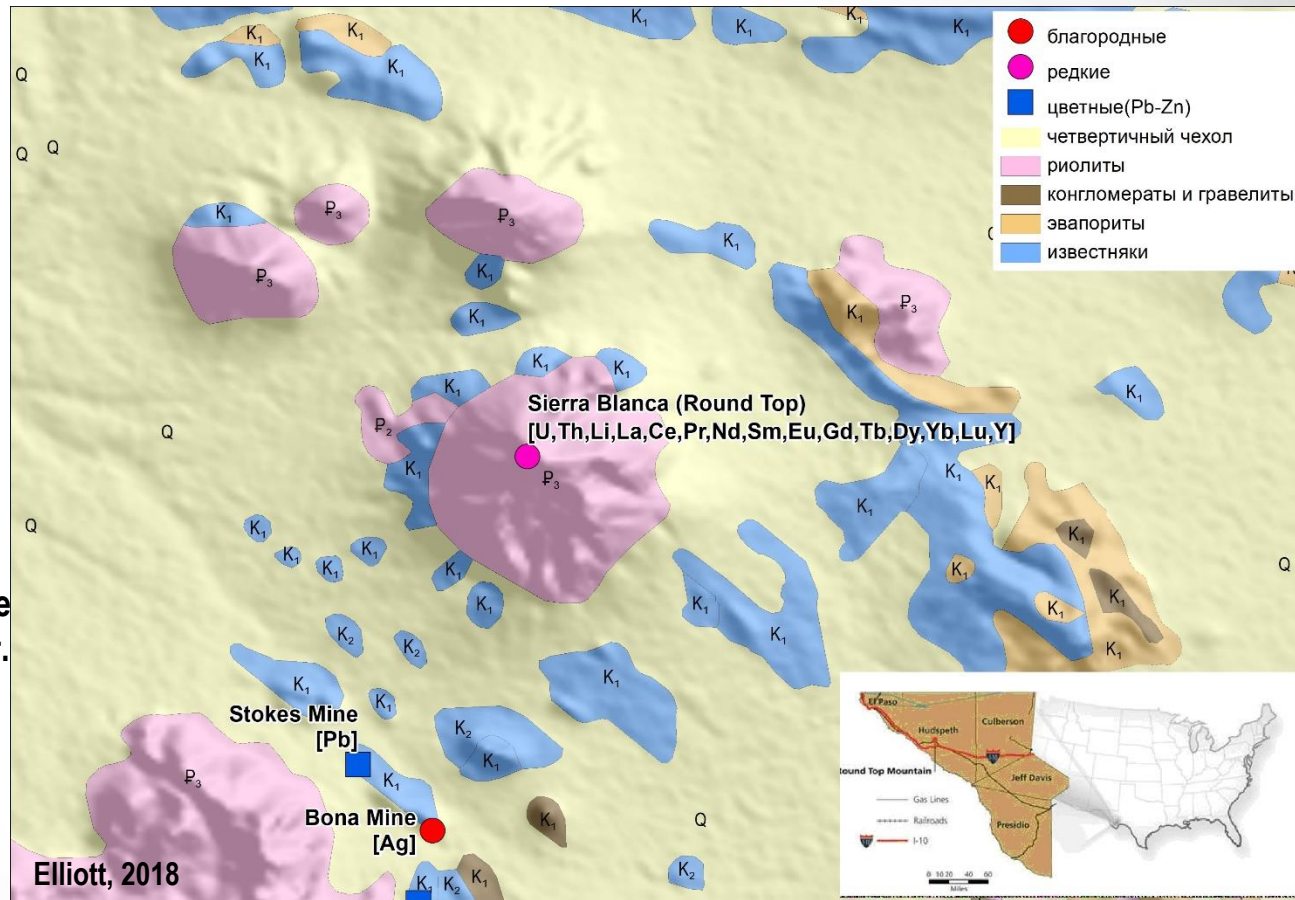
Геологическое строение рудного поля Раунд ТОП

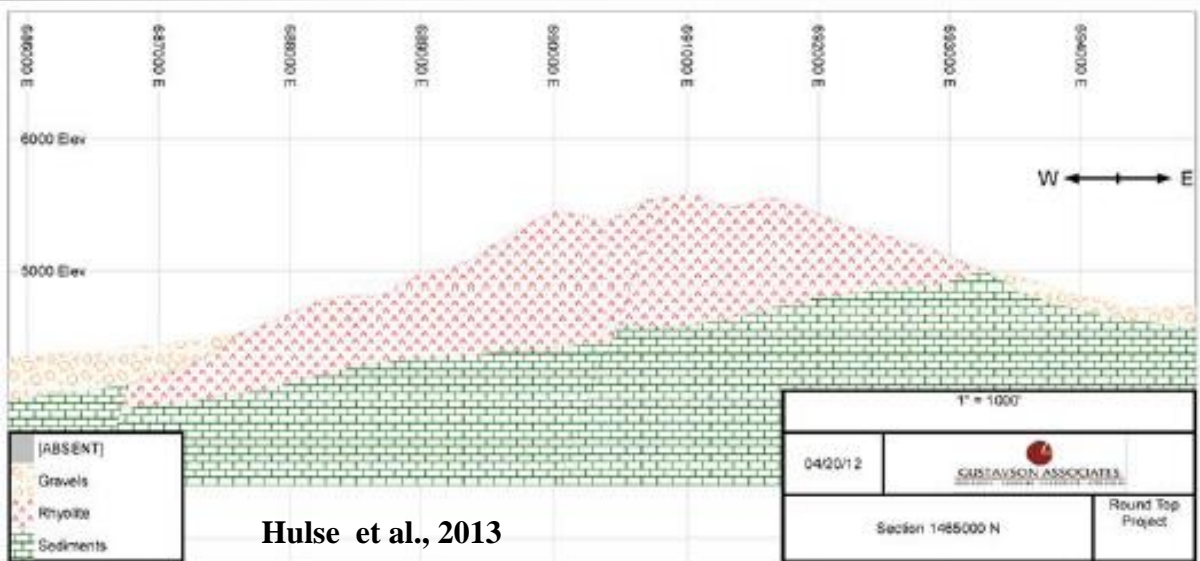
Тип - магматическое месторождение РЗЭ в щелочных риолитах содержит Li, Be, F, Zn, Rb, Y, Zr, Nb, Sn, РЗЭ, Th и U.
Административная привязка - комплекс Сьерра-Бланка расположен недалеко от города Сьерра-Бланк (округ Хадспет, штат Техас).

Лакколиты Сьерра-Бланка внедрились около 36 млн лет назад во время основной фазы транспекосского магматизма

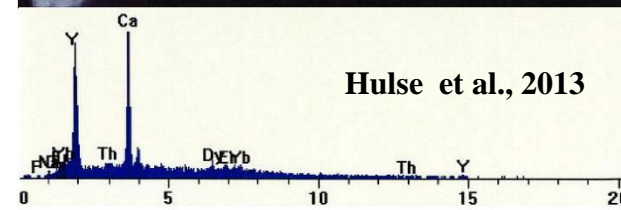
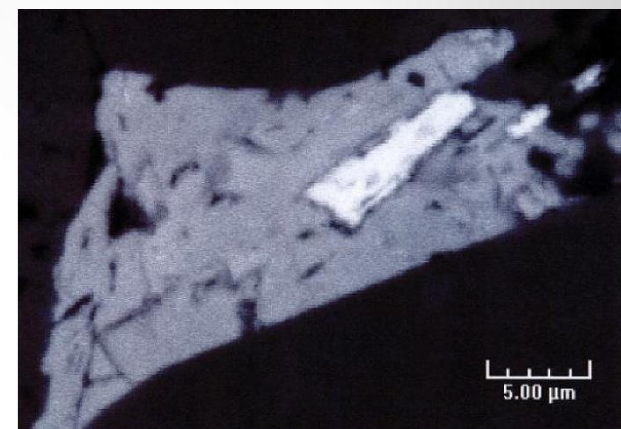
Установленные и измеренные ресурсы месторождения - 359 млн.т. руды (230 тыс. т. REO), и предполагаемые ресурсы - 675 млн.т. руды (431 тыс. т. Р30).

Ранее обрабатывалось, как месторождение бериллия залегает на части нижнего контакта с известняками. Запасы составляли 300000 т. 2% BeO.





Разрез месторождения Раунд Топ



Кристалл иттрофлюорита в сростании с кварцем и фельдшпатом; белое продолговатое включение – богатый Th, La, Ce, Sr-карбонат – анцилит (ancylite) 3000X

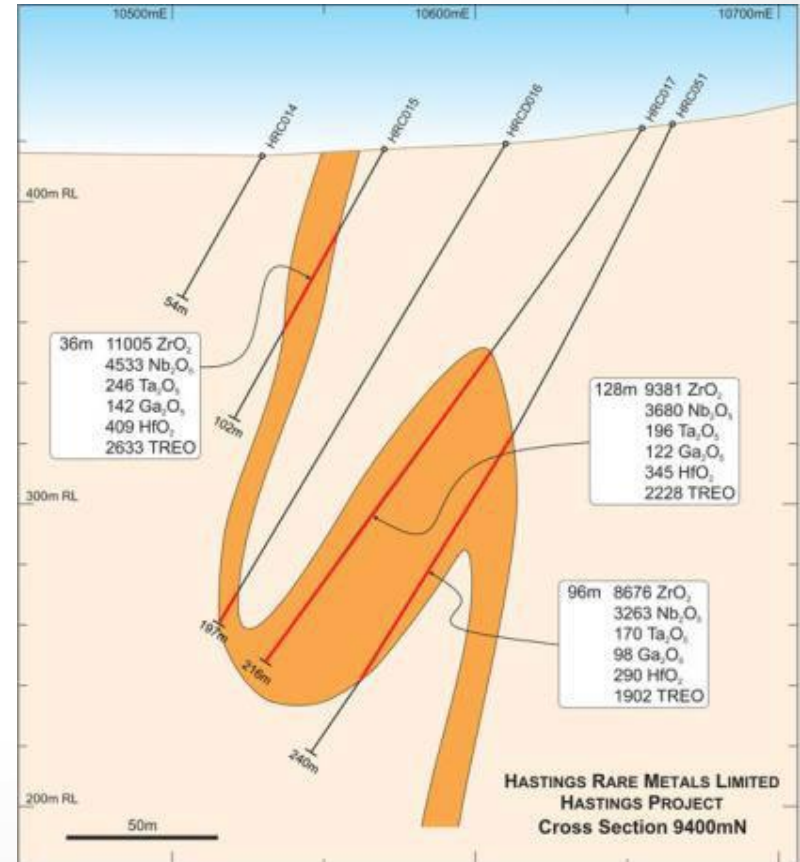
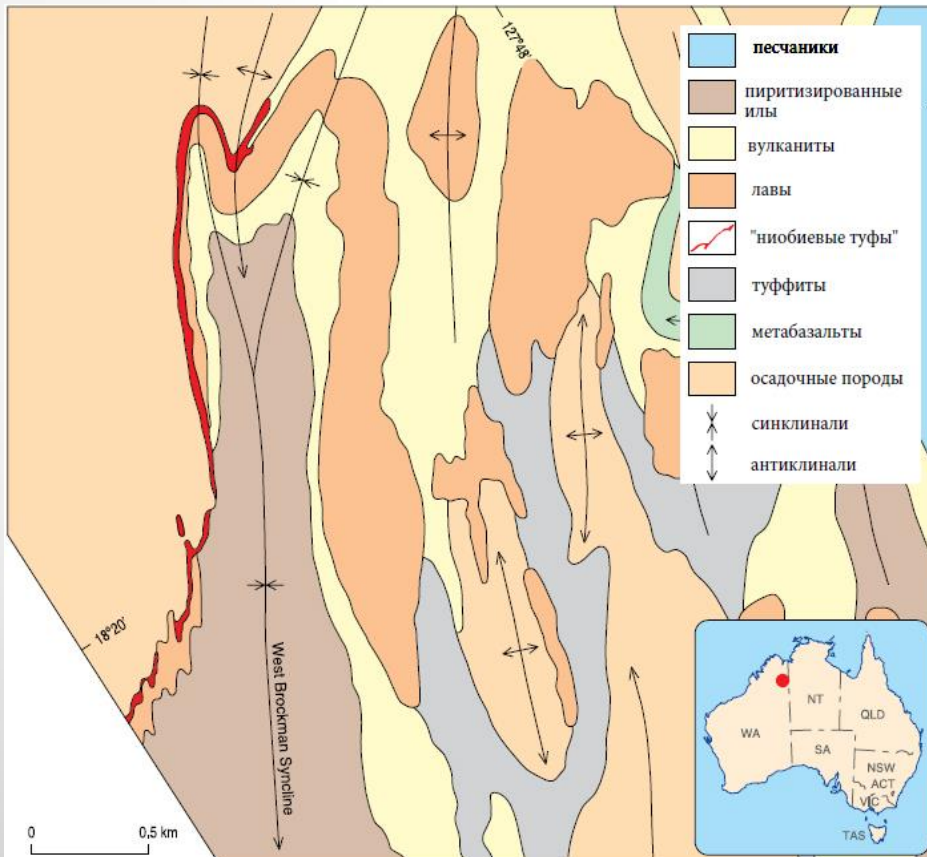


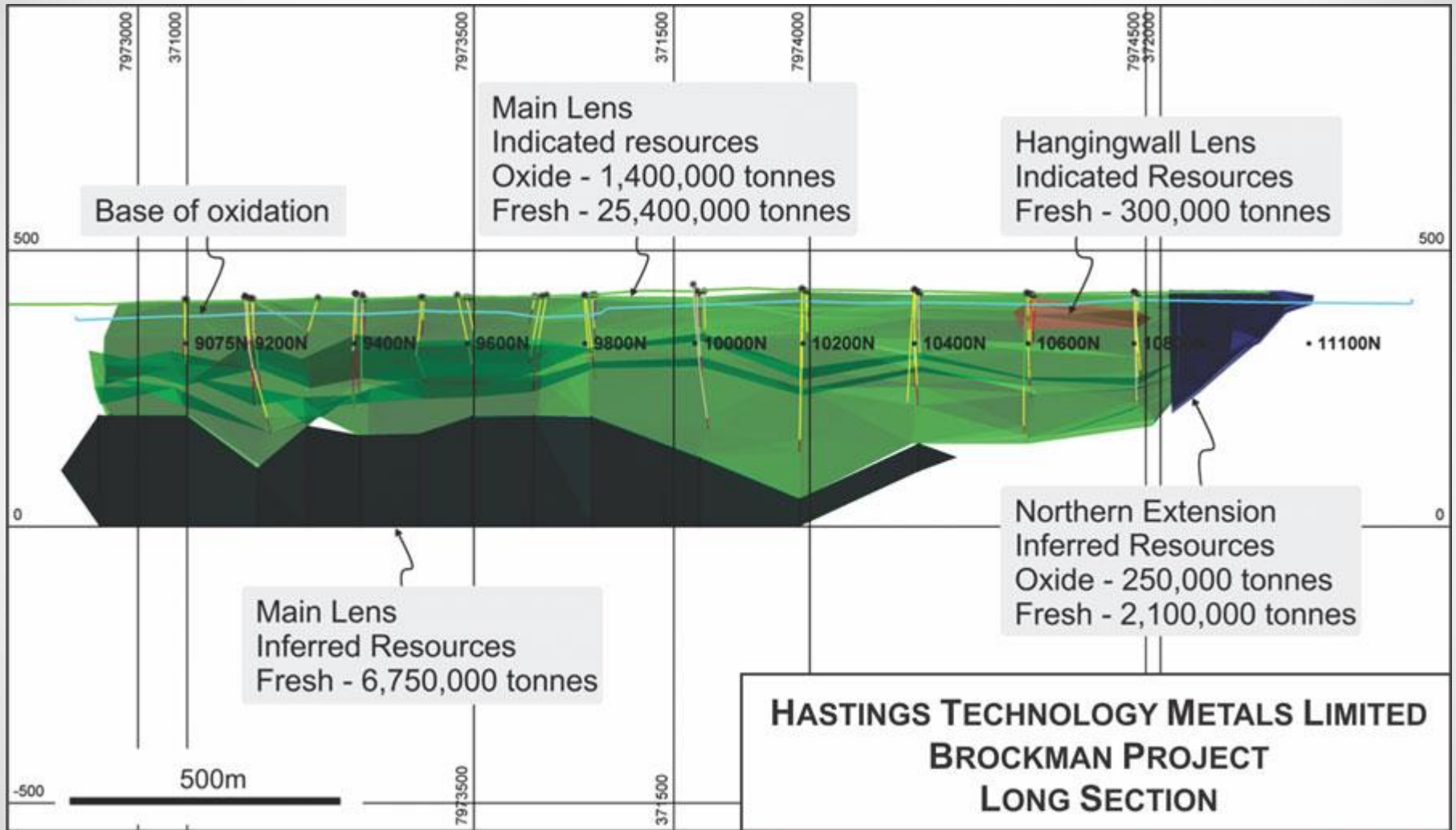
REE-риолит Иттрофлюоритовая руда Бериллиевая руда

На месторождении Раунд Топ сообщается об извлечении РЗЭ, которые превышают 70% (Hulse et al., 2013). Наиболее эффективные методы представляют собой дробление и простой процесс кучного выщелачивания, прежде всего таких минералов, как Y-содержащий флюорит, бастнезит, ксенотим и монацит, которые содержат РЗЭ.

МЕСТОРОЖДЕНИЕ БРОКМАН

Брокман – крупнейший в Австралии проект по добыче тяжелых редкоземельных элементов (ТРЗЭ), содержащий значительные ресурсы диспрозия и иттрия, а также редких металлов ниобия и циркония. Месторождение имеет оценочные ресурсы, соответствующие требованиям JORC в размере 22.084 млн т. с содержанием 0,79 % ZrO_2 , 0,10% Y_2O_3 , 0,31% Nb_2O_5 и 0,023 % Ta_2O_5 . Месторождение сложено мелкозернистыми вулканокластическими туфами, неофициально называемыми ниобиевым туфом. Датирование методом SHRIMP дает возраст породы 1870 ± 4 млн лет (Jaireth et al., 2014). РЗЭ содержатся обычно в ниобатных фазах колумбита (Nb, Ta) и титанового самарскита (Y, Ce, Nd, La, Dy, Er, Ta, Nb), гель-цирконе (Y, U, Th) и церианите (Ce, Nd, La, Y, Th).





<https://hastingstechmetals.com/>)

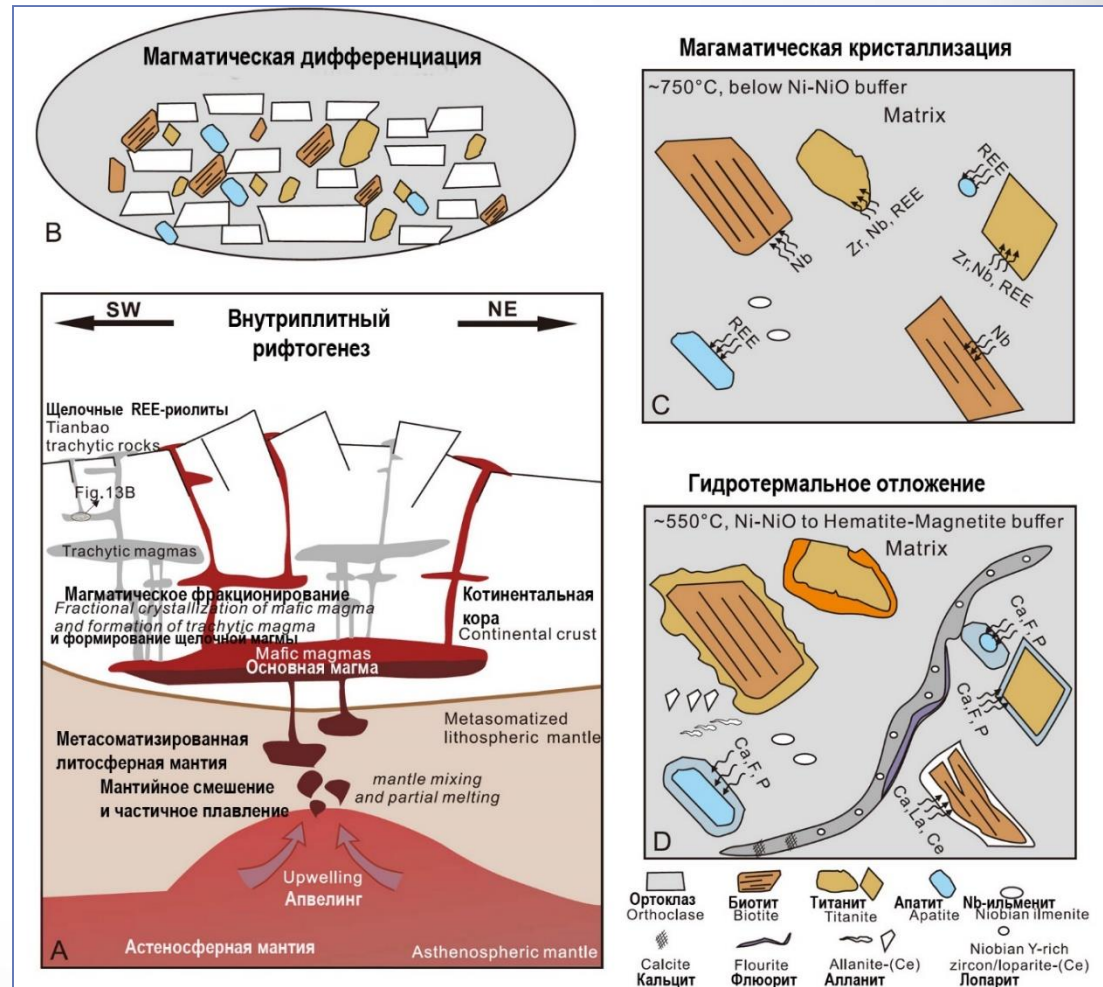
Геодинамическая модель внутриплитного рифтогенеза

Геодинамическая модель внутриплитного рифтогенеза, показывающая природу мантийного источника и магматическую эволюцию;

В) магматическая дифференциация трахитовых магм в магматической камере. Механизмы обогащения Nb-REE в магматических и гидротермальных процессах:

С) включение Nb и REE в магматические минералы Nb-REE, т.е. биотит, апатит, ниобийский титанит и ниобийский ильменит, и

Д) гидротермальное разрастание вторичных биотитовых, апатитовых и титанитовых оторочек и гидротермальное осаждение других вторичных Nb-Минералы РЗЭ вдоль микротрещин.



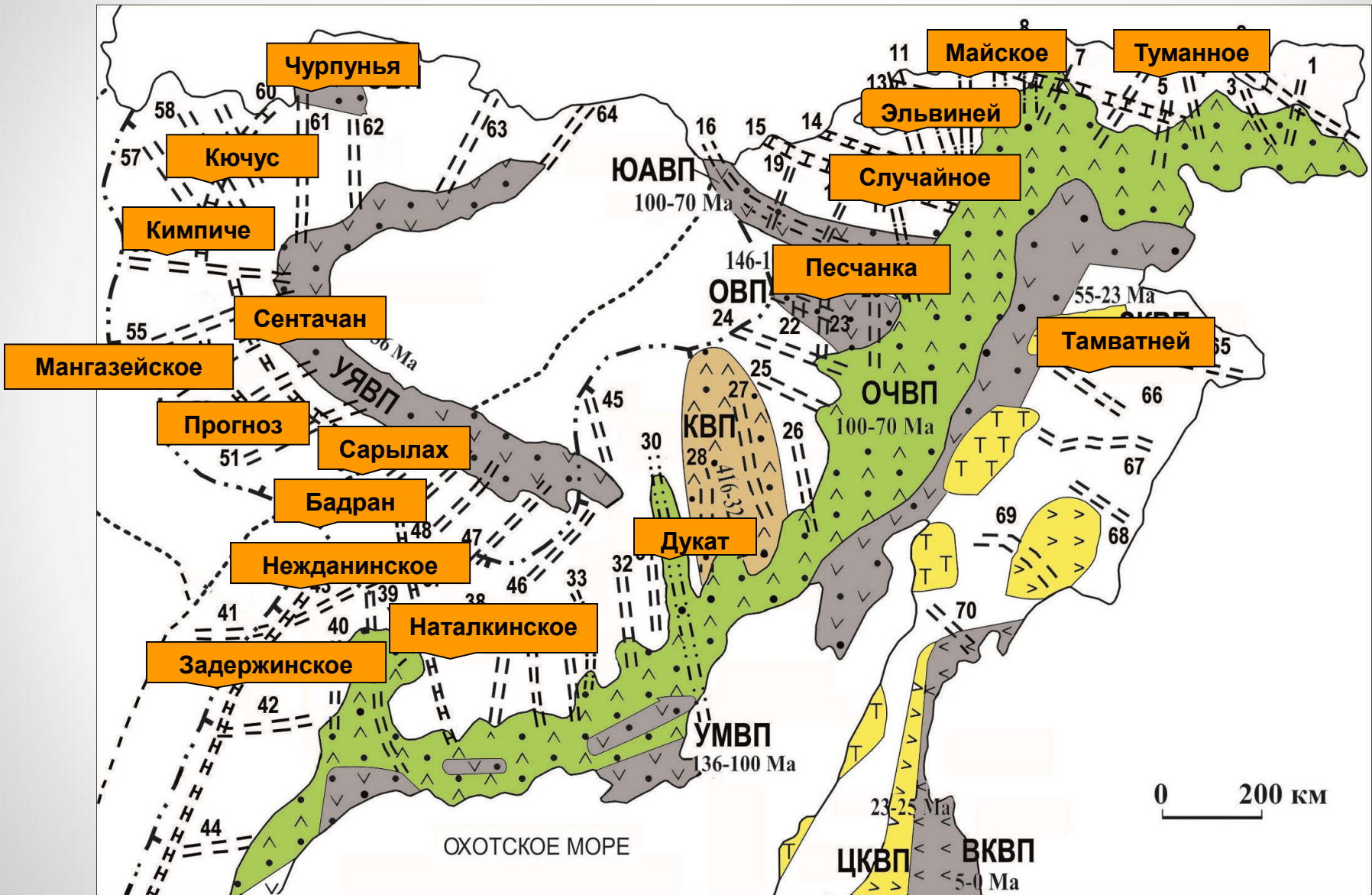
БЛАГОПРИЯТНЫЕ ФАКТОРЫ ДЛЯ ЭКСПРЕСС ОЦЕНКИ

Территории, содержащие крупные объемы фельзитовых свит, такие как SLIP характеризуются большими объемами риолитового вулканизма.

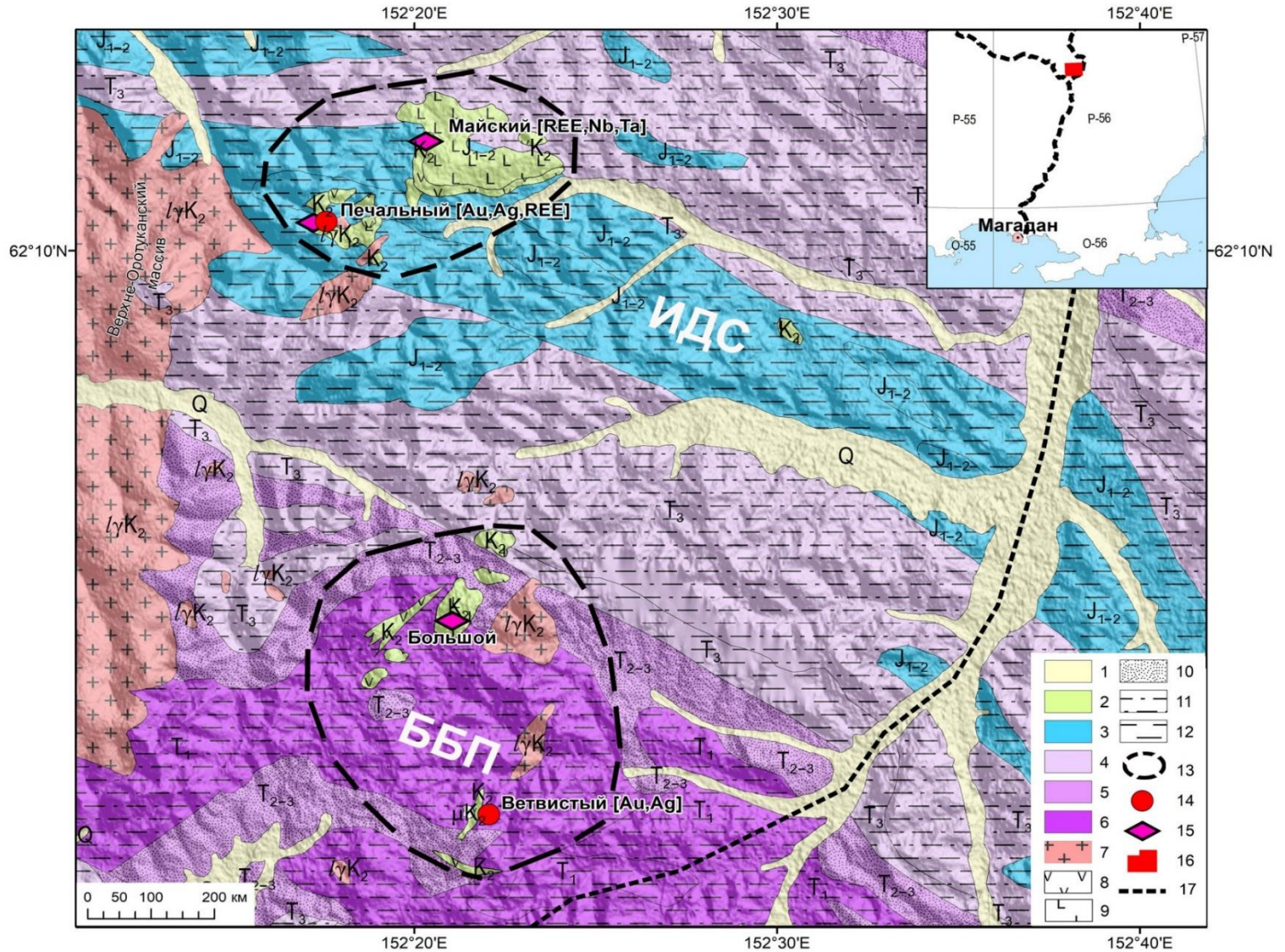
Риолитовые продукты SLIPS также чаще содержат породы с высоким F (Pankhurst и др., 2011; Ernst, Jowitt, 2013), которые в свою очередь, также с большей вероятностью будут обогащены РЗЭ и ТРЗЭ, и дополнительно, возможен привнос магматических РЗЭ в паровой фазе.

Риолиты с высоким содержанием кремнезема геохимически родственны гранитам А-типа, которые формируются в тектонических полях растяжения с устойчивым высоким тепловым потоком (Medlin et al., 2015). Обогащение HREE связано с расширенным фракционированием.

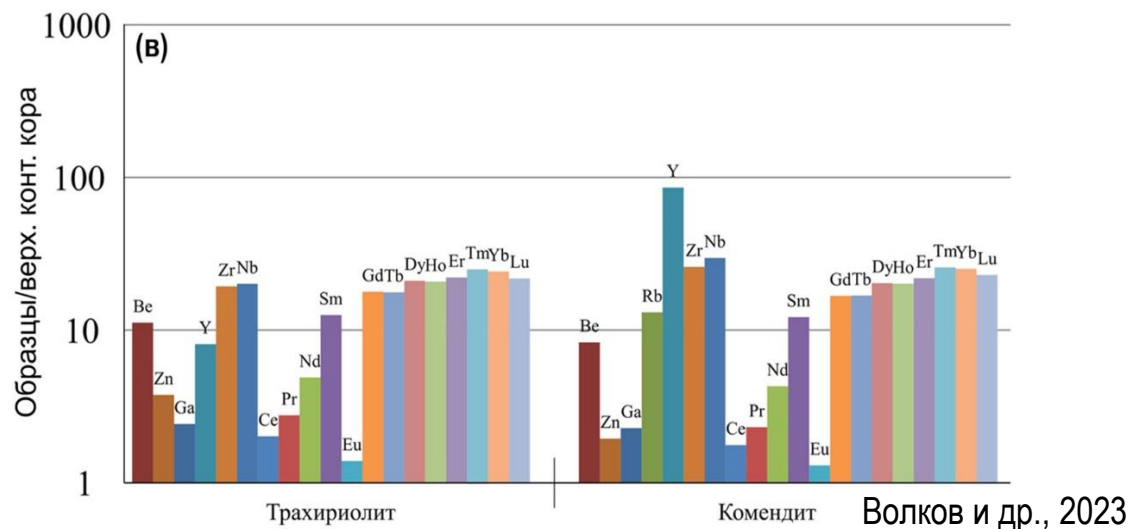
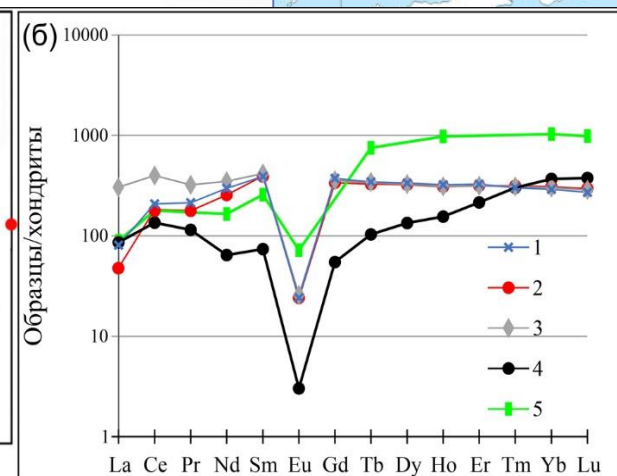
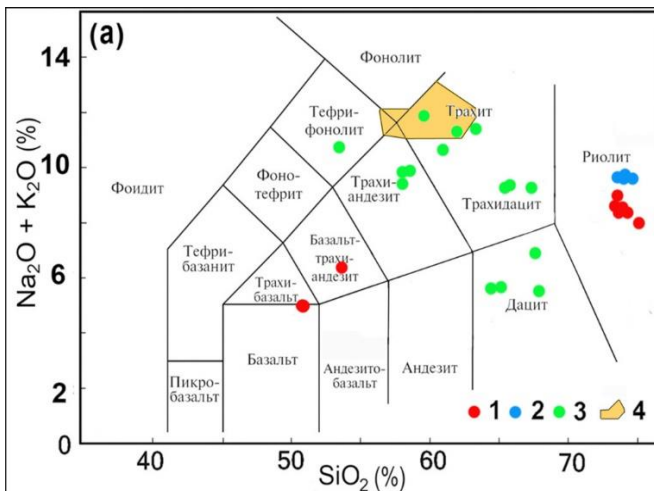
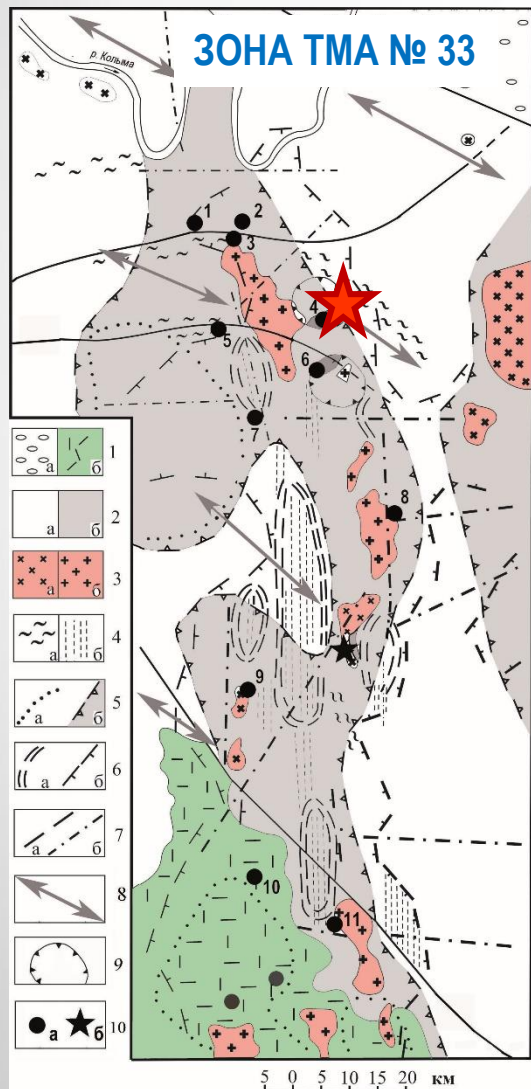
На схеме показано 70 зон тектономагматической активизации и 8 разновозрастных вулканических поясов



РУДОПРОЯВЛЕНИЕ ПЕЧАЛЬНОЕ

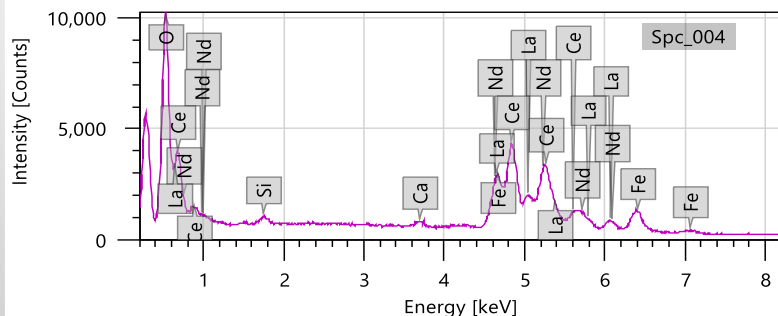
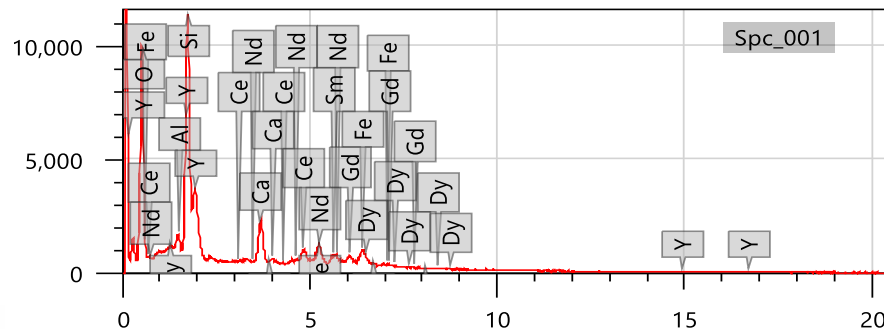
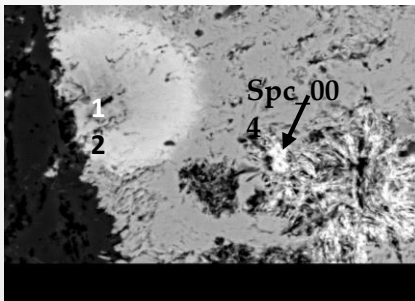
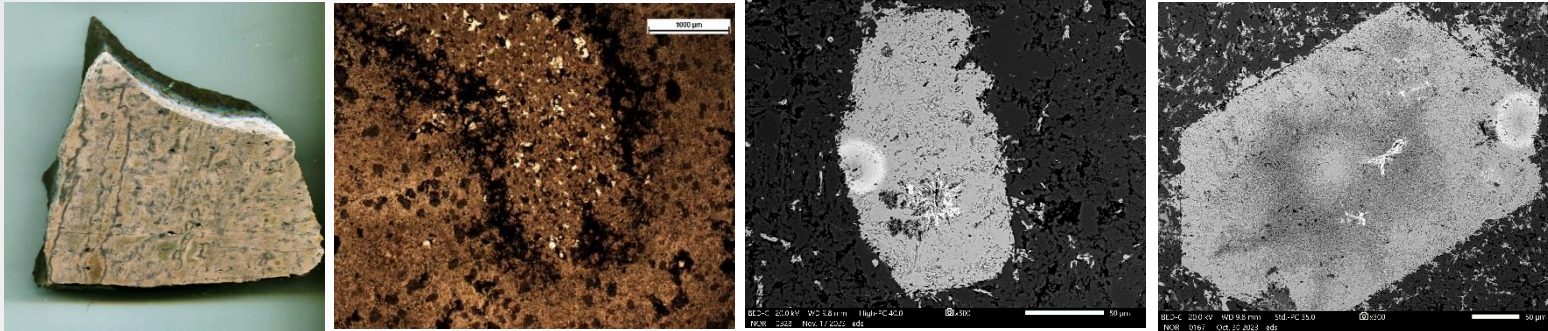


ЩЕЛОЧНЫЕ РИОЛИТЫ ПЕЧАЛЬНИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (СЕВЕРО-ВОСТОК РОССИИ) – ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ БОЛЬШЕОБЪЕМНЫЙ ИСТОЧНИК ТЯЖЕЛЫХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ



Формы выделения REE в измененном титаномагнетите

Минералы редких земель выделяются внутри зерен титаномагнетита и дифференцированы по химическому составу, они образуют две группы: в первом случае это силикаты редких земель, обогащенные иттрием (округлые формы, а во втором – оксиды РЗЭ (без Y, Sm, Gd, Dy) с преобладанием Ce и Nd (радиальнолучистые агрегаты).



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Редкоземельные элементы (РЗЭ) в последние годы стали ключевыми для современной промышленности, техники и медицины. Увеличение спроса на эти элементы за последние несколько лет в настоящее время удовлетворяется относительно немногими известными месторождениями, в основном принадлежащими КНР, что обусловило риск надежных поставок РЗЭ, и привело к расширению поисков потенциальных альтернативных источников этих востребованных элементов.

Процессы петрогенезиса высокофракционированных и высококремнистых риолитов обусловлены появлением магм, обогащенных более ценными тяжелыми РЗЭ (ТРЗЭ). Эта минералообразующая система, в свою очередь, - функция от тектонической обстановки данного магматического события. Минералогия РЗЭ обусловлена выделением летучих и парофазной активностью в высококремнистом риолите, играющим ключевую роль в обогащении ТРЗЭ и другими редкими элементами (например, Y, Nb, Ta, Be, Li, F, Sn, Rb, Th и U) в концентрациях, экономически выгодных для добычи, что позволяет рассматривать эти вулканические породы, как потенциальные источники этого дефицитного сырья.

Сравнительный анализ с известными в мире объектами в щелочных вулканитах показал, что Печальнинское рудное поле может стать нетрадиционным большеобъемным источником HREE. Щелочные вулканиты Печальнинского рудного поля, в частности, и Верхнеортуканского рудного района, в целом, требуют дальнейшего изучения и потенциально интересны для развития геологоразведочных работ. Благоприятный фактор, стимулирующий это развитие, – близость к Колымской трассе и Среднеканской ГЭС

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

